

**EFFECTOS DEL ULTRASONIDO TERAPÉUTICO PULSADO SOBRE EL DOLOR,
LA MOVILIDAD ARTICULAR, LA FUERZA MUSCULAR, LA FUNCIONALIDAD
Y LA CALIDAD DE VIDA EN PERSONAS CON OSTEOARTRITIS DE RODILLA**

ELIANA ISABEL RODRIGUEZ GRANDE

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE SALUD
MAESTRIA EN FISIOTERAPIA
BUCARAMANGA
2015**

**EFFECTOS DEL ULTRASONIDO TERAPÉUTICO PULSADO SOBRE EL DOLOR,
LA MOVILIDAD ARTICULAR, LA FUERZA MUSCULAR, LA FUNCIONALIDAD
Y LA CALIDAD DE VIDA EN PERSONAS CON OSTEOARTRITIS DE RODILLA**

ELIANA ISABEL RODRIGUEZ GRANDE

**Trabajo de investigación para optar al título de
Magister en Fisioterapia.**

**Directora
LILIANA CAROLINA RAMÍREZ RAMIREZ
Ft. MsC. PhD. En Fisioterapia**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE SALUD
MAESTRIA EN FISIOTERAPIA
BUCARAMANGA
2015**

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que apoyaron y acompañaron mi idea de volver a la academia, mi esposo, mis padres, mi hermana.

Un reconocimiento especial y mi más sincera gratitud a la profesora Maria Cristina Sandoval (q.e.p.d), por las bases teóricas, por generar en mí el interés por los medios físicos desde el pregrado y por acompañarme en el planteamiento de la propuesta de investigación.

A la profesora Carolina Ramírez Ramírez, por continuar y terminar conmigo el proceso iniciado con la profesora María Cristina, por su paciencia, sus enseñanzas y por su apoyo constante para culminar con éxito a pesar de las dificultades.

Al profesor Luis Carlos Orozco y la profesora Diana Camargo por sus valiosas enseñanzas sobre metodología de la investigación, análisis estadístico y por compartir tantas experiencias de vida interesantes.

Al profesor José Luis Osma por su colaboración en el desarrollo del proyecto.

A mis compañeras de maestría, Carolina, Gabriela, Gloria, Ingrid y Yannely por compartir los momentos gratos y los difíciles también.

TABLA DE CONTENIDO

	PÁGS
INTRODUCCIÓN	20
1. OBJETIVOS	26
1.1. OBJETIVO GENERAL	26
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
2. MARCO TEORICO	27
2.1. CARTÍLAGO ARTICULAR	27
2.1.1. Composición del cartílago articular hialino	30
3.1.1.1. Componente celular (condrocitos)	30
3.1.1.2. La matriz extracelular (MEC)	31
3.1.2. Organización estructural del cartílago articular humano	33
3.1.3. Respuesta del cartílago articular ante las cargas	37
3.2. OSTEOARTRITIS (OA)	39
3.2.1. Cambios celulares y extracelulares del cartílago articular en la OA	41
3.2.2. Patogénesis de la OA	43
3.2.3. Manifestaciones clínicas de la OA	49
3.2.4. Factores de Riesgo de la OA	53
3.2.4.1. Factores de riesgo sistémicos	53
3.2.4.2. Factores de riesgo biomecánicos	56
3.2.5. Epidemiología de la OA	60
3.2.6. Costos Atribuibles a la OA	62
3.2.7. Clasificación de la OA	63
3.2.8. Tratamiento de la OA	65
3.3. ULTRASONIDO TERAPÉUTICO (UST)	69
3.3.1. Generalidades	69
3.3.2. Generación	73
3.3.3. Parámetros de aplicación	75
3.3.4. Dosis y Densidad de energía	82
3.3.5. Efectos fisiológicos	82

3.3.5.1. Efectos térmicos	82
3.3.5.2. Efectos no térmicos	85
3.3.6. Precauciones y contraindicaciones	87
3.4. ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS ESTUDIOS QUE EVALUAN EL USO DEL UST EN PERSONAS CON OA DE RODILLA	89
3.5. INSTRUMENTOS USADOS PARA MEDIR LAS VARIABLES DE RESULTADO DEL ESTUDIO	99
3.5.1. Evaluación del dolor	100
3.5.2. Evaluación de la movilidad articular	102
3.5.3. Evaluación de la fuerza muscular	103
3.5.4. Evaluación de la funcionalidad	105
3.5.5. Evaluación de la Calidad de Vida	105
4. MATERIALES Y MÉTODOS	109
4.1. DISEÑO	109
4.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO	109
4.3. RECLUTAMIENTO	109
4.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y DE EXCLUSIÓN	110
4.4.1. Inclusión	110
4.4.2. Exclusión	110
4.5. CÁLCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA	111
4.6. VARIABLES DEL ESTUDIO	111
4.6.1. Variables Explicatorias	111
4.6.1.1. Intervención con UST	111
4.6.1.2. Tiempo de medición	111
4.6.2. Variables de Salida	111
4.6.2.1. Variables de salida principales	111
4.6.2.2. Variables de salida secundarias	114
4.6.3. Variables de control	115
5. PROCEDIMIENTOS	119
5.1. ETAPA I. PRUEBA PILOTO	119

5.1.1. Estandarización de los procedimientos de evaluación	120
5.1.1.1. Evaluación de la intensidad del dolor	120
5.1.1.2. Evaluación del rango de movimiento	121
5.1.1.3. Evaluación de la fuerza muscular	122
5.1.1.4. Evaluación de la funcionalidad	123
5.1.1.5. Evaluación de la calidad de vida	124
5.1.1.6. Demarcación del área de tratamiento	125
5.1.2. Evaluación de la reproducibilidad intraevaluador, test-retest del instrumento OOAKHQOL y escala radiográfica de Kellgren y Lawrence y nivel de acuerdo	125
5.1.3. Resultados de la prueba piloto	127
5.1.3. Reproducibilidad	127
5.1.3.1. Reproducibilidad intraevaluador	127
5.1.3.2. Reproducibilidad test-retest	128
5.1.3.3. Nivel de acuerdo	129
5.2. ETAPA II. SELECCIÓN Y RECLUTAMIENTO	130
5.3. ETAPA III. DESARROLLO DE LA PROPUESTA, ELABORACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA BASE DE DATOS	130
5.3.1. Evaluación de la línea de base	131
5.3.2. Aplicación del UST	132
5.3.3. Evaluación intermedia	132
5.3.4. Evaluación final	132
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	133
7. CONTROL DE SESGOS	136
8. CONSIDERACIONES ÉTICAS	137
9. RESULTADOS	139
9.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA POBLACIÓN	139
9.2. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN	140
9.2.1. Características sociodemográficas y antropométricas	140
9.2.2. Características clínicas de la población al inicio del estudio	140

9.3. INTENSIDAD DEL DOLOR Y LA FUNCIONALIDAD	142
9.3.1. Comparación en los tres momentos de evaluación	142
9.3.2. Comparación entre el inicio y el final de la intervención	143
9.4. MOVILIDAD ARTICULAR, FUERZA MUSCULAR Y CALIDAD DE VIDA AL FINALIZAR LA INTERVENCIÓN	144
9.5. INFLUENCIA DE LAS COVARIABLES SOBRE LOS RESULTADOS DE LA INTERVENCIÓN	145
9.5.1. Influencia de las covariables sobre los cambios significativos obtenidos en la intensidad del dolor al reposo, a la palpación y al finalizar actividades funcionales	145
9.5.2. Influencia de las covariables sobre los cambios significativos obtenidos en la fuerza muscular del cuádriceps	148
9.5.3. Influencia de las covariables sobre los cambios significativos obtenidos en la funcionalidad	150
10. DISCUSIÓN	152
10.1. EFECTOS DEL UST SOBRE LA INTENSIDAD DEL DOLOR Y LA FUNCIONALIDAD	152
10.2. EFECTOS EL UST SOBRE LA MOVILIDAD ARTICULAR, LA FUERZA MUSCULAR Y LA CALIDAD DE VIDA EN PERSONAS CON OA DE RODILLA	160
10.3. ASOCIACIÓN DE LAS COVARIABLES A LOS CAMBIOS SIGNIFICATIVOS DE LAS VARIABLES DE RESULTADO	163
10.4. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	169
10.5. FORTALEZAS	169
11. CONCLUSIONES	170
12. RECOMENDACIONES	172
BIBLIOGRAFÍA	173
ANEXOS	199

LISTADO DE FIGURAS

		PÁGS
Figura 1.	El cartílago hialino	29
Figura 2.	El condrocito	32
Figura 3.	Regiones de la MEC	33
Figura 4.	Estructura de la MEC	34
Figura 5.	Estructura de un PG	35
Figura 6.	Características estructurales de las zonas del cartílago articular	37
Figura 7.	Desequilibrio en el metabolismo de la matriz	47
Figura 8.	Articulación normal y en condiciones de OA	50
Figura 9.	Relación entre factores sistémicos y biomecánicos	53
Figura 10.	Mal alineamiento articular de la rodilla	59
Figura 11.	Onda Acústica	70
Figura 12.	Pulsos Acústicos	70
Figura 13.	Espectro de frecuencias de sonido	71
Figura 14.	Reflexión y refracción de una onda sonora	72
Figura 15.	Forma de generación del UST	74
Figura 16.	Efecto piezoeléctrico	75
Figura 17.	Onda continua y pulsada	76
Figura 18.	La ERA	78
Figura 19.	El BNR	80
Figura 20.	Frecuencia del UST	81
Figura 21.	EAV	101
Figura 22.	Descripción de las fases del protocolo	119
Figura 23.	Área para el test de marcha de 6 minutos	124
Figura 24.	Flujograma de los participantes a través de las fases del estudio	140

LISTADO DE TABLAS

		PÁGS
Tabla 1.	Clasificación radiológica de OA según la escala de Kellgren-Lawrence.	64
Tabla 2.	Criterios de clasificación del Colegio Americano de Reumatología (ACR).	68
Tabla 3.	Cálculo de tamaño de muestra.	112
Tabla 4.	Escala y unidad de medición de las variables del estudio.	118
Tabla 5.	Reproducibilidad de cada atributo del instrumento de calidad de vida OOAQOL.	128
Tabla 6.	Puntos de corte aceptados como cambios significativos asociados a la intervención.	130
Tabla 7.	Características sociodemográficas, antropométricas y de control de la población de estudio.	141
Tabla 8.	Descripción de los hallazgos iniciales por rodillas en los 17 participantes.	142
Tabla 9.	Comparación entre la medición inicial (T0), 5ª sesión (T1) y 10ª sesión (T2) para la intensidad del dolor.	142
Tabla 10.	Diferencias entre la medición inicial (T0) y la final (T2) en las variables de intensidad del dolor y funcionalidad en 17 participantes.	143
Tabla 11.	Diferencias entre la medición inicial (T0) y la final (T2) en las variables de resultado.	144
Tabla 12.	Diferencias entre la medición inicial (T0) y la final (T2) en la calidad de vida en la población del estudio.	144
Tabla 13.	Análisis bivariado para el cambios significativo de la intensidad del dolor al reposo y el consumo de analgésicos.	145
Tabla 14.	Análisis bivariado para el cambio significativo de la intensidad del dolor a la palpación y el consumo de analgésicos.	146
Tabla 15.	Análisis bivariado para el cambio significativo de la intensidad del dolor al finalizar actividades funcionales y el consumo de analgésicos.	147

Tabla 16.	Razones de prevalencia asociadas al cambio significativo de la intensidad del dolor al reposo.	147
Tabla 17.	Razones de prevalencia asociadas al cambio significativo de la intensidad del dolor al finalizar actividades funcionales.	148
Tabla 18.	Análisis bivariado para el cambio significativo de la fuerza muscular del cuádriceps.	149
Tabla 19.	Razones de prevalencia asociadas al cambio significativo de la fuerza muscular del cuádriceps.	149
Tabla 20.	Análisis bivariado para el cambio significativo de la funcionalidad y el compromiso de la OA.	150
Tabla 21.	Razones de prevalencia asociadas al cambio significativo de la funcionalidad.	151

LISTA DE ANEXOS

		PÁGS
Anexo A.	Estudios que evalúan el efecto del UST en la OA de rodilla	199
Anexo B.	Estudios de investigación sobre UST y OA para el cálculo de tamaño de muestra	202
Anexo C.	Evaluación inicial de la intensidad del dolor	205
Anexo D.	Evaluación intermedia de la intensidad del dolor	206
Anexo E.	Evaluación final de la intensidad del dolor	207
Anexo F.	Formato de evaluación test de funcionalidad, marcha de 6 minutos. Evaluación inicial	208
Anexo G.	Formato de evaluación test de funcionalidad, marcha de 6 minutos. Evaluación final	209
Anexo H.	Formato de evaluación test de funcionalidad, marcha de 6 minutos. Evaluación final	210
Anexo I.	Formato de evaluación de la movilidad articular y la fuerza muscular. Evaluación inicial	211
Anexo J.	Formato de evaluación de la movilidad articular y la fuerza Muscular. Evaluación final	212
Anexo K.	Instrumento de evaluación de la calidad de vida	213
Anexo L.	Formato de registro de las variables antropométricas y sociodemográficas	217
Anexo M.	Cuestionario mundial sobre actividad física GPAQ	218
Anexo N.	Resultados del nivel de acuerdo e intervalos de confianza de los instrumentos de evaluación	222
Anexo O.	Convocatoria a la comunidad universitaria y comunidad en general a participar del proyecto	229
Anexo P.	Lista de chequeo de los criterios de inclusión y exclusión	230
Anexo Q.	Consentimiento informado	231
Anexo R.	Certificado de calibración equipo de ultrasonido	236
Anexo S.	Aval del comité de Ética en Investigación Científica	237

ABREVIATURAS

ACR	Colegio Americano de reumatología
AF	Actividad física
AINES	Antiinflamatorios no esteroideos
APTA	Asociación americana de terapia física
ATS	American Toracic Society
AVISA	Años de vida saludables
BMP	Proteínas morfogenéticas del hueso
BNR	Índice de no uniformidad del haz
CCI	Coeficiente de correlación intraclase
CCI	Coeficiente de correlación intraclase
CIF	Clasificación Internacional de Función, Discapacidad
DALYs	Indicador de discapacidad ajustado por años de vida
DI	Dinamometría isocinética
DM	Dinamometría manual
EAV	Escala análoga visual
ECN	Escala de clasificación numérica
ECV	Escala de clasificación verbal
ERA	El área de radiación efectiva
EULAR	Liga Europea Contra el Reumatismo
GAG	Glicoaminoglicanos
GPAQ	Cuestionario global de actividad física
IMA	Inhibición muscular artrogénica
IMC	Índice de masa corporal
k	Kappa
LEFS	Escala funcional de la extremidad inferior
MEC	Matriz Extracelular
MMP	Metaloproteinasas
MN α	Motoneuronas alfa

MPa	Megapascal
NAF	Nivel de actividad física
OA	Osteoartritis
OARSI	Sociedad Internacional de Investigación en OA
OMERACT	Grupo de medidas de resultado en ensayos clínicos en reumatología
OMS	Organización mundial de la salud
ON	Óxido nítrico
ONS	Óxido nítrico sintético
ONU	Organización de Naciones Unidas
OOAKHQOL	Cuestionario específico de calidad de vida para OA de cadera y rodilla
OR	Odds Ratio
PCR	Proteína C-reactiva
PG	Proteoglicanos
RDM	Rango de movimiento
RR	Riesgo relativo
SAMPSI	Tamaño de muestra y poder para promedios y proporciones
SATA	Intensidad promedio temporal espacial
SATP	Intensidad pico temporal
SPTA	Intensidad pico espacial promedio temporal
SPTP	Intensidad pico espacial pico temporal
UST	Ultrasonido terapéutico
VSG	Velocidad de sedimentación globular
WOMAC	Índice de OA de las universidades Western Ontario y McMaster

RESUMEN

TITULO: EFECTOS DEL ULTRASONIDO TERAPÉUTICO PULSADO SOBRE EL DOLOR, LA MOVILIDAD ARTICULAR, LA FUERZA MUSCULAR, LA FUNCIONALIDAD Y LA CALIDAD DE VIDA EN PERSONAS CON OSTEOARTRITIS DE RODILLA*

AUTORA: ELIANA ISABEL RODRIGUEZ GRANDE**

PALABRAS CLAVE: Rehabilitación, terapia por ultrasonido, fisioterapia, modalidades físicas, osteoartritis de rodilla.

Este trabajo se trató de un diseño cuasiexperimental con el objetivo de evaluar el efecto del ultrasonido pulsado sobre el dolor, la movilidad articular, fuerza muscular, funcionalidad y calidad de vida en personas con osteoartritis de rodilla. Incluyó 17 participantes con diagnóstico de osteoartritis de rodilla grado de severidad II y III. Se aplicó ultrasonido pulsado durante 10 sesiones, con ciclo de trabajo de 20%, ERA de 10 cm² y un BNR de 6:1, intensidad SATP de 2.2 W/cm², frecuencia de 1 MHz y tiempo de aplicación de 4 minutos. La SATA correspondió a 0.44 W/cm², el área de tratamiento a 2 veces la ERA en el compartimiento medial y lateral de la rodilla.

En el análisis, se evaluaron las diferencias en los tres momentos de evaluación para la intensidad del dolor y la funcionalidad con un ANOVA de medidas repetidas; las diferencias entre la medición inicial y final de la movilidad articular, la fuerza muscular y la calidad de vida fueron evaluadas con una t de student apareada y con el test de Wilcoxon. Los cambios significativos en las variables de salida fueron ajustados por las covariables con regresiones binomiales, teniendo en cuenta un nivel de significancia $p < 0.05$.

Al comparar los tres momentos de evaluación, los resultados mostraron diferencias significativas para la intensidad del dolor al reposo ($p=0.03$), a la palpación ($p=0.004$) y la funcionalidad ($p=0.0001$). Al finalizar la intervención, hubo diferencias significativas en la intensidad del dolor al finalizar actividades funcionales ($p=0.006$), en la fuerza muscular del cuádriceps ($p=0.04$) y la funcionalidad ($p=0.008$). El efecto sobre la intensidad del dolor al finalizar actividades funcionales es influenciado por la escolaridad, la fuerza muscular por la edad y la funcionalidad por el compromiso bilateral, el grado de severidad, los signos de osteoartritis patelofemoral y la actividad física vigorosa.

*Trabajo de grado

** Facultad de salud. Escuela de fisioterapia. Maestría en fisioterapia. Directora: Ft. MSc. PhD. Liliana Carolina Ramírez Ramírez.

SUMMARY

TITLE: EFFECTS OF THERAPEUTIC PULSED ULTRASOUND ON PAIN, ARTICULAR MOBILITY, MUSCLE STRENGTH, FUNCTION AND QUALITY OF LIFE IN PEOPLE WITH KNEE OSTEOARTHRITIS^{*}

AUTOR: ELIANA ISABEL RODRIGUEZ GRANDE^{**}

KEY WORDS: Rehabilitation, ultrasound therapy, physiotherapy, physical modalities, knee osteoarthritis .

This work it was a quasi-experimental design in order to evaluate the effect of pulsed ultrasound on pain, joint mobility, muscle strength, function and quality of life in people with knee osteoarthritis. It included 17 participants diagnosed with knee osteoarthritis severity II and III. Pulsed ultrasound was applied during 10 sessions, with duty cycle of 20%, ERA was 10 cm² and BNR 6:1, SATP intensity of 2.2 W/cm², 1 MHz of frequency and time application of 4 minutes. The SATA corresponded to 0.44 W/cm², the treatment area corresponded to 2 times the ERA in the medial and lateral compartment of the knee.

In the analysis, differences were assessed at three time for pain intensity and functionality with a repeated measure ANOVA; the differences between the initial and final measurement of joint mobility, muscle strength and quality of life were evaluated with a paired Student t and Wilcoxon test. Significant changes in the output variables were adjusted for covariates with binomial regressions, considering a significance level of p<0.05.

The Comparing at three time showed significant differences in pain intensity at rest (p =0.03), to palpation (p = 0.004) and at the end fuctional activities (p = 0.0001). After the intervention, there were significant differences in pain intensity at the end functional activities (p = 0.006), in the quadriceps muscle strength (p = 0.04) and function (p = 0.008). The effect on pain intensity at the end of functional activities was influenced by schooling, muscle strength with age and functionality for bilateral osteoarthritis, the degree of severity, signs of patellofemoral osteoarthritis and vigorous physical activity.

*Work of grade

** Faculty of health. Physiotherapy School. Master degree in Physiotherapy. Director: Ft. MSc. PhD. Liliána Carolina Ramírez Ramírez.

EFFECTOS DEL ULTRASONIDO TERAPÉUTICO PULSADO SOBRE EL DOLOR, LA MOVILIDAD ARTICULAR, LA FUERZA MUSCULAR, LA FUNCIONALIDAD Y LA CALIDAD DE VIDA EN PERSONAS CON OSTEOARTRITIS DE RODILLA

INTRODUCCIÓN

La osteoartritis (OA), es una patología crónica, degenerativa caracterizada por el desgaste del cartílago articular cuyos principales síntomas son el dolor, la disminución de la movilidad articular y de la fuerza muscular, la rigidez, además de la efusión articular en estadios avanzados de la enfermedad. Estas deficiencias pueden generar limitación en la capacidad funcional y la subsecuente reducción de la calidad de vida de las personas que presentan esta condición^{1,2,3}.

Es considerada la principal causa de dolor músculo esquelético y discapacidad en los adultos mayores en el mundo^{4,5}. En los Estados Unidos afecta al 12.1% de la población adulta y compromete principalmente a mujeres^{6,7}, quienes tienen un riesgo relativo (RR) de 1,79⁶. La articulación de soporte de peso corporal que presenta mayor incidencia es la rodilla⁵, con una incidencia de 240 casos nuevos por cada 100000 personas-año en comparación con la OA de cadera cuya incidencia es de 88 casos nuevos por 100000 personas-año⁸.

¹ ZHANG, Weiya; MOSKOWITZ, Roland; NUKI, George et al. OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis, Part II: OARSI evidence-based, expert consensus guidelines. In: *Osteoarthritis and Cartilage*. Vol.; 16. Issue 2 (Feb. 2008); p. 137-162.

² CORTÉS, Mario. Guías de práctica clínica para el tratamiento de la osteoartritis de cadera, rodilla y mano. En: *Revista Colombiana de Reumatología*. Vol.; 9. No. 1 (Mar. 2002); p. 15-17.

³ O'REILLY, Sheila; JONES, Adrian; MUIR, Ken et al. Quadriceps weakness in knee osteoarthritis: the effect of pain and disability. In: *Annals of the Rheumatic Diseases*. Vol.; 57. Issue 10 (Oct. 1998); p. 588-594.

⁴ MOSKOWITZ, Roland. The Burden of Osteoarthritis: Clinical and Quality-of-Life Issues. In: *American Journal of Managed Care*. Vol.; 15. Issue 8 (Sep. 2009); p. 223-229.

⁵ BRANDT, Kenneth; DIEPPE, Paul and RADIN, Eric. Etiopathogenesis of osteoarthritis. In: *Rheumatic Disease Clinics*. Vol.; 34. Issue 3 (Aug. 2008); p. 531-559.

⁶ FELSON, David, et al. The incidence and natural history of knee osteoarthritis in the elderly. *The Framingham Osteoarthritis*. En: *Arthritis and Rheumatism*. Octubre, 1995, vol. 38 no. 10, p. 1500-1505.

⁷ MCALINDON, Timothy, et al. Knee pain and disability in the community. En: *British Journal of Rheumatology*. Marzo, 1992, vol. 31 no. 3, p. 189-192.

⁸ ARDEN, Nigel y NEVITT, Michael. Osteoarthritis: Epidemiology. En: *Clinical Rheumatology*. Febrero, 2006, vol. 20 no. 1, p. 3-25.

En Colombia, el Ministerio de la Protección Social, utilizando un indicador epidemiológico denominado años de vida saludables perdidos en forma prematura por discapacidad y muerte (AVISA)⁹ reportó, que los AVISA perdidos por enfermedades musculoesqueléticas incluida la OA, son similares a los AVISA perdidos por cáncer de próstata, cáncer de cérvix y leucemia. Además, esta patología se encuentra entre las primeras 20 causas de morbilidad en los grupos etarios mayores de 45 años y el riesgo aumenta considerablemente con cada década de vida¹⁰. Esto muestra la relación de la OA con la población mayor, lo^{11, 12} cual es preocupante pues se espera que en Colombia esta población se duplique para el año 2025 implicando que la OA pueda ser considerada como un problema de Salud Pública^{2,9,10,11}.

Adicionalmente, la OA se asocia con una carga económica alta atribuible a los efectos de la discapacidad, la comorbilidad y los gastos del tratamiento^{12,13}. En los Estados Unidos las personas con OA incrementan los costos en salud en US\$2827 anuales, en comparación con las personas que no presentan la patología¹⁴. En España, estos costos por persona con OA ascienden a 1292 euros generando un costo total en la población de 654 millones de euros anuales¹⁵. En el Reino Unido, los costos indirectos de OA generan pérdidas económica en 258 millones de libras esterlinas anuales¹⁶.

⁹ OROZCO, Dany Joan, et al. Artritis en el anciano. En: Revista Colombiana de Reumatología. Marzo, 2007, vol. 14 no. 1, p. 66-84.

¹⁰ ACOSTA, Naydú; PEÑALOZA, Rolando y RODRÍGUEZ, Jesús. Carga de enfermedad Colombia 2005: Resultados Alcanzados. Documento Técnico ASS/1502-08. Bogotá: Ministerio de la Protección Social. Octubre, 2008. 94p.

¹¹ BITTON, Ryan. The Economic Burden of Osteoarthritis. En: The American Journal of Managed Care. Septiembre, 2009, vol. 15 no. 8, p. 230-235.

¹² MURPHY, Louise, et al. Estimating medical costs attributable to osteoarthritis in the US population: comment on the article by Kotlarz, et al. En: Arthritis and Rheumatism. Agosto, 2010, vol. 62 no. 8, p. 2566-2567.

¹³ MACLEAN, Catherine, et al. Costs attributable to osteoarthritis. En: The Journal of Rheumatology. Noviembre, 1998, vol. 25 no. 11, p. 2213-2218.

¹⁴ HELMICK, Charles, et al. Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part I. En: Arthritis and Rheumatism. Enero, 2008, vol. 58 no. 1, p. 15-25

¹⁵ PEÑA, Angélica y FERNÁNDEZ, Jesús. Prevalencia y factores de riesgo de la osteoartritis. En: Reumatología Clínica. Octubre, 2007, vol. 3 no. 3, p. 6-12.

¹⁶ CHEN, Ailiang, et al. The Global Economic Cost of Osteoarthritis: How the UK Compares. En: Arthritis. [En línea]. [02 Octubre de 2012]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3467755/>).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), La OA es una de las tres condiciones que más impacto tiene sobre la funcionalidad en adultos mayores de los países desarrollados^{17,18}. Según el indicador de discapacidad ajustado por años de vida (DALYs)¹⁹, del inglés Disability Adjusted Life Years, en el año 1990, en un año por cada millón de personas con patologías como la OA, se perdieron 4.6 años de vida por discapacidad^{17,20}, cifra que teniendo en cuenta el crecimiento y la expectativa de vida de la población se espera que para el año 2020 alcance los 5.6²¹.

La principal causa de la limitación de la funcionalidad en esta población es el dolor, con prevalencias que van entre el 38 y el 68% y que en muchos casos se asocia al insomnio, la depresión y el deterioro de las actividades de participación social²¹. Así mismo, el dolor genera un impacto negativo sobre la fuerza muscular y el rango de movimiento articular, lo cual a su vez lleva al menoscabo progresivo de la funcionalidad y por ende de la calidad de vida de estas personas^{17,18,22,23}.

El tratamiento integral de las personas con OA involucra intervenciones de tipo farmacológico a través de antiinflamatorios no esteroideos (AINES) que al ser utilizados por periodos prolongados pueden ocasionar efectos adversos^{24,25} y el

¹⁷ MURRAY, Christopher; LOPEZ, Alan y JAMISON, Dean. The global burden of disease in 1990: summary results, sensitivity analysis and future directions. En: Bulletin of the World Health Organization. 1994, vol. 72 no. 3, p. 495-509.

¹⁸ MCALINDON, Timothy, et al. Determinants of disability in osteoarthritis of the knee. En: Annals of the Rheumatic Diseases. Abril, 1993, vol. 52 no. 4, p. 258-262.

¹⁹ MURRAY, Christopher. Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. En: Bulletin of the World Health Organization. 1994, vol. 72 no. 3, p. 429-445.

²⁰ DREINHÖFER, Karsten, et al. ICF Core Sets for osteoarthritis. En: Journal of Rehabilitation Medicine. Agosto, 2004, vol. 36 no. 4, p. 75-80.

²¹ MURRAY, Christopher y LOPEZ, Alan. Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020: Global Burden of Disease Study. En: The Lancet. Mayo, 1997, vol. 349 no. 9064, p. 1498-1504.

²² LASLETT, Laura, et al. Prospective study of the impact of musculoskeletal pain and radiographic osteoarthritis on health related quality of life in community dwelling older people. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [07 Septiembre de 2012]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3489889/>).

²³ ALKAN, Berat Meryem, et al. Quality of life and self-reported disability in patients with knee osteoarthritis. En: Modern Rheumatology. Enero, 2014, vol. 24 no. 1, p. 166-171.

²⁴ HOCHBERG, Marc, et al. American college of rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee. En: Arthritis Care & Research. Abril, 2012, vol. 64 no. 4, p. 465-474.

²⁵ JAMTVEDT, Gro, et al. Physical therapy interventions for patients with osteoarthritis of the knee: An overview of systematic reviews. En: Physical Therapy. Enero, 2008, vol. 88 no. 1, p. 123-136.

manejo no farmacológico en el que se incluyen la educación sobre la patología y la fisioterapia a través del ejercicio terapéutico y las modalidades físicas^{1,26} cuya aplicación podría disminuir el consumo excesivo de analgésicos contribuyendo a la disminución del dolor y a mejorar la funcionalidad^{26,27,28}.

Una de las modalidades terapéuticas ampliamente utilizadas en fisioterapia para el tratamiento de la OA es el ultrasonido terapéutico (UST)^{29,30,31,32}, definido como ondas sonoras con frecuencias superiores a 20000 Hz que atraviesan la piel generando vibración en los tejidos locales^{33,34,35}, sin embargo, no existe claridad sobre el mecanismo por el cual este recurso físico podría favorecer la recuperación en estos pacientes, y a su vez, no hay consenso en relación con los parámetros de aplicación y la dosis más indicada para esta condición^{36,37,38}.

²⁶ DEYLE, Gail, et al. Physical therapy treatment effectiveness for osteoarthritis of the knee: A randomized comparison of supervised clinical exercise and manual therapy procedures versus a home exercise program. En: Physical Therapy. Diciembre, 2005, vol. 85 no. 12, p. 1301-1317.

²⁷ IVERSEN, Maura Daly. Managing hip and knee osteoarthritis with exercise: What is the best prescription? En: Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease. Octubre, 2010, vol. 2 no. 5, p. 279-290.

²⁸ LOYOLA SÁNCHEZ, Adalberto; RICHARDSON, Julie y MACLINTYRE, Norma. Efficacy of ultrasound therapy for the management of knee osteoarthritis: a systematic review with meta-analysis. En: Osteoarthritis and Cartilage. Septiembre, 2010, vol. 18 no. 9, p. 1117-1126.

²⁹ HUANG, Mao-Hsiung, et al. Use of Ultrasound to Increase Effectiveness of Isokinetic Exercise for Knee Osteoarthritis. En: Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. Agosto, 2005, vol. 86 no. 8, p. 1545-1551.

³⁰ LOYOLA SÁNCHEZ, Adalberto, et al. Efecto del ultrasonido terapéutico pulsátil de baja intensidad sobre la regeneración del cartilago articular en pacientes con gonartrosis de segundo y tercer grado. En: Reumatología Clínica. Julio, 2009, vol. 5 no. 4, p. 163-167.

³¹ BAKER, Kerry; ROBERTSON, Valma y DUCK, Francis. A Review of Therapeutic Ultrasound: Biophysical Effects. En: Physical Therapy. Julio, 2001, vol. 81 no. 7, p. 1351-1358.

³² WELCH, Vivian, et al. Therapeutic ultrasound for osteoarthritis of the knee. En: The Cochrane Database of Systematic Reviews. [En línea]. [23 Julio de 2001]. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD003132/abstract>.

³³ BJORDAL, Jan, et al. Short-term efficacy of physical interventions in osteoarthritic knee pain. A systematic review and meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. En: BMC Musculoskelet Disord. Junio, 2007, vol. 8, p. 51-65.

³⁴ SRBELY, John. Ultrasound in the management of osteoarthritis: part I: a review of the current literature. En: The Journal of the Canadian Chiropractic Association. Marzo, 2008, vol. 52 no. 1, p. 30-37.

³⁵ HUANG, Mao-Hsiung, et al. Preliminary results of integrated therapy for patients with knee osteoarthritis. En: Arthritis Care & Research. Diciembre, 2005, vol. 53 no. 6, p. 812-820.

³⁶ CETIN, Nuri, et al. Comparing Hot Pack, Short-Wave Diathermy, Ultrasound, and TENS on Isokinetic Strength, Pain, and Functional Status of Women with Osteoarthritic Knees. En: American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. Junio, 2008, vol. 87 no. 6, p. 443-451.

³⁷ BJORDAL, Jan, et al. Short-term efficacy of physical interventions in osteoarthritic knee pain. A systematic review and meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. En: BMC Musculoskelet Disord. Junio, 2007, vol. 8, p. 51-58.

³⁸ ALTMAN, Roy Davis. Practical Considerations for the Pharmacologic Management of Osteoarthritis. En: The American Journal of Managed Care. Septiembre, 2009, vol. 15 no. 8, p. 236-244.

Se ha planteado que el UST podría aumentar el umbral del dolor a través de una mayor permeabilidad al sodio y favorecer la reparación del tejido potenciando los procesos anabólicos del condrocito, promoviendo la síntesis de los componentes de la matriz extracelular del cartílago articular^{34,35}, sin embargo, en la actualidad no existe consenso sobre los parámetros de aplicación del UST^{2,5,39,40,41,42,43,44} que podrían promover los efectos antes mencionados en personas con OA dado que los estudios sobre la aplicación del UST en estos pacientes presentan limitaciones metodológicas como tamaño de muestra pequeño, sesgos de confusión, falta de enmascaramiento y la aplicación de instrumentos de medición sin evaluación de propiedades psicométricas^{29,36,45}.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que el UST es una modalidad física de uso común en fisioterapia cuya aplicación no ha reportado efectos secundarios en los estudios revisados, este trabajo busca evaluar el efecto de la aplicación de 5 y 10 sesiones de UST aplicado en el compartimiento medial y lateral de la articulación de la rodilla afectada, sobre el dolor, la fuerza muscular, la movilidad articular, la funcionalidad y la calidad de vida de personas con OA.

La hipótesis de este estudio es que la aplicación de 5 y 10 sesiones del UST pulsado podrían disminuir la intensidad del dolor a través de la disminución de la función de la bomba de sodio y potasio en las fibras de conducción dolorosa; el aumento en la permeabilidad de la membrana favoreciendo el aumento del

³⁹ BUCHANAN, Watson y KEAN, Walter. Osteoarthritis IV: Clinical therapeutic trials and treatment, review. En: Inflammopharmacology. Febrero, 2002, vol. 10 no. 1, p. 79-155.

⁴⁰ DIARMID, Theresa , ZISKIN Marvin, MICHLOVITZ Susan. Therapeutic Ultrasound. En: Wolf S. Thermal agent in rehabilitation. 3ª ed. Philadelphia: F.A. Davis Company;1996.p.168-207.

⁴¹ CAMERON, Michelle H. Ultrasound. En: Physical Agents in Rehabilitation: From Research to Practice. 4 edición. Filadelfia: WB. Saunders, 1999. p. 173-198.

⁴² RADIN, Eric y BURR, David. Hypothesis: joints can heal. En: Seminars in Arthritis and Rheumatism. Febrero, 1984, vol. 13 no. 3, p. 293-302.

⁴³ REID David y CUMMINGS, Robert. Factors in selecting the dosage of ultrasound. In: Physiotherapy Canada. 1973; vol. 25, p. 5-9.

⁴⁴ VAN DER WINDT, Daniëlle, et al. Ultrasound therapy for musculoskeletal disorders: a systematic review. En: Pain. Junio, 1999, vol. 81 no. 3, p. 257-271.

⁴⁵ DYSON, Margaret. Mechanisms involved in therapeutic ultrasound. In: Physiotherapy. 1987, vol. 73, p. 116 –120.

metabolismo celular del condrocito, la síntesis de los componentes de la MEC y la vascularización en los tejidos tratados; la disminución de la óxido nítrico sintetasa y la activación de la compuerta del dolor en consecuencia mejorará el rango de movimiento articular, la fuerza muscular, el desempeño funcional y la calidad de vida de los participantes^{45,46,47,48,49}.

Este trabajo contribuirá con el desarrollo de la línea de investigación "Modalidades físicas de rehabilitación y su interacción con los tejidos", del Grupo de Estudio del dolor de la Escuela de Fisioterapia de la Universidad Industrial de Santander. De igual forma responde a las propuestas de la Agenda Americana de Investigación en Fisioterapia dentro del análisis clínico, en el cual se plantea la necesidad de examinar los efectos de las intervenciones realizadas por el fisioterapeuta^{50,51,52}. De esta forma los resultados obtenidos, contribuirán con la generación de conocimiento que puede ser aplicado durante el tratamiento fisioterapéutico de personas con OA.

⁴⁶ CORADINI, Josinéia, MATTJIE, Thiago, et al. Comparison of low level laser, ultrasonic therapy and association in joint pain in Wistar rats. *Revista Brasileira de Reumatologia*. Enero-Febrero, 2014, vol. 54 no. 1, p. 7-12.

⁴⁷ WATSON, Tim. Ultrasound in contemporary physiotherapy practice. En: *Ultrasonics*. Agosto, 2008, vol. 48 no. 4, p. 321-329.

⁴⁸ ERDOGAN, Özgür y ESEN, Emin. Biological Aspects and Clinical Importance of Ultrasound Therapy in Bone Healing. En: *Journal of Ultrasound in Medicine*. Junio, 2009, vol. 28 no. 6, p. 765-776.

⁴⁹ KRAMER, John. Ultrasound: Evaluation of its mechanical and thermal effects. En: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. Mayo, 1984, vol. 65 no. 5, p. 223-227.

⁵⁰ DEAN, Elizabeth. Physical therapy in the 21st century (Part I): Toward practice informed by epidemiology and the crisis of the lifestyle condition. In: *Physiotherapy Theory and Practice*. mayo, 2009, vol. 25, p.330-53.

⁵¹ DEAN, Elizabeth. Physical therapy in the 21st century (Part II): Evidence-based practice within the context of evidence-informed practice. In: *Physiotherapy Theory and Practice*. mayo, 2009, vol. 25, p.354-368.

⁵² GOLDSTEIN, Marc, SCALSITTI, David, CRAIK, Rebecca, et al. The revised research agenda for physical therapy. In: *Physical Therapy*. Febrero, 2011 vol.91 no. 2, p.165-174.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del UST pulsado sobre el dolor, la movilidad articular, la fuerza muscular, la funcionalidad y la calidad de vida en personas con osteoartritis de rodilla.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la condición de los participantes en las variables sociodemográficas, antropométricas y clínicas en línea de base.
- Analizar los cambios producidos por el UST entre la línea de base y las sesiones 5° y 10° sobre la intensidad del dolor y la funcionalidad.
- Determinar el efecto de las covariables sobre los cambios generados en la intensidad del dolor, la movilidad articular, la fuerza muscular, la funcionalidad y la calidad de vida al finalizar la intervención.

2. MARCO TEORICO

2.1. CARTÍLAGO ARTICULAR

Desarrollo embrionario del Cartílago articular

La formación de una articulación sinovial en el embrión inicia con la aparición de una condensación celular (mesénquimo esquelética primitiva) que es el esbozo del futuro segmento esquelético. En el centro del mesénquima aparece un nódulo cartilaginoso y más allá, otra condensación celular que indica que el segmento esquelético distal adyacente va a su vez a condrificarse⁵³.

Los nódulos cartilaginosos se agrandan y adquieren tempranamente la forma característica del futuro hueso, entre dos o varios esbozos cartilaginosos permanece una banda del mesénquima primitivo que no se condifica. Las porciones periféricas de este tejido celular se condensan, originando la futura cápsula articular y la membrana sinovial. El cartílago articular se muestra como una capa celular más densa que recubre el nódulo cartilaginoso^{53,54}.

La cavidad articular va a aparecer progresivamente entre los nódulos cartilaginosos y el mesénquima condensado, dando origen a los meniscos, los ligamentos y el cartílago articular. Este proceso comienza generalmente en la periferia mediante la aparición de pequeñas fisuras entre las células del mesénquima primitivo. La aparición de los vasos sanguíneos en el mesénquima capsulo sinovial y los movimientos del embrión, preceden y acompañan este desarrollo⁵³.

⁵³ QUINTERO, Maritza; MONFORT, Jordi y MITROVIC, Dragoslav. Osteoartrosis: Biología, fisiopatología, clínica y tratamiento. Madrid: Médica Panamericana, 2009. 413p.

⁵⁴ CABRINI, Rómulo y OTAÑO Arturo. Biología del tejido óseo y crecimiento óseo. En: SILBERMAN, Fernando y VARAONA, Óscar. Ortopedia y Traumatología. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 3ra edición, 2010. p. 5-11.

La formación del esqueleto en el embrión humano finaliza hacia el 4 mes de embarazo, sin embargo en este momento, los huesos aún están constituidos en gran parte por el cartílago. La cápsula articular, los meniscos y los ligamentos intraarticulares se enriquecen progresivamente en colágeno y después de la separación completa de las estructuras que componen la articulación, se individualiza claramente la membrana sinovial^{53,54}.

En el ser humano, existen tres tipos principales de cartílago: el elástico, el fibrocartílago y el cartílago hialino. El cartílago elástico se caracteriza por las fibras elásticas y laminillas elásticas, éste es encontrado en el oído externo, la pared del meato acústico externo, la trompa de Eustaquio, la epiglótis y la laringe. El fibrocartílago se caracteriza por la presencia de fibras tipo I de colágeno y se encuentra en estructuras como los discos intervertebrales. El cartílago hialino se caracteriza por presentar colágeno tipo II en su Matriz Extracelular (MEC) además glicaminoglicanos, PG y glicoproteínas de adhesión^{55,56}.

El cartílago hialino es el más abundante y se encuentra recubriendo las epífisis óseas en las articulaciones móviles (diartrodiales), de ahí que se le conozca como cartílago articular. Teniendo en cuenta que el cartílago hialino es el afectado por la OA⁵⁵, esta revisión se centrará en la descripción anatómica y funcional de este tipo de tejido.

Para que en una articulación se generen movimientos de forma normal y sin dolor, es necesaria la integridad anatómica y fisiológica de sus componentes entre los que se encuentran los meniscos, el hueso subcondral, los ligamentos, la cápsula

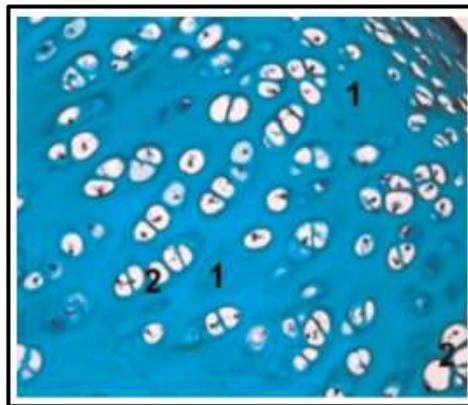
⁵⁵ ATESHIAN, Gerard and MOW, Van. Friction, lubrication, and wear of articular cartilage and diarthrodial joints. In: MOW, Van and HUISKES, Rik. Basic Orthopaedic Biomechanics and Mechano-Biology. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 3rd ed, 2005. p. 447-494.

⁵⁶ WANG, Jinxi; KRAMER, William and SCHROEPPEL, John. Transcriptional Regulation of Articular Chondrocyte Function and Its Implication in Osteoarthritis. In: Principles of Osteoarthritis -Its Definition, Character, Derivation and Modality- Related Recognition. [On line]. [10 de febrero de 2014] Available from: <http://www.intechopen.com/books/principles-of-osteoarthritis-its-definition-character-derivation-and-modality-related-recognition/transcriptional-regulation-of-articular-chondrocyte-function-and-itsimplication-in-osteoarthritis>.

articular y sobre todo, el cartílago articular hialino⁵⁷. Este tejido forma las superficies de amortiguación de todas las articulaciones sinoviales variando en grosor, densidad celular, composición de la matriz y propiedades mecánicas dentro de la misma articulación y dentro de diferentes especies⁵⁷.

El cartílago articular es un tejido conectivo especializado, avascular, aneural y alinfático, constituido por dos elementos, un componente celular que son los condrocitos y otro la MEC (Figura 1)⁵⁷. Es un tejido con una tasa metabólica baja comparado con el músculo o hueso, posee una estructura elaborada, altamente organizada con complejas interacciones entre los condrocitos y la matriz^{57,58}. Aunque este tipo de tejido generalmente tiene pocos milímetros de grosor (2-4 mm) posee una gran capacidad para distribuir fuerzas y una gran resistencia frente a las fuerzas de compresión; de esta forma disminuye los picos de estrés sufridos por el hueso subcondral⁵⁷.

Figura 1. El cartílago hialino



Tomado de: Danisovic L, Varga I, Zamborský R, Böhmer D. The tissue engineering of articular cartilage: cells, scaffolds and stimulating factors. *Exp Biol Med.* 2012;237:10-7⁵⁹.

⁵⁷ PELLETIER, Johanne; BOILEAU, Christelle and PELLETIER Jean-Pierre. Cartilage in normal and osteoarthritic conditions. In: *Best Pract Res Clin Rheumatol.* Vol.; 22 (Abr. 2008); p. 351-384.

⁵⁸ FORRIOL, Francisco. El cartílago articular: aspectos mecánicos y su repercusión en la reparación tisular. En: *Revista de Ortopedia y Traumatología.* Vol.; 46. No 5 (May. 2002); p. 380-390.

⁵⁹ DANISOVIC, Lubos; VARGA Ivan; ZAMBORSKÝ, Radoslav et al. The tissue engineering of articular cartilage: cells, scaffolds and stimulating factors. In: *Experimental Biology and Medicine.* Vol.; 237. Issue 1 (Jan. 2012); p. 10-17.

2.1.1. Composición del cartílago articular hialino

La unidad funcional del cartílago es el condrón, que está formado por el condrocito (3%), la laguna (lugar que ocupa dentro de la matriz cartilaginosa) y la matriz pericelular de glucoproteínas sintetizadas (97%)⁶⁰.

2.1.1.1. Componente celular (condrocitos)

En condiciones normales los condrocitos, son células redondeadas que contienen abundantes retículos endoplasmáticos rugosos y aparatos de Golgi bien desarrollados, poseen un núcleo que puede contener varios nucléolos. Ocupan cavidades o lagunas, llamadas condroplastos que se conectan directamente con la matriz cartilaginosa y se disponen en grupos que corresponden a la familia que los origina⁶⁰ (Figura 2).

Los condrocitos son responsables de la síntesis de cartílago articular, se encargan del mantenimiento de los constituyentes de la MEC, colágeno tipo II y los proteoglicanos (PG), en un estado de homeostasis celular, a su vez interactúan con la MEC a través de los receptores de membrana⁵⁰. La actividad mitótica no es fácilmente detectable debido a que presentan una tasa baja de actividad metabólica. Teniendo en cuenta que el cartílago articular es una estructura avascular, su nutrición depende de la difusión de nutrientes y metabolitos desde la superficie articular y el hueso subcondral, a través de la matriz extracelular, por ello la estrecha relación del condrocito con la membrana extracelular (Figura 2).

La actividad de los condrocitos corresponde a la síntesis de todos los componentes de la MEC. Sin embargo también producen moléculas que inducen

⁶⁰ MONFORT, Jordi y TRUJILLO, Elisa. Mecanismos de destrucción y reparación del cartílago. En: Sociedad Española de Reumatología. Artrosis, fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2010. p. 91-100.

la degradación de la matriz como las metaloproteinasas (MMP, por la sigla en inglés de matrix metalloproteinases).

2.1.1.2. La matriz extracelular (MEC)

La MEC del cartílago articular está formada por: una fracción líquida y un almacén de macromoléculas estructurales que proporciona al tejido su forma y estabilidad. La interacción entre ambos componentes proporciona al cartílago sus propiedades biomecánicas de rigidez y elasticidad⁵⁷.

La fracción líquida está compuesta por agua y representa alrededor del 80% de la MEC. Este componente muestra una distribución desigual dentro del tejido, siendo su concentración más elevada en la superficie y disminuye gradualmente según avanza en profundidad⁵⁷. Las características propias de este tejido como la elasticidad, flexibilidad, capacidad para reducir el rozamiento y distribuir las presiones, son mantenidas gracias a las moléculas de agua que son retenidas por las cargas negativas de los PG (glicoproteínas de la MEC)^{57,61,62,63,64}.

En la MEC del cartílago articular adulto se pueden diferenciar tres regiones: a) La región *capsular o pericelular*, rica en PG, proteínas no colágenas y colágenas no fibrilares. b) la región *territorial*, la cual forma el entramado a modo de cápsula del condón y c) La *interterritorial* que es la de mayor volumen, formada por las fibras de colágeno de mayor diámetro^{57,65} (Figura 3).

⁶¹ ROSS, Michael; PAWLINA, Wojciech y NEGRETE, Jorge. Tejido cartilaginoso. En: ROSS, Michael y PAWLINA, Wojciech. Histología texto y atlas a color con biología celular y molecular. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 5ta ed, 2007. p.198-206.

⁶² HYLLESTED, Jacob; VEJE, Knudsen and OSTERGAARD, Keld. Histochemical studies of the Extracellular matrix of human articular cartilage—a review. In: Osteoarthritis and Cartilage. Vol.; 10. Issue 5 (May. 2002); p. 333–343.

⁶³ LOESER Richard. Age-Related Changes in the Musculoskeletal System and the Development of Osteoarthritis. In: Clinics in Geriatric Medicine. Vol.; 26. Issue 3 (Aug. 2010); p. 371–386.

⁶⁴ Mow Van and HUNG, Clark. Biomechanics of articular cartilage. In: MOW, Van y HUISKES, Rik. Basic Biomechanics of the musculoskeletal system. 3rd Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins Malvern, 2001. p. 60-100.

⁶⁵ VOET, Donald. Estructura tridimensional de las proteínas. En: VOET, Donald. Bioquímica. 3ra Ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2006. p. 227-285.

Figura 2. El condrocito.



El citoplasma contiene numerosas cisternas de Retículo Endoplasmático Rugoso (RER), un aparato de Golgi (G) y numerosas mitocondrias. Tomado de: Ross M, Pawlina I, Wojciech I, Negrete J. Tejido cartilaginoso. En: Ross M, Pawlina I, Wojciech I, Negrete J. Histología texto y atlas a color con biología celular y molecular. 5^{ta} ed. Buenos Aires: Médica Panamericana. 2008. p.198-206⁶⁶.

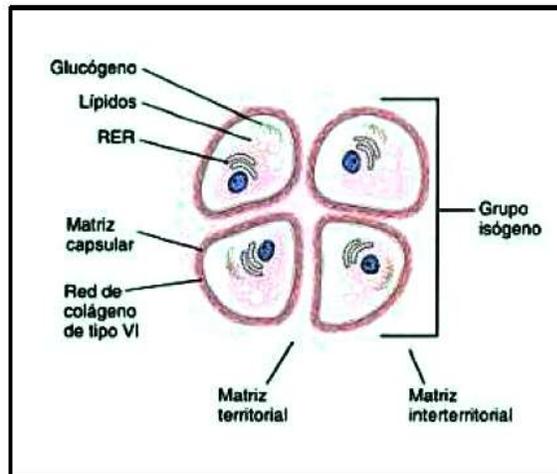
Las macromoléculas estructurales representan el 20-30% del peso total del cartílago y pueden ser del tipo fibrilar y no fibrilar⁵⁹. *El componente fibrilar* está compuesto alrededor del 80% por una red de fibrillas de colágeno tipo II, 3% colágeno tipo XI, 1% colágeno tipo IX, y en menor cantidad colágeno VI y X. El colágeno está formado por tres cadenas que constituye el armazón estructural del cartílago y que proporciona la estructura de organización para los PG y los condrocitos (Figura 4). Representa el 50% de las macromoléculas estructurales^{57,62}.

El componente no fibrilar está compuesto por PG que son glicoproteínas constituidas por un núcleo proteico al que están unidos covalentemente un tipo especial de polisacáridos denominados glicaminoglicanos (GAG). Los GAG son largas cadenas de azúcares que se repiten, como el condroitín 4 y 6 sulfato, dermatán, queratán sulfatos y ácido hialurónico, los cuales son altamente hidrófilos (Figura 5). Constituyen largas cadenas de cargas negativas que van a

⁶⁶ LOPEZ, María José; CARAMÉS, Beatriz; CILLERO, Berta et al. Fisiopatología de la artrosis: ¿cuál es la actualidad?. En: Revista Española de Reumatología. Vol.; 31. No 06 (Jun. 2004); p. 379-393.

atraer cationes⁶². El ácido hialurónico une los PG a través de proteínas de unión formando agregados, los cuales ocupan los espacios entre las fibras de colágeno⁵⁷.

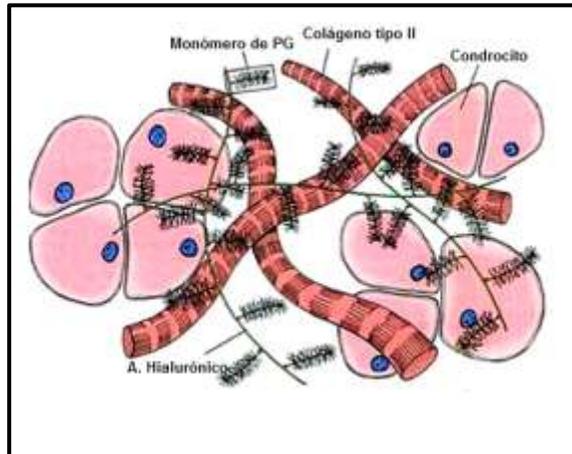
Figura 3.- Regiones de la MEC.



Se representan las regiones capsular, territorial o interterritorial, en un grupo isógeno de condrocitos. Estos grupos en los cuales se muestran los condrocitos cercanos, indican que acaban de dividirse, a medida que cada condrocito sintetiza matriz se dispersan. Nótese la estrecha relación entre el condrocito y la MEC pericelular o capsular, territorial e interterritorial. Tomado de. Ross M, Pawlina I, Wojciech I, Negrete J. Tejido cartilaginoso. En: Ross M, Pawlina I, Wojciech I, Negrete J. Histología texto y atlas a color con biología celular y molecular. 5^{ta} ed. Buenos Aires: Médica Panamericana. 2008. p.198-206⁶¹.

La composición de los monómeros de PG cambia con el envejecimiento y al menos una parte de estas moléculas se renueva cada 8 días, lo cual sugiere la existencia de un sistema de remodelación. En el cartílago lesionado, esta síntesis aumenta de forma llamativa, pero el nuevo material sintetizado es en su mayoría fibrocartílago, de modo que funcionalmente no es un sustituto adecuado del cartílago hialino^{57,63,64}.

Figura 4.- Estructura de la MEC



En esta representación se ilustra la relación que tienen los PG con el colágeno tipo II y los condrocitos en la matriz del cartílago articular. Tomado de Voet D, Voet J, Rondinone I. Estructura tridimensional de las proteínas. En: Voet D, Voet J, Rondinone I. Estructura tridimensional de las proteínas. En: Voet D, Voet J, Rondinone I. Bioquímica. 3^{ra} ed. Buenos Aires: Médica Panamericana. 2006. p.227-278⁶⁵.

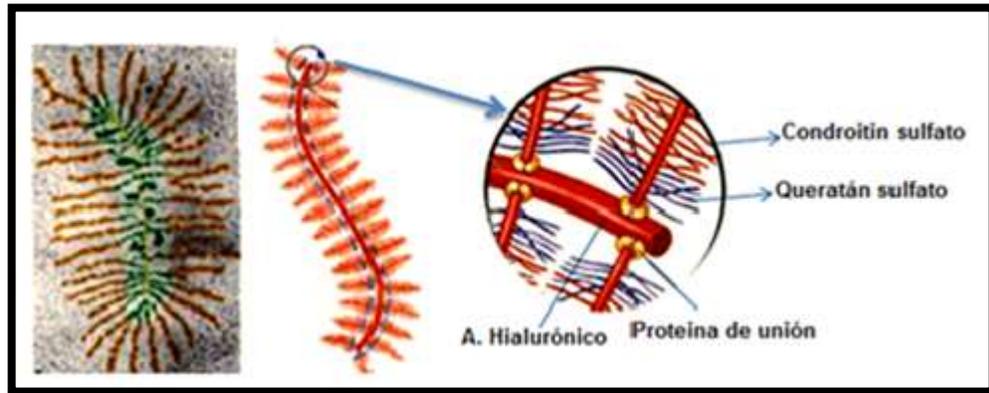
Otros Componentes. El cartílago articular posee pequeñas cantidades de proteínas en la MEC que no son ni PG ni colágeno. Estas proteínas interactúan con otras de la matriz. Las mejor estudiadas son la ancorina (participa en las interacciones célula-matriz), la fibronectina (contribuye al mantenimiento de la estructura del cartílago) y la proteína oligomérica de matriz del cartílago que participa en los mecanismos de reparación tisular y regulación del crecimiento celular. En el cartílago también se encuentran en minoría la condronectina y ancorina II, así como lípidos, aunque éstos están presentes en una proporción menor del 1%⁵⁷.

2.1.2. Organización estructural del cartílago articular humano

El cartílago articular posee cuatro zonas diferenciadas según su composición, organización y propiedades mecánicas de la MEC a saber:

Zona I. Superficial, tangencial o de deslizamiento. En esta zona los condrocitos son más pequeños que en el resto del cartílago y presentan forma aplanada, además se disponen de forma paralela a la superficie articular, estando ésta

Figura 5. Estructura de un PG



A. Micrografía electrónica de un PG del cartílago articular. Los monómeros de PG emergen lateralmente en los lados opuestos de un componente central de hialuronato. Adaptado Voet D, Voet J, Rondinone I. Estructura tridimensional de las proteínas. En: Voet D, Voet J, Rondinone I. Bioquímica. 3^{ra} ed. Buenos Aires: Médica Panamericana. 2006. p.227-278⁶⁵.

desprovista de células en su parte más superficial (*lámina splendens*). Las fibras de colágeno presentes en alta concentración son muy finas y también se disponen de forma paralela a la superficie⁶³.

El ácido hialurónico, el queratán sulfato, el condroitín sulfato, las proteínas de unión, la proteína central del agregano proporcionan al cartílago mayor rigidez y fuerza que la existente en otras zonas, de modo que le permite resistir las fuerzas generadas con el uso de la articulación⁶³. Las alteraciones de esta zona pueden contribuir al desarrollo de osteoartritis (OA) a través de cambios en el comportamiento mecánico del tejido⁶³.

Zona II. Media. Representa entre el 40-60% del grosor del cartílago, en esta región la morfología y la composición de la matriz es intermedia entre la zona superficial y

la profunda, de ahí su nombre. Los condrocitos son más grandes y esféricos, aparecen de forma aleatoria tanto individuales como formando grupos. Por otra parte, las fibras de colágeno se disponen de forma oblicua a través de la MEC⁶⁴.

Zona III. Profunda o radial. Los condrocitos son elípticos y más grandes que los de la zona anterior, se disponen en grupos de 2 a 6 células y se encuentran orientados de forma perpendicular a la superficie articular. Las fibras de colágeno van a seguir la orientación de las columnas de condrocitos y son las de mayor diámetro en todo el tejido, por otra parte es la zona donde son más numerosos los PG que pueden atrapar agua, aumentando la resistencia del cartílago a la compresión^{62,64}.

Zona IV. Zona calcificada. En esta región los condrocitos son menos numerosos y aparecen dispersos aunque hay algunos necróticos, de forma general son viables. El límite entre la zona radial o profunda y la zona calcificada es llamado *tidemark*^{62,64} (Figura 6).

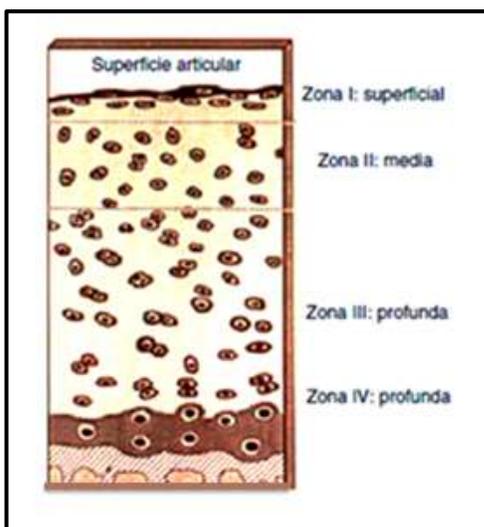
La orientación horizontal del colágeno situado en las capas superficiales del cartílago protege al cartílago de la abrasión y permite que se transmitan las fuerzas de compresión desde la superficie hacia los márgenes del cartílago. El contenido de colágeno disminuye progresivamente desde las capas superficiales a las profundas. En estas las fibras están más separadas, su diámetro es mayor y se encuentran alineadas de forma vertical. Las fibras de colágeno se continúan con las fibras de cartílago calcificado, pero no con las del hueso subcondral. El tipo de moléculas que pueden atravesar la matriz y la proporción en la que lo hacen depende de la composición y organización de la MEC⁶².

En conclusión, la interacción entre el colágeno tipo II, los PG, el agua y la organización en cada una de las zonas que lo componen, determinan las propiedades funcionales del cartílago articular humano^{60,62}.

2.1.3. Respuesta del cartílago articular ante las cargas

Los condrocitos de las diferentes zonas responden de forma distinta ante las Los condrocitos de las diferentes zonas responden de forma distinta ante las presiones mecánicas, sugiriendo que el desarrollo y el mantenimiento del cartílago articular normal depende, en parte, de la diferenciación de las poblaciones fenotípicas de los condrocitos^{57,64}.

Figura 6. Características estructurales de las zonas del cartílago articular.



Representación esquemática de las características estructurales de la zona superficial, media y profunda. Tomado de López A, Carames B, Pastor C, García B. Fisiopatología de la artrosis: ¿cuál es la actualidad?. Rev Esp Reumatol 2004;31:379-93⁶⁶.

Cuando el cartílago articular es sometido a fuerzas de compresión, se deforma debido a la adaptación de sus fibras de colágeno, al incremento de la presión local, a la permeabilidad del tejido, al desplazamiento de líquido hacia las zonas no comprimidas y hacia el espacio articular^{67,68}. A su vez, la permeabilidad es importante como medio de difusión de los nutrientes hacia el condrocito^{67,69}.

⁶⁷ VILADOT, Antonio and ROLDAN, Lorenzo. La articulación. En: VILADOT, Antonio y colaboradores. Lecciones básicas de Biomecánica del aparato locomotor. 1era Ed. Barcelona: Editorial Springer-Verlag Ibérica, 2000.p.53-64.

⁶⁸ CARTER , Dennis, BEAUPRE, Gary, WONG, Marcy et al. The Mechanobiology of Articular Cartilage Development and Degeneration. In: Clinical Orthopaedics & Related Research. October, 2004, vol. 427, p. S69-S77.

⁶⁹ OSWALD, Elizabeth; CHAO, Pen-Hsui; BULINSKY et al. Dependence of zonal chondrocyte water transport properties on osmotic environment. In: Cellular and Molecular Bioengineering. Vol.; 1. Issue 4 (Dec. 2008); p. 339-348.

Debido a que el cartílago articular es avascular, los nutrientes y el oxígeno deben alcanzar el condrocito de manera indirecta. En el hueso subcondral existen canales para el transporte de nutrientes, pero estos canales son importantes solamente para la nutrición del cartílago epifisiario y para las zonas de osificación activas durante el crecimiento⁶⁹.

La difusión a través de la membrana sinovial es la principal forma de llevar nutrientes al condrocito, lo cual implica que los nutrientes se deban difundir a distancias de hasta un centímetro hasta alcanzar las células⁶⁹. Sin embargo, esta dificultad se soluciona a través de los movimientos de la articulación que facilitan el desplazamiento del agua a las zonas de menor presión, llevando consigo los nutrientes. Además, muchos de los nutrientes pueden quedar almacenados en la MEC generando un gradiente favorable para su paso hacia el condrocito⁶⁹.

De igual forma la permeabilidad del tejido y el desplazamiento de líquido hacia las zonas no comprimidas posterior a las presiones ejercidas sobre el cartílago articular, constituye un mecanismo de defensa que le permite además de la nutrición, la lubricación de la articulación y la transmisión de cargas^{68,70}.

La mecanotransducción a los cambios en las presiones mecánicas y químicas percibidas por los condrocitos como la deformación de las células y la matriz circundante, los cambios en la presión hidrostática, el estímulo del tránsito del fluido, los cambios en el pH y la presión osmótica pueden potenciar el metabolismo desencadenando cambios en la síntesis de proteínas, en la

⁷⁰ LANDÍNEZ, Nancy; VANEGAS, Juan y GARZÓN, Diego. Regulación molecular del cartílago articular en función de las cargas mecánicas y el proceso osteoartrosico: una revisión teórica. En: Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología. Vol.; 22. No 2 (Jul.-Dic. 2008).

composición de la matriz y finalmente en el desempeño biomecánico del tejido⁷¹. Sin embargo, estos patrones de expresión bajo estímulos de carga mecánica cíclica y estática de los condrocitos no son claros⁷².

Se ha descrito que *in vivo*, las zonas de carga del cartílago articular están expuestas a las presiones de contacto entre 0 y 20 MPa en frecuencias que van de 0,1 a 10 Hz⁷³. Los períodos de carga cíclica no duran más de una hora y estos se intercalan con períodos de recuperación parcial y total al menos 16 horas por día^{70,73}. Por lo tanto, cargas por debajo de 7 MPa no muestran muerte celular medible, pero cargas por encima de 20 MPa resultan en un extenso daño estructural del tejido⁷³.

De esta forma, las cargas excesivas y repetitivas configuran un factor de riesgo, el cual sumado a la respuesta ineficiente del componente celular inherente al cartílago para reparar el tejido podría generar una patología articular llamada OA, la cual se describirá a continuación.

2.2. OSTEOARTRITIS (OA)

La OA es una artropatía degenerativa resultante de una compleja interacción de factores de riesgo mecánico, biológico, bioquímico, enzimático y molecular, que ocasionan la alteración en la homeostasis de los procesos de síntesis y degradación de los componentes del cartílago articular llevados a cabo por el condrocito. Este desequilibrio favorece los procesos catabólicos resultando en la destrucción parcial o total del cartílago articular⁵⁷.

⁷¹ SHARMA, Garima; SAXENA, Rajiv Krishna and MISHRA, Prashant. Differential effects of cyclic and static pressure on biochemical and morphological operties of chondrocytes from articular cartilage. In: Clinical Biomechanics. Vol.; 22. Issue 2 (Febr. 2007); p. 248-255.

⁷² AIGNER, Aigner; SÖDER, Stefan; GEBHARD Pia et al. Mechanisms of disease: role of chondrocytes in the pathogenesis of osteoarthritis--structure, chaos and senescence. In: Nature Reviews Rheumatology. Vol.; 3. Issue 7 (Jul. 2007); p. 391-399.

⁷³ WONG, Marcy and CARTER, Dennis. Articular cartilage functional histomorphology and mechanobiology: a research perspective. En: The Bone Journal. Julio,2003, vol. 33 no 1, p. 1-13.

Esta patología no solo compromete al cartílago articular, involucra de igual manera al hueso subcondral, los meniscos y los tejidos blandos periarticulares. La literatura revisada sugiere que los cambios iniciales son el resultado de la alteración en los procesos de remodelación del cartílago articular⁷⁴.

La OA se conoce comúnmente como una patología reumática no inflamatoria^{53,72} debido principalmente a la ausencia de neutrófilos y leucocitos escasos (<2000/ml)⁹ en el líquido sinovial de personas con OA a diferencia de la artritis reumatoidea; así como niveles normales de la velocidad de sedimentación globular (VSG) (< 20 mm/h)⁹ y de proteína C reactiva (PCR), considerados marcadores inespecíficos de inflamación, lo que demuestra la ausencia de una respuesta inflamatoria sistémica^{56,75}.

A pesar de no ser considerada una patología inflamatoria sistémica, es innegable que el proceso inflamatorio en los tejidos vascularizados periarticulares como la membrana sinovial, podrían desempeñar un papel importante en la progresión de la enfermedad a través de la síntesis y producción de agentes inflamatorios potenciando y perpetuando así el catabolismo del cartílago articular de manera indirecta a través de los procesos de difusión ya descritos^{57,76}.

Desde el punto de vista histopatológico se han identificado áreas irregulares de degeneración cartilaginosa, más evidentes en las zonas de presión, con esclerosis del hueso subyacente, quistes óseos subcondrales, osteofitos marginales, aumento del flujo sanguíneo metafisario, esclerosis del hueso subcondral y grados variables de sinovitis⁷⁴. Desde el punto de vista bioquímico, la enfermedad se

⁷⁴ MARTEL-PELLETIER, Johanne and PELLETIER, Jean-Pierre. Is osteoarthritis a disease involving only cartilage or other articular tissues?. In: *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi*. Vol.; 21. Issue 1 (Apr. 2010); p. 2-14.

⁷⁵ KELLEY, William. *Medicina Interna*. 2da Edición, tomo I. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana S.A., 1992. p.264.

⁷⁶ SOKOLOVE, Jeremy and LEPUS, Christin. Role of inflammation in the pathogenesis of osteoarthritis: latest findings and interpretations. In: *Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease*. Vol.; 5. Issue 2 (Apr. 2013); p. 77-94.

caracteriza por una disminución del número de condrocitos y un desequilibrio entre la síntesis y degradación de las macromoléculas que componen la MEC⁷⁷.

El resultado de estos cambios dará lugar a una matriz con capacidad reducida para soportar las cargas asociadas al funcionamiento normal de la articulación. Adicionalmente estos cambios pueden ser el resultado del descenso en la capacidad de los condrocitos para mantener y reparar el tejido, manifestándose en disminución en la actividad mitótica y sintética del condrocito disminuyendo su respuesta a los factores de crecimiento anabólicos y a la síntesis de agreganos los cuales se presentan más pequeños y menos uniformes, de igual forma las proteínas de unión son menos funcionales^{9,64,78}.

Esta degeneración del cartílago articular, la sinovitis y los cambios secundarios en el hueso subcondral como la esclerosis y osteofitos marginales dan como resultado manifestaciones clínicas como el dolor articular, la limitación del rango de movimiento articular, la disminución de la fuerza muscular y la alteración de la funcionalidad y la subsecuente disminución de la calidad de vida de las personas que presentan OA^{5,9}.

2.2.1. Cambios celulares y extracelulares del cartílago articular en la OA

La estructura del cartílago articular con OA difiere sustancialmente del cartílago articular normal. A continuación se describen dichos cambios.

Condrocitos. En los estadios iniciales de la OA se ha observado un aumento en la proliferación celular, multiplicación y migración de los condrocitos formando clones. De igual manera ocurre aumento en la síntesis de proteínas de matriz, de proteinasas y de citoquinas en el cartílago articular. En fases avanzadas de la

⁷⁷ VAN DEN BERG, Wim. Pathophysiology of osteoarthritis. In: Joint Bone Spine. Vol.; 67. Issue 6 (Dec. 2000); p. 555-556.

⁷⁸ SPECTOR, Tim and MACGREGOR, Alex. Risk factors for osteoarthritis: genetics. In: Osteoarthritis and Cartilage. Vol.; 12 (2004); p. 39-44.

enfermedad, el número de condrocitos se reduce aumentando el número de lagunas vacías⁷⁹.

La capacidad del condrocito en la OA para regenerar la arquitectura de la matriz del cartílago normal es limitada y el daño llega a ser irreversible. El número de células depende del equilibrio entre la mitosis y la muerte celular programada o apoptosis. En el cartílago articular normal la muerte celular del condrocito por apoptosis conduce a un cartílago hipocelular que puede ser consecuencia de un programa intrínseco que se activa en el condrocito; o de factores extrínsecos, como las citoquinas que estimulan la degradación de la matriz y activan los receptores de muerte celular siendo el proceso apoptótico mayor en el cartílago con OA⁶⁰. De esa forma los condrocitos son células responsables por mantener la homeostasis del cartílago articular normal manteniendo en equilibrio la síntesis y degradación de sus componentes⁵⁰.

MEC. Si el catabolismo y el desgaste llegan a ser más fuertes que las actividades anabólicas y la capacidad de síntesis de los condrocitos, la matriz del cartílago degenera y el cartílago de la articulación se deteriora dando lugar a la OA. Desde el punto de vista bioquímico se presenta un desequilibrio entre la síntesis y degradación de las macromoléculas que componen la MEC lo que conlleva a la disminución de las propiedades de resistencia a la carga que el cartílago en condiciones normales posee^{57,74,77}.

También se ha observado aumento en la degradación del colágeno tipo II por el incremento en la actividad de las colagenasas y las MMP las cuales son responsables de la degradación de las fibrillas de colágeno, lo que resulta irreversible y contribuye a la hipertrofia y al aumento de la hidratación del cartílago

⁷⁹ SÁNCHEZ, Julio y LÓPEZ, Diego. Fisiopatología celular de la Osteoartritis: el condrocito articular como Protagonista. En: Iatreia. Vol.; 24. No. 2 (Ago. 2011); p. 167-178.

articular cuya consecuencia es la respuesta inadecuada a las propiedades de absorción de los PG⁵⁷.

2.2.2. Patogénesis de la OA

El mantenimiento de las superficies articulares en respuesta al uso de las mismas requiere del recambio continuo de los componentes de la MEC. Los condrocitos, disponen de toda la maquinaria enzimática necesaria tanto para el metabolismo energético, como para la biosíntesis y degradación de las moléculas de la MEC^{57,60,74}.

Desde el punto de vista fisiopatológico hay dos mecanismos por los cuales se podría generar la OA. El primero implica un defecto primario del cartílago por alteraciones de los componentes de la matriz, como el colágeno o los PG o por alteraciones producidas por el depósito de sustancias que alteran sus propiedades, como la ocronosis, la enfermedad de Wilson, los cristales de pirofosfato cálcico dihidratado o los cristales de hidroxapatita. El segundo mecanismo se produce por la sobrecarga del cartílago normal que genera lesión directa de la matriz o de los condrocitos, por ejemplo en procesos inflamatorios locales o bien por sobrecarga mecánica ya que la tensión repetitiva sobre la MEC podría causar disfunción de las fibras de colágeno y PG⁵⁷.

En cualquier caso, la alteración de los componentes de la matriz se relaciona con el desequilibrio de los procesos metabólicos del condrocito. En esta alteración priman los factores catabólicos encargados principalmente de la degradación de los PG y el colágeno a través de MMP de matriz; dentro de las que se destacan las MMP-1, MMP-8, MMP-9 y MMP-13⁵⁷. Aparentemente el catabolismo de los PG y de las proteínas de unión se hace por medio de agrecanasas y las sulfatasas encargadas de la eliminación de los grupos sulfato de los glicaminoglicanos dentro de las que se destacan las sulfatasas SULF-1 y SULF-2^{58,63}.

Por otro lado el óxido nítrico (ON) podría tener un papel importante como factor catabólico si se encuentra en altas concentraciones, como las inducidas por citoquinas proinflamatorias, lo cual activa las MMP, aumenta la producción de radicales libres e induce apoptosis por alteración del potencial transmitocondrial, además altera la homeostasis iónica e inhibe la síntesis de las macromoléculas de la MEC, principalmente los agreganos⁵⁷.

El desequilibrio de los procesos metabólicos del condrocito⁷¹ puede estar asociado también con la alteración de los factores involucrados en la condrogénesis, como el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-I), el cual desempeña una función importante en la maduración y supervivencia del condrocito y en la inducción de la síntesis de matriz^{56,79} y el factor transformante del crecimiento β (TGF- β), que promueve la síntesis de la matriz y ejerce una función de control sobre sustancias proinflamatorias que activan la MMP-1 y la MMP-9⁷⁹.

Otras sustancias mediadoras de los procesos anabólicos son las proteínas morfogenéticas del hueso (BMP), del inglés Bone Morphogenetic Proteins, las cuales pueden ser condroprotectoras, condrogénicas, y promover el crecimiento del condrocito induciendo la síntesis de matriz^{44,80}. Aunque las BMP tienen funciones anabólicas sobre el cartílago articular, se cree que pueden acelerar la autodestrucción del cartílago en la OA ya que promueven la fase de diferenciación terminal en la cual los condrocitos se hipertrofian, aumentan la producción de las MMP, disminuyen los componentes de la MEC y finalmente son reemplazados por hueso (osificación endocondral)^{81,82}.

⁸⁰ GLANSBEEK, Harrie; VAN BEUNINGEN, Henk; VITTEERS, Elly et al. Bone morphogenetic protein 2 stimulates articular cartilage proteoglycan synthesis in vivo but does not counteract interleukin-1alpha effects on proteoglycan synthesis and content. In: *Arthritis and Rheumatism*. Vol.; 40. Issue 6 (Jun. 1997); p. 1020–1028.

⁸¹ PULSATELLI, L; ADDIMANDA, Olga; BRUSI, Veronica et al. New findings in osteoarthritis pathogenesis: therapeutic implications. In: *Therapeutic Advances in Chronic Disease*. Vol.; 4. Issue 1 (Jan. 2013); p. 23-43.

⁸² VAN DER KRAAN, Peter; DAVIDSON, Blaney and VAN DEN BERG, Wim. Bone Morphogenetic Proteins and articular cartilage To serve and protect or a wolf in sheep clothing's? In: *Osteoarthritis and Cartilage*. Vol.; 18. Issue 6 (Jun. 2010); p. 735-741.

Lo anterior favorece los procesos catabólicos del cartílago articular ya que en la condrogénesis la fase de diferenciación terminal debe disminuir para permitir la formación o la reparación del cartílago articular. Sin embargo, durante la OA, los condrocitos en el cartílago articular se someten a cambios fenotípicos como el aumento de la síntesis de las MMP principalmente las MMP-13 que promueven la fase de diferenciación terminal y la formación de hueso⁸².

También se ha relacionado la inflamación de la membrana sinovial, una de las características de la OA con la perpetuación de los procesos catabólicos en el cartílago articular, es así como los factores etiológicos, desencadenan un aumento en la síntesis de los mediadores proinflamatorios como la interleucina IL 1 y el factor de necrosis tumoral TNF, la IL-1 puede actuar sobre otros condrocitos del cartílago favoreciendo la síntesis de otros factores catabólicos como otras citoquinas, el óxido nítrico (ON), las prostaglandinas (Pg) y las MMP que degradan el cartílago.

La IL-1 también puede actuar sobre el tejido sinovial, que es capaz de sintetizar MMP que contribuyen a la destrucción del cartílago articular y factores proinflamatorios como otras citoquinas que pueden actuar sobre el cartílago y perpetuar el programa catabólico en los condrocitos, por último, los fragmentos de cartílago liberados al espacio articular como consecuencia de la degradación tienen capacidad para estimular la síntesis de factores inflamatorios por el tejido sinovial⁶⁶ (Figura 7).

Por otro lado se ha planteado el posible rol del hueso subcondral en la patogénesis de la OA. Esta hipótesis conocida como *crosstalk* considera que las citoquinas y los factores de crecimiento producidos por el tejido óseo subcondral se filtran a través de la interface cartílago-hueso e inducen cambios en el metabolismo del cartílago. Esta transferencia se podría lograr a través de

microfisuras en la capa calcificada de cartílago articular al igual que a través de la vascularización en la placa ósea subcondral⁵⁷.

Dentro de los mediadores generados por las células del hueso subcondral capaces de inducir en el cartílago cambios catabólicos se encuentran, el TGF- β , que se encuentra en altos niveles en el hueso subcondral en personas con OA⁸², además tiene la capacidad de inducir la síntesis de MMP-13 por los condrocitos, facilitando la degradación del cartílago articular⁸³.

Por otra parte, se ha planteado que el factor de crecimiento de hepatocitos (HGF) que es sintetizado por los osteoblastos en el hueso subcondral podría jugar un papel importante en la patogénesis de la OA ya que alcanza las capas profundas de cartílago articular a través de vascularización local induciendo en el cartílago la síntesis de MMP-13 por los condrocitos y por consiguiente potenciando los procesos catabólicos en el cartílago articular⁸⁴.

Otra hipótesis propuesta para la patogénesis de la OA, es la hipertrofia de los condrocitos, los cuales adquieren el comportamiento de los condrocitos inmaduros como los encontrados en las placas de crecimiento⁸⁵. Dentro de los marcadores característicos de la hipertrofia del condrocito se encuentran el colágeno tipo X y la MMP-13 sin embargo, la osteopontina, la osteocalcina, Runx2 y la transglutinasina 2 (TG-2) también se encuentran asociadas⁸⁵.

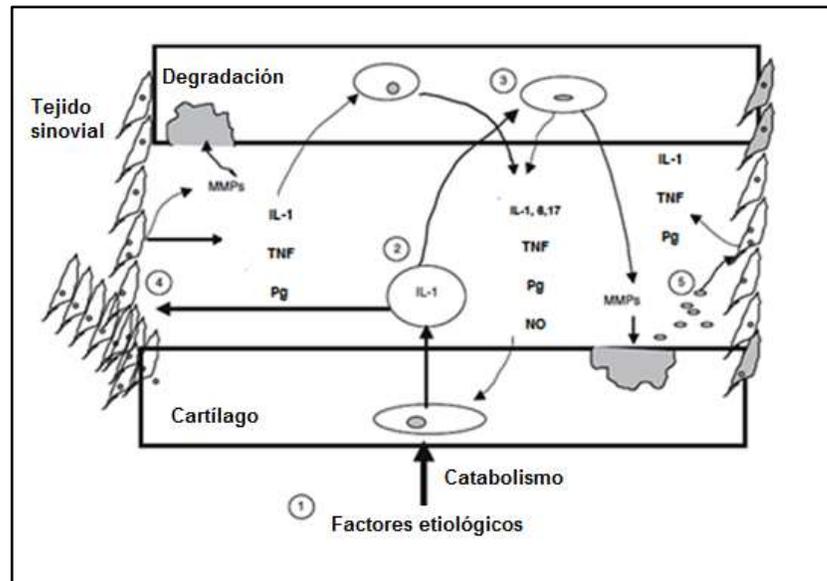
⁸³ MASSICOTTE, Frédéric; LAJEUNESSE, Daniel; BENDERDOUR, Mohamed et al. Can altered production of interleukin-1 β , interleukin-6, transforming growth factor- β and prostaglandin E(2) by isolated human subchondral osteoblasts identify two subgroups of osteoarthritic patients. In: *Osteoarthritis and Cartilage*. Vol.; 10. Issue 6 (Jun. 2002); p. 491-500.

⁸⁴ GUÉVREMONT, Melanie; MARTEL-PELLETIER, Johanne; MASSICOTTE, Frédéric et al. Human adult chondrocytes express hepatocyte growth factor (HGF) isoforms but not HGF: potential implication of osteoblasts on the presence of HGF in cartilage. In: *Journal of Bone Mineral Research*. Vol.; 18. Issue 6 (Jun. 2003); p. 1073-1081.

⁸⁵ VAN DER KRAAN, Peter and VAN DEN BERG, Wim. Chondrocyte hypertrophy and osteoarthritis: role in initiation and progression of cartilage degeneration? In: *Osteoarthritis and Cartilage*. Vol.; 20. Issue 3 (Mar. 2012); p. 223-232.

La etapa final de la hipertrofia de los condrocitos es la deposición de calcio aunque la calcificación del cartílago articular no siempre es característica de la OA, por el contrario se cree que la etapa inicial de hipertrofia de los condrocitos es la más importante en el inicio y la progresión de la enfermedad, pero la calcificación puede estar asociada con niveles elevados de los marcadores de hipertrofia descritos anteriormente⁸⁵.

Figura 7. Desequilibrio en el metabolismo de la matriz.



Mecanismos de regulación en el cartílago articular y en el tejido sinovial de la articulación con OA (únicamente se reflejan los factores catabólicos, de forma simultánea se disparan factores anabólicos compensadores, en la OA prevalecen los catabólicos) Tomado de López A, Carames, B. Pastor C, García B. Fisiopatología de la artrosis: ¿cuál es la actualidad?. Rev Esp Reumatol 2004;31:379-93⁶⁶.

También se ha planteado como factor importante en la patogénesis de la OA la asociación entre la degradación del cartílago y la muerte de los condrocitos por apoptosis o necrosis, sin embargo no es claro cuál de estos tipos de muerte celular sucede en el condrocito de la OA, si la muerte es causa o consecuencia de

la degeneración del cartílago articular como tampoco si su rol se da en la patogénesis o en el grado de severidad de la OA⁸⁶.

Como resultado de la alteración en los procesos metabólicos a través de los mecanismos descritos anteriormente, se produce la pérdida parcial o total del cartílago articular. Cuando la patología se encuentra avanzada suele haber homogenización de los daños y mecanismos comunes de perpetuación del cuadro⁷⁹. La respuesta normal del cartílago es hipertrofiarse en las zonas de mayor presión y tornarse hipotrófico en las de menor, todo ello debido a la reorganización de las fibras constituyentes del citoesqueleto, desencadenada por la mecanotransducción iniciada por los cambios de osmolaridad, que son detectados por integrinas y canales activables por distensión⁸⁷.

En las primeras fases de la enfermedad se suele observar el depósito de fibras de colágeno y PG en cúmulos desordenados, lo que refleja una mayor producción de estas sustancias como respuesta a la destrucción aumentada^{79,87}. Cuando se ha iniciado el proceso de alteración de la matriz extracelular y de mal funcionamiento de los condrocitos, tienen lugar como respuestas compensadoras, una mayor síntesis de matriz, un aumento del número de células, sobre todo en las capas profundas del tejido y una mayor liberación local de factores de crecimiento⁸⁸.

No obstante, esa respuesta es ineficaz porque se producen condrocitos característicos de cartílagos inmaduros, que son inapropiados para soportar las funciones de una articulación adulta⁵⁷. Esa respuesta compensatoria por sí misma, además de ser insuficiente para contrarrestar los daños articulares, es la causa de la generación de osteofitos y la invasión de zonas de cartílago calcificado dentro

⁸⁶ ZAMLI, Zaitunnatakhin and SHARIF, Mohammed. Chondrocyte apoptosis: a cause or consequence of osteoarthritis? In: International Journal of Rheumatic Diseases. Vol.; 14. Issue 2 (May. 2011); p. 159-6.

⁸⁷ ISCRU, Daniel; ANGHELINA, Mirela; AGARWAL, Sudha et al. Changes in surface topologies of chondrocytes subjected to mechanical forces: an AFM analysis. In: Journal of Structural Biology. Vol.; 162. Issue 3 (Jun. 2008); p. 397-403.

⁸⁸ SHI, Shuiliang; MERCER, Scott; ECKERT et al. Growth factor regulation of growth factors in articular chondrocytes. In: The Journal of Biological Chemistry. Vol.; 284. Issue 11 (Mar. 2009); p. 6697-6704.

del cartílago normal; además estos mecanismos alcanzan un límite, después del cual dejan de funcionar y finalmente predomina el catabolismo articular^{57,79,88}.

2.2.3. Manifestaciones clínicas de la OA

La degeneración del cartílago articular característico de la OA afecta la estructura y la función de las articulaciones ya que genera distribución anormal de la carga en su superficies^{89,90,91}. Estos cambios en la estructura de la articulación generan fuerzas de tracción excesivas sobre la cápsula articular, desencadenando en los estadios intermedios y avanzados de la enfermedad sinovitis, esclerosis del hueso subcondral y la formación de osteofitos como se muestra en la figura 8, los cuales generan dolor crónico, limitan el rango de movimiento disponible en la articulación⁹² afectando la funcionalidad y la calidad de vida²³.

⁸⁹ HEIJINK, Andras; GOMOLL, Andreas; MADRY, Henning et al. Biomechanical considerations in the pathogenesis of osteoarthritis of the knee. In: *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. Vol.; 20. Issue 3 (Mar. 2012); p. 423–435.

⁹⁰ NICOLELLA, Daniel; O'CONNOR, Mary; ENOKA, Roger et al. Mechanical contributors to sex differences in idiopathic knee osteoarthritis. In: *Biology of Sex Differences*. Vol.; 3 (Dec. 2013); p. 28-38.

⁹¹ RALPHS, Jim and BENJAMIN, Mike. The joint capsule: structure, composition, ageing and disease. In: *Journal of Anatomy*. Vol.; 184. Issue 3 (Jun. 1994); p. 503-9.

⁹² CIBULKA, Michael; WHITE, Douglas; WOEHRLE, Judith et al. Hip pain and mobility deficits hip osteoarthritis: clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability, and health from the orthopaedic section of the American Physical Therapy Association. In: *Journal of Orthop & Sports Physical Therapy*. Vol.; 39. Issue 4 (Apr. 2009); p. 1-25.

Figura 8. Articulación normal y en condiciones de OA.



Componentes de una articulación normal (a la izquierda) y las alteraciones encontradas en los mismos en la OA (a la derecha). Tomado de Loeser R, Age-Related Changes in the Musculoskeletal System and the Development of Osteoarthritis. Clin Geriatr Med. 2010 ; 26: 371–386⁶³.

Una de las manifestaciones clínicas características de la OA es el dolor, el cual es generado por los estímulos repetitivos sobre los mecanorreceptores articulares ubicados en la cápsula articular, membrana sinovial, ligamentos y hueso cuya información es conducida por las fibras A- δ , C, hasta la corteza somatosensorial pasando por los nervios espinales y el tálamo⁹³. La inflamación de los tejidos periarticulares en los estadios intermedios y avanzados de la enfermedad reduce el umbral doloroso en los mecanorreceptores lo que aumenta la sensación dolorosa principalmente durante el desarrollo de actividades funcionales y de toma de peso como la marcha^{94,95}.

El dolor en la OA puede ser agudo o crónico. El dolor agudo cumple una función protectora frente al daño potencial de los tejidos, mientras que el dolor crónico

⁹³ HAVIV, Barak; BRONAK, Shlomo and THEIN, Rafael. The Complexity of Pain around the Knee in Patients with Osteoarthritis. The Israel Medical Association Journal. Vol.; 15. Issue 4 (Apr. 2013); p. 178-181.

⁹⁴ GONDHALEKAR, Gauri and VASANT, Medha. Retrowalking as an Adjunct to Conventional Treatment Versus Conventional Treatment Alone on Pain and Disability in Patients with Acute Exacerbation of Chronic Knee Osteoarthritis: A Randomized Clinical Trial. In: North American Journal of Medical Sciences. Vol.; 5. Issue 2 (Apr. 2013); p. 178–181.

⁹⁵ FELSON, David. The sources of pain in knee osteoarthritis. In: Current Opinion Rheumatology. Vol.; 17. Issue 5 (Sep. 2005); p. 624-628.

más allá de ser un síntoma de una enfermedad, en el caso de la percepción de los pacientes con OA se convierte en sí misma la enfermedad⁹³. Además el dolor crónico puede estar asociado a depresión, ansiedad, insomnio y deterioro de las actividades de participación social^{28,96}.

Como se ha mencionado, el dolor es una de las manifestaciones clínicas de mayor prevalencia en las personas con OA, ya que está presente entre 38 y el 62% de esta población⁹⁴ y es la principal causa de la limitación de la funcionalidad en personas con OA⁹⁴. Así mismo, la funcionalidad se ve progresivamente disminuida, lo que favorece la debilidad muscular, la disminución del rango de movimiento, el aislamiento social y el deterioro en la calidad de vida. Por ello, la limitación funcional es considerada uno de los principales problemas de salud en las personas con OA^{17,18}.

Según el indicador propuesto por la OMS de discapacidad ajustado por años de vida (DALYs)¹⁹, del inglés Disability Adjusted Life Years, los años perdidos por discapacidad en personas con OA en 1990 era de 4.6 por 10⁶ millones^{17,20}, cifra que teniendo en cuenta el crecimiento y la expectativa de vida de la población se espera que para el año 2020 alcance los 5.6 por 10⁶²¹.

Otra de las manifestaciones clínicas de la OA, es la disminución del rango de movimiento (RDM) ocasionado por el dolor, el deterioro del cartílago y la alteración de las estructuras articulares^{91,92}. La disminución del RDM en personas con OA de rodilla se ha considerado como predictor de la progresión de la enfermedad y tiene asociación positiva con el dolor (RR 1.4)⁹⁷.

Por otro lado, la fuerza muscular puede disminuir en un 15% debido principalmente a la presencia de espasmos protectores de la musculatura que

⁹⁶ KLEIN, Thomas; MAGERL, Walter; HOPF, Hanns-Christian et al. Perceptual correlates of nociceptive long-term potentiation and long-term depression in humans. In: *The Journal of Neuroscience*. Vol.; 24. Issue 4 (Jan. 2004); p. 964-71.

⁹⁷ YUSUF, Erlangga; BIJSTERBOSCH, Jessica; SLAGBOOM, Eline et al. Association between several clinical and radiological determinants with long-term clinical progression and good prognosis of lower limb osteoarthritis. *Plos One*. Vol.; 6. Issue 10 (Oct. 2011); p. 25426-25435.

rodea la articulación que cursa con dolor⁹⁸. Otra de las posibles causas de la debilidad muscular en la OA es la inhibición muscular artrogénica (IMA), en la cual se presenta inhibición neural que disminuye la activación muscular⁹⁹.

Una de las posibles causas de la IMA es la alteración de la descarga desde los mecanorreceptores de la articulación lesionada, hasta las vías reflejas espinales y supra espinales debido al dolor y la inflamación, las cuales limitan la activación de las α -motoneuronas de la musculatura periarticular⁹⁹.

Según Emrani y Col.¹⁰⁰, la debilidad muscular del cuádriceps después de los 50 años de edad en personas con OA de rodilla se reduce significativamente en comparación con las personas de la misma edad que no presentan la condición (promedio 87.22 ± 30.8 , 125.88 ± 37.2 respectivamente).

Esta disminución de la fuerza, genera desacondicionamiento físico así como alteración en el balance, la propiocepción y el control postural presentando mayor riesgo de caídas^{101,102}.

Se sabe que la OA, afecta principalmente a los adultos mayores y que en este grupo etario las comorbilidades características de la edad, hacen que el impacto de la patología sea aún mayor¹⁰² generando restricciones en las actividades sociales y aislamiento lo cual impactan negativamente la calidad de vida²⁰, ya que las personas que padecen esta condición muestra niveles catalogados como bajos en los instrumentos de los estudios que evalúan este constructo^{22,23}.

⁹⁸ HENRIKSEN, Marius; ROSAGER, Sara; AABOE, Jens et al. Experimental knee pain reduces muscle strength. *The Journal of Pain*. Vol.; 12. Issue 4 (Apr. 2011); p. 460-467.

⁹⁹ RICE, David; MCNAIR, Peter and LEWIS, Gwyn. Mechanisms of quadriceps muscle weakness in knee joint osteoarthritis: the effects of prolonged vibration on torque and muscle activation in osteoarthritic and healthy control subjects. In: *Arthritis Research & Therapy*. Vol.; 13. Issue 5 (Sep. 2011); p. 151-161.

¹⁰⁰ EMRANI, Anita; BAGHERI, Hamed; HADIAN, Mohammad-Reza M et al. Isokinetic strength and functional status in knee osteoarthritis. In: *Journal of Physical Therapy Science*. Vol.; 18 (Jan. 2006); p. 107-114.

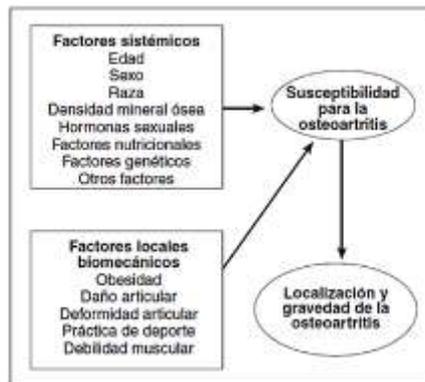
¹⁰¹ HOOPS, Mackenzie; ROSENBLATT, Noah; HURT, Christopher et al. Does lower extremity osteoarthritis exacerbate risk factors for falls in older adults? In: *Womens Health (London England)*. Vol.; 8. Issue 6 (Nov. 2012); p. 685-696.

¹⁰² STEMBERGER, Regina and KERSCHAN-SCHINDL, Katharina. Osteoarthritis: physical medicine and rehabilitation nonpharmacological management. In: *Wiener Medizinische Wochenschrift*. Vol.; 163. Issue 9 (May. 2013); p. 228-235.

2.2.4. Factores de Riesgo de la OA

Entre los factores de riesgo de la OA se distinguen los sistémicos, que generan susceptibilidad para desarrollar la condición y los factores de riesgo biomecánicos que inciden directamente en una articulación y pueden llevar a desarrollar la patología¹⁵ (Figura 9).

Figura 9. Relación entre factores sistémicos y biomecánicos.



Los factores de riesgo sistémicos inherentes al individuo y los factores locales o biomecánicos influyen directamente la susceptibilidad a desarrollar OA y el grado de severidad de la condición. Tomado de Peña A, Fernández J. Prevalencia y factores de riesgo de la osteoartritis. *Reumatol Clin.* 2007;3:6-12¹⁵.

2.2.4.1. Factores de riesgo sistémicos

Los factores sistémicos son inherentes a las características propias del individuo, para la OA de la rodilla, la cadera y la mano específicamente se han identificado algunos factores de riesgo sistémicos como son los factores genéticos, el género, la edad y la raza⁸. Estos factores pueden aumentar la susceptibilidad de las articulaciones a una lesión, debido al daño directo a los tejidos de las articulaciones y la alteración del proceso de reparación en el tejido articular lesionado^{8, 15}.

Factores genéticos

La contribución de los factores de riesgo genéticos podría explicar en parte, la susceptibilidad de las mujeres a desarrollar la OA en mano, cadera y rodilla⁸ y OA de cadera en hombres¹⁰³. La heredabilidad se ha estimado en un 39% para la OA de la rodilla y en un 65% de la OA de la mano^{103,104}. Otros indicios del componente hereditario en el desarrollo de la condición viene de los estudios de cohortes en la ciudad de Framingham y Baltimore^{105,106} donde se encontró que hasta el 50% de los casos pudieran estar relacionados con estos factores⁷⁵.

Estudios realizados en gemelos encuentran una relación entre factores genéticos y la OA en articulaciones de las manos (65%) independientemente de factores ambientales y demográficos. En la OA de rodilla, el porcentaje se aproxima al 39%^{8,104}.

La edad y el género

La literatura revisada indica que la prevalencia e incidencia de la OA radiográfica y sintomática aumentan considerablemente con la edad^{5,6,8,14}. Este aumento relacionado con la edad es notorio en todas las articulaciones en las que se produce la OA, sin embargo, es especialmente pronunciada en las articulaciones más comúnmente afectadas, como la rodilla, la cadera y la mano⁵.

La causa de esta relación no es clara⁸, probablemente esté mediada por el aumento de factores de riesgo biomecánicos, sistémicos y locales como el exceso

¹⁰³ LANYON, Peter; MUIR, Kenneth; DOHERTY, Sally et al. Assessment of a genetic contribution to osteoarthritis of the hip: sibling study. In: *BMJ*. Vol.; 321 (Nov. 2000); 1179-1183.

¹⁰⁴ SPECTOR, Tim; CICUTTINI, Flavia; BAKER, Juliet et al. Genetic influences on osteoarthritis in women: a twin study. In: *BMJ*. Vol.; 312 (Apr. 1996); p. 940-944.

¹⁰⁵ FELSON, David; COUROPMITREE, Nat; CHAISSON, Christine et al. Evidence for a Mendelian gene in a segregation analysis of generalised osteoarthritis. In: *Arthritis & Rheumatism*. Vol.; 65. Issue 12 (Dec. 1998); p. 1064-1071.

¹⁰⁶ HIRSCH, Rosemarie; Lethbridge Cejku, Margaret; Hanson, Robert et al. Familial aggregation of osteoarthritis. Data from the Baltimore longitudinal study on aging. In: *Arthritis & Rheumatism*. Vol.; 41. Issue 7 (Jul. 1998); p. 1227-1232.

de carga de la articulación por obesidad en algunos casos, el deterioro de mecanismos neuromuscular de protección como la función muscular, las respuestas neurológicas periféricas⁸, el aumento de la inestabilidad articular por la hiperlaxitud ligamentosa¹⁰⁷ y la capacidad de reparación del cartílago articular que se encuentra disminuida por la edad debido a la respuesta anabólica reducida por la pérdida de condrocitos y la alteración de los factores de crecimiento⁶³.

En cuanto al género estudios observacionales^{106,108} muestran un aumento del riesgo en las mujeres (odds ratios (OR) 0.86) a desarrollar OA radiológica de rodilla comparado con los hombres¹⁰⁸. Si bien la edad avanzada es un factor de riesgo y el desgaste articular puede presentarse en la mayoría de los adultos mayores⁸, no en todos los casos de desgaste articular normal producto de la edad hay presencia de los signos y síntomas asociadas a la OA. El género y la edad podrían tener relación directa en el desarrollo de la OA ya que después de los 50 años de edad, la prevalencia e incidencia de la enfermedad en mano y rodilla principalmente, es mayor en mujeres que en hombres^{107,108,109}.

Raza

En relación con la raza los estadounidenses de raza negra tienen mayor prevalencia de OA de rodilla que los de raza blanca⁸. Las razas no caucásicas presentan menor prevalencia de OA de cadera, lo que se atribuye a que en esas razas la prevalencia de displasia coxofemoral es baja¹¹⁰. Aunque las diferencias en factores como el índice de masa corporal y los estilos de vida o los factores socioeconómicos pudieran explicar parcialmente la variación étnica, las diferencias étnicas en el análisis de los biomarcadores de síntesis y degradación del cartílago

¹⁰⁷ SHARMA, Leena; LOU, Congrong and FELSON, David. Laxity in health and osteoarthritic knees. In: *Arthritis & Rheumatism*. Vol.; 42. Issue 2 (May. 1999); p. 861–870.

¹⁰⁸ KAPRIO, Jaakko; KUJALA, Urho; PELTONEN, Leena et al. Genetic liability to osteoarthritis may be greater in women than men. In: *BMJ*. Vol.; 313 (Jul. 1996); p. 232.

¹⁰⁹ FELSON, David; NAIMARK, Allan; ANDERSON, Jennifer et al. The prevalence of knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham Osteoarthritis Study. In: *Arthritis & Rheumatism*. Vol.; 30. Issue 8 (Aug. 1987); p. 914-918.

¹¹⁰ NELSON, Amanda; RENNERT, Jordan; SCHWARTZ, Todd et al. Differences in multi-joint radiographic osteoarthritis phenotypes among African Americans and Caucasians: The Johnston County Osteoarthritis Project. *Arthritis & Rheumatism*. Vol.; 63. Issue 12 (Dec. 2011); p. 3843–3852.

articular sugieren que los factores biológicos y genéticos también pueden desempeñar un papel importante⁸.

2.2.4.2. Factores de riesgo biomecánicos

Mientras que los factores sistémicos descritos anteriormente pueden influir en la susceptibilidad a OA en múltiples articulaciones, los factores biomecánicos juegan su papel principalmente en la determinación de la exposición de las articulaciones a lesiones y a condiciones de carga excesiva que conducen a la degeneración de las articulaciones^{8,15}. Dentro de estos factores de riesgo biomecánicos se destacan la obesidad, las lesiones articulares, el mal alineamiento de la extremidad comprometida y la debilidad muscular⁸.

La obesidad

En un informe de la Organización de Naciones Unidas (ONU), se reportó el 65% de sobrepeso en la población mundial, considerando a la obesidad y el sobrepeso problemas de salud pública¹¹¹. La obesidad es uno de los factores de riesgo más fuertes y mejor establecidas de la OA de rodilla⁸, precede al desarrollo de la OA de rodilla por varios años y empeora la condición existente^{5,112} además en el caso de las mujeres según datos de estudios observacionales podría aumentar el riesgo (RR 2.07)⁸⁹.

El mecanismo principal para la relación de la obesidad con OA de la rodilla y de la cadera es probablemente el efecto de la sobrecarga durante las actividades de

¹¹¹ United Nations. United Nations Expert Group Meeting on Mortality Crises: Conflicts, Violence, Famine, Natural Disasters and the Growing Burden of Non-communicable Diseases. Department of Economic and Social Affairs Population Division. (Nov. 2011); p. 221.

¹¹² SOWERS, MaryFran and KARVONEN-GUTIERREZ, Carrie. The evolving role of obesity in knee osteoarthritis. In: Current Opinion Rheumatology. Vol.; 22. Issue 5 (Sep. 2010); 533–537.

soporte de peso, iniciando la ruptura de cartílago, el daño a los ligamentos y a otras estructuras de carga^{8,15}.

La hipótesis biomecánica por la cual la obesidad podría ser un factor de riesgo para la OA de rodilla propone que el aumento de peso podría generar adaptaciones compensatorias en las articulaciones que soportan carga como la hipertrofia de hueso subcondral, además de alteraciones cinéticas y cinemáticas de la marcha, como la reducción de la zancada y la velocidad, lo que aumentaría la tensión en las articulaciones durante los desplazamientos^{113,114}.

Por otro lado, los factores metabólicos asociados a la obesidad como las adipocitoquinas circulantes, la adiposidad ligada a la glucosa, las alteraciones lipídicas y los niveles elevados de glucosa en sangre y la PCR también puede desempeñar un papel en la patogenia y la progresión de la OA promoviendo la cascada de factores catabólicos en el cartílago articular^{8,112}.

Lesiones articulares y carga articular repetitiva

Una lesión articular como las lesiones de los ligamentos cruzados, los meniscos y las fracturas intraarticulares aumentan el riesgo de desarrollar posteriormente OA de rodilla^{8,89}, lo cual es más común en personas que tienen factores de riesgo sistémico^{8,89}.

La carga articular repetitiva y excesiva que acompaña a determinadas actividades físicas, aumenta el riesgo de desarrollo de la OA en las articulaciones sometidas a estrés. Las ocupaciones que requieren posturas de centro de gravedad bajo,

¹¹³ SHARMA, Leena; SONG, Jing; DUNLOP, Dorothy et al. Varus and Valgus Alignment and Incident and Progressive Knee Osteoarthritis. *Annals of Rheumatic Diseases*. Vol.; 69. Issue 11 (Nov. 2010); p. 1940–1945.

¹¹⁴ RICHARDS, C and HIGGINSON Jill. Knee Contact Force in Subjects with Symmetrical OA Grades: Differences between OA Severities. In: *Journal of Biomechanics*. Vol.; 43. Issue 13 (Sep. 2010); p. 2595–2600.

como las cuclillas, aumentan sustancialmente el riesgo de desarrollar OA de rodilla (OR 2.9), al igual que las labores que implican levantamiento de peso (OR 3.0) y saltos (OR 2,7)¹¹⁵. Las actividades recreativas y deportivas parecen no aumentar el riesgo sin embargo, los atletas de élite y deportistas profesionales que participan en deportes de alto impacto pueden desarrollar posteriormente OA¹¹⁶.

Mal alineamiento de miembros inferiores

La alineación de los miembros inferiores determina la distribución de la carga en el cartílago de las articulaciones que soportan peso como la rodilla y la cadera principalmente. Esta alineación puede ser en varo, en valgo o neutral (Figura 10). La alineación en varo, desplaza el centro de presión en la articulación medialmente y genera una aducción extrema de la rodilla durante la marcha, lo que conlleva a que el compartimiento medial soporte mayor carga^{89,90}. Por el contrario, la alineación en valgo de la extremidad desplaza el centro de presión lateralmente durante la marcha, lo cual aumenta la carga en el compartimiento lateral⁸⁹.

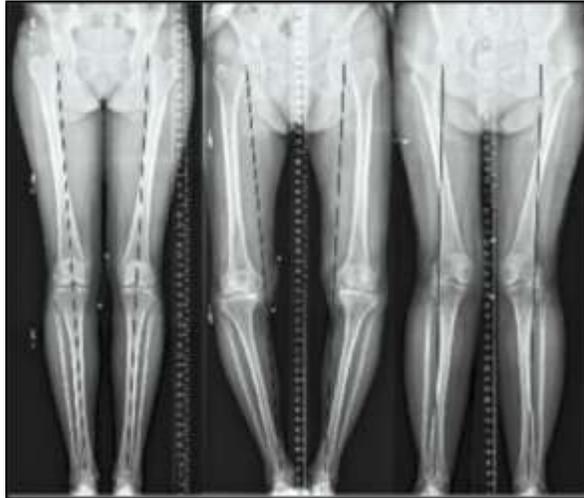
El riesgo de desarrollar OA radiográfica de rodilla es elevado en personas con alineación en varo de rodilla en comparación con la alineación neutral de rodilla (OR 1.49)⁹⁰. Del mismo modo, la alineación en varo se asoció con un aumento de 2 veces en riesgo de desarrollar signos radiográficos de OA de rodilla en comparación con una alineación neutral⁹⁰.

Luego de confirmarse la OA radiográfica, las personas con alineación en varo tienen mayor riesgo a empeorar los signos en el compartimiento medial (OR 3,59)¹¹⁰, y la alineación en valgo presenta un riesgo de progresión (OR 4.85)¹¹³.

¹¹⁵ DRAWER, Scott and FULLER, Colin. Propensity for osteoarthritis and lower limb joint pain in retired professional soccer players. In: *British Journal of Sports Medicine*. Vol.; 35. Issue 6 (Dec. 2001); p. 402–408.

¹¹⁶ SEGAL, Neil; TORNER, James; FELSON, David et al. The Effect of Thigh Strength on Incident Radiographic and Symptomatic Knee Osteoarthritis in the Multicenter Osteoarthritis (MOST) Study. *Arthritis & Rheumatism*. Vol.; 61. Issue 9 (Sep. 2009); p. 1210–1217.

Figura 10. Mal alineamiento articular de la rodilla



La alineación neutral de la extremidad inferior (izquierda), en varo (en el centro) y en valgo (derecha). La línea se proyecta en cada imagen desde el centro de la cabeza femoral al astrágalo. Tomado de Nicoletta P, O'Connor M, Enoka R, Boyan B, Hart D, Resnick E, et al. Mechanical contributors to sex differences in idiopathic knee osteoarthritis. *Biol Sex Differ.* 2012;3:28-38⁹⁰.

Debilidad muscular

La debilidad muscular principalmente del cuádriceps femoral, está asociada con la alteración del patrón de marcha lo cual pudiera ser un factor de riesgo para desarrollar OA¹¹⁷. Segal N y Cols.¹¹⁸ compararon el patrón de actividad muscular durante la marcha en hombres y mujeres con OA. Los resultados indican que los hombres y las mujeres con OA de rodilla presentan menos movimiento de la articulación de la rodilla en la fase de apoyo durante la marcha, debido a que el control de la rodilla realizado por el cuádriceps femoral débil, requiere la co-contracción de los gastrocnemios y el soleo lo que limita la flexión de la rodilla durante esta fase. Esto podría generar fuerzas de contacto excesivas generando mayor impacto de la carga en la articulación de la rodilla^{117,118}.

¹¹⁷ RUDOLPH, Katherine; SCHMITT, Laura and LEWEK, Michael. Age-Related Changes in Strength, Joint Laxity, and Walking Patterns: Are They Related to Knee Osteoarthritis?. In: *Journal of the American Physical Therapy Association*. Vol. 87. Issue 11 (Nov. 2007); p. 1422–1432.

¹¹⁸ SEGAL, Neil; YACK, John; BRUBAKER, Morgan et al. Association of Dynamic Joint Power With Functional Limitations in Older Adults With Symptomatic Knee Osteoarthritis. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. Vol.; 90. Issue 11 (Nov. 2009); p. 1821–1828.

Segal N y Cols.¹¹⁸ reportaron que la fuerza del cuádriceps y la de los isquiotibiales no anteceden la aparición de OA de rodilla radiográfica en un estudio observacional multicéntrico de 30 meses de seguimiento. En este estudio, la fuerza de los extensores de la rodilla en hombres y mujeres que desarrollaron OA radiográfica fue de 123 ± 48 y 74 ± 29 N.m (newton-metro) respectivamente, en comparación con 131 ± 43 y 76 ± 25 N.m para aquellos que no la desarrollaron.

En contraste, el mismo estudio reporta que la fuerza del cuádriceps antecede la OA sintomática a los 30 meses de seguimiento¹¹⁶. Por lo tanto, el estudio muestra a la debilidad muscular del cuádriceps como un posible factor predictivo de OA de rodilla sintomática pero no radiográfica¹¹⁶.

2.2.5. Epidemiología de la OA

Las patologías del sistema musculo esquelético siguen siendo una de las causas más comunes de dolor y limitación funcional¹⁰. Este impacto creciente sobre la humanidad llevó a las Naciones Unidas y a la Organización Mundial de la Salud a desarrollar una campaña para reconocer y abordar la carga epidemiológica de las patologías musculo esqueléticas como la artritis y la osteoartritis entre otras, declarando la década comprendida entre el 2000 y 2010 como la década de la articulación y el hueso, con el fin de avanzar en la comprensión y tratamiento de estas patologías a través de la prevención, la educación y la investigación^{10,16}.

La OA afecta a casi 27 millones de estadounidenses lo que equivale al 12,1%¹⁴ de la población adulta⁴⁴. Un estudio realizado por el centro para el Control y Prevención de Enfermedades, en colaboración con la Escuela de Salud pública de Harvard, encontró que la OA es la quinta causa principal de discapacidad en los adultos mayores estadounidenses después de las enfermedades cardiovascular, cerebrovascular y pulmonar. Para el año 2030, se espera que el número de adultos en los Estados Unidos con diagnóstico clínico de afecciones artríticas

llegue a cerca de 67 millones de personas, es decir el 25% de la población adulta^{9,11}.

La prevalencia de la OA aumenta drásticamente con la edad. El estudio observacional de Framingham-Massachusetts demostró que la prevalencia de la OA de rodilla casi se duplicó en pacientes de 45 años o más en comparación con los de 26 años⁴⁴. En este estudio se demostró que la proporción de mujeres con OA también aumenta con la edad, ya que el 4,9% de las mujeres con edad promedio de 26 años presentaban OA de rodilla en comparación con el 4,6% de los hombres. Esta diferencia aumentó hasta el 7,2% frente a 5,9%, respectivamente, a los 45 años de edad⁴⁴.

En Portugal, las cifras de prevalencia alcanzan el 24%, siendo más común en la rodilla 11.1% y cadera 5.5%⁸⁷. En Dinamarca, Hasta el 36% de las mujeres mayores de 80 años presentan OA radiográfica, y en los países bajos puede llegar al 67%¹⁵. En Arabia Saudí, la OA radiográfica presenta una prevalencia cercana al, 36,3 en mujeres y 30.3% en hombres, mientras que en China, se reporta el 26% en la población general de adultos mayores¹⁵.

En Colombia, la información epidemiológica de la OA, es insuficiente. El Ministerio de la Protección Social llevó a cabo el estudio de la carga de la enfermedad, utilizando un indicador epidemiológico denominado AVISA, el cual mide el impacto de la enfermedad no solo en indicadores de mortalidad sino de morbilidad¹⁰.

Este informe, reportó que los AVISA perdidos por enfermedades musculoesqueléticas incluida la OA, son similares a los AVISA perdidos por cáncer de próstata, cáncer de cervix y leucemia. Además, esta patología se encuentra entre las primeras 20 causas de morbilidad en los grupos etarios mayores a 45 años, y el riesgo aumenta considerablemente con cada década después de esta edad. Esto muestra la relación de la OA con la población mayor,

lo cual es preocupante pues se espera que en Colombia este grupo poblacional se duplique para el año 2025, implicando que la OA pueda ser considerada como un problema de Salud Pública^{2,8,10}.

En cuanto a la incidencia de OA sintomática de mano, cadera y rodilla, según un estudio realizado en Fallón-Estados Unidos referenciado por Nigel A⁸, fue de 100, 88 y 240 por 100000 personas-año respectivamente⁸. En Rochester, Minnesota, la incidencia de la OA de cadera es cercana al 47,3 por 100000 personas-año en comparación a la OA de rodilla de 163.8 por 100000 personas-año⁸.

Como conclusión, estos datos muestran a la OA posiblemente como la patología articular más prevalente en el mundo cuya incidencia tiende al aumento debido entre otras al envejecimiento de la población y la obesidad⁸.

2.2.6. Costos Atribuibles a la OA

Los costos económicos anuales en salud para las personas con diagnóstico de OA llegan a ser más del doble que los de las personas sin el diagnóstico¹¹⁹, estos costos pueden ser directos, indirectos¹⁶. Los costos directos representan el tratamiento farmacológico y no farmacológico e incluyen en muchos casos la cirugía, así como el uso de los recursos hospitalarios y de complicaciones derivadas del tratamiento de la OA^{16,120}. En los EEUU estos costos ascienden a 1526 dólares por persona con OA, generan un costo total en la población de 548 millones de dólares anuales¹⁵. En el Reino Unido, esta cifra se estima en 850 millones de libras esterlinas¹⁶.

¹¹⁹ LE, Kim; MONTEJANO, Leslie; ZHUN, Cao et al. Health care costs in US patients with and without a diagnosis of osteoarthritis. In: Journal of Pain Research. Vol.; 2012. Issue 5 (Feb. 2012); p. 23–30.

¹²⁰ MURRAY, Christopher and LOPEZ, Alan. Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: global burden of disease study. In: The Lancet. Vol.; 349. Issue 9063 (May. 1997); p. 1436–1442.

En España, los costos indirectos representados por el ausentismo laboral, las incapacidades médicas y la disminución de la productividad a causa del dolor en la OA, ascienden a 1292 euros por persona generando un costo total en la población de 654 millones de euros anuales¹⁵ mientras que en el Reino Unido y en Singapore¹²¹, la pérdida económica asciende a 258 millones de libras esterlinas anuales¹⁶.

2.2.7. Clasificación de la OA

La OA se puede clasificar teniendo en cuenta el *criterio anatómico*, (OA de cadera, la de rodilla y de mano), el *etiológico*, (primaria o idiopática y secundaria),¹²² y el *criterio radiográfico*. Este último es el más utilizado para la clasificación y el grado de severidad de la patología¹²³. Dentro de los criterios radiográficos los más aceptados son los propuestos por Kellgren y Lawrence en 1957 y adoptados en 1961 por la Organización Mundial de la Salud¹²³ como estándar para los estudios epidemiológicos de la OA.

Esta escala define cinco grados de severidad de la patología¹²⁴ teniendo en cuenta cambios importantes como la formación de osteofitos en los márgenes de la articulación, en las inserciones ligamentosas y en las espinas tibiales, la disminución del espacio articular asociado a la esclerosis del hueso subcondral, las áreas quísticas con paredes escleróticas situadas en el hueso subcondral y la forma alterada de los extremos del hueso¹²⁴ (Tabla 2).

¹²¹ XIE, Feng; THUMBOO, Julian; FONG, Kok-Yong. A study on indirect and intangible costs for patients with knee osteoarthritis in Singapore. In: Value in Health. Vol.; 11. Issue 1 (Mar. 2008); p. 84–90.

¹²² BRANDT, Kenneth; DIEPPE, Paul and RADIN, Eric. Etiopathogenesis of osteoarthritis. In: Medical Clinics of North America. Vol.; 93. Issue 1 (Jan. 2009); p. 1-24.

¹²³ ALTMAN, Roy; ASCH, Elizabeth; BLOCH, Daniel et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. In Arthritis & Rheumatism. Vol.; 29. Issue 8 (Aug. 1986); p. 1039-1049.

¹²⁴ SCHIPHOF, Dieuwke. Identifying knee osteoarthritis: Classification, early recognition and imaging. Rotterdam, 2011, 182p. Tesis Doctoral resultado del proyecto "Identification of pre-clinical osteoarthritis: the first step for early treatment" realizado por The Netherlands Organization for Scientific Research. Erasmos Universiteit Rotterdam. Department of General Practice.

Según la literatura revisada, esta escala es propuesta como estándar de oro para la clasificación de la OA, con reporte de buena reproducibilidad intra e inter evaluador (k:0.79-0.86), la sensibilidad entre baja y moderada (53.8 y 64.3) y alta especificidad (75.3 y 77.9), cuando se compara con los criterios clínicos¹²⁴.

En 1981, el Colegio Americano de reumatología (ACR), del inglés American College of Rheumatology, a través del subcomité de OA y de la comisión de criterios diagnósticos y terapéuticos desarrolló los criterios clínicos para la clasificación de la OA debido a que el uso de los criterios de clasificación radiológica como método diagnóstico puede tender a sobrestimar el peso epidemiológico de la enfermedad, ya que los cambios radiológicos no siempre están acompañados de síntomas como dolor, rigidez y pérdida de la función. Por lo cual el ACR recomienda incluir también los criterios clínicos¹²⁵ que se muestra en la tabla 2.

Tabla 1. Clasificación radiológica de OA según la escala de Kellgren-Lawrence. Esta escala determina el grado de severidad de la enfermedad teniendo en cuenta signos radiológicos como la disminución del espacio articular, la presencia y el tamaño de los osteofitos, al igual que los quistes y esclerosis del hueso subcondral. Adaptado de Luyten P, Denti M, Filardo G, Kon E, Engbretsen L. Definition and classification of early osteoarthritis of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20:401–406¹²⁴.

Grado	Descripción
0	Ausencia de osteofitos.
1	Osteofitos dudosos.
2	Osteofitos mínimos, posible disminución del espacio articular, quistes y esclerosis.
3	Osteofitos moderados o claros, con pinzamiento moderado de la interlínea.
4	Grandes osteofitos y claro pinzamiento de la interlínea

¹²⁵ LUYTEN, Frank; DENTI Matteo; FILARDO, Giuseppe et al. Definition and classification of early osteoarthritis of the knee. In: *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. Vol.; 20. Issue 3 (Mar. 2012); p. 401–406.

Los criterios de clasificación de la OA del ACR, han mostrado una sensibilidad del 95% y una especificidad del 69%¹²¹. Sin embargo, para Peat G y Cols.¹²⁶ el acuerdo entre los criterios clínicos del ACR y los criterios radiográficos para la OA de rodilla es bajo (sensibilidad 41%, especificidad 75%, valor predictivo positivo del 44%, valor predictivo negativo del 72%).

Los criterios de clasificación radiográficos y clínicos han sido diseñados específicamente para su uso en estudios epidemiológicos, como una forma de asegurar la coherencia de la información reportada en los estudios de investigación en OA^{125,126}.

2.2.8. Tratamiento de la OA

Según las guías de la OARSI y el ACR, el tratamiento de la OA debe incluir la aplicación conjunta de medidas conservadoras y tratamiento farmacológico¹.

En términos generales, el tratamiento de la OA se enfoca a la disminución de las deficiencias generadas por la patología como el dolor en las articulaciones y la rigidez matutina, así como a mantener y mejorar la movilidad articular, limitar la progresión del daño articular, mantener la capacidad funcional y mejorar la calidad de vida, educar a los pacientes sobre la naturaleza de la enfermedad y el manejo de la misma¹.

Dentro del tratamiento farmacológico se incluye principalmente, analgésicos como el acetaminofen (paracetamol) para el tratamiento de la OA leve y moderada en pacientes con dolor. En los pacientes con sintomatología de rodilla o cadera, es recomendado el uso de AINES a dosis bajas evitando en lo posible su uso a largo plazo^{1,24}, al igual que se recomienda el uso de AINES de uso tópico y la

¹²⁶ PEAT, George; THOMAS, Elaine; DUNCAN, Rachel et al. Clinical classification criteria for knee osteoarthritis: performance in the general population and primary care. In: *Annals of the Rheumatic Diseases*. Vol.; 65. Issue 10 (Oct. 2006); p. 1363–1367.

capsaicina, ya que pueden ser eficaces como coadyuvantes de los analgésicos orales^{1,38}.

Las inyecciones intraarticulares de corticosteroides y ácido hialurónico se puede utilizar en el tratamiento de la OA de la rodilla y la cadera, particularmente cuando los pacientes presenten dolor moderado o severo que no responde satisfactoriamente a los analgésicos orales^{1,24}.

El tratamiento con glucosamina y/o sulfato de condroitina oral, puede proporcionar beneficio sintomático a los pacientes con OA de rodilla, el cual no debe superar los seis meses de tratamiento^{24,127}. Los pacientes con OA de cadera o de rodilla en los cuales persisten los síntomas y esto afecta su capacidad funcionalidad y su calidad de vida, son considerados para la cirugía de reemplazo articular¹.

Dentro de las medidas conservadoras se describe el ejercicio, la disminución de la carga de la articulación a través del control del peso corporal, como sugerencias iniciales para disminuir la sintomatología de la enfermedad^{1,2}.

Dentro de las modalidades no farmacológicas se destaca el tratamiento fisioterapéutico a través de las modalidades físicas y el ejercicio terapéutico con el objetivo de reducir el dolor y mejorar la capacidad funcional,^{1,2} además de la prescripción de órtesis como bastones y caminadores según corresponda¹.

Otra de las modalidad físicas utilizadas por el fisioterapeuta en el tratamiento de pacientes con OA con el fin de disminuir el dolor, la inflamación y el espasmos muscular es el UST. Esta modalidad puede aplicarse de forma continua o pulsada con el fin de generar efectos térmicos o mecánicos, respectivamente^{3,4}.

¹²⁷ PENISTON, John; GOLD, Morris; WIEMAN, Matthew et al. Long-term tolerability of topical diclofenac sodium 1% gel for osteoarthritis in seniors and patients with comorbidities. In: *Clinical Interventions Aging*. Vol.; 7 (Nov. 2012); p. 517–523.

A pesar de su amplio uso¹²⁸ en la literatura revisada, no existe consenso sobre los efectos, los parámetros y la dosis del UST indicada en personas con OA.

Algunos estudios reportan que el UST pulsado ha demostrado generar efectos positivos^{29,40,128} sobre las deficiencias secundarias a esta condición, sin embargo la heterogeneidad en los parámetros de aplicación usados en los estudios y la falta de rigor metodológico de los mismos dificulta el establecimiento de una recomendación del uso de esta modalidad en pacientes con OA, por ello, la importancia de realizar estudios que reporten todos los parámetros de aplicación, y controlen en posibles sesgos con el fin de garantizar su calidad metodológica^{1,37}.

A continuación se revisarán las generalidades del UST y los posibles mecanismos que apoyan el uso de esta modalidad en personas con OA de rodilla.

¹²⁸ TASCIOGLU, Funda; KUZGUN, Selen and ARMAGAN, Onur et al. Short-term Effectiveness of Ultrasound Therapy in Knee Osteoarthritis. In: The Journal of International Medical Research. Vol.; 38. Issue 4 (Jul. 2010); p. 1233–1242.

Tabla 2. Criterios de clasificación del Colegio Americano de Reumatología (ACR). Adaptado de Nigel A. Osteoarthritis: Epidemiology. Arthritis Care Res.2006; 20: 3-25⁸.

Articulación	Manifestación clínica	OA si presenta los siguientes ítems
Mano	1.Dolor, molestias o rigidez de las articulaciones 2.Hipertrofia articular de consistencia dura de 2 o más de las 10 articulaciones seleccionadas (interfalángicas distales y proximales de dedos segundo y tercero, primer carpo del metacarpo de ambas manos) 3. Menos de 3 metacarpofalángicas inflamadas 4. Hipertrofia articular de consistencia dura de 2 o más interfalángicas distales de cualquier dedo 5. Dolor a la presión sobre los márgenes óseos de la Articulación	1, 2, 3, 4 o 1, 2, 3, 5
Rodilla	Criterio clínico y radiográfico 1.Dolor en la rodilla por días o meses 2.Osteofitos en los márgenes de la articulación 3.Fluido sinovial típico de OA (laboratorio) 4.Edad >40 años 5. Rigidez matutina < 30 min 6. Crepitación ósea a los movimientos activos	1, 2, 3, 4 o 1, 2, 5 o 1, 4, 5.
Cadera	1.Dolor 2.Osteofitos acetabulares en la radiografía 3.Velocidad de sedimentación globular < 20mm/h 4.Disminución del espacio articular coxofemoral.	1, 2, 3 o 1, 2o, 4 o 1, 3, 4

3.3. ULTRASONIDO TERAPÉUTICO (UST)

3.3.1. Generalidades

El sonido es la propagación de ondas vibratorias, que transportan energía de un medio físico a otro¹²⁹. Durante su propagación, las ondas, se agrupan (compresión) y se separan (rarefacción) desplazándose rápidamente hacia adelante y hacia atrás¹²⁹, oscilando en torno a su propio equilibrio¹³⁰, razón por la cual a una onda se le atribuye la característica de una onda mecánica¹²⁹ (Figura 11).

El tipo de movimiento producido en el medio en el cual se propagan las ondas mecánicas determina su clasificación¹²⁹, pudiendo ser longitudinales, transversales o de torsión¹³⁰ (Figura 12).

En las ondas longitudinales, las partículas se desplazan en ángulos rectos a la dirección de propagación, es decir, las partículas se mueven hacia arriba y hacia abajo mientras la energía de la onda se mueve verticalmente¹²⁹, por esta razón, son llamadas también ondas transversales y solo se propagan en materiales sólidos y en algunos biológicos de contextura dura como el hueso. Las ondas longitudinales o de compresión son las más comunes entre las ondas acústicas¹³¹, puesto que se propagan en toda clase de materiales (gases, líquidos y sólidos). En estas ondas las partículas se desplazan paralelamente a la dirección de movimiento de la onda¹³¹, es decir se mueven hacia adelante y hacia atrás mientras la energía de la onda se mueve horizontalmente¹²⁹.

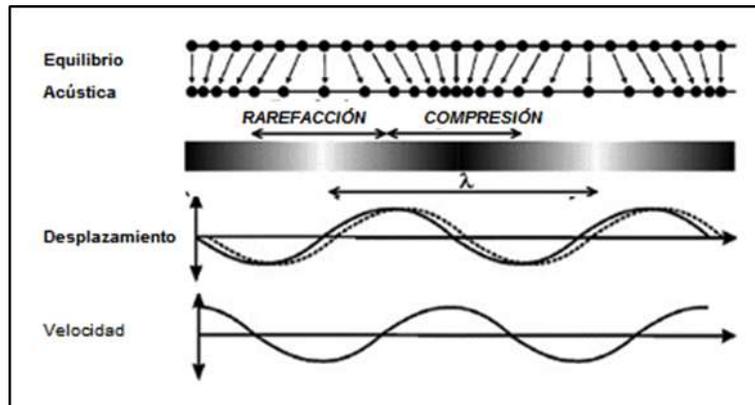
¹²⁹ O'BRIEN, William. Ultrasound-biophysics mechanisms. Progress in Biophysics and Molecular Biology. Vol.; 93. Issue 1-3 (Jan.-Apr. 2007); p. 212-255.

¹³⁰ HUMPHREY, Victor. Ultrasound and matter –Physical interactions. In: Progress in Biophysics and Molecular Biology. Vol.; 93. Issue 1-3 (Jan. 2007); p. 195-211.

¹³¹ LEIGHTON, Timothy. What is ultrasound? In: The Journal of International Medical Research. Vol.; 93. Issue 1-3 (Jan. 2007); p. 3-83.

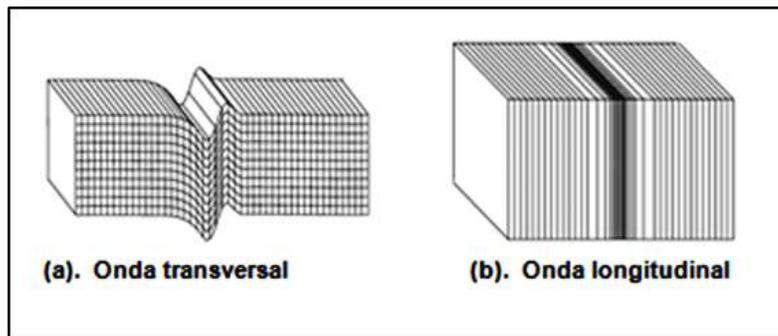
Tanto en las ondas transversales como las longitudinales, las partículas del medio físico en que se desplazan solo oscilan localmente, es la onda la que viaja desde la fuente al receptor¹³¹.

Figura 11. Onda Acústica.



Representación esquemática de una onda acústica longitudinal de una dimensión propagándose linealmente produciendo compresión y descompresión. Adaptado de Leighton T, review: ¿What is ultrasound?. Prog Biophys mol Biol 2007;93:3-83¹³¹.

Figura 12. Pulsos Acústicos



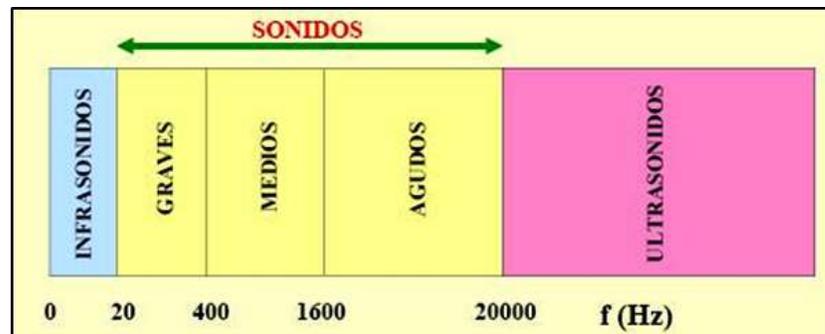
Representación de los pulsos acústicos viajando de derecha a izquierda. El medio por el cual se transportan las ondas está en posición de equilibrio. (a) plano de la onda transversal, la energía se propaga horizontalmente, (b) plano de la onda longitudinal o de compresión, la energía de la onda se mueve verticalmente. Adaptado de Leighton T, review: ¿ what is ultrasound?. Prog Biophys mol Biol,2007;93:3-83¹³¹.

Cuando la frecuencia de la onda se encuentra en un rango entre 20 Hz y 20 KHz, es detectada por el oído humano y por tanto es audible¹²⁹. Dentro de las

frecuencias de sonido inaudibles se encuentran las menores a 20 Hz que se clasifican como infrasonido y las mayores a 20 KHz, denominadas ultrasonido¹²⁷ (Figura 13).

Por lo tanto el UST puede ser definido como la aplicación, con fines terapéuticos de una vibración mecánica en frecuencias acústicas por encima del sonido audible¹³².

Figura 13. Espectro de frecuencias de sonido.



Los sonidos audibles comprenden el intervalo entre 20 Hz y 20.000 Hz. Por debajo de 20 Hz, se encontraran los infrasonidos y por encima estarán los ultrasonidos. Tomado de Wilson J, Buffa J. Sonido. En: Wilson J, Buffa J. Física. 5^{ta} edición. México: Pearson Educación; 2003.p.478-507¹³³.

La estructura diferencial de los tejidos y los cambios del medio acústico por el cual viajan las ondas, influencia la propagación del UST¹³⁰, esto hace que parte de la energía contenida en la onda ultrasónica se pierda o se redistribuya¹³⁰ por medio de varios mecanismos: reflexión, refracción, atenuación, absorción y dispersión¹³⁰. La reflexión hace referencia a la parte de la onda que al cambiar de medio de propagación, se refleja en un ángulo igual a la onda emitida, modificando su dirección¹³⁴ (Figura 14).

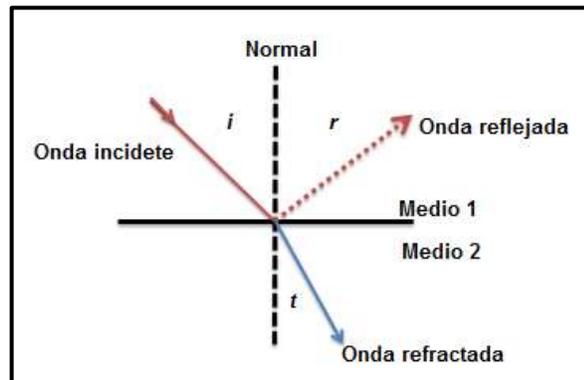
¹³² STEWARD, Harold; ABZUG, Jesse and HARRIS, Gerald. Considerations in Ultrasound Therapy and Equipment Performance. In: Journal of the American Physical Therapy Association. Vol.; 60. Issue 4 (Apr. 1980); p. 424-428.

¹³³ WILSON, Jerry and BUFFA, Anthony. Sonido. En: WILSON, Jerry and BUFFA, Anthony. Física. 5ta edición. México: Pearson Educación, 2003. 478-512p.

¹³⁴ MARTIN, Kevin and RAMNARINE, Kumar: Physics. In: HOSKINS, Peter; MARTIN, Kevin and THRUSH, Abigail. Diagnostic Ultrasound: Physics and Equipment. Second edition. Cambridge: Cambridge university press, 2010. 4-22p.

La refracción se presenta cuando parte de la onda se desvía en un ángulo diferente a la onda emitida cuando pasa el medio de propagación como se representa en la figura 14¹³⁴.

Figura 14. Reflexión y refracción de una onda sonora.



Reflexión y refracción al cambiar de medio de propagación. i . Ángulo de incidencia, r . Ángulo de reflexión, t . Ángulo de refracción. Tomado de Wilson J, Buffa J. Sonido. En: Wilson J, Buffa J. Física. 5^{ta} edición. México: Pearson Educación; 2003.p.478-507¹³³.

En la atenuación la amplitud de la onda disminuye a medida que esta se propaga. En un tejido biológico¹²⁹ esto ocurre debido a la absorción y a la dispersión acústica^{129,134}. La absorción es un mecanismo que se da cuando la onda se propaga en un medio homogéneo¹³⁰ y representa la porción de la onda ultrasónica que es convertida en calor¹²⁹. Contrariamente la dispersión, es el mecanismo por el cual la porción restante de la onda ultrasónica cambia de dirección al propagarse a través de un medio no homogéneo¹³⁰.

En el ser humano, estos mecanismos dependerán de las características propias de los tejidos blanco de la aplicación del UST. Se considera que la grasa subcutánea podría ser una barrera para la penetración de la energía de algunas modalidades térmicas como es el caso del UST.

En este sentido Draper y Sunderland¹³⁵ demostraron que el UST atraviesa efectivamente los tejidos con alto contenido de agua como la grasa, es absorbido en los tejidos con altos niveles de proteínas como el músculo, se refleja en los huesos y refracta a través de las articulaciones¹³⁵. Esto se conoce como la ley de Grotthus-Draper, la cual postula que el UST penetra fácilmente la grasa subcutánea y enfoca su energía en el músculo donde el sonido se absorbe¹³⁵, convirtiéndose en una de las principales ventajas que tiene el UST sobre otras modalidades físicas termales.

3.3.2. Generación

El equipo del UST emite una señal eléctrica que oscila a la misma frecuencia que el UST que se genera¹³⁶. Dicha señal necesita de un transductor, cuya función es convertir esa energía eléctrica en mecánica, produciendo vibraciones mecánicas u ondas ultrasónicas¹³⁶ (figura 15).

Generalmente, los transductores ultrasónicos de los equipos utilizados en fisioterapia están fabricados de un material de piezo-cerámica de alto poder como el zirconato titanato 4¹³⁷, este material tiene la propiedad de deformarse en respuesta a un voltaje aplicado¹³⁸.

Cuando se aplica un impulso eléctrico sobre el material piezoeléctrico se generan dos efectos: El efecto piezoeléctrico directo y reverso. El efecto piezoeléctrico directo, sucede cuando se produce un impulso eléctrico sobre el material piezoeléctrico¹³⁶ como respuesta al estrés mecánico (compresión o expansión) al

¹³⁵ DRAPER, David and SUNDERLAND, Scott. Examination of the law of grotthus-draper: does ultrasound penetrate subcutaneousfat in humans?. In: Journal of Athletic Training. Vol.; 28. Issue 3 (1993); p. 246-250.

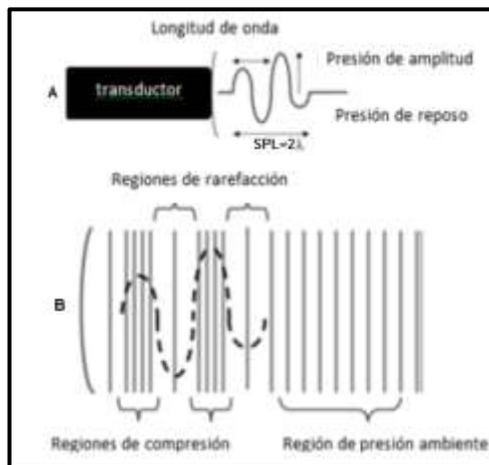
¹³⁶ HANGIANDREOU, Nicholas. AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Topics in US B-mode US: Basic Concepts and New Technology. In: Radiographics. Vol.; 23. Issue 4 (Jul. 2003); p. 1019-1033.

¹³⁷ HAAR, Gail. Therapeutic applications of ultrasound. In: Progress in Biophysics and Molecular Biology. Vol.; 93. Issue 1-3 (Jan.-Apr. 2007); p. 111-129.

¹³⁸ ROBERTSON, Valma; WARD, Alex, LOW, John et al. Ultrasound. In: ROBERTSON, Valma; WARD, Alex, LOW, John et al. Electrotherapy explained: Principles and practice. 4th edition. Waltham: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. 251-315p.

cual es sometido¹³⁶ generando cambio en la polaridad como lo muestra la figura 16, el cual ocasiona una deformación en contracción y expansión constante en el material piezoeléctrico al igual que una vibración en la misma frecuencia de las oscilaciones eléctricas¹³⁹ mientras que el efecto piezo eléctrico reverso, ocurre cuando el material piezoeléctrico se deforma nuevamente generando ondas mecánicas como resultado de la aplicación de un impulso eléctrico¹³⁶.

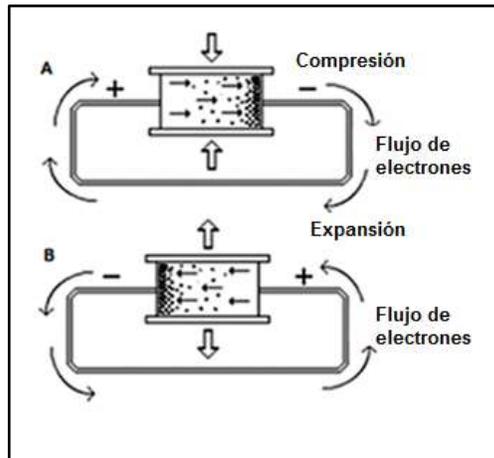
Figura 15. Forma de generación del UST



A. El diagrama muestra cómo se genera un pulso de UST por un transductor y en qué consisten dos ciclos de onda. B. la figura muestra, como los elementos del medio del tejido son comprimidos rarefaccionados por las oscilaciones de presión del pulso del UST (línea discontinua) las regiones que están más allá del alcance del pulso del UST, permanecen con la presión del ambiente. Adaptado de Hangriandreou N. Physics tutorial for residents: topics in US: b-mode US: basic concepts ad new technology. Radiographics, 2003;23:1019-1033¹³⁶.

¹³⁹ KNIGHT, Kenneth and DRAPER, David. Therapeutic Ultrasound. In: KNIGHT, Kenneth and DRAPER, David. Therapeutic modalities: The art and science. Second Edition. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2013. 252-282p.

Figura 16. Efecto piezoeléctrico



A. En el efecto piezoeléctrico directo, una deformación por compresión mecánica del cristal, genera flujo de electrones. B. el efecto piezoeléctrico reverso, el flujo de electrones reversa la polaridad, el cristal se expande y contrae produciendo energía ultrasónica. Adaptado Draper D, Prentice W. Therapeutic Ultrasound. En: Prentice W. Therapeutic modalities in rehabilitation. 3ª Edición. Colombia: McGrawHill. 2005.p.360-406¹⁴⁰

3.3.3. Parámetros de aplicación

Los parámetros del UST son la forma de generación del UST, el ciclo de trabajo, el área de radiación efectiva (ERA), la intensidad, del inglés effective radiating area, el índice de no uniformidad del haz (BNR), del inglés beam nonuniformity ratio la frecuencia y el tiempo de tratamiento. A continuación se hará una breve descripción de dichos parámetros¹⁴⁰.

La forma de generación del UST puede ser continuo o pulsado. El UST continuo se genera a través de la excitación constante del transductor con una onda sinusoidal de amplitud constante, produciendo una onda ultrasónica continua del 100% del ciclo de trabajo¹²⁸ es decir, que la intensidad y la energía generada por el UST se mantiene constante durante todo el tiempo de aplicación¹⁴⁰.

¹⁴⁰ DRAPER, David and PRENTICE, William. Therapeutic Ultrasound. In: PRENTICE, William. Therapeutic modalities in rehabilitation. Fourth Edition. Bogotá: McGrawHill, 2011. 363-416p.

El UST de tipo pulsado se genera mediante la excitación del transductor a través de señales eléctricas muy cortas (tiempo on o duración del pulso), dando un tiempo de reposo (tiempo off) y luego repitiendo la estimulación eléctrica¹²⁸ (Figura 17). El porcentaje del tiempo en que el UST es generado (duración de pulso) en un periodo de pulsos es llamado ciclo de trabajo¹³⁹.

$$\text{Ciclo de trabajo} = \frac{\text{Duración del pulso (tiempo on)}}{\text{Periodo de pulso (tiempo on+tiempo off)}}$$

Es decir que el ciclo de trabajo es la razón de la duración de pulso del periodo total del pulso expresado como porcentaje, por ejemplo si la duración de pulso es de 1 mseg y el periodo total es de 5 mseg, el ciclo de trabajo será del 20%, por lo tanto la cantidad de energía liberada en los tejidos debería ser únicamente el 20% de la energía liberada si fuera usada una onda de tipo continua¹⁴⁰.

La ERA es el área del cabezal en el cual hay emisión efectiva de ondas acústicas y siempre es menor que la circunferencia del cabezal¹⁴¹ como lo muestra la figura 18. Para lograr una aplicación efectiva del UST el área de tratamiento debe ser dos veces mayor al tamaño de la ERA^{142,143,144}. Chan y Cols.¹⁴⁴ demostraron que un área de tratamiento equivalente a dos veces el tamaño de la ERA fue más efectiva para aumentar la temperatura tisular cuando se comparó con un área de tratamiento equivalente a cuatro veces la ERA, siempre y cuando los demás parámetros de aplicación se mantuvieran iguales.

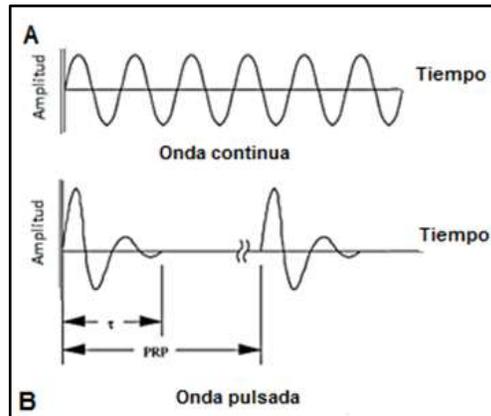
¹⁴¹ ZHOU, Qifa; LAU, Sienting; WU, Dawei et al. Piezoelectric films for high frequency ultrasonic transducers in biomedical applications. In: Progress in Materials Science. Vol.; 56. Issue 2 (Jun. 2011); p. 139-174.

¹⁴² DRAPER, David; CASTEL, Chri and CASTEL, Dawn. Rate of Temperature Increase in Human Muscle During 1 MHz and 3 MHz Continuous Ultrasound. In: Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Vol.; 22. Issue 4 (Oct. 1995); p. 142-150.

¹⁴³ DEMCHAK, Timothy and STONE, Marcus. Effectiveness of clinical ultrasound parameters on changing intramuscular temperature. In: Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Vol.; 36. Issue 5 (May. 2006); p. 320-325.

¹⁴⁴ CHAN, Alice; MYRER, William; MEASOM, Gary et al. Temperature changes in human patellar tendon in response to therapeutic ultrasound. In: Journal of Athletic Training. Vol.; 33. Issue 2 (Apr.-Jun. 1998); p. 130-135.

Figura 17. Onda continua y pulsada



Representación esquemática de A. ondas continuas y B. ondas pulsadas producidas por una unidad de US. (t = Duración de pulso)(PRP= Periodo de repetición del pulso). Adaptado de O'Brien W. Ultrasound-biophysics mechanisms. Prog Biophys Mol Biol. 2007;93:212-55¹²⁹.

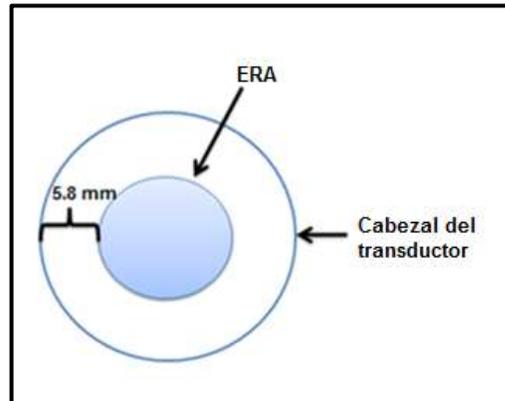
Uno de los parámetros que más variación muestra en los estudios que evalúan el efecto del UST en la OA específicamente es la intensidad. La intensidad se define como la tasa promedio de flujo de energía por unidad de área y es expresada en W/cm^2 ¹⁴⁵, indica la fuerza con que se suministra la energía al tejido en 1 segundo. Así, el exceso de intensidad puede ser lesivo y la falta de intensidad puede no ser suficiente para alcanzar el objetivo terapéutico¹⁴⁰.

La intensidad puede ser descrita en cuatro formas: la intensidad pico espacial pico temporal (SPTP), del inglés Spatial Peak Temporal Peak, es la amplitud de la onda y viene definida por el fabricante del equipo; la intensidad pico espacial promedio temporal (SPTA), del inglés Spatial Peak Temporal Average, describe la intensidad de energía que transcurre por la ERA del cabezal del UST, (se calcula dividiendo la potencia en (Watts) por la ERA en cm cuadrados)¹⁴⁶

¹⁴⁵ LICERALDE, Pamela. The Effects of ultrasound transducer velocity on intramuscular tissue temperature across a treatment site. Las Vegas, 2009, 42p. Thesis (Master of Science Degree in Kinesiology). University of Nevada. School of Allied Health Sciences, Division of Health Sciences. Department of Kinesiology and Nutrition Sciences.

¹⁴⁶ STARKEY, Chad. Clinical application of therapeutic ultrasound. In: STARKEY, Chad. Therapeutic modalities. Fourth Edition. Philadelphia: F.A Davis Company, 2004. 189-199p.

Figura 18. La ERA



La ERA no corresponde al tamaño del cabezal, en este caso, la diferencia entre el cabezal del transductor y la ERA es de 5.8 mm. Adaptada de Liceralde P. The Effects of ultrasound transducer velocity on intramuscular tissue temperature across a treatment site. (Tesis de Maestría). Las Vegas. University of Nevada. 2009. Disponible: <http://digitalscholarship.unlv.edu/thesedissertations/51>¹⁴⁵.

Los estudios reportan frecuentemente la intensidad pico temporal (SATP), del inglés Spatial Averaged Temporal Peak para el UST continuo, la cual es definida como la SPTA durante un tiempo on. Para el caso de la intensidad del UST pulsado, utilizan la intensidad promedio temporal espacial (SATA), del inglés Average Temporal Averaged Spatial, la cual se define como intensidad recibida por el paciente y resulta de multiplicar la SATP por el ciclo de trabajo, definido como el porcentaje de tiempo en que se emiten ondas de UST durante un periodo de pulso^{137,146}.

En el caso del UST de tipo continuo, la SATP y la SATA son iguales ya que el ciclo de trabajo es del 100%, mientras que en el UST pulsado en el cual, el ciclo de trabajo es menor de 100, la SATA es menor en relación a la SATP¹³⁷.

De acuerdo con la OMS, una intensidad de 3 W/cm², es el límite seguro para tratamientos terapéuticos; intensidades por arriba de 10 W/cm² son usadas con

fines quirúrgicos e intensidades por debajo de 0.1 W/cm^2 son utilizadas con fines diagnósticos¹⁴⁶.

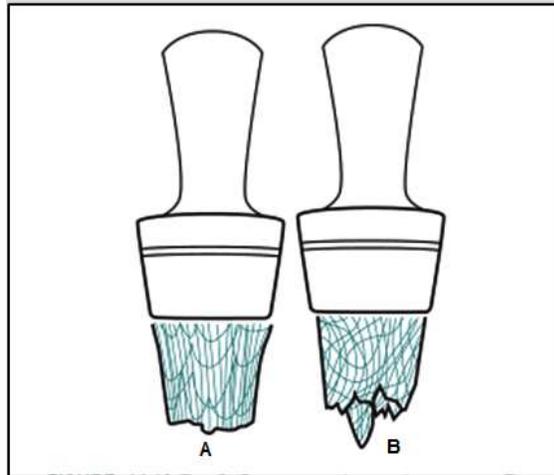
Por otro lado el BNR hace referencia a la variabilidad de la intensidad del UST debido a la falta de homogeneidad del haz a lo largo de su eje longitudinal lo cual hace referencia a que existen algunos puntos de mayor intensidad que otros a medida que se alejan de la superficie del transductor¹⁴⁰. Así, el BNR es definido como la proporción entre la intensidad pico espacial (intensidad máxima del UST) y la intensidad promedio espacial¹²⁹.

El BNR óptimo es de 1:1 lo que significa que cuando la intensidad promedio espacial es 1, la intensidad pico espacial también lo es. La mayoría de los equipos poseen una proporción de 2:1 y 5:1, en este último caso se establece que cuando la intensidad promedio espacial es 1, la intensidad pico espacial puede ser 5 veces mayor¹⁴⁴ (figura 19). Con un incremento en el BNR hay mayor probabilidad de quemaduras, debido a “puntos calientes” que se presentan en el cabezal del UST a partir del acúmulo de energía excesiva¹⁴⁵, como ocurriría por ejemplo en un UST con BNR 8:1. Para evitar estos riesgos, es importante mantener el cabezal del UST en movimiento a una velocidad constante, mientras se realiza la aplicación¹⁴⁵.

Por otro lado, el UST producido por un transductor piezoeléctrico tiene un rango de frecuencia entre 1 y 3.0 MHz^{136,146}. La frecuencia es definida como el número de ciclos de onda que se producen en cada segundo¹³⁶. La profundidad del tejido a ser tratado determinará la selección de la frecuencia. Cuanto más baja la frecuencia (1MHz), mayor es la penetración de las ondas del UST ya que son menos atenuados^{136,147}.

¹⁴⁷ DYSON, Mary. Non-thermal cellular effects of ultrasound. In: *British Journal of Cancer*. Vol.; 5. (Mar. 1982); p. 165-71.

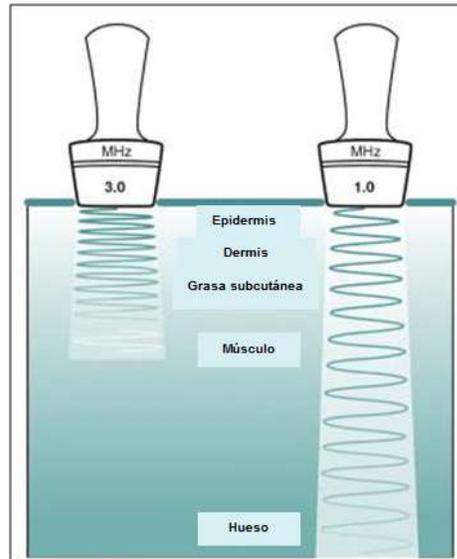
Figura 19: El BNR.



Indica el grado de variación de la intensidad en el haz del UST. A. Muestra un haz con una relación baja en su BNR de 2:1. B. Muestra la gran variabilidad de un BNR alto de 6:1, el cual aumenta la probabilidad de quemaduras. Tomado de Night K, Draper D. Therapeutic Ultrasound. En: Night K, Draper D. Therapeutic modalities: The art and science. 2^{da} edición. Baltimore: Lippincott Williams y Wilkins. 2013.p.253-282¹³⁹.

La energía ultrasónica generada con una frecuencia de 1 MHz es transmitida a través de los tejidos superficiales y absorbida en los tejidos profundos (2-5 cm), por lo cual es la frecuencia recomendada para tratamiento de dichos tejidos^{140,142} (Figura 20). Cuando se aumenta la frecuencia a 3 MHz (el cristal es deformado tres millones de veces por segundo), la longitud de onda se reduce y la tasa de absorción y de atenuación incrementan¹⁴⁰, dando como resultado que la energía del UST a dicha frecuencia sea absorbida principalmente en los tejidos superficiales (1-2 cm)^{140,142}. Así, existe una relación inversamente proporcional entre la frecuencia y la profundidad de penetración¹²⁹.

Figura 20. Frecuencia del UST



Determina la profundidad de penetración del UST. La penetración del UST aplicado a 3 MHz ocurre superficialmente (2.5 cm), mientras que el aplicado a 1 MHz puede alcanzar tejidos más profundos (6 cm). Adaptado de Night K, Draper D. Therapeutic Ultrasound. En: Night K, Draper D. Therapeutic modalities: The art and science. 2^{da} edición. Baltimore: Lippincott Williams y Wilkins. 2013.p.253-282¹³⁹.

El tiempo de tratamiento es el lapso durante el cual el tejido tratado es irradiado, e influye en la cantidad de energía que es aplicada al tejido. Sin embargo, el tiempo de tratamiento es una variable justificada con poca frecuencia en los estudios que aplican UST¹⁴⁸. Oakley¹⁴⁹, propuso aplicar UST durante uno o dos minutos cada área de tratamiento correspondiente a tamaño y medio del cabezal, aunque esta relación no es justificada^{147,148}. Razón por la cual, algunos autores como Olsson y Cols.¹⁵⁰ concluyen que no hay fórmula establecida para determinar el tiempo de tratamiento recomendado para el uso del UST.

¹⁴⁸ FARCIC, Thiago; BALDAN, Cristiano; CATTAPAN, Carla et al. Treatment time of ultrasound therapy interferes with the organization of collagen fibers in rat tendons. In: Brazilian Journal of Physical Therapy. Vol.; 17. Issue 3 (May.-Jun. 2013); p. 263-271.

¹⁴⁹ OAKLEY, Erin. Application of continuous beam ultrasound at therapeutic levels. Physiotherapy. Vol.; 64. Issue 6 (Jun. 1978); p. 169-172.

¹⁵⁰ OLSSON, Debora; VILLAMIL, Vera; PIPPI, Ney et al. Ultra-som terapêutico na cicatrização tecidual. En: Ciência Rural. Vol.; 38. No. 4 (Jul. 2008); p. 1199-1207.

Según los resultados obtenidos por Draper y Cols.¹⁴², cinco minutos de irradiación eran suficientes para aumentar la temperatura 4°C en los tejidos superficiales aplicando UST continuo, a una frecuencia de 3 MHz a una intensidad de 1 W/cm². Los estudios que han aplicado UST en personas con OA, han utilizado en promedio 5 minutos de aplicación en cada área de tratamiento aunque el argumento de tal elección no ha sido claro^{29,40,128,151}.

3.3.4. Dosis y Densidad de energía

El término dosis o densidad energética no es común en la literatura sobre el UST. Se define como la cantidad de energía (Julios) que es recibida por cada centímetro cuadrado (cm²) de tejido tratado y se expresa en (J/cm²)¹⁵².

$$\text{Energía (J)} = \text{SATA (W/cm}^2\text{)} * \text{ERA (cm}^2\text{)} * \text{Tiempo (s)}$$

$$\text{Densidad energética (J/cm}^2\text{)} = \frac{\text{SATA (W/cm}^2\text{)} * \text{ERA (cm}^2\text{)} * \text{Tiempo (s)}}{\text{Área de tratamiento (cm}^2\text{)}}$$

De acuerdo con la fórmula anterior es claro que el concepto de dosis depende de los parámetros seleccionados para la aplicación del UST^{152,153}. Conocer la dosis del UST usada en los estudios es difícil debido a que no son reportados todos los parámetros y aproximarse al cálculo de esta a partir de la información suministrada por los autores resulta en algunos casos imposible¹⁵³.

Poder conocer la dosis terapéutica requerida para el tratamiento de las personas con OA a través de los estudios de dosis-respuesta es importante, ya que

¹⁵¹ OZGÖNENEL, Levent; AYTEKIN, Ebru y DURMUŞOĞLU, Gulis. A double-blind trial of clinical effects of therapeutic ultrasound in knee osteoarthritis. En: Ultrasound in Medicine & Biology. Enero, 2009, vol. 35 no. 1, p. 44-49.

¹⁵² RODRIGUEZ, Martín. Ultrasonidos. En: Electroterapia en fisioterapia. 2 edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2004. p. 515-551.

¹⁵³ ROBERTSON, Valma. Dosage and treatment response in randomized clinical trials of therapeutic ultrasound. En: Physical Therapy in Sport. Agosto, 2002, vol. 3 no. 3, p. 124-133.

permitiría conocer de antemano los efectos terapéuticos¹⁵³, sin embargo llegar al establecimiento de dicha relación es difícil, debido a la variación en la intensidad de salida SPTA en la cual se permite un margen de variación del 20%^{154,155}, entre equipos de la misma marca o diferente, la variación en la ERA, las diferencias entre el tamaño de los tejidos tratados y su composición¹⁵².

Así, la realización de estudios que reporten de forma completa los parámetros de aplicación del UST en personas con OA puede ser primer paso hacia la determinación de la dosis terapéutica indicada en personas con OA de rodilla^{139,153}.

3.3.5. Efectos fisiológicos

Es preciso aclarar que los efectos térmicos y no térmicos suceden al unísono, es probable que predomine alguno de los dos dependiendo principalmente de la forma de generación del UST^{31,156}.

3.3.5.1. Efectos térmicos

El aumento de la temperatura posiblemente constituya el principal efecto del UST, por ello ha sido catalogado como una modalidad de calor profundo¹⁴¹ que genera efectos terapéuticos como la reducción del espasmo muscular, el incremento de la extensibilidad de los tejidos, aumento de la respuesta pro-inflamatoria y el aumento en el flujo sanguíneo periférico^{31,156,157}.

¹⁵⁴ STRAUB, Stephen, JOHNS, Lennart and HOWARD, Samuel. Therapeutic Ultrasound at 1MH Author Response. *In*: Physical Therapy . Enero, 2008, vol. 88 no 1, p:61-62.

¹⁵⁵ JOHNS, Lennart; STRAUB, Stephen and HOWARD, Samuel. Variability in effective radiating area and output power of new ultrasound transducers at 3 MHz. *In*: Journal of Athletic Training. Enero-Marzo, 2007, vol. 42 no. 1, p. 22-28.

¹⁵⁶ KITCHEN, Sheila and PARTRIDGE, Cecily. A review of therapeutic ultrasound part 1: Background and physiological effects. *In*: Physiotherapy octubre, 1990, vol. 76 no 10, p:593-599.

¹⁵⁷ KORSTJENS, Clara, et al. Low-intensity pulsed ultrasound affects human articular chondrocytes in vitro. *En*: Medical & Biological Engineering & Computing. Diciembre, 2008, vol. 46 no. 12, p. 1263-1270.

La magnitud del aumento de la temperatura depende de la intensidad del UST, la frecuencia, el ciclo de trabajo y el área de tratamiento^{130,156}. Con respecto a la intensidad, Morrisette y Cols.¹⁵⁸ aplicaron UST continuo a dos intensidades diferentes encontrando mayores efectos en la temperatura con una intensidad de 2 W/cm² en comparación con la intensidad de 1.5 W/cm².

En el mismo sentido, Ter Haar y Cols.¹⁵⁹ aplicaron UST continuo a 1 MHz y 2.5 W/cm² en la articulación de la cadera de cerdo reportando aumento en la temperatura de la cápsula fibrosa de 3°C después de 2 a 3 minutos. A intensidades menores de 1.5-2.0 W/cm² el aumento de la temperatura correspondió a 1° C por encima de la temperatura basal.

Por otro lado, la frecuencia es un factor importante que puede influir sobre la temperatura tisular. Draper y Cols.¹⁴² reportaron tres veces más aumento de la temperatura con frecuencia de 3 MHz, a profundidades de 0.8 y 1.6 cm del tríceps sural en comparación con la aplicación de UST a 1 MHz.

En cuanto al área de tratamiento, se considera que si la aplicación se realiza en un área equivalente a dos veces el tamaño de la ERA^{142,143,144} las ondas emitidas por el UST se concentran y aumentan la temperatura del tejido de forma más efectiva que si se aplica en áreas de tratamiento mayores¹⁴⁴.

Ha sido planteado que el aumento de la temperatura debe ser mantenido durante mínimo 5 minutos¹³⁸. En este sentido el calentamiento leve (1°C) acelera la tasa metabólica y puede ser utilizado en inflamación leve; el calentamiento moderado (2-3°C), disminuye el dolor y el espasmo muscular, aumenta el flujo sanguíneo y

¹⁵⁸ MORRISETTE, David; BROWN, Debora y SALADIN, Michael. Temperature change in lumbar periarticular tissue with continuous ultrasound. En: Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Diciembre, 2004, vol. 34 no. 12, p. 754-760.

¹⁵⁹ TER HAAR, Gail y HOPEWELL, John. Ultrasonic heating of mammalian tissues in vivo. En: British Journal of Cancer. Marzo, 1982, vol. 45 no. 5, p. 65-67.

disminuye la inflamación crónica; y el calentamiento vigoroso (3 y 4°C), permite el estiramiento de los tejidos tratados y disminuye la actividad simpática¹⁴⁶.

La temperatura resultante del calentamiento dependerá principalmente del grado de conducción en los tejidos circundantes y la disipación por la perfusión de la sangre, ya que el aumento del flujo sanguíneo disipa el exceso de calor, eliminando el calor de las regiones más cálidas por la sangre que fluye a través de los capilares y vasos sanguíneos, redistribuyéndola a las regiones más frías, evitando quemaduras o desnaturalización de las proteínas¹⁴⁰.

3.3.5.2. Efectos no térmicos

Los efectos no térmicos del UST generalmente están asociados a la cavitación^{31,156}, a las ondas estacionarias y al micromasaje¹³⁸. Cuando una onda de UST se propaga en los tejidos se induce una tensión mecánica (efecto de compresión y rarefacción), haciendo que las burbujas de aire microscópicas presentes en el tejido, se compriman y expandan, lo cual se conoce como cavitación¹³⁰. Este efecto describe el fenómeno relacionado con burbujas de aire dentro de un campo acústico.

A consecuencia de la cavitación se generan las corrientes acústicas, que se describen como un flujo de líquido unidireccional localizado en el fluido circulante a una burbuja de aire vibratoria³¹ y que se forman en función de la onda acústica¹⁵⁹. Entre estas se describen la transmisión acústica que ocurren cuando una onda ultrasónica se propaga en un medio líquido y ocasiona el movimiento del fluido en una sola dirección y las microcorrientes, que son movimientos circulantes del flujo adyacente a una fuente oscilante, en este caso burbujas de aire³¹.

La cavitación puede ser inercial o no inercial y dependerá de la frecuencia, la amplitud de la presión, el radio de la burbuja y el medio ambiente¹³⁰. La cavitación

inercial, también llamada inestable, consiste en el crecimiento y colapso de las burbujas, debido a las altas presiones y temperaturas producidas dentro de estas. Este proceso puede causar la fragmentación de la burbuja, la liberación de radicales libres o la repetición del ciclo de crecimiento innumerables veces¹³². Estos cambios rápidos en la presión dentro y alrededor de las células del tejido tratado podrían generarle daños⁴⁰, sin embargo en la literatura revisada, no existe evidencia de que lo anterior ocurra in-vivo¹⁶⁰.

La cavitación no inercial o estable, es la oscilación armónica de las burbujas de aire por debajo del umbral de la cavitación inercial¹⁶¹, produciendo microcorrientes acústicas, que son movimientos de flujo alrededor de las burbujas. La producción de estas burbujas de aire es transitoria¹⁶¹, no obstante, cuando las microcorrientes ocurren en los límites de la membrana y el fluido de los tejidos, cuentan con la fuerza necesaria para alterar la permeabilidad y estimular la actividad celular^{31,160}. Este es uno de los posibles mecanismos por los cuales el UST, podría tener efectos directos sobre el condrocito, aumentando su proliferación, aunque hasta ahora solo ha sido comprobado in vitro y a intensidades no terapéuticas¹⁵⁷.

Otro de los efectos no térmicos son las ondas estacionarias que han sido descritas como ondas reflejadas que se superponen a las ondas incidentes, el resultado es un conjunto de ondas estacionarias con picos de alta presión denominados antinodos y zonas de baja presión llamados nodos¹³⁸ (Figura 22).

La relevancia clínica de las ondas estacionarias es limitada ya que es improbable que sucedan in vivo dada la estructura de los tejidos adyacentes los cuales pueden absorber y reflejar más energía de la incidente. Por otro lado, el

¹⁶⁰ JOHNS, Lennart. Nonthermal Effects of Therapeutic Ultrasound: The Frequency Resonance Hypothesis. En: Journal of Athletic Training. Julio, 2002, vol. 37 no. 3, p. 293-299.

¹⁶¹ MILLER, Douglas. Overview of experimental studies of biological effects of medical ultrasound caused by gas by activation and inertial cavitation. En: Progress in Biophysics and Molecular Biology. Enero-Abril, 2007, vol. 93 no. 1-3, p. 314-330.

movimiento del cabezal cuando se aplica el UST disminuye la posibilidad de la presencia de las ondas estacionarias¹³⁸.

El micromasaje podría ser otro de los efectos no térmicos, este describe los efectos mecánicos debidos a los cambios de presión en las células y los tejidos que son tratados con el UST, aunque las implicaciones de este efecto sobre los tejidos son desconocidas¹³⁸.

Según estudios in vitro, los efectos no térmicos del UST pueden causar aumento en el calcio intracelular de los fibroblastos¹⁶⁰, alterar la actividad enzimática, generar la degranulación de mastocitos, incrementar la permeabilidad de los glóbulos rojos¹⁴⁷, promover la angiogénesis celular, lo que podría sugerir en estos casos específicos, efectos colaterales como dolor y edema tras la aplicación del UST, aunque esto no ha sido probado in vivo.

3.3.6. Precauciones y contraindicaciones

Las precauciones que deben tenerse en cuenta durante el tratamiento con una modalidad física de calor profundo como el UST, son principalmente las quemaduras que pueden ocurrir si los efectos térmicos exceden la habilidad fisiológica de los tejidos para disipar el exceso de calor, esto puede suceder si la aplicación se realiza con escaso movimiento del cabezal sobre los tejidos¹³⁸. Otra de las precauciones está relacionada con la lesión de los tejidos tratados ocasionada por los efectos de la cavitación y de las ondas estacionarias aunque en la literatura revisada no existe evidencia de este fenómeno a dosis terapéuticas en seres humanos^{40,138}.

Las contraindicaciones se consideran como las situaciones en las que no debe ser aplicado el UST, dentro de ellas tenemos:

- Tumores: Según Maxwell y Cols. 1995 citado por Robertson y Cols.¹³⁸ dentro de las contraindicaciones se incluye la aplicación en personas con tumores debido a que puede producir aumento de la tasa de crecimiento del tumor en ratones aplicando UST a intensidades¹³⁸.
- Gravidéz: Se debe evitar el uso de UST sobre el útero grávido ya que acelera la división y diferenciación celular del embrión y el feto⁴⁰. En este sentido Houghton y Cols. 2000 citados por Robertson y Cols.¹³⁸ reportaron aumento en el número de extremidades no viables de los fetos en ratas preñadas tras la aplicación de UST a altas intensidades.
- Radioterapia: También debe ser evitado en pacientes que hayan recibido radioterapia en los últimos 6 meses, debido a que la radiación afecta las células endoteliales y genera atrofia microvascular por lo cual estos pacientes presentan disminuida la respuesta a los cambios de temperatura que pudiera ocasionar el UST, además existe la posibilidad de estimular células malignas recidivantes^{40,138}.
- Enfermedades vasculares: Está contraindicada la aplicación sobre zonas con problemas vasculares como trombosis venosa reciente debido a que podría desprender o movilizar un trombo¹³⁸.
- Tejido isquémico: Porque tienen disminuida la respuesta de los mecanismos de regulación de la temperatura¹³⁸.
- Tejidos especializados: Como los ojos, las gónadas, pulmones y vísceras por los efectos directos del aumento de la temperatura y la cavitación sobre los tejidos que tienen alto contenido de líquido y gas¹³⁸.

3.4. ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS ESTUDIOS QUE EVALUAN EL USO DEL UST EN PERSONAS CON OA DE RODILLA

Los estudios que evalúan el efecto del UST en el tratamiento de la OA son escasos y contradictorios, ya que presentan limitaciones metodológicas³², no reportan todos los parámetros de aplicación del UST, ni es clara la demarcación de la zona de tratamiento^{24,28,31}. Por otro lado pocos estudios^{128,151,162} han aplicado dentro del protocolo del estudio UST como única modalidad de intervención, lo que dificulta la comparación e interpretación de los resultados.

A continuación se presenta el análisis crítico de los estudios publicados que utilizan el UST como recurso terapéutico en el tratamiento de la OA de rodilla. La descripción de los objetivos, la población, las variables y los resultados se presentan en el anexo 1. No se incluye el cálculo de la energía porque ninguno de los estudios revisados presenta el reporte completo de los parámetros necesarios.

En la búsqueda bibliográfica se encontraron 7 ensayos clínicos controlados^{29,40,41,128,151,162,163} y un estudio cuasi-experimental³⁰. Los ensayos clínicos controlados fueron analizados tomando como referencia el listado de normas consolidadas para la publicación de ensayos clínicos (CONSORT) del inglés (Consolidated Standards of Reporting Trials)¹⁶⁴. En primer lugar se hará referencia a 4 estudios que usaron UST continuo y posteriormente aquellos trabajos que usaron UST pulsado.

Cetin y Cols.⁴¹ realizaron un estudio con el objeto de investigar los efectos terapéuticos de agentes físicos como la diatermia, el TENS y UST comparados

¹⁶² ULUS, Yasemin, et al. Therapeutic ultrasound versus sham ultrasound for the management of patients with knee osteoarthritis: a randomized double-blind controlled clinical study. En: International Journal of Rheumatic Diseases. Abril, 2012, vol. 15 no. 2, p. 197-206.

¹⁶³ MASCARIN, Naryana, et al. Effects of kinesiotherapy, ultrasound and electrotherapy in management of bilateral knee osteoarthritis: prospective clinical trial. En: BMC Musculoskeletal Disorders. Septiembre, 2012, vol. 13, p. 182-190.

¹⁶⁴ ALTMAN, Douglas. Et al. The revised CONSORT statement for reporting randomized trials: explanation and elaboration. En: Annals of Internal Medicine. Abril, 2001, vol. 134 no. 8, p. 663-694.

con un grupo placebo. Los parámetros de aplicación del grupo de UST incluyeron una SATP de 1.5 W/cm^2 por 10 minutos durante 24 sesiones. Los resultados mostraron diferencias significativas en las variables de salida (Anexo 1) en todos los grupos en comparación con el placebo, aunque las diferencias fueron mayores en los grupos de diatermia y TENS⁴¹.

Es preciso mencionar que este estudio incluía ejercicio isocinético en todos los grupos de intervención, por lo cual los resultados obtenidos son conseguidos con la aplicación conjunta de UST y el protocolo de ejercicio, además presenta como limitación la aplicación de calor superficial a través de un paquete caliente en todos los grupos de intervención, excepto en el grupo placebo, lo cual es un factor de confusión ya que puede influir en los resultados de la intervención¹⁶⁵.

Las limitaciones metodológicas incluyen la falta de claridad en el tipo y la forma de asignación aleatoria a los grupos, el no reporte del cálculo del tamaño muestral, ni del tamaño del efecto de la intervención, no se presenta el flujo de participantes a lo largo de las fases del estudio por grupos con sus respectivas pérdidas, ni las limitaciones o conflictos de interés del estudio¹⁶⁶.

Ozgonenel y Cols.¹⁵¹ con el objetivo de determinar la efectividad del UST en personas con OA de rodilla, aplicaron UST continuo con una SATP de 1 W/cm^2 por 5 minutos durante 10 sesiones de intervención. Los autores no reportaron diferencias significativas entre el grupo de intervención y el placebo. Este estudio no reporta el tamaño de la ERA para determinar el tamaño del área de tratamiento, ni las pérdidas y exclusiones luego de la aleatorización.

De otro lado, Ulus y Cols.¹⁶², plantearon como objetivo de su trabajo evaluar la efectividad a corto plazo del UST continuo sobre el dolor, la funcionalidad, la

¹⁶⁵ GORDIS, Leon. Epidemiology. En: Epidemiology. 4 ed. Philadelphia: Saunders C, 2004. 363 p.

¹⁶⁶ CURTIS, Charles; SALMAN, Mo and SHOTT, Susan. Power and sample size. in: Journal of the American Veterinary Medical Association. Octubre, 1990, vol. 197 no. 7, p. 838-840.

discapacidad y el estado psicológico en pacientes con OA de rodilla. Para ello utilizaron una SATP de 1 W/cm^2 , frecuencia de 1 MHz por 10 minutos durante 15 sesiones en un grupo de UST continuo y otro placebo sin encontrar diferencias significativas entre los grupos.

En este estudio no se reporta el cálculo para el tamaño de muestra, lo cual le resta poder e induce al error sistemático tipo II, que consistente en considerar que no existen diferencias cuando realmente podría haberlas¹⁶⁷. Además no es claro el número de integrantes por género en los grupos del estudio, por lo tanto no es clara la homogeneidad de los grupos al inicio del estudio, generando así un sesgo de selección¹⁶⁵.

Mascarin y Cols.¹⁶³ con el propósito de investigar los efectos de la kinesioterapia y la electroterapia en la capacidad funcional de personas con OA de rodilla incluyeron tres grupos de intervención (TENS, UST y Kinesioterapia). Los parámetros del grupo del UST fueron una forma de generación continua, SATP de 0.8 W/cm^2 , frecuencia de 1 MHz por 3 0 4 minutos durante 24 sesiones. Los autores reportan diferencias significativas en la disminución de la intensidad del dolor en todos los grupos de intervención (Tabla 3) y aumento de la funcionalidad en los grupos de TENS y UST.

Este estudio tiene como limitaciones metodológicas el no reporte del cálculo del tamaño muestral, como tampoco las pérdidas y exclusiones luego de la aleatorización, además no se incluyó un grupo control. No se menciona el tamaño de la ERA ni el tamaño del área de tratamiento, utilizan un tiempo de aplicación de tres y cuatro minutos pero no justifican la elección del mismo.

¹⁶⁷ MATTHEWS David, FAREWELL Vernon. En: Estadística médica aplicación e intervención. 2 ed. Switzerland: Salvat editors, 1990. 238 p.

Con base en lo anterior, se puede afirmar que los estudios anteriormente citados no permiten apoyar o descartar el uso del UST continuo en pacientes con OA de rodilla, sin embargo más allá de las limitaciones metodológicas, la aplicación del UST continuo podría ser perjudicial en presencia de lesión articular debido a que esta forma de UST puede generar un efecto sobre las MMP, las cuales podrían potenciar la degradación de los PG y del colágeno, componentes esenciales de la MEC del cartílago articular^{40,168}. Así, el UST continuo podrían potenciar el catabolismo del cartílago articular promoviendo su deterioro¹⁶⁸.

En cuanto a la utilización del UST pulsado solo un ensayo clínico controlado incluyó únicamente esta forma de generación en pacientes con OA de rodilla. Huang y Cols.⁴⁰ estudiaron los efectos del uso conjunto de intervenciones como las inyecciones de ácido hialurónico, UST y fortalecimiento isocinético aplicadas en tres grupos de intervención y el grupo control (Anexo 1). Los participantes de los grupos II y III recibieron una SATA de 0.6 W/cm², frecuencia de 1 MHz durante 5 minutos por 24 sesiones, los participantes del grupo II realizaron además ejercicio isocinético y los del grupo III realizaron ejercicio isocinético y se les inyectó ácido hialurónico en la articulación.

Los autores reportaron aumento significativo del rango de movimiento de la rodilla, de la velocidad de marcha, al igual que la disminución significativa de la intensidad del dolor en los grupos que recibieron dentro de la intervención UST en comparación a los otros tres grupos que no. Los autores de este estudio realizaron seguimiento a los participantes un año después de finalizada la intervención y encontraron que se mantuvo el resultado favorable de la aplicación del UST pulsado sobre las mismas variables evaluadas un año atrás⁴⁰.

¹⁶⁸ WU, Ying, et al. Entropy Increases from Different Sources Support the High-affinity Binding of the N-terminal Inhibitory Domains of Tissue Inhibitors of Metalloproteinases to the Catalytic Domains of Matrix Metalloproteinases-1 and -3. *En: The Journal of Biological Chemistry*. Mayo, 2011, vol. 286 no. 19, p. 16891-16899.

Dentro de las limitaciones de este estudio se encuentra el no reporte del cálculo del tamaño muestral, el tamaño de la ERA, lo cual impide determinar la dosis de energía que recibieron los participantes por sesión y dificulta replicar los resultados. Por otro lado, dentro del control de los sesgos, no son reportadas las características de base de las variables antropométricas y demográficas en los grupos del estudio, lo que muestra un sesgo de selección ya que no es clara la homogeneidad de los grupos al inicio del estudio¹⁶⁵.

Por otro lado dos ensayos clínicos controlados evaluaron el efecto del UST continuo y pulsado en personas con OA de rodilla y serán descritos a continuación.

Tascioglu y Cols.¹²⁸, incluyeron dentro del protocolo el grupo del UST continuo con una SATP de 2 W/cm², un grupo de UST pulsado que recibió una SATA de 0.5 W/cm² y un grupo placebo. El tiempo para ambos grupos correspondió a 5 minutos durante 10 sesiones.

Dentro de los resultados, los autores reportan diferencias significativas en la disminución de la intensidad del dolor, de la percepción de la enfermedad y el aumento de la funcionalidad, y concluyen que el UST pulsado puede ser más efectivo para el tratamiento de la OA. Sin embargo, si se analizan los datos reportados por los autores se observa que las diferencias encontradas no fueron clínicamente relevantes por ejemplo el UST continuo logró una diferencia entre las mediciones pre y pos intervención de la intensidad del dolor de 1,45 versus 1,64 del grupo pulsado al igual que la diferencia entre los dos grupos en los resultados de la funcionalidad fue de dos segundos a favor del UST pulsado¹⁶⁹.

¹⁶⁹ KRAEMER, Helena y KUPFER, David. Size of treatment effects and their importance to clinical research and practice. *En: Biological Psychiatry*. Junio, 2006, vol. 59 no. 11, p. 990-996.

Además, los autores no reportan la ERA utilizada para la intervención. Por otro lado, el análisis estadístico de los datos es insuficiente para determinar los resultados y las diferencias significativas entre los grupos del estudio¹⁶⁹.

Huang y cols.²⁹ en otro estudio con el objetivo de investigar los efectos del UST sobre el fortalecimiento muscular isocinético en personas con osteoartritis de rodilla, incluyeron 3 grupos de intervención: Ejercicio isocinético (grupo I); UST continuo con una SATP de 1.5 W/cm² (grupo II); UST pulsado con una SATA de 0.6 W/cm² (grupo III) y el grupo control. El UST fue aplicado por 5 minutos durante 24 sesiones. Los grupos de intervención incluidos en este estudio recibieron como parte de la intervención fortalecimiento isocinético.

Dentro de los resultados los autores reportan aumento en el rango de movimiento y la velocidad de marcha únicamente en los grupos II y III que recibieron UST, resultados que se mantuvieron un año después de finalizada la intervención²⁹.

Como limitaciones metodológicas, se encuentra la falta del reporte de las características de base de las variables antropométricas y demográficas en los grupos del estudio, ni la procedencia de los participantes. Además, no es clara la forma de asignación aleatoria, el enmascaramiento ni el cálculo del tamaño de muestra.

Los estudios mencionados anteriormente sugieren que el UST pulsado podría tener efectos positivos en personas con OA de rodilla, sin embargo las limitaciones metodológicas expuestas no permiten apoyar ni refutar el uso de esta forma de generación en la población de estudio¹⁷⁰.

¹⁷⁰ RUTJES, Anne, et al. Therapeutic ultrasound for osteoarthritis of the knee or hip. En: Cochrane Database of Systematic Reviews. Enero, 2010, vol. 1, p. 1-42.

En cuanto al estudio cuasi-experimental, Loyola y Cols.³⁰ estudiaron sí la aplicación del UST produce efectos positivos en la regeneración del cartílago articular, así como beneficios clínicos en pacientes con diagnóstico de OA grado II y III según la clasificación radiológica de Kellgren y Lawrence¹.

La intervención consistió en la aplicación del UST pulsado, a una intensidad de 0.3 W/cm², el tiempo de aplicación dependió del tamaño de la zona a tratar y según los autores, se calculó tomando como referencia que la densidad energética fuera de (36 J/cm²) en todos los participantes. A pesar de ser el único estudio en el que se contempló la densidad energética, no proporciona los datos suficientes que permitan su cálculo, como lo es el tamaño del área tratada.

En este estudio se reportó una disminución en la intensidad de dolor de 3 cm en la EAV y un aumento en la funcionalidad. No se encontraron diferencias significativas sobre la reparación del cartílago articular, los autores no encontraron diferencias significativas, según los autores esto ocurrió debido a la pobre reproducibilidad entre los evaluadores de las mediciones. Sin embargo no son reportados los CCI¹⁷¹ ni los límites de acuerdo de Bland y Altman¹⁷² de dichas mediciones.

Otras limitaciones incluyen, el reporte inadecuado de este estudio cuasi-experimental como un estudio observacional¹⁷³, la incongruencia en el reporte de la ERA, ya que los autores lo presentan como una rango entre 3.5 y 5 cm², lo cual es un error debido a que este parámetro está determinado por el fabricante del equipo y el tamaño del cabezal^{40,137} además no es claro si la intensidad reportada en el estudio corresponde a la SATP o a la SATA.

¹⁷¹ SHROUT, Patrick y FLEISS, Joseph. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *En*: Psychological Bulletin. Marzo, 1979, vol. 86 no. 2, p. 420-428.

¹⁷² BLAND, Martin y ALTMAN, Douglas. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *En*: The lancet. Febrero, 1986, vol. 327 no. 8476, p. 307-310.

¹⁷³ GORDIS, Leon. Epidemiology. *En*: Epidemiology. 4 ed. Philadelphia: Saunders C, 2004. 363 p.

De forma general los estudios revisados limitan el análisis de los datos a las diferencias estadísticamente significativas y se deja de lado el análisis de la importancia clínica de los resultados obtenidos^{168,169}. Además, otra de las limitaciones comunes en los estudios es el reporte incompleto de los parámetros de aplicación, lo cual dificulta replicar los resultados y el acercamiento al planteamiento de una dosis de energía ultrasónica efectiva para el tratamiento de la OA^{32,33,34,174}.

Algunos estudios en humanos ponen en evidencia un efecto benéfico sobre la formación del callo óseo en fracturas, al aplicar esta modalidad terapéutica^{175,176,177}, por lo que es factible pensar que la aplicación del UST pulsado de baja intensidad puede generar en tejidos como el cartílago articular un efecto regenerador¹⁷⁸ sobre el condrocito y por ende sobre la MEC y sus componente siendo esta la primera hipótesis por la cual el UST pulsado podría tener efectos positivos sobre la OA.

Estudios in vitro han mostrado un efecto positivo del UST pulsado sobre la proliferación de células madre mesenquimales¹⁷⁸ con la capacidad de diferenciarse en diversos tipos de células, incluyendo los osteocitos (células óseas), los condrocitos (células del cartílago), los adipocitos (células grasas) y los mioblastos¹⁷⁹. Lo anterior sugiere un efecto anabólico sobre la formación de

¹⁷⁴ MARKS, Ray; GHANAGARAJA, Sharmini y GHASSEMI, Masoumeh. Ultrasound for osteoarthritis of the knee. En: Physiotherapy. Septiembre, 2000, vol. 86 no. 9, p. 452-463.

¹⁷⁵ LOYOLA, Adalberto, et al. Effect of low-intensity pulsed ultrasound on the cartilage repair in people with mild to moderate knee osteoarthritis: a double-blinded, randomized, placebo-controlled pilot study. En: Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. Enero, 2012, vol. 93 no. 1, p. 35-42.

¹⁷⁶ KRISTIANSEN, Thomas, et al. Accelerated healing of distal radial fractures with the use of specific low intensity ultrasound. A multicenter, prospective, randomized, double blind, placebo controlled study. En: The Journal of Bone and Joint Surgery. Julio, 1997, vol. 79 no. 7, p. 961-973.

¹⁷⁷ CLINTON, Rubin, et al. The use of low-intensity ultrasound to accelerate the healing of fractures. Current concepts review. En: The Journal of Bone and Joint Surgery. Febrero, 2001, vol. 83 no. 2, p. 259-270.

¹⁷⁸ ZHANG, Zi-Jun, et al. The effects of pulsed low-intensity ultrasound on chondrocyte viability, proliferation, gene expression and matrix production. En: Ultrasound in Medicine & Biology. Noviembre, 2003, vol. 29 no. 11, p. 1645-1651.

¹⁷⁹ SALEM, Husein y THIEMERMANN, Chris. Mesenchymal Stromal Cells: Current Understanding and Clinical Status. En: Stem Cells. Marzo, 2010, vol. 28 no. 3, p. 585-596.

cartílago a través del aumento de la expresión génica de los agreganos¹⁸⁰ y del aumento de las concentraciones de calcio intracelular¹⁸¹.

El posible efecto anabólico descrito anteriormente, se apoya también en la hipótesis de frecuencia de resonancia propuesta por Johns¹⁶⁰, la cual incorpora las propiedades mecánicas del UST (absorción, cavitación, transmisión acústica) con los conocimientos en el campo de la biología celular y molecular, específicamente, la activación de las proteínas y las vías de transducción de señales que pueden dar lugar a modificaciones en la función celular.

Esta hipótesis propone que la energía mecánica generada por el UST puede ser absorbida por las proteínas, alterando la conformación estructural de una proteína o la función de un complejo multimolecular¹⁶¹. Lo que pudiera explicar la formación de MEC en tejidos condrales y la mejor apariencia histológica del daño condral en modelos animales^{182,183}.

Si bien estos efectos han sido probados in vitro y en modelos animales, la transferencia de estos resultados al contexto clínico es difícil, debido a las diferencias de tamaño del tejido y la influencia de los efectos moderadores de los mecanismos de homeostasis de la temperatura corporal, la condición osmótica y el PH del cuerpo humano^{129,147}.

Otro de los mecanismos que pudiera explicar la efectividad del UST en la disminución del dolor, aparte de los efectos mecánicos ya descritos, es la teoría de la compuerta del dolor, ya que el masaje producido por el cabezal del UST pudiera

¹⁸⁰ PARVIZI, Javad, et al. Low-intensity ultrasound stimulates proteoglycan synthesis in rat chondrocytes by increasing aggrecan gene expression. En: Journal of Orthopaedic Research. Julio, 1999, vol. 17 no. 4, p. 488-494.

¹⁸¹ PARVIZI, Javad, et al. Calcium signaling is required for ultrasound-stimulated aggrecan synthesis by rat chondrocytes. En: Journal of Orthopaedic Research. Enero, 2002, vol. 20 no. 1, p. 51-57.

¹⁸² COOK, Stephen, et al. Improved cartilage repair after treatment with low-intensity pulsed ultrasound. En: Clinical Orthopaedics & Related Research. Octubre, 2001, no. 391, p. 231-243.

¹⁸³ KEI, Miyamoto, et al. Exposure to pulsed low intensity ultrasound stimulates extracellular matrix metabolism of bovine intervertebral disc cells cultured in alginate beads. En: Spine. Noviembre, 2005, vol. 30 no. 21, p. 2398-2405.

activar la compuerta. Esta teoría fue desarrollada por Melzack y Wall en donde se describe la actividad inhibitoria de las fibras aferentes gruesas en un sistema activado por fibras aferentes delgadas que conducen la información dolorosa¹⁸⁴. Así, al activarse los receptores cutáneos mediante la vibración o el tacto, la información es transmitida por las fibras gruesas A β (fibras rápidas), las cuales inhiben las células T disminuyendo la información dolorosa conducida por el tracto espinotalámico ascendente cerrando la compuerta del dolor¹⁸⁴.

De igual manera el tracto espinotalámico descendente podría modular la información dolorosa liberando péptidos opiáceos endógenos, como encefalinas y dinorfinas que facilitan la disminución de la intensidad dolorosa¹⁸⁴.

Es claro que a pesar del uso frecuente del UST en personas con OA y de la existencia de estudios recientes que evalúan el efecto de esta modalidad en esta población, el nivel de la evidencia que estos aportan es pobre y por lo tanto no concluyente^{32,171}.

A pesar de las limitaciones expuestas anteriormente, la literatura científica revisada sugiere efectos positivos con la aplicación de 10 intervenciones de UST pulsado a 1 MHz, durante 4-6 minutos con una SATA entre 0.3 y 0.6 W/cm² (efectos mecánicos) sobre la intensidad del dolor, la movilidad articular y la funcionalidad^{29,30,38,40,128,175,176}, el cual podría favorecer el metabolismo celular y la capacidad de regeneración tisular del condrocito^{40,174,176}, por ello son los parámetros de aplicación que se usarán en el presente estudio, en el cual se utilizarán instrumentos de evaluación con buenas propiedades psicométricas y se controlará los posibles sesgos, con el fin de aportar evidencia confiable sobre el uso del UST en pacientes con OA de rodilla.

¹⁸⁴ SUMMERS, Sharon. Evidence-based practice part 1: pain definitions pathophysiologic mechanisms and theories. En: Journal of Perianesthesia Nursing. Octubre, 2000, vol. 15 no. 5, p. 357-365.

Por lo anterior se plantea realizar un estudio cuasiexperimental que evalúe el efecto de 5 y 10 intervenciones con UST pulsado aplicado en el compartimiento medial y lateral de la articulación de la rodilla de pacientes con OA, para verificar si el efecto atribuido al UST sobre el aumento del umbral del dolor, el aumento de la permeabilidad capilar y la activación de la compuerta del dolor, favorecen la generación de fuerza muscular y permiten la ejecución de rangos de movimiento articular más amplios, a partir de lo cual mejoraría el desempeño funcional de las personas y por tanto su calidad de vida^{30,168,171,172}.

3.5. INSTRUMENTOS USADOS PARA MEDIR LAS VARIABLES DE RESULTADO DEL ESTUDIO

La medición se entiende como un proceso sistemático que permite definir las diferencias entre objetos o fenómenos de interés, este no es un proceso aleatorio sino el producto de normas y directrices¹⁸⁵. Para realizar este proceso se requiere de instrumentos de medición cuyos resultados dependerán de sus propiedades psicométricas, sobre todo en la medición de aquellas características como el dolor, la calidad de vida y la funcionalidad⁹³, ya que estas características o constructos no pueden comprenderse a través de la observación directa sino a través de alguna o algunas de sus manifestaciones¹⁸⁶.

A continuación se presentan los instrumentos de evaluación del dolor, movilidad articular, fuerza muscular, funcionalidad y calidad de vida que serán usados en el estudio propuesto, así como las propiedades psicométricas reportadas en la literatura.

¹⁸⁵ OROZCO, Luis Carlos. Medición o de cómo se hacen "metros". En: Medición en salud. Diagnóstico y evaluación de resultados: un manual crítico más allá de lo básico. Bucaramanga: División de publicaciones UIS, 2010. p. 35-62 y 109.

¹⁸⁶ Ibid., p. 17-25.

3.5.1. Evaluación del dolor

El dolor es un evento interno y privado que no puede ser directamente observado por los profesionales de la salud, por lo tanto la evaluación de la experiencia dolorosa es frecuentemente construida sobre el uso de instrumentos de autoreporte¹⁸⁷. Existen cuatro dimensiones del dolor que pueden ser evaluadas: a) la intensidad del dolor, b) la afectación dolorosa, c) la calidad del dolor y d) la localización del dolor¹⁸⁷.

Para el estudio propuesto la intensidad del dolor será la dimensión a ser evaluada que determina la percepción cuantitativa de la severidad o magnitud del dolor percibido¹⁸⁸ por una persona en un momento determinado. En general las personas tienen la capacidad de estimar cuantitativamente la intensidad dolorosa, haciendo posible la intención de identificarla y medirla^{187,188}. Los tres instrumentos para evaluar la intensidad dolorosa más conocidos son la Escala de Clasificación Verbal (ECV), la Escala de Clasificación Numérica (ECN) y la Escala Análoga Visual (EAV) la cual será utilizada en el estudio^{187,188}.

Escala Análoga Visual

La EAV es el instrumento de cuantificación de la medición subjetiva de la intensidad dolorosa más utilizado en el ámbito clínico como en el de la investigación. El instrumento consta de una línea continua cuya orientación puede ser vertical u horizontal (usualmente de 100 mm de longitud). El inicio y final de la línea presenta dos descriptores verbales que definen los límites de la experiencia dolorosa “no dolor” y “el peor dolor sentido”^{188,189}(Figura 21).

¹⁸⁷ JENSEN, Mark y KAROLY, Paul. Self-report Scales and procedures for assessing pain in adults. En: Handbook of pain assessment. 2 edición. Nueva York: The Guilford Press, 2001. p. 15-31.

¹⁸⁸ GAGLIESE, Lucia. Assessment of pain in Elderly People. En: Handbook of pain assessment. 2 edición. Nueva York: The Guilford Press, 2001. p. 119-123.

¹⁸⁹ BOONSTRA, Anne, et al. Reliability and validity of the visual analogue scale for disability in patients with chronic musculoskeletal pain. En: International Journal of Rehabilitation Research. Junio, 2008, vol. 31 no. 2, p. 165-169.

Es un instrumento de autorreporte de fácil aplicación, que no requiere demasiado entrenamiento y cuyo tiempo de explicación, administración y puntuación no supera los 6 minutos¹⁹⁰. Las instrucciones para la administración del instrumento, consisten en solicitarle a los participantes marcar en la línea un punto que describa la intensidad del dolor experimentado. La puntuación corresponde al número de milímetros desde la línea de inicio de “no dolor” hasta el punto marcado¹⁸⁷.

Las precauciones a tener en cuenta están relacionadas con la distorsión de la línea de la escala durante el proceso de fotocopiado y la explicación precisa a los participantes, principalmente en la población de adultos mayores^{188,189,190}. Esta escala ha mostrado una alta reproducibilidad alta con una r : 0.99¹⁸⁸ y 0.82 a 0.93¹⁸⁹.

Con respecto a la validez facial, la EAV mide directamente la intensidad del dolor, por lo tanto presenta alta validez de contenido. La validez convergente de la EAV y la ECN presenta una correlación entre r : 0.77 y 0.91¹⁸⁸. Con respecto a la sensibilidad al cambio, se reportó que los participantes son capaces de notar 21 niveles de diferencia en la intensidad dolorosa^{188,190}.

Figura 21. EAV



Representación de la EAV, la cual ha sido ampliamente utilizada en los estudios sobre UST en OA de rodilla. Adaptado de Jensen M, Karoly P. Self-report Scales and procedures for assessing pain in adults. En: Turk D, Melzack R. Handbook of pain assessment. 2^{da} edición. Nueva York, Londres: The Guilford Press; 2001. p. 15-31¹⁸⁶.

¹⁹⁰BASMAJIAN, John. Physical rehabilitation outcome measures. Maryland: William and Wilkins, 1995. 221 p.

3.5.2. Evaluación de la movilidad articular

La Asociación americana de terapia física (APTA), del inglés American Physical Therapy Association⁹² y el Grupo de medidas de resultado en ensayos clínicos en reumatología (OMERACT), del inglés Outcome Measures in Rheumatology Clinical Trials²⁰, recomiendan la evaluación del RDM en las personas con OA.

La evaluación del RDM se justifica en la OA debido a que esta condición afecta la estructura y la función de las articulaciones, produce sinovitis y en los estadios avanzados de la enfermedad se observa esclerosis del hueso subcondral y formación de osteofitos, tracción excesivas sobre la cápsula articular y distribución anormal de las cargas en la superficie articular⁹¹, lo cual trae como consecuencia la limitación del rango de movimiento disponible en la articulación⁹². Además, la disminución del RDM en personas con OA de rodilla es considerado predictor de la progresión de la enfermedad y tiene asociación positiva con el dolor (RR 1.4)⁹⁷.

La prueba de oro para la medición de los ángulos articulares es la goniometría. Watkins M y Cols.,¹⁹¹ quienes reportaron alta reproducibilidad intraevaluador para la flexión (CCI 0.99) y para la extensión (CCI 0.99) de rodilla e intraevaluador de (CCI 0.83) y (CCI 0.82) respectivamente, Hayes y Cols.,¹⁹² reportaron una reproducibilidad intraevaluador alta en personas con OA de rodilla¹⁹³ para la flexión y extensión de rodilla, respectivamente (CCI=0.95-0.99) (CCI=0.71-0.86) y

¹⁹¹ WATKINS, Michael, et al. Reliability of goniometric measurements and visual estimates of knee range of motion obtained in a clinical setting. En: Physical Therapy. Febrero, 1991, vol. 71 no. 2, p. 90-97.

¹⁹² OROZCO, Luis Carlos. Confiabilidad o de la consistencia, reproducibilidad, acuerdo y algo más. En: Medición en salud. Diagnóstico y evaluación de resultados: un manual crítico más allá de lo básico. Bucaramanga: División de publicaciones UIS, 2010. p. 73-103.

¹⁹³ HAYES, Karen; PETERSEN, Cheryl y FALCONER, Judith. An examination of Cyriax's passive motion tests with patients having osteoarthritis of the knee. En: Physical Therapy. Agosto, 1994, vol. 74 no. 8, p. 697-707.

Jakobsen y Cols¹⁹⁴, mostraron una alta reproducibilidad (CCI>0.8) intra e interevaluador en personas con OA luego de artroplastia de rodilla¹⁹⁴.

3.5.3. Evaluación de la fuerza muscular

La fuerza muscular es la habilidad de los tejidos contráctiles de producir tensión en respuesta a una resistencia externa¹⁹⁵, hace parte del componente de función corporal incluido en la Clasificación Internacional de Función, Discapacidad (CIF) y salud para la OA y según Weigl y Cols.,¹⁹⁶ es el componente más importante dentro de la evaluación para los profesionales de salud tratantes de condiciones musculoesqueléticas como la OA.

Los métodos actuales de evaluación de la fuerza muscular incluyen las pruebas musculares manuales, la dinamometría isocinética (DI) y la dinamometría manual (DM). La evaluación de la fuerza muscular a través de las pruebas musculares manuales es una opción en la práctica clínica, sin embargo debido a la naturaleza subjetiva en la obtención de las medidas es cuestionable su confiabilidad¹⁹⁷.

En cuanto a la DI es considerada como el estándar de oro para determinar la validez convergente de otros instrumentos que evalúan fuerza muscular,^{197,198} sin

¹⁹⁴ JAKOBSEN, Thomas, et al. Reliability of knee joint range of motion and circumference measurements after total knee arthroplasty: does tester experience matter? En: Physiotherapy Research International. Septiembre, 2010, vol.15 no. 3, p. 126-134.

¹⁹⁵ KISNER, Carolyn y COLBY, Lynn. Therapeutic exercise. Foundations and techniques. 5 edición. Filadelfia: F.A. Davis Company, 2007. 928 p.

¹⁹⁶ WEIGL, Martin, et al. Identification of the most relevant ICF categories in patients with chronic health conditions: a Delphi exercise. En: Journal of Rehabilitation Medicine. Julio, 2004, vol. 36 no. 44, p. 12-21.

¹⁹⁷ KOBLBAUER, Ian, et al. Reliability of maximal isometric knee strength testing with modified hand-held dynamometry in patients awaiting total knee arthroplasty: useful in research and individual patient settings? A reliability study. En: BMC Musculoskelet Disord. [En línea]. [31 Octubre de 2011]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3229470/>).

¹⁹⁸ STARK, Timothy, et al. Hand-held Dynamometry Correlation With the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review. En: PM&R. Mayo, 2011, vol. 3 no. 5, p. 472-479.

embargo, los costos del dinamómetro isocinético son altos lo que lo hace de uso poco común¹⁹⁹.

Por otro lado la DM, representa una alternativa para evaluar la fuerza muscular de uso fácil, portátil, de tamaño conveniente, de bajo costo y cuyos resultados mantienen alta correlación cuando se compara con el DI²⁰⁰, además las propiedades psicométricas de reproducibilidad y validez concurrente lo hacen un instrumento plenamente aceptable en condiciones clínicas y en personas sanas, reproducible y comparable con el estándar de oro tanto para la evaluación como para el seguimiento de las intervenciones de rehabilitación¹⁹⁸.

Proporciona la cuantificación en libras de la tensión desarrollada por el músculo en respuesta a una resistencia externa impuesta en este caso por el evaluador, sus mediciones son más sensibles a los cambios en la fuerza muscular, comparado con las pruebas musculares manuales^{200,201}.

La DM ha sido utilizada para evaluar fuerza muscular de flexores y extensores de rodilla en en pacientes geriátricos,^{202,203} en personas con cáncer²⁰⁴, en pacientes pediátricos²⁰⁵ y en OA de rodilla en el miembro inferior afectado y no afectado^{198,206}. La reproducibilidad inter e intra evaluador fue buena para los

¹⁹⁹ BURNHAM, Robert, et al. Shoulder abduction strength measurement in football players: Reliability and validity of two field tests. En: Clinical Journal of Sport Medicine. Abril, 1995, vol. 5 no. 2, p. 90-94.

²⁰⁰ BOHANNON, Richard. Quantitative testing of muscle strength: Issues and practical options for the geriatric population. En: Topics in Geriatric Rehabilitation. Diciembre, 2002, vol. 18 no. 2, p. 1-17.

²⁰¹ HARTMANN, Antonia, et al. Reproducibility of an isokinetic strength-testing protocol of the knee and ankle in older adults. En: Gerontology. Mayo, 2009, vol. 55 no. 3, p. 259-268.

²⁰² ROWE, Jennifer, et al. Hip pain and knee pain in females. En: North American Journal of Sports Physical Therapy. Agosto, 2007, vol. 2 no. 3, p. 164-169.

²⁰³ SCHAUBERT, Karen y BOHANNON, Richard. Reliability and validity of three strength measures obtained from community-dwelling elderly persons. En: Journal of Strength and Conditioning Research. Agosto, 2005, vol. 19 no. 3, p. 717-720.

²⁰⁴ KNOLS, Ruud H., et al. Handheld dynamometry in patients with haematological malignancies: measurement error in the clinical assessment of knee extension strength. En: BMC Musculoskelet Disord. [En línea]. [09 Marzo de 2009]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2662793/>).

²⁰⁵ KATZ-LEURER, Michal; ROTTEM, Hemda y MEYER, Shirley. Hand-held dynamometry in children with traumatic brain injury: within-session reliability. En: Pediatric Physical Therapy. 2008, vol. 20 no. 3, p. 259-263.

²⁰⁶ MARTIN, Helen J., et al. Is handheld dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people? A comparison with the gold standard Bodex dynamometry. En: Gerontology. Abril, 2006, vol. 52 no. 3, p. 154-159.

flexores de la rodilla en personas con OA (CCI 0,76-0,94) y excelente para extensores de la rodilla (CCI 0,92-0,97)¹⁹⁸.

El DM ha demostrado ser un instrumento válido para evaluar la fuerza muscular cuando se le compara con el dinamómetro isocinético con una correlación alta para la flexión de rodilla ($r=0.77$) y para la extensión puede ir en un rango desde $r=0.74$ a 0.99 ¹⁹⁸.

3.5.4. Evaluación de la funcionalidad

La funcionalidad, está definida como la capacidad del individuo de desarrollar las actividades funcionales de la vida diaria¹⁹⁵, en el caso de las personas con OA de rodilla, las limitaciones y restricciones en el desempeño de actividades funcionales como la marcha, es una de las categorías del componente de actividad y participación más importantes incluido en la CIF²⁰.

Para la evaluación de las actividades funcionales relacionadas con la marcha y los desplazamientos, la APTA⁹², recomienda el uso de pruebas reproducibles entre las cuales se encuentra el test de marcha de 6 minutos el cual será usado en este proyecto.

Test de marcha de 6 minutos

El test de marcha de 6 minutos, es una prueba sencilla, no requiere entrenamiento previo, ni equipos especializados lo cual lo hace económico y fácil de aplicar. Esta prueba mide la distancia en metros que una persona puede caminar rápidamente en una superficie plana y bajo techo. El test evalúa la respuesta global e integrada de los sistemas pulmonar, cardiovascular y musculoesquelético. No proporciona información específica de la función de cada uno de los diferentes órganos y

sistemas implicados en el ejercicio o los mecanismos que limiten el desempeño en la prueba²⁰⁷.

Esta prueba ha sido recomendada para la evaluación del grado de funcionalidad de adultos mayores²⁰⁸, en quienes el test ha mostrado ser altamente reproducible (CCI 0.95-0.97)²⁰⁹, al igual que en adultos mayores con OA de cadera y rodilla (CCI 0.94)²¹⁰. Las propiedades psicométricas como la validez en personas con OA no fueron encontradas en la literatura revisada.

3.5.5. Evaluación de la calidad de vida

La calidad de vida es la percepción que tiene una persona sobre su enfermedad²¹⁰, se refiere a la percepción del individuo de la influencia de la enfermedad que padece y el tratamiento que recibe sobre su salud física, psicológica, función social y bienestar^{211,212,213}.

Los instrumentos usados para evaluar la calidad de vida pueden ser genéricos o específicos. Los genéricos son aquellos que pueden ser aplicados en general a personas con diferentes patologías y severidad de la enfermedad, los cuales pueden no ser lo suficientemente sensibles para detectar cambios en la calidad de

²⁰⁷ AMERICAN THORACIC SOCIETY. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. En: American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. Julio, 2002, vol. 166 no. 1, p. 111-117.

²⁰⁸ ENRIGHT, Paul, et al. The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults. En: Chest. Febrero, 2003, vol. 123 no. 2, p. 387-398.

²⁰⁹ STEFFEN, Teresa; HACKER, Timothy y MOLLINGER, Louise. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. En: Physical Therapy. Febrero, 2002, vol. 82 no. 2, p. 128-137.

²¹⁰ KENNEDY, Deborah, et al. Assessing stability and change of four performance measures: a longitudinal study evaluating outcome following total hip and knee arthroplasty. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [28 Enero de 2005]. Disponible en: (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC549207/#__ffn_secitile).

²¹¹ WELLS, George, et al. Validity of Quality of Life Measurement Tools — From Generic to Disease-specific. En: The Journal of Rheumatology. Supplement. Noviembre, 2011, vol. 88, p. 2-6.

²¹² RAT, Anne-Christine, et al. OAKHQOL: A new instrument to measure quality of life in knee and hip osteoarthritis. En: Journal of Clinical Epidemiology. Enero, 2005, vol. 58 no. 1, p. 47-55.

²¹³ GONZALEZ SÁENZ, Marta, et al. Adaptation and validation of the Osteoarthritis Knee and Hip Quality of Life (OAKHQOL) questionnaire for use in patients with osteoarthritis in Spain. En: Clinical Rheumatology. Diciembre, 2011, vol. 30 no. 12, p. 1563-1575.

vida, mientras que los instrumentos específicos están diseñados para determinadas poblaciones y patologías²¹¹.

La evaluación de la calidad de vida no ha sido una medida de resultado común en los estudios de UST en OA. Algunos autores han utilizado instrumentos de evaluación de funcionalidad como indicadores de la calidad de vida como es el caso del índice de OA de las universidades Western Ontario y McMaster (WOMAC), del inglés The Western Ontario and McMaster Universities²¹⁴, el índice de Lequesne y la escala funcional de la extremidad inferior (LEFS), del inglés Lower Extremity Functional Scale^{214,215,216}.

El único cuestionario específico de calidad de vida para OA de cadera y rodilla, adaptado y validado al idioma español²⁰⁸ es el (OOAKHQOL) del inglés outcome Osteoarthritis Knee and Hip Quality of Life, desarrollado originalmente en Francia²¹², traducido y validado al español por Gonzalez M y Cols.²¹³ en el año 2010.

El OOAKHQOL se compone de 43 ítems, 40 de los cuales forman cinco atributos: actividad física, la salud mental, el dolor, el soporte social, actividades sociales y tres ítems independientes (las relaciones, la actividad sexual y la vida profesional). La escala de cada atributo va de 0 (peor) a 10 (mejor). En cada atributo se calcula el promedio del puntaje de cada ítem, de igual forma, el puntaje total del instrumento se calcula promediando los puntajes de cada atributo obteniendo como resultado un puntaje en una escala de 0 (peor calidad de vida) a 100 (mejor calidad de vida)²¹².

²¹⁴ COLLINS, Natalie J., et al. Measures of Knee Function. En: Arthritis Care & Research. Noviembre, 2011, vol. 63 no. 11, p. 208–228.

²¹⁵ ROOS, Ewa y TOKSVIG-LARSEN, Sören. Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) - validation and comparison to the WOMAC in total knee replacement. En: Health and Quality of Life Outcomes. Mayo, 2003, vol. 1 no. 17, p. 17-23.

²¹⁶ HOOGEBOOM, Thomas, et al. The Dutch Lower Extremity Functional Scale was highly reliable, valid and responsive in individuals with hip/knee osteoarthritis: a validation study. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [02 Julio de 2012]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3406936/>.

Las propiedades psicométricas del instrumento original muestran reproducibilidad alta (CCI 0.70–0.85) y correlación aceptable para la validez convergente comparado con el SF-36 (correlación de Spearman 0.43–0.75)²¹². El instrumento validado al español presentó una consistencia interna de 0.6 a 0.9 medida con el alfa de Cronbach y un CCI moderado de 0.75 a 0.81 siendo por tanto un instrumento altamente reproducible. Estos resultados indican que la versión en español es un instrumento válido y reproducible para medir la calidad de vida en personas con OA de cadera y rodilla²¹³.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. DISEÑO

Se realizó un estudio cuasi experimental, con tres evaluaciones. Evaluación de la línea de base de las variables de intensidad del dolor, movilidad articular, fuerza muscular, funcionalidad y calidad de vida. Una evaluación intermedia al completar la quinta sesión de intervención de las variables de salida principales (intensidad del dolor y funcionalidad) y la evaluación final un día después de finalizar la décima sesión de intervención de las variables incluidas en la evaluación de la línea de base.

4.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población estuvo conformada por personas con diagnóstico médico de OA de rodilla (tibiofemoral) con edad entre 40 y 75 años, con severidad de la enfermedad grado II y III según la escala de clasificación de Kellgren & Lawrence recomendada por la Liga Europea Contra el Reumatismo del inglés the European League Against College of Rheumatology (EULAR) y la Sociedad Internacional de Investigación en OA.

4.3. RECLUTAMIENTO

El reclutamiento de los participantes se realizó mediante la convocatoria a través de medios de comunicación electrónicos (página web de la Universidad, envío de correos electrónicos a los egresados y estudiantes de la Escuela de Fisioterapia desde la Dirección de Escuela a la comunidad universitaria de la Facultad de Salud desde la Oficina de Comunicaciones de la misma). Se convocó a participar a la comunidad en general a través de la franja radial en la emisora UIS Estéreo.

Se convocó a los pacientes atendidos en consulta por el especialista colaborador en el proyecto.

4.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y DE EXCLUSIÓN

4.4.1. Inclusión

- Residentes en Bucaramanga y su área metropolitana.

4.4.2. Exclusión

- Personas que recibieron inyección intra-articular en la rodilla de ácido hialurónico o corticoides seis meses previos al estudio, debido a que esta intervención podría disminuir la intensidad del dolor en pacientes con OA hasta seis meses después de su aplicación³¹.
- Historia de cirugía ortopédica como reducción de fracturas con material de osteosíntesis en la articulación de la rodilla, debido a que podrían afectar las variables de salida como la intensidad del dolor, la movilidad articular, la fuerza muscular y la funcionalidad, por causas diferentes a la OA.
- Alteraciones en la piel como heridas abiertas, infecciones o alergias debido a contraindicaciones del UST en estas condiciones⁴⁰.
- Estar recibiendo otro tratamiento como por ejemplo, acupuntura o fisioterapia con otras modalidades de intervención, debido a que los efectos fisiológicos de estas modalidades pueden confundir los efectos terapéuticos del UST^{41,42}.
- Personas con enfermedades respiratorias en fase de crisis como el asma, la EPOC y enfermedades cardiovasculares como infarto agudo de miocardio reciente (1 mes antes de la prueba), hipertensión arterial no controlada, debido a que la condición podría alterar los resultados del test de 6 minutos²⁰⁷.
- Fueron excluidos aquellas personas que hubiesen terminado tratamiento de fisioterapia en los últimos 6 meses puesto que los efectos de las modalidades

físicas y del ejercicio recibidas durante el tratamiento fisioterapéutico podrían afectar los resultados sobre las variables de salida del estudio^{41,42}.

4.5. CÁLCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Se realizó el cálculo del tamaño de muestra teniendo en cuenta un poder del 80%, un nivel de significancia del 5% y un ajuste por pérdidas en el seguimiento del 20%, utilizando como método de cálculo el tamaño de muestra y poder para promedios y proporciones SAMPSI (del inglés size and power for means and proportions), con una correlación esperada entre 0.5 y 0.7. El cálculo se realizó mediante el software estadístico y de análisis de datos STATA 12.0²¹⁷ (Tabla 3).

Con base en la información presentada en la tabla 3, se determinó que con una muestra entre 15 y 20 participantes se establecerían las diferencias propuestas. Adicionalmente, con una posible pérdida del 20%, una muestra final entre 18 y 22 individuos permitiría controlar un posible sesgo de selección por pérdida (Anexo 2).

4.6. VARIABLES DEL ESTUDIO

4.6.1. Variables Explicatorias

4.6.1.1. Intervención con UST. Fue empleado un equipo de UST Mettler Electronics modelo Sonicator 730 con los siguientes parámetros: UST pulsado, un ciclo de trabajo de 20%, ERA de 10 cm² y un BNR de 6:1, intensidad SATP de 2.2 W/cm², frecuencia de 1 MHz y tiempo de aplicación de 4 minutos²⁹. SATA correspondiente a los parámetros anteriormente descritos corresponde a 0.44 W/cm².

²¹⁷ STATA CORP. Stata Statistical Software: Release 12. College Station, TX: StataCorp LP. 2011.

El área de tratamiento correspondió a 2 veces la ERA del cabezal¹⁴¹ demarcada en el compartimento medial y lateral de la rodilla. Con base en los parámetros descritos, fue aplicada por sesión una energía de 1056 J en cada compartimento (medial y lateral) de la articulación de la rodilla.

Tabla 3. Cálculo de tamaño de muestra. Se relacionan el resultado de las variables de salida en estudios previos con muestras pareadas pre (medida 1) y post intervención (medida 2).

AUTOR	VARIABLE	PROMEDIO ± DE		CORRELACION ESPERADA	TAMAÑO DE MUESTRA
		Medida 1	Medida 2		
Özgönenel et al ¹⁵¹	Percepción de la enfermedad (WOMAC)	47.8 ± 14.4	33.3 ± 15.5	0.5	17
				0.7	12
Huang et al ²⁹	Percepción de la enfermedad (índice de Lequesne)	7.1 ± 2.1	4.1 ± 0.6	0.5	5
				0.7	3
Huang et al ²⁹	Movilidad articular (Goniómetro universal)	105 ± 12	119 ± 15	0.5	15
				0.7	11
Huang et al ⁴⁰	Movilidad articular (Goniómetro universal)	104 ± 10	114 ± 15	0.5	26
				0.7	18
Cetin et al ⁴¹	Intensidad del dolor (EAV)	5.90 ± 1.45,	3.55 ± 1.41	0.5	6
				0.7	4
Loyola et al ³⁰	Intensidad del dolor (EAV)	7.09 ± 2.54	4.18 ± 2.22	0.5	11
				0.7	8
Loyola et al ³⁰	Intensidad del dolor (EAV)	5.5 ± 1.7	3.0 ± 1.8	0.5	8
				0.7	6
Cetin et al ⁴¹	Funcionalidad (Tiempo marcha 50 metros)	53.1 ± 9.84	42.6 ± 11.50	0.5	17
				0.7	12
Loyola et al ³⁰	Funcionalidad (Test de 6 minutos)	10.5 ± 5.4	54.45	0.5	13
				0.7	9
Huang et al ²⁹	Funcionalidad (Tiempo marcha 50 metros)	73.2 ± 6	92.4 ± 3.4	0.5	2
				0.7	1
Cetin et al ⁴¹	Fuerza (Dinamómetro isocinético)	36 ± 8.32	52.3 ± 10.8	0.5	6
				0.7	4
Huang et al ²⁹	Fuerza (Dinamómetro isocinético)	480.1_70	683.3_68	0.5	2
				0.7	2

DE: Desviación estándar

4.6.1.2. Tiempo de medición

Inicial (T0): Se realizó la evaluación inicial de todas las variables de salida antes de la aplicación de UST

Intermedia (T1): Medición intermedia finalizada la sesión 5, únicamente para las variables principales intensidad del dolor y funcionalidad con el fin de determinar los efectos del UST en el punto medio de las intervenciones, cuyos resultados fueron importantes para determinar si 5 sesiones de tratamiento tienen efecto sobre el dolor y la funcionalidad. Lo anterior posee relevancia teniendo en cuenta que en el contexto de la intervención clínica del fisioterapeuta en Colombia, a los usuarios del Sistema General de Seguridad Social le son asignadas intervenciones que constan de solo 5 sesiones.

Final (T2): Evaluación de todas las variables de salida al finalizar las 10 sesiones de intervención, ya que existen estudios que sugieren efectos positivos del UST con 10 sesiones de intervención^{128,162}, sin embargo, debido a las limitaciones metodológicas encontradas en estos no se constituyen en un referente que apoye la toma de decisiones clínicas.

4.6.2. Variables de Salida

4.6.2.1. Variables de salida principales

En este estudio el dolor y la funcionalidad fueron consideradas las variables de salida principales ya que son las manifestaciones clínicas que más motivan la consulta en las personas que presentan OA^{93, 96}. El dolor está presente entre 38 y el 62% de esta población⁹⁴ y es la principal causa de limitación funcional en personas con OA⁹⁴, principalmente durante el desarrollo de actividades que implican la toma de peso como la marcha^{94,95}.

Intensidad del dolor de rodilla: La intensidad del dolor es la estimación cuantitativa de la severidad o magnitud del dolor percibido¹⁹⁰. Fue evaluada al reposo, a la palpación y posterior a la realización de actividades funcionales, mediante la escala análoga visual. Se solicitó a los participantes marcar sobre la línea un punto en el lugar que mejor describiera la intensidad de su dolor teniendo en cuenta la ausencia de dolor y el peor dolor experimentado, teniendo en cuenta que a medida que acercará a la derecha el color gris se tornaba más oscuro representando mayor dolor. La longitud de la línea hasta el punto marcado se registró en milímetros e indicó la intensidad del dolor percibida^{187,188} (Anexo 3,4,5).

Funcionalidad: Es la capacidad que tiene el individuo de desarrollar las actividades funcionales de la vida diaria^{188,195}. Se evaluó mediante la aplicación del test de marcha de seis minutos, la distancia recorrida fue reportada en metros (m)²⁰⁷ (Anexo 6,7,8).

4.6.2.2. Variables de salida secundarias

Teniendo en cuenta que a medida que la intensidad del dolor aumenta en la articulación afectada, la capacidad de los músculos periarticulares para generar fuerza se reduce y la amplitud de los rangos articulares es menor^{93,94}, la variable de fuerza muscular, rango de movimiento y la calidad de vida, fueron consideradas como variables secundarias.

Movilidad articular: Es la cantidad de movimiento disponible en una articulación. El rango de movilidad articular de la flexión y la extensión de la(s) rodilla(s) comprometida(s) se evaluó con el goniómetro universal en grados, teniendo en cuenta las recomendaciones de Norkin y White²¹⁸ (Anexo 9,10).

²¹⁸ NORKIN, Cynthia y WHITE, Joyce. Measurement of joint motion: a guide to goniometry. 3^{er} ed. Philadelphia: F.A. Davis Company.1995.p.237.

Fuerza muscular: Es la habilidad de los tejidos contráctiles de producir tensión en respuesta a una resistencia externa¹⁹⁵. Se evaluó con del dinamómetro manual modelo microfet 2 (Hoggan Health Industries Inc), que registró la fuerza muscular en libras (lb) (Anexo 9,10).

Calidad de vida: Se refiere a la percepción del individuo de la influencia de la enfermedad y el tratamiento en su salud física, psicológica, función social y bienestar²¹². Se aplicó el cuestionario de calidad de vida para OA de cadera y rodilla, adaptado al idioma español²¹² OOAQHQOL²¹³(Anexo 11).

4.6.3. Variables de control

-Compromiso de la OA: Unilateral o bilateral (Anexo 12).

-Miembro dominante: Se indagó y se registró el miembro inferior dominante.

-Sociodemográficas: Se registró el género, la edad (años) con base en la fecha de nacimiento y los años cumplidos a la fecha de la primera aplicación de instrumentos de evaluación, el estrato socioeconómico en el que está registrada la vivienda según el DANE y el nivel educativo determinado como el número de años aprobados (Anexo 12).

-Antropométricas: Índice de masa corporal (IMC), es un indicador de la relación entre el peso corporal y la talla de una persona. Se calcula dividiendo el peso corporal en kilogramos en la altura en metros al cuadrado. De acuerdo con su cálculo, los participantes se clasificarán en tres grupos: sin exceso de peso (IMC \leq 25), sobrepeso (IMC > 25 y < 30) y obesidad (IMC > 30)²¹⁹.

²¹⁹ National Health and Nutrition Examination Survey. Anthropometry procedures manual. CDC. 2009

-Grado de severidad de la enfermedad: Con base en la evaluación de las radiografías el ortopedista determinó el grado de severidad de la enfermedad (II y III) según la escala de clasificación de Kellgren y Lawrence¹²³ (Anexo 12).

-OA patelofemoral: Se determinó la presencia o ausencia de signos radiológicos que sugirieran OA patelofemoral.

-Uso de medicamentos analgésicos: Se determinó si el participante había utilizado medicamentos analgésicos durante las últimas 48 horas, debido a que pueden confundir los resultados en la evaluación de la intensidad del dolor^{24,25} (Anexo 12).

-Tipo de analgésico: Se registró el nombre de los analgésicos que el participante uso durante las últimas 48 horas. Estos analgésicos fueron Opioides, AINES y no-AINES como el paracetamol (acetaminofén) y se incluyeron con la categoría otros aquellos medicamentos analgésicos de medicina alternativa, natural o tópicos. El tiempo de efecto de estos medicamentos están entre 4-6 horas, mientras que el diclofenaco puede extenderse hasta las 8 horas y superior a 24 horas para el caso de los opioides^{220,221} (Anexo 12).

-Nivel de actividad física: Se determinó el nivel de actividad física (NAF) de los participantes definido como la velocidad o magnitud requerida para realizar cualquier movimiento corporal producido por los músculos, que genera gasto de energía superior al nivel basal y cuya ejecución implica una duración no menor a 10 minutos^{222,223}.

²²⁰ MURIEL, Clemente, et al. Farmacología de los analgésicos no opiáceos (AINE). En: Dolor crónico, diagnóstico, clínica y tratamiento. 1 edición. Madrid: Arán ediciones S.L, 2007. p.149-194.

²²¹ Ibid., p.195-226.

²²² SALLIS, James F. y OWEN, Neville. Defining and measuring physical activity. En: Physical activity y behavioral medicine. 1 edición. Londres: Sage publications, 1999. p. 54-106.

²²³ HOOTMAN, Jennifer M., et al. Physical activity levels among the general US adult population and in adults with and without arthritis. En: Arthritis Care & Research. Febrero, 2003, vol. 49 no. 1, p. 129-135.

Para evaluar el NAF, se utilizó el cuestionario global de actividad física (GPAQ), del inglés Global Physical Activity Questionnaire, recomendado por la OMS (Anexo 13), cuyo protocolo²²⁴ permite determinar el gasto energético en MET's durante la semana para cada dominio evaluado (trabajo, desplazamiento y tiempo libre).

Con base en lo anterior se determinaron los siguientes niveles de actividad física:

-NAF Vigorosa para aquella persona que alcanzara mínimo 1500 a 3000 MET's-min/semana.

-NAF Moderada para aquellas personas que alcanzaron un mínimo de 600 MET's-min/semana²²⁴.

-NAF ligera para aquellas personas que no alcanzaron un mínimo de 600 MET's-min/semana²²⁴.

El NAF puede ser un factor de confusión de los resultados de la intervención sobre las variables de resultado, debido a que los adultos mayores que tienen un nivel de actividad física vigorosa y leve pueden tener efectos negativos sobre las variables de salida y se presenta como factor que favorece las mismas el nivel de actividad moderada²²⁵.

²²⁴ WORLD HEALTH ORGANIZATION, DEPARTMENT OF CHRONIC DISEASES AND HEALTH PROMOTION. Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ). En: World Health Organization. [En línea]. [19 Agosto de 2014]. Disponible en: (<http://www.who.int/chp/steps/GPAQ/en/index.html>).

²²⁵ MARTIN, Kathryn, et al. Body mass index, occupational activity, and leisure-time physical activity: an exploration of risk factors and modifiers for knee osteoarthritis in the 1946 British birth cohort. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [24 Julio de 2013], no. 14. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3726290/>), p. 219-230.

En Tabla 4 se especifica la escala y unidad de medición de cada una de las variables antes descritas.

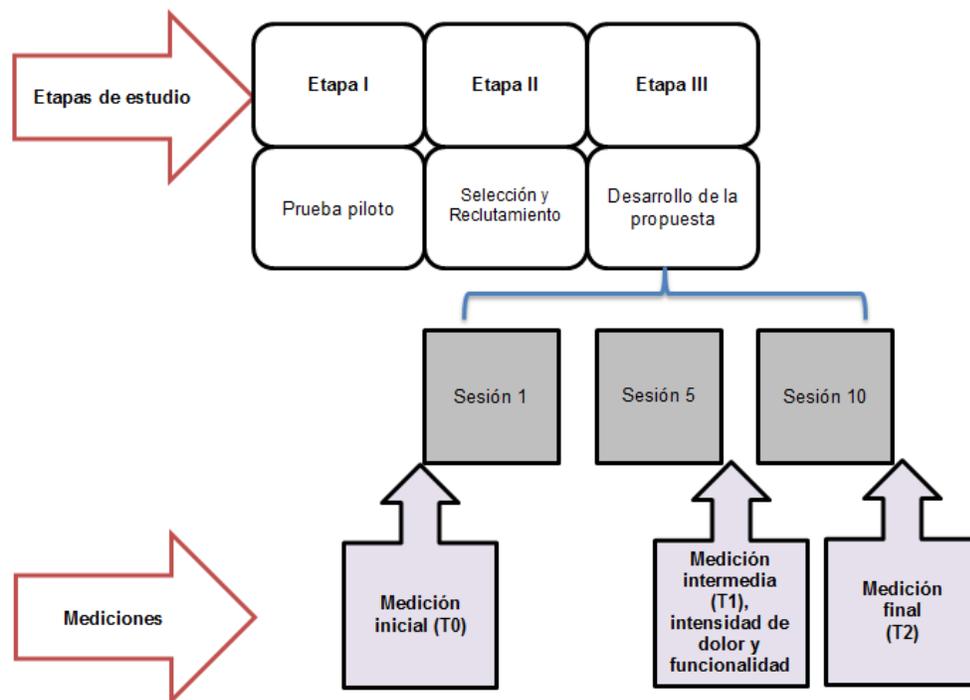
Tabla 4. Escala y unidad de medición de las variables del estudio

Variables	Escala de Medición	Unidad de Medición	Instrumento
Variables Explicatorias			
Aplicación de UST Tiempo T0: Antes de la aplicación de UST T1: Finalizada la quinta sesión de intervención. T2: Finalizada la décima intervención	Nominal Razón	Categoría Días	
Variables de Salida			
Intensidad del Dolor	Razón	0-100 mm	EAV
Movilidad articular	Razón	Grados	Goniómetro U.
Fuerza muscular	Razón	Libras	Dinamómetro Manual
Funcionalidad	Razón	Metros	Test seis minutos
Calidad de vida	Razón	0-100 puntos	OOAKHQOL
Variables de Control			
Género	Nominal	Femenino Masculino Años cumplidos	Formato de recolección de la información (anexo 12)
Edad	Razón		
Nivel socioeconómico	Ordinal	(0-2) bajo (3-6) medio/alto	Formato de recolección de la información (anexo 12)
Nivel de escolaridad	Razón	Años de escolaridad aprobados	Formato de recolección de la información (anexo 12)
IMC	Ordinal	Kg/m ²	Formato de recolección de la información (anexo12)
Severidad de la OA	Ordinal	Grado de severidad	Formato de recolección de la información (anexo12)
Compromiso de la OA	Nominal	Unilateral Bilateral	Formato de recolección de la información (anexo12)
Miembro dominante	Nominal	Derecho Izquierdo	Formato de recolección de la información (anexo12)
OA patelofemoral	Nominal	Presencia Ausencia	Formato de recolección de la información (anexo12)
Uso de medicamentos analgésicos	Nominal	Si No	Formato de recolección de la información (anexo 12)
Tipo de analgésico	Nominal	No-AINES AINES Opioides Otros	Formato de recolección de la información (anexo12)
Nivel de actividad física por semana	Ordinal	Ligera Moderada,vigorosa	Formato de recolección de la información (anexo12)

5. PROCEDIMIENTOS

Este proyecto de investigación se llevó a cabo en tres fases: I) Prueba piloto, II) reclutamiento, III) Desarrollo de la propuesta, elaboración y validación de la base de datos. Cada una de ellas será descrita a continuación (Figura 22)

Figura 22. Descripción de las fases del protocolo



5.1. ETAPA I. PRUEBA PILOTO

Inicialmente se llevó a cabo la estandarización de las técnicas de evaluación de la intensidad del dolor, la goniometría, la dinamometría manual y el test de marcha de seis minutos. Posteriormente se realizaron como pruebas piloto la evaluación de la reproducibilidad intraevaluador y el nivel de acuerdo entre las mediciones de dinamometría manual y goniometría en personas con OA de rodilla, así como la reproducibilidad test-retest de la EAV en reposo, a la palpación y al finalizar

actividades funcionales como la marcha, del instrumento de calidad de vida (OOAKHQOL) y de la escala de clasificación radiográfica de Kellgren y Lawrence.

La evaluadora encargada de las pruebas de dinamometría manual, goniometría, y la aplicación del test de marcha y la EAV fue una fisioterapeuta, estudiante de maestría en fisioterapia, con 10 años de experiencia clínica en el área musculoesquelética, con entrenamiento en los procedimientos de evaluación ya mencionados.

El médico ortopedista encargado de corroborar el diagnóstico de OA patelofemoral y determinar el grado de severidad con base en las radiografías fue un profesional especialista en ortopedia y traumatología de rodilla y hombro con 13 años de experiencia en el área, docente de la Escuela de Medicina de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander.

5.1.1. Estandarización de los procedimientos de evaluación

La estandarización de las técnicas de evaluación se realizó con 5 adultos sanos, pertenecientes a la comunidad universitaria de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander.

5.1.1.1. Evaluación de la intensidad del dolor

La estandarización de la evaluación de la intensidad del dolor se realizó mediante la EAV en reposo, a la palpación y posterior a la realización de actividades funcionales.

Para la evaluación en reposo, la EAV fue entregada a los participantes y se indicó que marcarán con una equis, el punto que considera representaba la intensidad del dolor que tenía el día de la prueba, teniendo en cuenta como referencia para señalarlo el peor dolor que recuerda haber sentido en la vida (Anexo 3,4,5).

La evaluación de la intensidad del dolor a la palpación se realizó antes de la evaluación del rango de movimiento articular y la fuerza muscular mediante la palpación en la cara medial (la inserción del tendón de la pata de ganso); en la cara lateral (epicóndilo femoral sobre la inserción de la fascia lata), posteriormente se palpó en la cara antero inferior (tuberosidad tibial, inserción del tendón del cuádriceps) y la zona posterior de la articulación de la rodilla (hueco poplíteo). Al finalizar la palpación en las zonas mencionadas se le entregó la EAV al participante y se solicitó que marcara con una equis el punto que representara la intensidad del dolor durante la palpación.

La evaluación de la intensidad del dolor después de realizar actividades funcionales se realizó al finalizar el test de marcha de 6 minutos.

5.1.1.2. Evaluación del rango de movimiento

Se evaluó el RDM articular para la flexión y extensión de la rodilla con un goniómetro universal plástico de dos brazos de 30 cm, 0-180° (grados) marca SEC (Company Orthopaedic Ltda int Standar Goniometer).

Para evaluar el RDM articular para la flexión y extensión de rodilla, el participante fue ubicado en decúbito acorde a la técnica descrita por Norkin y White²¹⁸. Para la evaluación de la flexión de rodilla, Inicialmente la cadera fue ubicada a 0 grados de extensión, abducción y aducción. El eje central del goniómetro se colocó sobre el punto medio de la articulación, con el brazo fijo del goniómetro alineado con el trocánter mayor y el brazo móvil se alinea con el maléolo lateral y la cabeza del peroné como referencia. La fisioterapeuta evaluadora movilizó de manera pasiva el segmento hacia la flexión de rodilla hasta el límite del rango de movimiento disponible en la articulación del participante, registrando allí el rango de excursión en grados.

Para evaluar RDM articular a la extensión de la rodilla, el participante fue ubicado en decúbito prono, con la cadera en 0 grados de abducción, aducción, flexión, extensión y rotación manteniendo el pie fuera del borde de la superficie de soporte, la alineación del goniómetro es la misma que la descrita para la evaluación de la flexión de rodilla. La fisioterapeuta evaluadora movilizó de manera pasiva el segmento hacia la extensión de rodilla hasta el límite del rango de movimiento disponible en la articulación del participante registrando allí rango total de excursión en grados. Se realizaron dos mediciones y el promedio de estas fue considerado el RDM articular.

Con el propósito de controlar un posible sesgo de clasificación, el registro de la información en el formato diseñado para tal fin lo hizo una auxiliar de investigación, fisioterapeuta con 6 años de experiencia en el área clínica.

5.1.1.3. Evaluación de la fuerza muscular

La fuerza muscular del cuádriceps e isquiobiales fue medida en libras (lb), utilizando un dinamómetro manual, modelo microfet 2 (Hoggan Health Industries Inc.)¹⁹⁸.

Los procedimientos de evaluación de la fuerza muscular del cuádriceps e isquiotibiales, se realizaron siguiendo las recomendaciones de Kendall y Kendall²²⁶ para el examen muscular manual y las recomendaciones del fabricante del dinamómetro manual.

Evaluación del cuádriceps: El participante permaneció en posición sedente, el tronco fue apoyado para garantizar la postura vertical. El evaluador mantuvo firmemente apoyado el muslo contra la mesa de evaluación para evitar la

²²⁶ KENDALLI, Florence, KENDALL, Elizabeth, GEISE, Provance. Músculos, pruebas, funciones y dolor postural. 4^{ta} ed. Santiago de Chile: Mediterraneo. 2001.p.237.

sustitución muscular. Se le pidió al participante, la extensión de la rodilla hasta 0 grados o si es el caso hasta el grado máximo del rango de movimiento disponible y se aplicó una resistencia por encima del tobillo durante 3 a 5²²⁶.

Evaluación de los isquiotibiales: El participante permaneció en posición prona. El muslo del miembro inferior evaluado permaneció apoyado sobre la camilla. La fisioterapeuta mantuvo el muslo del miembro inferior evaluado adosado al otro que se encontraba extendido. El participante realizó flexión de 70° grados y la fisioterapeuta aplicó una resistencia distal en el miembro inferior durante 3 a 5 segundos²²⁶. Se realizaron dos mediciones y el promedio de estas fue considerado como la fuerza muscular evaluada.

Con el propósito de controlar un posible sesgo de clasificación, el registro de la información en el formato diseñado para tal fin lo hizo la auxiliar de investigación.

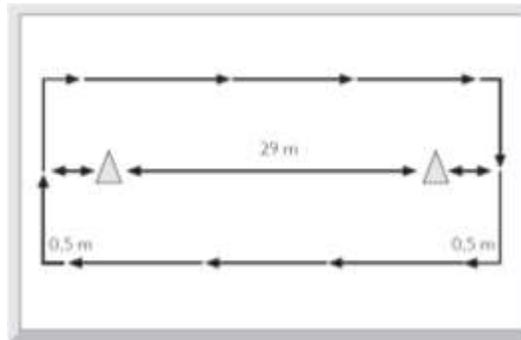
5.1.1.4. Evaluación de la funcionalidad

Se realizó con el test de marcha de seis minutos que ha sido utilizado como una medida del estado funcional en personas con OA de rodilla^{30,46,175}.

El test se realizó en un pasillo recto y plano de 30 metros bajo techo, el cual fue marcado cada tres metros con cinta de colores vivos para retroalimentación del participante y facilitar la medición de la distancia recorrida al finalizar el test. Se demarcó tanto la línea de partida como el final de los 30 metros y el tiempo fue controlado por un cronómetro digital²⁰⁷. A 50 cm del inicio y del final del pasillo se colocaron conos como indicación para dar la vuelta nuevamente²⁰⁷ como lo muestra la figura 23.

Antes de dar inicio al test, el participante permaneció sentado en una silla, cerca de la posición inicial, durante 10 minutos antes de la prueba. Durante este tiempo, se realizaron las evaluaciones de la tensión arterial y frecuencia cardiaca.

Figura 23. Área para el test de marcha de 6 minutos



Demarcación del área para el desarrollo del test de marcha de seis minutos para la evaluación de la funcionalidad.

Durante las tres evaluaciones de la funcionalidad, se siguió el protocolo del test de marcha de seis minutos propuesto por la Sociedad Torácica Americana ATS (del inglés American Toracic Society)²⁰⁷.

Al finalizar la prueba, se demarcó con cinta el punto donde el participante terminó la prueba, el número de metros recorridos fue determinado y registrado por la auxiliar de investigación.

5.1.1.5. Evaluación de la calidad de vida

Se aplicó el instrumento de calidad de vida específico para OA de cadera y de rodilla OOAQOL. Para la aplicación de este instrumento de autorreporte se explicó a los participantes la importancia de evaluar la calidad de vida y de contestar con total sinceridad las preguntas allí consignadas teniendo en cuenta la percepción que habían tenido de la OA en los últimos 15 días. Se leyó el instrumento y se indagó sobre las dudas al respecto²¹³.

Como resultado de la estandarización, el instrumento en general y la escala del mismo fueron fácilmente interpretados, se adaptaron algunas palabras del instrumento que fueron confusas para nuestra población dado que este instrumento fue aplicado a población Española. Palabras incluidas en el instrumento original como coche fue cambiada por carro, autobús por bus, apetece por me provoca y agobiar por molestar.

5.1.1.6. Demarcación del área de tratamiento

El área de tratamiento correspondió a 2 veces la ERA siguiendo las recomendaciones de Draper y Cols.^{140,142}. Para garantizar que el área de tratamiento fuera igual en todos los participantes, se colocó una plantilla de acetato de dos veces la ERA sobre la zona de tratamiento ubicada en la interlinea articular del compartimento medial y lateral de la rodilla. Para ubicar la platilla se solicitó al participante flexionara la rodilla, se marcó un punto en la interlinea articular, donde se ubicó el punto medio de la plantilla de tal forma que el extremo superior de la misma limitara con el borde la rótula.

5.1.2. Evaluación de la reproducibilidad intraevaluador, test-retest del instrumento OAKHQOL y escala radiográfica de Kellgren y Lawrence y nivel de acuerdo

En la evaluación de la reproducibilidad intraevaluador de la goniometría dinamometría, test-retest del test de marcha y EAV, participaron 11 personas con diagnóstico médico de OA de rodilla, residentes en Bucaramanga y su área metropolitana. Para el reclutamiento de los participantes fueron tenidos en cuenta los mismos criterios de exclusión descritos para el estudio en el numeral 5.4.2.

Todas las mediciones se llevaron a cabo en la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander. Inicialmente se les explicó a los participantes los alcances de la prueba piloto y si estaban de acuerdo en participar firmaron el

consentimiento informado. Posteriormente, se diligenció el formato para recolectar la información sociodemográfica, las variables antropométricas y demás variables de control (Anexo 12), luego se realizó la evaluación de la intensidad del dolor con la EAV, al reposo y a la palpación, luego las mediciones de goniometría, dinamometría manual, test de marcha y por último la evaluación de la intensidad dolorosa al finalizar la realización de actividades funcionales.

Para el análisis de reproducibilidad intraevaluador y el acuerdo entre las mediciones de goniometría, se realizaron dos mediciones para la flexión y la extensión de la rodilla, eligiendo la medición mayor, posteriormente se evaluó la fuerza muscular a través de la dinamometría manual. Para cada grupo muscular evaluado (cuádriceps e isquiotibiales) se realizaron tres registros, con un intervalo entre ellos de un minuto. El resultado final de la fuerza muscular correspondió al promedio de las tres mediciones en cada grupo muscular.

Un día después a la misma hora, se repitieron los procedimientos anteriormente descrito con el fin de garantizar la independencia de las pruebas y evitar las variaciones del ritmo circadiano¹⁹².

Para la evaluación de la reproducibilidad test-retest del instrumento OOAKHQOL, fue aplicado a 24 participantes con el diagnóstico de OA de rodilla en dos oportunidades con un lapso entre las mediciones entre 4 y 6 días. Cada uno de los participantes recibió la explicación clara y hasta la comprensión total de cada una de las preguntas del instrumento.

Para la evaluación de la reproducibilidad test-retest de la escala radiográfica de Kellgren y Lawrence de clasificación de la OA, el ortopedista y traumatólogo evaluó las radiografías anteroposterior y lateral de 22 participantes con el diagnóstico de OA de rodilla. Fueron evaluadas en dos oportunidades con un lapso entre evaluaciones de 4 a 6 días con el fin de garantizar la independencia de

las mediciones. La fisioterapeuta investigadora principal se encargó de enmascarar y aleatorizar las radiografías al igual que digitar y analizar la información de la evaluación en la base de datos.

Para determinar el nivel de acuerdo entre las mediciones intraevaluador y test-retest se utilizó el método de Bland y Altman¹⁷². La concordancia de las mediciones fue evaluada a través del Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) (2,k)¹⁹², excepto para la reproducibilidad test-retest de la escala radiográfica de Kellgren y Lawrence en cuyo análisis de reproducibilidad fue aplicada la Kappa ponderada al ser una variable en escala ordinal. El resultado para el CCI y la Kappa fue interpretado de acuerdo a la clasificación de Landis y Koch valores entre 0,81-1,00 acuerdo casi perfecto, 0,61-0,80 considerable, 0,41-0,60 moderado, 0,21-0,40 justo, 0,00-0,20 leve y <0,00 pobre¹⁷².

5.1.3. Resultados de la prueba piloto

Las bases de datos se digitaron por duplicado en el programa Excel para realizar la validación de las dos bases de datos en el software STATA 12.0²¹⁷ de cada una de las pruebas piloto, donde se realizó posteriormente el análisis de la información. Para el análisis de la información se empleó el Software STATA 12.0, considerando un nivel de significancia $\alpha=0.05$.

5.1.3.1. Reproducibilidad

5.1.3.1. Reproducibilidad intraevaluador

Fueron evaluadas 11 personas con edad promedio de 64 ± 7 años. Encontrando reproducibilidad buena para la goniometría de flexión y extensión de rodilla (CCI 0.96 y 0.92, respectivamente) al igual que para la DM tanto para la evaluación del cuádriceps como de los isquiotibiales (CCI 0.97 y 0.93 respectivamente).

5.1.3.2. Reproducibilidad test-retest

Fueron evaluadas 11 personas con edad promedio de 64 ± 7 años. Encontrando reproducibilidad buena para la EAV en reposo (CCI 0.93), EAV a la palpación (CCI 0.82) y después de actividades funcionales (CCI 0.95); y en el test de macha de 6 min reproducibilidad (CCI 0.97). Con base en los resultados obtenidos en la prueba piloto se incluyó en la EAV una escala de grises que facilitara la comprensión del instrumento por parte de los participantes (Anexo 3,4,5).

La reproducibilidad del instrumento de calidad de vida OOAQHQL fue buena para los atributos de actividad física y salud mental; aceptable para soporte social y dolor; y pobre para el atributo de actividades sociales (Tabla 5).

La reproducibilidad de la escala radiográfica realizada durante la prueba piloto por el médico ortopedista colaborador del proyecto fue excelente con una kappa de 0.75, un error estándar de 0.2 y una probabilidad de 0.0001

Tabla 5. Reproducibilidad de cada atributo del instrumento de calidad de vida OOAQHQL

Atributo	Número de ítems	Medición 1	Medición 2	Prom_dif \pm DE_dif	CCI [IC95%]
Actividad física	16	$31 \pm 15.8^*$	$35 \pm 17.8^*$	3.7 ± 2.1	0.82
Dolor	4	27 ± 21	33 ± 24.1	6.0 ± 3.1	0.72
Salud mental	13	37 ± 20	44 ± 21.8	5.9 ± 1.8	0.78
Soporte social	4	64 ± 24	66 ± 19.5	2.1 ± 4.5	0.78
Actividades sociales	3	65 ± 25	51 ± 17.1	14.5 ± 8	0.39

*: Promedio \pm DE; Prom_dif \pm DE_dif: diferencia del promedio \pm diferencia de la desviación estándar; CCI: Coeficiente Correlación Intraclase.

5.1.3.3. Nivel de acuerdo

El nivel de acuerdo fue bueno para EAV en reposo, palpación y después de actividades funcionales, goniometría a la flexión y moderado para el test de marcha de seis minutos y goniometría a la extensión (figura 1-8. Anexo 14).

El nivel de acuerdo del instrumento de calidad de vida OOAKHQOL fue moderado excepto para los atributos de salud mental y soporte social en los cuales fue bajo (Figura 9-13. Anexo 14).

El nivel de acuerdo de la escala radiográfica de Kellgren y Lawrence en este trabajo fue bueno con un acuerdo esperado del 85.8%.

Con base en los resultados presentados en el anexo 14 y la recomendación de Orozco L²²⁷ para establecer el punto de corte a partir del cual se aceptarán cambios dependientes de la intervención y obviando el error de la medición, se tomará como punto de corte el IC superior del límite superior de Bland y Altman para las variables de salida que se espera disminuyan con la intervención (intensidad del dolor al reposo, palpación y al finalizar actividades funcionales).

Por el contrario, para las variables de salida que se espera aumenten al finalizar la intervención (movilidad articular, fuerza muscular, funcionalidad y calidad de vida) se tomará como punto de corte el intervalo de confianza inferior del límite inferior de Bland y Altman de cada una de las variables de salida²²⁷. La tabla 6 resume los puntos de corte para las variables de resultado del estudio.

²²⁷ OROZCO, Luis Carlos. ¿Medición del cambio, sensibilidad al cambio? ¿O de cuándo nos pondremos de acuerdo en este aspecto? En: Medición en salud. Diagnóstico y evaluación de resultados: un manual crítico más allá de lo básico. Bucaramanga: División de publicaciones UIS, 2010. p. 201-211.

Tabla 6. Puntos de corte aceptados como cambios significativos asociados a la intervención

	Variable	Punto de corte
Intensidad del dolor (mm)	Reposo	26.7
	Palpación	38.4
	Finalizar actividades funcionales	17.0
Movilidad articular (°)	Flexión	30.5
	Extensión	7.6
Fuerza muscular (lbs)	Cuádriceps	5.2
	Isquiotibiales	6.2
Funcionalidad (m)		16.1
Calidad de vida (0-100)	Actividad física	21.7
	Dolor	27.2
	Salud mental	28.4
	Soporte social	44.7
	Actividades sociales	73.5

mm: milímetros, ° grados, lbs: libras, m:metros.

5.2. ETAPA II. SELECCIÓN Y RECLUTAMIENTO

Una vez concluida la prueba piloto se realizó el reclutamiento de los participantes mediante la convocatoria a través de medios de comunicación como radio y publicidad escrita y medios electrónicos además de la población de pacientes atendidos en consulta por el especialista participante en el proyecto (Anexo 15).

Quienes fueron admitidos al estudio por cumplir con los criterios de inclusión y aceptaron participar (Anexo 16), firmaron el consentimiento informado (Anexo 17) y fueron citados para la evaluación inicial.

5.3. ETAPA III. DESARROLLO DE LA PROPUESTA, ELABORACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Luego del reclutamiento de la población de estudio, se realizó la familiarización con las mediciones de goniometría, fuerza muscular y test de 6 minutos con el fin

de evitar un sesgo de clasificación. Un día después de la familiarización se realizó la evaluación de la línea de base y se dio inicio a las pruebas de evaluación como se describió en el numeral 6.1.1 de estandarización de las pruebas de evaluación.

5.3.1. Evaluación de la línea de base

Se realizó la evaluación de todas las variables del estudio antes de iniciar la intervención. Los procedimientos de evaluación fueron aplicados en el siguiente orden: instrumentos de auto reporte (EAV en reposo y calidad de vida); EAV a la palpación, goniometría, fuerza muscular; funcionalidad y EAV después de realizar actividades funcionales.

5.3.2. Aplicación del UST

Fue empleado un equipo de UST Mettler Electronics modelo Sonicator 730 con los siguientes parámetros: UST pulsado, ciclo de trabajo de 20%, intensidad SATP de 2.2 W/cm^2 , cabezal de 10 cm^2 con un ERA de 10 cm^2 y un BNR de 6:1, frecuencia de 1 MHz y tiempo de aplicación de 4 minutos. La SATA correspondiente a los parámetros anteriormente descritos corresponde a 0.44 W/cm^2 , en un área de dos veces el tamaño de la ERA.

Con base en los parámetros descritos, fue aplicada por sesión 1056 J de energía en cada zona de tratamiento demarcada en región medial y lateral de la articulación de la rodilla. Si el compromiso del participante fue bilateral se aplicó el UST en ambas rodillas de la forma ya descrita.

El equipo de UST y el cabezal fueron previamente calibrados con el método de medición de fuerza de radiación por comparación con un vatímetro marca Óhmico

como instrumento patrón siguiendo las indicaciones de la norma internacional IEC 61161²²⁸ (Anexo 18).

La intervención se realizó durante 10 sesiones^{128,151} 5 veces por semana. Para la aplicación del UST los participantes se ubicaron en posición supina, se usó como medio de acople un gel tópico sin ningún componente farmacológico activo. El UST se aplicó con movimientos longitudinales a la velocidad impuesta por un metrónomo que funcionó a 40 beats por minuto.

5.3.3. Evaluación intermedia

Un día después de haber completado la 5^{ta} sesión de intervención se realizó la evaluación de la intensidad del dolor (en reposo, a la palpación y luego de actividades funcionales) y la funcionalidad como se describió en la estandarización de los procedimientos de evaluación. Finalizada la evaluación intermedia el participante recibió la sexta sesión de intervención con el UST.

5.3.4. Evaluación final

Se realizó un día después de finalizar la intervención, el orden de los procedimientos de evaluación fue el descrito en la evaluación de la línea de base, citando a los participantes a la misma hora para controlar posibles variaciones por el ritmo circadiano²⁰⁷.

²²⁸ Ultrasonics power measurement radiation force balances and performance requirements of 2013, International standard norme IEC 61161 (January 30, 2013).

6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Inicialmente se describieron las características sociodemográficas y antropométricas al igual que las variables de control de la población del estudio a través de medidas de tendencia central y de dispersión, medidas de posición y porcentaje según la naturaleza y distribución de las variables mediante el análisis univariado de los datos²²⁹. La unidad de análisis para las variables de intensidad del dolor, movilidad articular y fuerza muscular de las personas intervenidas con OA bilateral fue la rodilla con mayor compromiso y para las personas con compromiso unilateral fue su rodilla comprometida.

Se realizó la evaluación de la distribución de las variables de salida en escala de razón (intensidad del dolor, movilidad articular, fuerza muscular, funcionalidad y calidad de vida) con el fin de determinar las pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas para el análisis bivariado y multivariado de las mismas con el test de Shapiro Wilk²³⁰.

Para analizar los cambios producidos por el UST entre la línea de base y las sesiones 5° y 10° sobre la intensidad del dolor y la funcionalidad se aplicó un ANOVA de medidas repetidas, con el fin de comparar los promedios de las tres mediciones (T0,T1,T2) además, en aras de determinar la relevancia de 5 sesiones de tratamiento sobre el dolor y la funcionalidad se realizó la comparación entre T0 y T1 mediante una t de student apareada.

Las pruebas estadísticas utilizadas para la comparación de las variables de resultado al inicio y al final fueron el test de los rangos de Wilcoxon para la variable intensidad del dolor al finalizar actividades funcionales, movilidad articular a la extensión y la funcionalidad cuya distribución fue no paramétrica y para las

²²⁹ CARTER, Russell; LUBINSKY, Jay y DOMHOLDT, Elizabeth. Statistical reasoning. En: Rehabilitation research. Principles and applications. 4 ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders, 2011. p. 255-275.

²³⁰ NORMAN, Geoffrey y STREINER, David. Bioestadística. Madrid: Mosby Doyma libros, 1996. 260 p.

demás fue aplicada la t de student apareada²³⁰, todas las pruebas se realizaron aceptando un valor de $p \leq 0.05$.

Para determinar la influencia de las covariables en los resultados obtenidos por la intervención, se determinó la diferencia entre la medición final e inicial de cada una de las variables de resultado generando una variable llamada *cambio*. Posteriormente se generó una variable dicotómica llamada *cambio significativo* codificando los datos de la variable *cambio* con 1 aquellos datos que habían tenido cambio superior a los puntos de corte establecidos en la prueba piloto y 0 a aquellos datos que no alcanzaron el punto de corte.

Con el fin de desarrollar el tercer objetivo específico se realizó el análisis bivariado mediante una regresión logística binomial en la que se incluyó la variable *cambio significativo* de cada variable de resultado y se ajustó por la covariable que fisiológicamente pudiera influir más sobre la variable de resultado la cual fue considerada la principal explicatoria, seguidamente se incluyó en la regresión binomial una a una las demás covariables y se verificó cuál de estas alteraba el coeficiente de la principal explicatoria en un 10% o más y tuviera una $p \leq 0,25$.

En el análisis multivariado se realizó nuevamente una regresión logística binomial en la cuyo modelo se incluyeron la variable *cambio significativo*, la principal explicatoria y todas aquellas covariables que en el análisis bivariado descrito anteriormente alteraron la principal explicatoria. Como resultado del análisis multivariado se determinó que las covariables que influenciaron los cambios significativos de cada variable de resultado fueron aquellas que en el modelo final presentaron una $p \leq 0,25$.

Para determinar que tanto el modelo descrito anteriormente describe los datos analizados, se evaluó la bondad del ajuste mediante el linktest en el cual el Hatsq superior a 0.05 mostró ajuste²¹⁷.

La base de datos se elaboró por duplicado en programa Microsoft Office Excell y en el software STATA 12²¹⁷.

7. CONTROL DE SEGOS

Sesgo de selección. Dentro de las limitaciones del tipo de diseño de este trabajo es importante señalar que la muestra fue seleccionada por conveniencia, por lo cual el sesgo potencial de selección estuvo presente, dado que no hubo oportunidad de realizar una asignación aleatoria al grupo de intervención. Se realizó entrenamiento en la aplicación de los instrumentos de evaluación y explicación clara a los participantes sobre cómo diligenciar los instrumentos de auto reporte como la EAV para la intensidad dolorosa y el instrumento de calidad de vida OOAQOL para evitar pérdidas de información. De igual forma, para disminuir las pérdidas se motivó y confirmó a los participantes telefónicamente la asistencia a las sesiones planteadas¹⁶⁵.

Sesgo de clasificación. Este tipo de sesgo se controló utilizando instrumentos para la medición de las variables de salida y de control, que cuentan con adecuadas propiedades psicométricas en la población de estudio seleccionada. Adicionalmente se realizó la prueba piloto para la estandarización de los procedimientos y la evaluación de la reproducibilidad y nivel de acuerdo de los instrumentos de medición que fueron utilizados en este trabajo. De igual forma, los resultados de las mediciones de la goniometría y la dinamometría no fueron conocidos por la Fisioterapeuta evaluadora y el registro de los resultados de estas mediciones fueron consignados por una fisioterapeuta auxiliar de investigación¹⁶⁵.

Sesgo de Confusión. Se controló en el análisis mediante la inclusión de las variables de control en el modelo multivariado propuesto, previa medición de las variables que eventualmente podrían confundir los resultados de la intervención en las variables de salida a evaluar. Entre estas variables se encuentran las sociodemográficas, antropométricas, el grado de severidad de la enfermedad, el uso de medicamentos analgésicos, el nivel de actividad física y la presencia de signos de OA patelofemoral¹⁶⁵.

8. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Todos los procedimientos tuvieron como referente las normas de la buena práctica clínica y los principios éticos para la investigación médica en seres humanos, definidas en la última revisión de la declaración de Helsinki en 1954 y revisada por la 52ª asamblea general en Edimburgo, (Escocia) en el año 2000²³¹ y la resolución 008430 del 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, en el cual se dictan las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud²³². Según esta última, el estudio es considerado de riesgo mínimo ya que no incluyó ningún procedimiento invasivo.

El riesgo mínimo estuvo determinado por el dolor posterior a la realización de ejercicio específicamente el desarrollo del test de 6 minutos (seis minutos de marcha a su ritmo) o posterior a la evaluación de la fuerza muscular, puesto que el participante realizó su mejor desempeño y esfuerzo.

Durante el desarrollo de este estudio, se garantizó el respeto a los principios éticos fundamentales de autonomía, confidencialidad, beneficencia, equidad y justicia durante la intervención como durante el análisis de la información mediante las siguientes estrategias:

- Principio de autonomía: Sólo participaron personas adultas que accedieron a participar de forma voluntaria al estudio, para dejar constancia de este hecho todos diligenciaron el consentimiento escrito informado y obtuvieron una copia del mismo (Anexo 17), donde se describieron claramente los beneficios y los posibles efectos colaterales de la aplicación del UST, al igual que se dejó claro a los participantes que estaban en libre derecho de suspender los procedimientos si advertían algún efecto colateral.

²³¹ DE ABAJO, Francisco. La declaración de Helsinki VI: Una revisión necesaria, pero ¿suficiente? En: Revista Española de Salud Pública. Septiembre, 2001, vol. 75 no. 5, p. 407-420.

²³² MINISTERIO DE SALUD DE COLOMBIA. Resolución 008430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. 1993.

- Principio de confidencialidad: La información que suministraron los participantes fue confidencial y solo fue conocida por la investigadora principal. Para garantizar la confidencialidad, a cada participante se le asignó un código el cual fue el que apareció en los formatos diligenciados y en la base de datos digital de los participantes durante el manejo de la información.
- Principio de no maleficencia: las evaluaciones ni las intervenciones a realizarse en el marco del proyecto no interfirieron con los tratamientos farmacológicos que los participantes estaban recibiendo por parte de las entidades prestadoras de salud.
- Principio de beneficencia: Cada participante recibió 10 sesiones de intervención, que según la hipótesis de nuestro estudio tendrían impacto positivo en las deficiencias generadas por la patología como el dolor, la disminución de la fuerza muscular, del rango de movimiento y la funcionalidad, mejorando así su calidad de vida. Además al finalizar la intervención cada participante recibió un plan de ejercicios acordes a la patología y a la evaluación realizada, al igual que las indicaciones generales sobre manejo del dolor en casa a través de medios físicos. El plan de ejercicios fue entregado, explicado y dirigido por la fisioterapeuta una vez concluida la evaluación final.
- Justicia: todas las personas serán tratadas de forma similar, siguiendo un protocolo estándar, además en este estudio se podrán incluir personas con sobrepeso u obesidad, siendo esta una variable de confusión que será incluida en el análisis estadístico.

El protocolo de investigación, fue aprobado por el Comité en Investigación Científica de la Universidad Industrial de Santander (Anexo 19), una vez contó con el aval de los evaluadores externos y del comité de maestría de la Escuela de Fisioterapia.

9. RESULTADOS

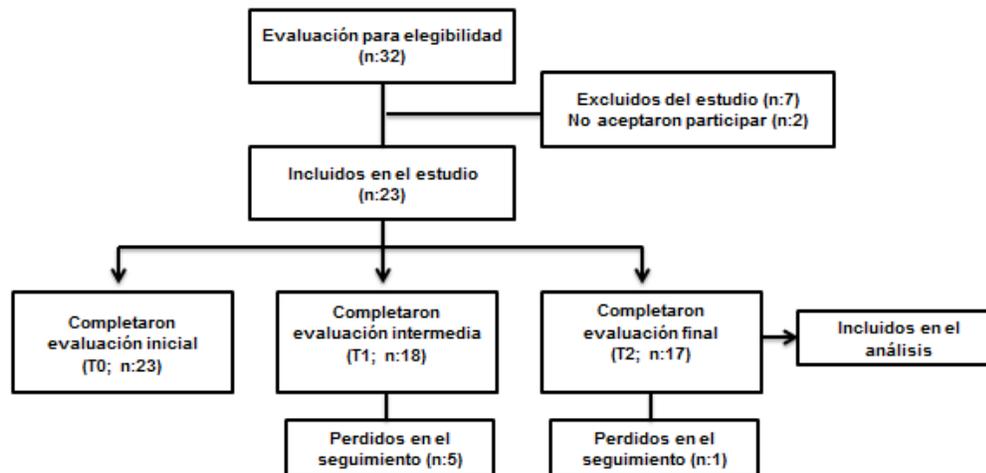
Los datos fueron digitados por duplicado por la investigadora principal y la auxiliar de investigación en una base elaborada y validada en STATA 12²¹⁷. Se compararon las dos bases y las diferencias encontradas se revisaron hasta unificar la base de datos. Los registros más discordantes correspondieron al número de decimales de las cifras incluidas, al género y los valores correspondientes a la evaluación de los atributos del instrumento de calidad de vida, los cuales fueron producto de la digitación.

En la presentación de los resultados inicialmente se describe la población de estudio según las variables sociodemográficas, antropométricas y demás variables de control, posteriormente se presenta la descripción de la población en las variables iniciales según el análisis por personas, después se presentan los resultados globales de las variables principales intensidad de dolor y funcionalidad y finalmente los resultados de las variables secundarias movilidad articular, fuerza muscular y calidad de vida.

9.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA POBLACIÓN

En este estudio fueron evaluadas para elegibilidad 32 personas de las cuales fueron incluidos 23 participantes, 17 personas (74%) recibieron las 10 sesiones de intervención y las tres evaluaciones. Seis personas (26%) no culminaron su participación en el estudio, de los cuales uno alcanzó la evaluación intermedia. En la figura 24 se presenta el flujograma del estudio.

Figura 24. Flujograma de los participantes a través de las fases del estudio



9.2. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

9.2.1. Características sociodemográficas y antropométricas

Las características sociodemográficas, antropométricas y demás variables de control se resumen en la tabla 7. Las variables en escala de razón (edad) cuya distribución fue normal, se presentan como promedio y desviación estándar, el resto de las variables en escala ordinal y nominal se resumieron en porcentajes.

El promedio de edad para la muestra del estudio fue de 61.4 ± 6 y el 70.5% correspondió al género femenino, en relación al IMC, el 88.1% presentaba sobrepeso y obesidad, el 77.7% tuvo compromiso bilateral y el 94.1% de los participantes presentaron signos radiológicos de OA patelofemoral.

9.2.2. Características clínicas de la población al inicio del estudio

Fueron considerados para el análisis 17 participantes de los cuales 13 personas presentaron compromiso bilateral de OA de rodilla y cuatro compromiso unilateral. Con el fin de determinar cuál de las rodillas ingresaría en el análisis en el caso de los participantes con compromiso bilateral de OA se realizó la comparación entre rodillas para determinar la más comprometida.

Esta comparación mostró diferencias estadísticamente significativas en las variables de intensidad del dolor en los tres constructos evaluados y en la fuerza muscular del cuádriceps (tabla 8). Así, el análisis incluyó la rodilla más comprometida para el caso de los participantes con compromiso bilateral y la rodilla comprometida cuando la OA fue unilateral.

Tabla 7. Características sociodemográficas, antropométricas y de control de la población de estudio.

	Característica	Total (%) n=17(100)
Sociodemográficas	<i>Género</i>	
	Masculino	5(29.4)
	Femenino	12(70.5)
Estrato socioeconómico	Edad promedio	61.4±6*
	Bajo 2-3	9(47)
	Medio/alto 4-5	8(52.9)
Nivel de escolaridad	Primaria	6(35.2)
	Secundaria	4(23.5)
	Técnico/ Universitaria	7(41.1)
Antropométricas	<i>IMC</i>	
	Sin exceso de peso (IMC < 25)	2(11.7)
	Sobrepeso (IMC > 25 y < 30)	6(35.2)
	Obesidad (IMC > 30)	9(52.9)
Miembro dominante	Derecho	14(82.3)
	Izquierdo	3(17.6)
Compromiso	Unilateral	4 (23.5)
	Bilateral	13(76.4)
Consumo de analgésicos	Si	11(64.8)
	No	6(35.2)
Tipo de analgésico	AINES	5(29.4)
	No-AINES	2(11.7)
	Opioides	0
	Otros	4(23.5)
	Ninguno	6(35.2)
Nivel de actividad física (%)	Leve	6(35.2)
	Moderada	6(35.2)
	Vigorosa	5(29.4)
Severidad de la OA	Grado II	11(64.7)
	Grado III	6(35.3)
OA patelofemoral	Presente	16(94.1)
	Ausente	1(5.8)

Datos presentados como promedio±desviación estándar (DE), IMC: índice de Masa Corporal, n: tamaño de muestra.

Tabla 8. Descripción de los hallazgos iniciales por rodillas en los 17 participantes

Variable		Total de rodillas consideradas para intervención (n:30)		P
		Derecha (14)	Izquierda (16)	
Intensidad del dolor (mm)	Palpación	40.3±27	24.9±19.0	0.005
	Reposo	39.1±26	27.1±22.1	0.01
	Al finalizar actividades funcionales	50.8±23	37.4±24.1	0.03
Movilidad articular (°)	Flexión	134.2±6.1	134.6±8.1	0.79
	Extensión	130.7±8.3	131.5±8.3	0.61
Fuerza muscular (lbs)	Cuádriceps	33.1±11	37.3±8.1	0.04
	Isquiotibiales	24.8±3.9	26.8±3	0.08

Datos presentados como promedio±DE, n: tamaño de muestra; mm; milímetros, °: grados, lbs: libras.

9.3 INTENSIDAD DEL DOLOR Y LA FUNCIONALIDAD

9.3.1. Comparación en los tres momentos de evaluación

La intensidad del dolor al reposo y a la palpación mostró disminución significativa como se observa en la tabla 9 entre T1-T0 y entre T2-T1.

Es importante destacar que las cinco primeras sesiones de intervención (comparación T0 y T1) mostraron diferencias significativas en la disminución de la intensidad del dolor al reposo, a la palpación y al finalizar actividades funcionales ($p=0.002$, 0.01 , 0.006 respectivamente).

Tabla 9. Comparación entre la medición inicial (T0), 5ª sesión (T1) y 10ª sesión (T2) para la intensidad del dolor y la funcionalidad.

Variable		T0	T1	T2	P**
Intensidad (mm)	Reposo	35.2±25.5	16.8±15.8	11.8±9.7	0.03
	Palpación	42.1±28.7	18.5±14.1	15.5±12.3	0.004
	Finalizar actividades funcionales	43.6±24.8	25.1±15.9	22.5±22.8	0.07
Funcionalidad (m)		436±111.2	451±77	490±72.3	0.0001

Datos presentados como promedio±DE, mm: milímetros, **p Grein house

En relación con la funcionalidad, el ANOVA de medidas repetidas mostró diferencias significativas en los promedios de las tres mediciones como se muestra en la tabla 9, sin embargo, cinco sesiones de UST no produjeron diferencias significativas en la funcionalidad entre T0-T1 ($p=0.24$).

9.3.2. Comparación entre el inicio y el final de la intervención

Al finalizar la décima sesión de intervención, la variable de intensidad del dolor en los tres constructos evaluados mostró disminución estadísticamente significativa mientras que la funcionalidad mostró aumento significativo (tabla 10). Sin embargo, la disminución en la intensidad del dolor al reposo y a la palpación no alcanzó el punto de corte determinado en este estudio (tabla 6).

En relación con la evaluación de la calidad de vida, se observó aumento estadísticamente significativo en cuatro de los cinco atributos que componen el instrumento, únicamente el atributo de soporte social no mostró cambios estadísticamente significativos (Tabla 12), sin embargo ninguno de los atributos alcanzó el punto de corte descrito en la tabla 6.

Tabla 10. Diferencias entre la medición inicial (T0) y la final (T2) en las variables de intensidad del dolor y funcionalidad en 17 participantes.

Variable		T0	T2	P
Intensidad (mm)	Reposo	35.2±25.5	11.8 ± 9.7	0.0006
	Palpación	42.1±28.7	15.5 ±12.3	0.0005
	finalizar actividades funcionales	45(25-67)*	12(10-34)	0.006
Funcionalidad (m)		449.3 (422.5-465.3)*	484.6 (473.1-512.3)	0.008

Datos presentados como promedio±DE; * Mediana (rangos 25-75%), mm: milímetros, m:metros.

9.4. MOVILIDAD ARTICULAR, FUERZA MUSCULAR Y CALIDAD DE VIDA AL FINALIZAR LA INTERVENCIÓN.

La fuerza muscular del cuádriceps aumentó significativamente alcanzando el punto de corte (Tabla 6), mientras que la movilidad articular no mostró cambios. Los resultados obtenidos en estas variables se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Diferencias entre la medición inicial (T0) y la final (T2) en las variables de resultado.

Variable		T0	T2	P
Movilidad articular (°)	Flexión	132 ± 5.0	132 ± 6.1	0.6
	Extensión	130(120-135)	130(125-135)	0.1
Fuerza muscular (Lbs)	Cuádriceps	33 ± 10.2	38.3 ± 7.5	0.04
	Isquiotibiales	24 ± 5.3	25.5 ± 4.1	0.1

Lo datos se presentan como promedio±DE; *Mediana (rangos 25-75%), ° grados, lbs: libras.

Tabla 12. Diferencias entre la medición inicial (T0) y la final (T2) en la calidad de vida en la población del estudio.

Variable		T0	T2	p
Calidad de vida	Actividad física	47.4 ± 17.2	67.4 ± 19.0	0.0001
	Dolor	40.7 ± 24.4	67.4 ± 23.8	0.0001
	Salud mental	52.6 ± 21.3	71.3 ± 17.1	0.0001
	Soporte social	67.3 ± 19.7	67.3 ± 24.2	0.9
	Actividades sociales	47 ± 21.1	64.4 ± 25.8	0.004

Datos presentados como promedio±DE; *Mediana (rangos 25-75%).

9.5. INFLUENCIA DE LAS COVARIABLES SOBRE LOS RESULTADOS DE LA INTERVENCIÓN

9.5.1. Influencia de las covariables sobre los cambios significativos obtenidos en la intensidad del dolor al reposo, a la palpación y al finalizar actividades funcionales

Para el análisis bivariado se determinó la covariable consumo de analgésicos como la principal variable explicatoria que potencialmente podría estar asociada a los cambios clínicamente significativos en la disminución de la intensidad del dolor además de la intervención. En las tablas 13,14 y 15 se resume el modelo bivariado y la interacción de las demás covariables con el consumo de analgésicos en los cambios significativos de la intensidad del dolor al reposo, a la palpación y al finalizar actividades funcionales respectivamente.

Tabla 13. Análisis bivariado para el cambios significativo de la intensidad del dolor al reposo y el consumo de analgésicos.

Covariable	RP	P
Consumo de analgésicos	0.68	0.52
Edad	0.98	0.69
Género masculino	0.28	0.17
Baja escolaridad	0.97	0.64
IMC		
Sobrepeso	0.44	0.04
Obesidad	0.39	0.01
Grado de severidad	1.50	0.33
Compromiso	0.81	0.69
Signos de OA patelofemoral	0.52	0.02
Estrato socioeconómico bajo	0.75	0.62
Actividad física vigorosa	1.50	0.31

RP: Razón de prevalencias

Como resultado del análisis bivariado, se encontró que las variables género masculino, sobrepeso y obesidad y la presencia de signos de OA patelofemoral se

asociaron como factores que limitan los cambios significativos de la intensidad del dolor en reposo, por tanto fueron incluidos en el modelo multivariado. En cuanto a la intensidad del dolor a la palpación se determinó que las covariables género masculino y los años de escolaridad se asociaron como factores que favorecen los cambios significativos alcanzados por el UST en la muestra intervenida, por el contrario el tener signos de OA patelofemoral es un factor que dificulta los cambios significativos alcanzados por el UST.

En relación a la intensidad del dolor al finalizar actividades funcionales, las variables que se asociaron como factores de riesgo para alcanzar los cambios significativos en la disminución de la intensidad del dolor fueron el nivel bajo de escolaridad y el estrato socioeconómico bajo, mientras que la variable que favoreció el cambio significativo fueron el grado III de severidad de la enfermedad según la escala radiográfica de Kellgren y Lawrence.

Tabla 14. Análisis bivariado para el cambio significativo de la intensidad del dolor a la palpación y el consumo de analgésicos

Covariable	RP	P
Consumo de analgésicos	0.96	0.95
Edad	0.96	0.49
Género masculino	2.11	0.14
Baja escolaridad	1.11	0.25
IMC		
Sobrepeso	1.0	1.00
Obesidad	0.77	0.64
Grado de severidad	1.38	0.57
Compromiso bilateral	1.33	0.67
Signos de OA patelofemoral	0.35	0.008
Estrato socioeconómico bajo	0.67	0.50
Actividad física vigorosa	0.96	0.95

RP: Razón de prevalencias

Tabla 15. Análisis bivariado para el cambio significativo de la intensidad del dolor al finalizar actividades funcionales y el consumo de analgésicos.

Covariable	RP	P
Consumo de analgésicos	1.44	0.46
Edad	2.02	0.27
Género masculino	0.93	0.90
Escolaridad	0.93	0.22
IMC		
Sobrepeso	0.88	0.90
Obesidad	1.33	0.73
Grado de severidad	2.03	0.11
Compromiso bilateral	0.50	0.45
Signos de OA patelofemoral	0.92	0.99
Estrato socioeconómico bajo	0.56	0.25
Actividad física vigorosa	0.75	0.65

RP: Razón de prevalencias

Para el análisis multivariado de la variable intensidad del dolor al reposo, se construyó un modelo de regresión logística binomial²³³, en el cual ingresaron la variable explicatoria principal (analgésicos) ajustado por género masculino, IMC (sobrepeso y obesidad) y los signos de OA patelofemoral las cuales estuvieron asociadas con una $p < 0.25$ como se muestra en la tabla 16, determinando que las covariables que dificultan el cambio significativo fueron la baja escolaridad, el sobrepeso, la obesidad y la presencia de signos de OA patelofemoral.

Tabla 16. Razones de prevalencia asociadas al cambio significativo de la intensidad del dolor al reposo

Covariable	RP	IC 95%	P
Consumo de analgésicos	0.71	0.22-2.30	0.57
Escolaridad	0.88	0.76-1.03	0.11
IMC			
Sobrepeso	0.49	0.31-0.78	0.002
Obesidad	0.20	0.07-0.62	0.005
Signos de OA patelofemoral	0.36	0.10-1.21	0.10

RP: Razón de prevalencias

²³³ GREENLAND, Sander. Introduction to Regression Modeling. En: Modern Epidemiology. 2 edición. Buenos Aires: Lippincot Williams y Wilkins, 1998. p. 401-432.

En relación a la intensidad del dolor a la palpación, el análisis multivariado mostró que ninguna de las covariables incluidas en la regresión logística binomial se asociaron significativamente con los cambios significativos obtenidos

Finalmente, el modelo multivariado para la intensidad del dolor al finalizar actividades funcionales demostró que la única variable asociada significativamente como factor de riesgo al retardo del cambio significativo fue la baja escolaridad. La tabla 17 resume las variables incluidas en el modelo.

Los tres modelos multivariados fueron sometido a las pruebas de bondad de ajuste determinando que los modelos describían adecuadamente los datos observados, lo cual ratifica a estas covariables como factores asociados a los cambios significativos.

Tabla 17. Razones de prevalencia asociadas al cambio significativo de la intensidad del dolor al finalizar actividades funcionales.

Covariable	RP	IC 95%	P
Consumo de analgésicos	1.43	0.60-3.39	0.41
Escolaridad	0.93	0.83-1.04	0.22

RP: Razón de prevalencias

9.5.2. Influencia de las covariables sobre los cambios significativos obtenidos en la fuerza muscular del cuádriceps

En este caso el análisis bivariado incluyó el grado de severidad de la OA como la principal variable explicatoria que podría estar asociada a la intervención para alcanzar los cambios clínicamente significativos en el aumento de la fuerza muscular del cuádriceps. La tabla 18 resume el modelo bivariado y la interacción de las demás covariables con el grado de severidad de la OA en los cambios significativos en la fuerza muscular.

Tabla 18. Análisis bivariado para el cambio significativo de la fuerza muscular del cuádriceps.

Covariable	RP	P
Grado de severidad	0.52	0.29
Compromiso bilateral	1.3	0.53
Consumo de analgésicos	1.16	0.72
Edad	0.94	0.042
Género masculino	0.81	0.69
Escolaridad	0.75	0.43
IMC		
Sobrepeso	0.77	0.99
Obesidad	0.66	0.99
Signos de OA patelofemoral	0.57	0.031
Estrato socioeconómico bajo	0.66	0.35
Actividad física leve	0.32	0.20

RP: Razón de prevalencias

Este análisis mostró que las variables que se asociaron como factores que podrían limitar los cambios significativos en la fuerza muscular del cuádriceps fueron la edad, la presencia de signos de OA patelofemoral y la práctica de actividad leve, por tanto fueron incluidos en el modelo multivariado.

El análisis multivariado demostró que la única variable que dificulta el aumento en la fuerza muscular del cuádriceps con la aplicación del UST fue la edad. La tabla 19 resume las variables incluidas en el modelo que mostró buen ajuste de los datos.

Tabla 19. Razones de prevalencia asociadas al cambio significativo de la fuerza muscular del cuádriceps.

Covariable	RP	IC 95%	P
Grado de severidad	0.56	0.17-1.85	0.34
Edad	0.95	0.89-1.02	0.17
OApatelofemoral	0.81	0.37-1.75	0.59
Actividad física leve	1.29	0.64-2.61	0.47

RP: Razón de prevalencias

9.5.3. Influencia de las covariables sobre los cambios significativos obtenidos en la funcionalidad

En el análisis bivariado se incluyó el compromiso de la OA (unilateral o bilateral) como la principal variable explicatoria que podría estar asociada a la intervención para alcanzar el cambio significativo en el aumento de la funcionalidad, encontrándose que la presencia de signos de OA patelofemoral y la práctica de actividad física vigorosa son factores de riesgo que retardan el efecto significativo de la intervención sobre la funcionalidad mientras que el grado de severidad es la variable que favorece el cambio significativo. La tabla 20 resume el modelo bivariado y la interacción de las demás covariables con el compromiso de la OA en los cambios significativos en la funcionalidad.

Tabla 20. Análisis bivariado para el cambio significativo de la funcionalidad y el compromiso de la OA.

Covariable	RP	P
Compromiso bilateral	1.84	0.22
Consumo de analgésicos	0.90	0.30
Edad	0.99	0.32
Género masculino	1.10	0.34
Escolaridad	1.08	0.33
IMC		
Sobrepeso	2.26	0.28
Obesidad	2.03	0.31
Grado de severidad	1.22	0.14
Signos de OA	0.87	0.12
patelofemoral		
Estrato socioeconómico	0.85	0.32
bajo		
Actividad física vigorosa	0.76	0.23

RP: Razón de prevalencias

El análisis multivariado demostró que las variables asociadas como factores de riesgo que retardan los cambios significativos en la funcionalidad son la presencia de signos de OA patelofemoral y la práctica de actividad física vigorosa, mientras que el compromiso bilateral y el grado de severidad son variables que favorecen

estos cambios. La tabla 21 resume las variables incluidas en el modelo multivariado.

Tabla 21. Razones de prevalencia asociadas al cambio significativo de la funcionalidad.

Covariable	RP	IC 95%	P
Compromiso bilateral	2.02	0.76-5.40	0.15
Grado de severidad	1.06	1.06-1.06	0.001
OA patelofemoral	0.71	0.42-1.21	0.21
Actividad física vigorosa	0.73	0.43-1.24	0.25

RP: Razón de prevalencias

Al someter el modelo a las pruebas de bondad de ajuste se encontró que el modelo presentó buen ajuste de los datos.

10. DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó el efecto del UST pulsado sobre la intensidad del dolor al reposo, a la palpación y al finalizar actividades funcionales con la hipótesis que la disminución del dolor podría aumentar el rango de movimiento articular y la fuerza muscular del cuádriceps e isquiotibiales, generando así un cambio positivo en la funcionalidad y en la calidad de vida de los participantes. Este trabajo es el primero en Colombia en aportar información sobre el uso del UST en personas con OA de rodilla y el único en la literatura revisada que evalúa este efecto con cinco sesiones de intervención, lo cual está acorde al contexto clínico nacional.

A continuación se discutirá sobre los resultados obtenidos en las variables de salida principales intensidad del dolor y funcionalidad y posteriormente se abordará el efecto del UST sobre las variables de salida secundarias movilidad articular, fuerza muscular y calidad de vida, finalizando con la discusión de las covariables que influenciaron los resultados obtenidos en este estudio.

10.1. EFECTOS DEL UST SOBRE LA INTENSIDAD DEL DOLOR Y LA FUNCIONALIDAD

Con base en la multicausalidad del dolor, el presente estudio evaluó el efecto del UST sobre la intensidad del dolor de los pacientes con OA de rodilla en reposo, a la palpación y al finalizar actividades funcionales.

En este estudio, cinco sesiones de UST con los parámetros usados disminuyeron la intensidad del dolor de manera significativa, sin embargo en la funcionalidad no se encontraron diferencias significativas finalizadas cinco sesiones de intervención. Nuestros resultados reflejan que la funcionalidad puede estar influenciada por otras variables como la fuerza muscular y la movilidad articular, las cuales no fueron evaluadas en T1, así mismo las comorbilidades asociadas a la edad pudieron también influir en los resultados observados¹⁸.

Diez sesiones de tratamiento no lograron un cambio significativo sobre la intensidad del dolor al reposo ni a la palpación según los puntos de corte planteados en este estudio, sin embargo, estos hallazgos son de relevancia clínica dado que esta disminución superó el 50% en los estos dos constructos evaluados de la intensidad del dolor lo cual pudo favorecer el efecto del UST sobre las variables secundarias.

En el presente estudio, los hallazgos obtenidos en la disminución de la intensidad del dolor fueron superiores a los reportados por Tascioglu y Cols¹²⁸ y Cakir y Cols quienes aplicaron 10 sesiones de intervención con UST pulsado reportando disminución clínica y estadísticamente significativa de la intensidad del dolor en un 23 y 32% respectivamente en la intensidad del dolor al reposo y al movimiento.

Lo anterior podría estar relacionado con la forma de evaluación de la intensidad del dolor al movimiento usada por Tascioglu y Cols¹²⁸ y Cakir y Cols²³⁴, quienes lo hicieron a través de autorreporte basados en la experiencia dolorosa una semana previa a la evaluación lo cual podría considerarse un sesgo de clasificación puesto que las experiencias anteriores de dolor pueden estar asociadas con los aspectos emocionales y cognitivos del dolor influenciando así los resultados de la evaluación de la intensidad del dolor en ese momento determinado²³⁵.

A diferencia del presente estudio que evaluó la intensidad del dolor al finalizar actividades funcionales después de terminar el test de marcha de seis minutos, lo cual puede ser una evaluación más acertada puesto que el dolor en las personas

²³⁴ ÇAKIR, Serap, et al. Efficacy of therapeutic ultrasound for the management of knee osteoarthritis: a randomized, controlled, and double-blind study. En: American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. Mayo, 2014, vol. 93 no. 5, p. 405-412.

²³⁵ SANDKÜHLER, Jürgen y LEE, Jonathan. How to erase memory traces of pain and fear. En: Trends in Neurosciences. Junio, 2013, vol. 36 no. 6, p. 343-352.

con OA de rodilla puede exacerbarse durante la realización de actividades de toma de peso como la marcha^{95,236}.

Teniendo en cuenta que el 94.1% de los participantes presentaron signos de OA patelofemoral, es probable que la disminución del dolor al finalizar actividades funcionales pueda estar relacionada con un efecto terapéutico del UST sobre la intensidad del dolor ocasionado por la OA patelofemoral. Antich T y Cols²³⁷ reportaron que la aplicación del UST y crioterapia fue superior a la iontoforesis y fonoforesis en la disminución del dolor y el aumento de la fuerza muscular en personas con OA patelofemoral, sin embargo sería importante que futuros estudios evaluaran el efecto del UST en la OA patelofemoral dada las limitaciones metodológicas del citado, puesto que no son claros los parámetros usados ni la zona de tratamiento, entre otras.

La disminución de la intensidad del dolor a la palpación, pudo deberse al efecto del UST sobre los tejidos blandos localizados en la región tratada, teniendo en cuenta que el área de tratamiento alcanzó la interlinea articular, la articulación femorotibial y tejidos como el tendón de la pata de ganso, la banda iliotibial y los ligamentos colaterales, tejidos que suelen presentar inflamación y dolor en estos pacientes como fue corroborado en nuestro estudio a través de la palpación^{238,239}.

Por lo tanto, los hallazgos de este estudio demuestran que cinco sesiones de intervención con UST reducen de manera importante la intensidad del dolor al reposo, a la palpación y al finalizar actividades funcionales y que diez sesiones de

²³⁶ AROKOSKI, Jari. Pain in hip and knee osteoarthritis. En: Pain Management. Mayo, 2014, vol. 4 no. 3, p. 177-1780.

²³⁷ CRISWELL, Celeste, WESTBROOK, Roxie, MORRISEY, Matthew et al. Physical Therapy Treatment of Knee Extensor Mechanism Disorders: Comparison of Four Treatment Modalities. In: The journal of orthopaedic and sports physical therapy. Noviembre 1986, vol. 8 no 5, p. 255-259.

²³⁸ D'AGOSTINO, Mark W., et al. EULAR report on the use of ultrasonography in painful knee osteoarthritis. Part 1: prevalence of inflammation in osteoarthritis. En: Annals of the Rheumatic Diseases. Diciembre, 2005, vol. 64 no. 12, p. 1703-1709.

²³⁹ TRĂISTARU, Rodica. A complex assessment of patients with knee osteoarthritis and Baker's cyst: observational study. En: Romanian Journal of Morphology & Embryology. 2013, vol. 54 no. 3, p. 593-601.

intervención pueden favorecer el desempeño funcional de personas con OA de rodilla.

Los mecanismos por los cuales el UST podría ser efectivo en el tratamiento de pacientes con OA de rodilla se relacionan con la disminución de la función de la bomba de sodio y potasio en las fibras de conducción dolorosa; el aumento en la permeabilidad de la membrana que favorece el aumento de la vascularización en los tejidos en reparación; la disminución de la óxido nítrico sintetasa; y la activación de la compuerta del dolor^{45,46,47,48,49}.

Dinno M⁴⁵ evaluó los cambios electrofisiológicos en las membranas celulares a través de la alteración del potencial eléctrico en las células epidérmicas de una rana, tras la aplicación de UST pulsado y continuo a 1 MHz y una SATA entre 0.06 y 0.45 W/cm², reportando disminución en un 50% del potencial eléctrico y de la resistencia en las células tratadas, en condiciones de circuito abierto donde no circula la corriente eléctrica además del aumento de la conductancia iónica lo que sugiera que la fuerza electromotriz de la bomba de sodio y potasio se altera.

También reportaron que el UST pulsado fue más efectivo que el continuo en generar estos cambios electrofisiológicos, además que la disminución de la fuerza electromotriz de la bomba puede ser dada por la disminución de la enzima ATPasa, responsable de producir hidrólisis del ATP necesario para el funcionamiento de la bomba, lo que explicaría además la disminución en la salida de potasio que también fue reportada y que podría tener efecto en la disminución de la intensidad del dolor⁴⁵. Sin embargo, no existen reportes sobre la efectividad del UST en otras especies siendo necesario que estudios futuros determinen dichos cambios en la bomba de sodio y potasio en otras especies.

Mardiman S y Cols²⁴⁰, mencionaron que es posible que la alteración de la bomba de sodio y potasio como fue descrita, pueda suceder en las fibras A delta y C alterando la transmisión del dolor²⁴⁰, sin embargo, no fueron encontrados en la literatura revisada estudios que evalúen la disminución o el bloqueo de la velocidad de conducción nerviosa en estas fibras luego de la aplicación de UST, por el contrario ha sido reportado un aumento en la velocidad de conducción nerviosa de las fibras A beta, cuyo incremento es asociado al aumento de la temperatura⁴⁹.

Por otro lado, el aumento de la permeabilidad de la membrana también se asocia con factores que favorecen la reparación del tejido²⁴¹, como se ha observado en estudios *in vitro* en los cuales la cavitación generada por el UST y las microcorrientes parecen incrementar el potasio extracelular, la síntesis de proteína y de factores de crecimiento y la movilidad de fibroblastos con la aplicación de UST a 1 MHz y con intensidades entre 0.5 a 3 W/cm² luego de cinco minutos de exposición^{32,241}. Sin embargo, el rol que podría tener la reparación tisular sobre los síntomas de pacientes con OA de rodilla es cuestionable teniendo en cuenta el número de sesiones y la zona de aplicación del UST en este estudio. Este tema podría ser evaluado en estudios futuros.

En relación a lo anterior, Dinno y Cols²⁴² sugieren que los cambios celulares, tales como alteraciones en la motilidad, la estimulación de la síntesis y la secreción inducidas por intensidades bajas de UST (SATA entre 0.1 y 0.5 W/cm²) se deben principalmente a los efectos no térmicos del UST, además, estos procesos están asociados a los cambios en la permeabilidad de la membrana celular y al transporte de iones y moléculas a través de ella^{45,242}.

²⁴⁰ MARDIMAN, Sri; WESSEL, Jean y FISHER, Brian. The effect of ultrasound on the mechanical pain threshold of healthy subjects. *En*: Physiotherapy. Diciembre, 1995, vol. 81 no. 12, p. 718 -723.

²⁴¹ LOTA , Meet and DARLING, Aron . Changes in the permeability of the red blood cell membrane in a homogeneous ultrasonic field. *In*: Archives of physical medicine and rehabilitation. October, 1955, vol. 36. P. 282–287.

²⁴² DINNO, Mumtaz, et al. The significance of membrane changes in the safe and effective use of therapeutic and diagnostic ultrasound. *En*: Physics in Medicine and Biology. 1989, vol. 34 no. 11, p. 1543-1552.

En los tejidos epiteliales, tanto in vitro²⁴¹ como in vivo³², se ha demostrado que el UST no sólo puede influenciar las vías de transporte de la membrana celular, sino también la paracelular o vías intercelulares, lo que puede tener un valor terapéutico en los tejidos en reparación, puesto que la recepción y transmisión de señales ambientales en la membrana son procesos que pueden estar implicados en la determinación del destino celular, puesto que puede favorecer la actividad de segundos mensajeros ocasionando alteraciones en la expresión génica, diferenciación y la adquisición de características especiales por las células estimuladas⁴⁵.

Un elemento importante que favorece la hipótesis de la reparación del tejido periarticular y la disminución del dolor es un posible aumento de la vascularización de la zona tratada, dado que el incremento del flujo sanguíneo en los tejidos blandos del compartimiento medial y lateral de la rodilla promueva la liberación de factores de crecimiento y citocinas que favorezcan el proceso de reparación y aumenten el aporte de oxígeno que a su vez, promueva la disminución del dolor y la inflamación²⁴³. En este sentido Rawool N y Cols²⁴³ mediante UST diagnóstico demostraron que el UST pulsado de baja Intensidad aplicado durante 10 días como en el presente estudio, favoreció el aumento significativo de la vascularización en la osteotomía de cúbito en perros, lo cual apoya esta hipótesis.

La disminución de la óxido nítrico sintetasa (ONS) es otra posible explicación para el efecto del UST sobre la intensidad del dolor. Esta enzima se encargada de la síntesis del óxido nítrico (ON) el cual se asocia con inflamación persistente, dolor

²⁴³ RAWOOL, Nandkumar M., et al. Power Doppler assessment of vascular changes during fracture treatment with low-intensity ultrasound. En: Journal of Ultrasound in Medicine. Febrero, 2003, vol. 22 no. 2, p. 145-153.

crónico²⁴⁰ y destrucción del tejido²⁴⁴, contribuyendo por tanto en mecanismos centrales de hiperalgesia a nivel de la médula espinal²⁴⁵.

Hsieh YL²⁴⁶, evaluó el efecto del UST sobre la ONS a nivel espinal en las láminas I–II, III–IV, V–VI del asta dorsal en ratas sometidas a OA inducida por coadyuvante de Freund, encontrando que el UST pulsado a una SATA de 0.5 W/cm², 1 MHz y un tiempo de aplicación de 5 minutos disminuyó la ONS en las mismas láminas, tanto en el grupo de fonoforesis con diclofenaco como en el grupo de UST en comparación al grupo placebo²⁴⁶.

Por último, la teoría de la compuerta del dolor desarrollada por Melzack y Wall podría apoyar también los efectos del UST sobre la intensidad del dolor. Esta teoría sugiera la existencia de un sistema que puede limitar la información de las vías del dolor a nivel central, en este sentido las fibras A delta y C facilitan la transmisión abriendo la compuerta del dolor, mientras que las fibras A alfa y beta pueden limitar la transmisión cerrando compuerta¹⁸⁴.

Con la aplicación del UST, el estímulo generado por el contacto del cabezal del UST podría cerrar la compuerta del dolor al activarse un receptor cutáneo mediante la vibración o el tacto, cuya información es transmitida por las fibras gruesas A β (fibras rápidas), las cuales inhiben las células T disminuyendo la información dolorosa conducida por el tracto espinotalámico ascendente cerrando la compuerta del dolor¹⁸⁴. Adicionalmente, el tracto espinotalámico descendente podría modular la información dolorosa liberando péptidos opiáceos endógenos, como encefalinas y dinorfinas que facilitan la disminución de la intensidad del dolor, sin embargo no existe evidencia que el UST genere este efecto¹⁸⁴.

²⁴⁴ MIYASAKA, Nobuyuki e HIRATA, Yukio. Nitric oxide and inflammatory arthritides. En: Life Sciences. Agosto, 1997, vol. 61 no. 21, p. 2073-2081.

²⁴⁵ CANNON, Grant W., et al. Nitric oxide production during adjuvant-induced and collagen-induced arthritis. En: Arthritis and Rheumatism. Octubre, 1996, vol. 39 no.10, p. 1677-1684.

²⁴⁶ HSIEH, Yueh-Ling. Effects of Ultrasound and Diclofenac Phonophoresis on Inflammatory Pain Relief: Suppression of Inducible Nitric Oxide Synthase in Arthritic Rats. En: Physical Therapy. Enero, 2006, vol. 86 no. 1, p. 39-49.

Por otro lado, la zona de tratamiento usada en este estudio pudo haber influenciado también el efecto positivo del UST sobre la intensidad del dolor de los participantes puesto que el UST fue aplicado sobre tendón de la pata de ganso, inserción de la fascia lata, articulación patelofemoral y tibiofemoral, tejidos cuyo alto contenido de colágeno les confiere un coeficiente alto de absorción de la energía del UST^{139,247}.

En este sentido Bakhtiary y Cols.²⁴⁷ reportaron mayor disminución de la intensidad del dolor con UST pulsado aplicado a 1 MHz, SATA de 0.3 W/cm² durante 15 minutos y 15 sesiones en el tratamiento del síndrome del túnel carpiano, en comparación con el láser de baja potencia (9 J, 830 nm), argumentando que la mayor absorción del UST por el tejido tratado favoreció el resultado encontrado.

Binder y Cols.²⁴⁸, aplicaron UST pulsado con los mismos parámetros usados en el presente estudio durante 10 minutos en el tratamiento de la epicondilitis, reportando disminución significativa de la intensidad del dolor en reposo y al movimiento, luego de 12 sesiones de aplicación. Estos resultados apoyan los efectos terapéuticos sobre la intensidad del dolor con la aplicación de UST pulsado de baja intensidad en el tratamiento de lesiones musculoesqueléticas crónicas en zonas con alto contenido de colágeno como la OA de rodilla.

²⁴⁷ BAKHTIARY, Amir y RASHIDY-POUR, Ali. Ultrasound and laser therapy in the treatment of carpal tunnel syndrome. En: The Australian Journal of Physiotherapy. 2004, vol. 50 no. 3, p. 147-151.

²⁴⁸ BINDER, Allan, et al. Is therapeutic ultrasound effective in treating soft tissue lesions? En: British Medical Journal (Clinical Research Ed). Febrero, 1985, vol. 290 no. 6467, p. 512-514.

10.2. EFECTOS EL UST SOBRE LA MOVILIDAD ARTICULAR, LA FUERZA MUSCULAR Y LA CALIDAD DE VIDA EN PERSONAS CON OA DE RODILLA

En este estudio no se reportaron cambios en la movilidad articular, puesto que el promedio de la movilidad articular para la flexión y la extensión de rodilla estuvieron dentro de los parámetros normales para la población del estudio (0-135°)²⁴⁹.

En relación a la fuerza muscular, los resultados de este estudio reportaron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza muscular del cuádriceps al finalizar la intervención. Esto podría explicarse por un efecto desinhibitorio de la musculatura del cuádriceps. Está bien descrito en la literatura que durante procesos patológicos articulares crónicos como es el caso de la OA, se altera la excitabilidad de vías reflejas espinales y supra espinales que limitan la activación de las motoneuronas alfa (MN α), de los músculos relacionados con la articulación, generando inhibición refleja continua de dicha musculatura lo cual se conoce como inhibición muscular artrogénica (IMA)⁹⁹.

Así, a partir de la disminución de la intensidad del dolor, disminuyen a su vez las aferencias de los mecanorreceptores de Paccini y las terminaciones nerviosas libres, disminuye la inhibición de la vía *Ib*, lo que facilitaría la activación de las MN α y por tanto el reclutamiento de fibras musculares, aumentando así la fuerza muscular²⁵⁰.

Por otro lado, el UST pulsado podría activar los receptores sensibles a los cambios de longitud mediante el contacto firme con el tejido cutáneo o por el movimiento del cabezal en la zona de tratamiento, lo cual aumentaría las aferencias de la vía *Ia* facilitando la coactivación gamma-alfa mejorando así la

²⁴⁹ WALKER, Joan, et al. Active mobility of the extremities in older subjects. En: Physical Therapy. Junio, 1984, vol. 64 no. 6, p. 919-923.

²⁵⁰ RICE, David Andrew y MCNAIR, Peter John. Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: Neural mechanisms and treatment perspectives. En: Seminars in Arthritis & Rheumatis. Diciembre, 2010, vol. 40 no. 3, p. 250-266.

activación muscular completa²⁵¹. Sin embargo, en la literatura revisada no hay estudios que evalúen los efectos del UST sobre la IMA y las variables analizadas en nuestro estudio no permiten corroborar esta hipótesis. Estudios futuros podrían verificar el efecto del UST sobre la activación del músculo cuádriceps a través del análisis del reflejo H y la tasa de activación central²⁵⁰.

La disminución de la fuerza muscular del cuádriceps se considerada un factor predictor del avance de la OA^{116,117}, un factor de riesgo para artroplastia de rodilla en estos pacientes²⁵² y también un factor predictor preoperatorio de la funcionalidad posterior a una artroplastia de rodilla²⁵³. Kato y Cols²⁵⁴ evaluaron mediante dinamometría manual la fuerza muscular del cuádriceps necesaria para realizar actividades funcionales como la marcha en adultos mayores luego de una fractura en el cuello del fémur, determinando que la fuerza muscular de cuádriceps entre 0.16 y 0.22 kgf/kg (kilogramos-fuerza/kilogramos) aumenta el riesgo de necesitar una órtesis para realizar la marcha.

En nuestro estudio los participantes presentaron 0.22 kgf/kg en la fuerza muscular del cuádriceps en la evaluación inicial y al finalizar la intervención la fuerza muscular aumento en promedio 0.25 kgf/kg, lo que podría indicar una mejoría funcional en los participantes²⁵⁴.

De los estudios revisados en los que fue aplicado UST pulsado únicamente Huang y Cols^{30,40} evaluaron la fuerza del cuádriceps, sin embargo, el aumento de la fuerza muscular obtenido por estos autores no es comparable al obtenido en el

²⁵¹ THEWS, Gerhard; MUTSCHLER, Ernst y VAUPEL, Peter. Órganos de los sentidos. En: Anatomía, Fisiología y patofisiología del hombre. 1 edición. España: Editorial Reverté S.A, 1993. p. 574-635.

²⁵² ZENI, Joseph; AXE, Michael y SNYDER-MACKLER, Lynn. Clinical predictors of elective total joint replacement in persons with end-stage knee osteoarthritis. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [06 Mayo de 2010]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2877653/>).

²⁵³ MIZNER, Ryan, et al. Preoperative quadriceps strength predicts functional ability one year after total knee arthroplasty. En: The Journal of Rheumatology. Agosto, 2005, vol. 32 no. 8, p. 1533-1539.

²⁵⁴ KATOH, Munenori y KANEKO, Yoshihiro. An Investigation into Reliability of Knee Extension Muscle Strength Measurements, and into the Relationship between Muscle Strength and Means of Independent Mobility in the Ward: Examinations of Patients Who Underwent Femoral Neck Fracture Surgery. En: Journal of Physical Therapy Science. Enero, 2014, vol. 26 no. 1, p. 15-19.

presente estudio, puesto que dentro de las intervenciones planteadas en estos dos trabajos se incluyó un plan de fortalecimiento muscular del cuádriceps junto con las intervenciones de UST.

Este estudio ha sido el único en evaluar el efecto del UST sobre el constructo de calidad de vida; esta evaluación es importante porque permite valorar los beneficios de las intervenciones aplicadas en pro del bienestar de los pacientes, además proporciona evidencia sobre el impacto de las mismas en aspectos de la vida de las personas que van más allá de los tratados en el ámbito clínico²³. El OMERACT recomienda el uso de instrumentos de autorreporte como el WOMAC y la escala de Lequesne para evaluar las intervenciones en personas con OA, sin embargo, estos instrumentos evalúan funcionalidad y no calidad de vida^{215,216}.

En este sentido, este trabajo evaluó el constructo de calidad de vida con un instrumento específico para personas con OA de rodilla y cadera OOAQOL el cual incluye cinco atributos del constructo de calidad de vida que se ven directamente influenciados por la patología como el dolor, la actividad física, la salud mental, el soporte social y las actividades sociales²¹³.

Los resultados de este estudio reportaron un aumento significativo en cuatro de los cinco atributos que componen el instrumento de calidad de vida OOAQOL, actividad física, dolor, salud mental y actividades sociales, aunque ninguno de los resultados estadísticamente significativos alcanzó el punto de corte planteado para este instrumento, los atributos de dolor y función estuvieron muy cercanos al mismo, por lo cual estos resultados muestran una clara tendencia al mejoramiento de la calidad de vida teniendo en cuenta que el aumento en estos dos atributos fue de 66% y 42% respectivamente, lo que refleja el resultado obtenido en la disminución de la intensidad del dolor y el aumento en la funcionalidad como también ha sido reportado en otros estudios^{22,23}.

Dada la multidimensionalidad del constructo de calidad de vida y la dificultad para determinar la percepción de la persona sobre cómo impacta la enfermedad todas sus esferas y a su vez determinar en qué medida estas cambian con la intervención²³ resulta difícil poder detectar cambios significativos favorables finalizadas 10 sesiones de tratamiento, es probable que un número mayor de sesiones de tratamiento puedan generar cambios significativos (puntos de corte) en la calidad de vida de las personas con OA de rodilla.

En conclusión y con base en la hipótesis de este trabajo de investigación es probable que la disminución del dolor en los tres constructos evaluados alcanzada al finalizar las 10 sesiones de intervención haya favorecido el aumento de la fuerza muscular del cuádriceps por los mecanismos neurales ya descritos, lo que contribuyó con el aumento de la funcionalidad y a su vez favoreció la tendencia al aumento de la calidad de vida de los participantes. Sin embargo, dadas las limitaciones propias del diseño metodológico utilizado en este estudio es necesario que los efectos obtenidos sean verificados por ensayos clínicos controlados y estudios *in vitro* e *in vivo* que evalúen las hipótesis planteadas en este estudio buscando dilucidar los mecanismos por los cuales el UST pudo alcanzar los efectos positivos en este estudio.

10.3. ASOCIACIÓN DE LAS COVARIABLES A LOS CAMBIOS SIGNIFICATIVOS DE LAS VARIABLES DE RESULTADO

A continuación se discutirá sobre las covariables que se asociaron a los cambios significativos en las variables de resultado, intensidad del dolor al reposo y al finalizar actividades funcionales, al igual que la funcionalidad y fuerza muscular del cuádriceps.

El modelo de regresión logística binomial evidenció que los factores de riesgo que interfieren con la disminución de la intensidad del dolor al reposo fueron el

sobrepeso, la obesidad, la presencia de signos de OA patelofemoral y la baja escolaridad, así mismo, esta última fue también la única covariable asociada como factor de riesgo a los cambios significativos de la intensidad del dolor al finalizar actividades funcionales.

La asociación entre la intensidad del dolor al reposo y las covariables sobrepeso, la obesidad y la presencia de signos de OA patelofemoral parece ser lógica, teniendo en cuenta que el sobrepeso y la obesidad son los principales factores biomecánicos intrínsecos que predisponen al desarrollo de la OA y por tanto a la perpetuación de los síntomas como el dolor¹¹².

Rosales A y Cols²⁵⁵ en un estudio observacional con el fin de determinar la relación entre el IMC, el dolor y la funcionalidad en personas con OA sometidos a tratamiento clínico recomendado por la OARSI¹, reportaron que independientemente del grado de severidad de la OA, el grupo de personas con elevado IMC empeoraron la sintomatología del dolor y disminuyeron la funcionalidad, de igual manera, el grupo con mayor IMC mostró menor disminución de la intensidad del dolor como fue reportado en nuestro estudio.

En relación a la OA patelofemoral, parece asociarse a mayor presión de la patela sobre el fémur^{256,257,258} y con el dolor principalmente en la zona anterior de la rodilla y las limitaciones en la funcionalidad como fue reportado por Farrokhi S y Cols²⁵⁹.

²⁵⁵ ROSALES, Andrés de la Espriella, et al. Obesity, osteoarthritis and clinical treatment. En: Acta Ortopédica Brasileira. 2014, vol. 22 no. 3, p. 136-139.

²⁵⁶ ARCHIBECK, Michael, et al. Knee reconstruction. En: Orthopaedic Knowledge Update 7. American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2002, p. 513-520.

²⁵⁷ WILLIAMS, Riley, et al. The short term outcome of surgical treatment for painful varus arthritis in association with chronic all deficiency. En: The Journal of Knee Surgery. Enero, 2003, vol. 16 no. 1, p. 9-16.

²⁵⁸ PETERSEN, Wolf, et al. The Patella Pro study - effect of a knee brace on patellofemoral pain syndrome: design of a randomized clinical trial. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [10 Junio de 2014]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4089925/>).

²⁵⁹ FARROKHI, Shawn, et al. Association of severity of coexisting patellofemoral disease with increased impairments and functional limitations in patients with knee osteoarthritis. En: Arthritis Care & Research (Hoboken). Abril, 2013, vol. 65 no. 4, p. 544-551.

Por otro lado, estudios en cadáveres han demostrado que la OA patelofemoral es un hallazgo común en personas con OA tibiofemoral. Noble y Hamblen²⁶⁰ reportaron que la OA patelofemoral estuvo presente en el 79% de 100 cadáveres mayores de 65 años de edad, asociada también a la OA tibiofemoral. Según los hallazgos de nuestro estudio, la OA patelofemoral es un factor de riesgo que dificulta alcanzar los cambios significativos con las intervenciones del UST sobre la intensidad del dolor al reposo y que estuvo asociado a la OA tibiofemoral en el 94.1% de los casos.

En relación al nivel bajo de escolaridad, una de las razones que puede explicar su relación con la intensidad del dolor tiene que ver con la ocupación puesto que personas con bajo nivel de escolaridad podrían ocuparse en actividades que suelen demandar actividad física vigorosa y así predisponer al dolor musculoesquelético principalmente en las articulaciones de toma de peso como la cadera y la rodilla^{261,262}.

Adicionalmente, la población con bajo nivel de escolaridad podría tener limitaciones en el acceso oportuno a los servicios de salud²⁶³, por lo cual, cualquier enfermedad puede generar deterioro en la salud antes de ser diagnosticada. Sin embargo estos aspectos no fueron evaluados en el presente estudio.

En cuanto a las covariables que tuvieron relación con la funcionalidad se determinaron la presencia de OA patelofemoral y la práctica de actividad física

²⁶⁰ NOBLE, Jonathan y HAMBLEN, David. The pathology of the degenerate meniscus lesion. En: The Journal of Bone Joint Surgery. British volume. Mayo, 1975, vol. 57 no. 2, p. 180-186.

²⁶¹ ABRAÍDO-LANZA, Ana, et al. Health status, activity limitations, and disability in work and housework among Latinos and non-Latinos with arthritis: an analysis of national data. En: Arthritis and Rheumatism. Junio, 2006, vol. 55 no. 3, p. 442-450.

²⁶² FELSON, David, et al. Occupational physical demands, knee bending, and knee osteoarthritis: results from the Framingham Study. En: The Journal of Rheumatology. Octubre, 1991, vol. 18 no. 10, p. 1587-1592.

²⁶³ KNIGHT, Joshua, et al. The association of disability and pain with individual and community socioeconomic status in people with hip osteoarthritis. En: The Open Rheumatology Journal. [En línea]. [18 Octubre de 2011], no. 5. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3204417/?report=reader#!po=2.38095>), p. 51-58.

vigorosa como factores que retardan los cambios significativos, mientras que el compromiso bilateral y el grado de severidad favorecen estos cambios.

En relación con lo anterior, los cambios estructurales relacionados con la coexistencia de la OA patelofemoral y tibiofemoral puede ser más importantes, puesto que esta podría estar relacionada con el dolor y una mayor pérdida de la funcionalidad como fue reportado en nuestro estudio. Farrokhi S y Cols²⁵⁹ indicaron que la presencia de OA tibiofemoral coexistente con OA patelofemoral se asoció no solo con mayor intensidad del dolor sino también con disminución de la fuerza del cuádriceps, menor movilidad articular, así como a la disminución en el desempeño en actividades de elevación y la marcha en comparación con aquellos participantes que presentaban únicamente OA tibiofemoral.

Nuestros hallazgos son similares a los de Farrokhi S y Cols²⁵⁹, puesto que la presencia de OA patelofemoral no solo retarda los cambios significativos sobre la intensidad del dolor al reposo sino también influyó negativamente sobre la funcionalidad.

Por otro lado, el análisis multivariado mostró asociación negativa entre los cambios significativos en la funcionalidad y el nivel de actividad física vigorosa. La relación entre la actividad física y la OA de rodilla es compleja²⁶⁴, algunos autores sugieren que el ejercicio físico puede causar o acelerar la OA^{265,266}, mientras que otros autores promueven el ejercicio físico como un modo de prevención y tratamiento^{267,268}.

²⁶⁴ MOSHER, Timothy; LIU, Yi y TOROK, Collin. Functional cartilage MRI T2 mapping: evaluating the effect of age and training on knee cartilage response to running. En: Osteoarthritis Cartilage. OARSI Osteoarthritis Research Society International. Marzo, 2010, vol. 18 no. 3, p. 358-364.

²⁶⁵ SPECTOR, Tim, et al. Risk of osteoarthritis associated with long-term weight-bearing sports: a radiologic survey of the hips and knees in female ex-athletes and population controls. En: Arthritis and Rheumatism. Junio, 1996, vol. 39 no. 6, p. 988-995.

²⁶⁶ CHENG, Yiling, et al. Physical activity and self-reported, physician-diagnosed osteoarthritis: is physical activity a risk factor? En: Journal of Clinical Epidemiology. Marzo, 2000, vol. 53 no. 3, p. 315-322.

²⁶⁷ ROGERS, Laura, et al. The association between joint stress from physical activity and self-reported osteoarthritis: an analysis of the Cooper Clinic data. En: Osteoarthritis Cartilage. OARSI Osteoarthritis Research Society International. Agosto, 2002, vol. 10 no. 8, p. 617-622.

De acuerdo con Lin W y Cols²⁶⁹, el nivel de actividad física vigorosa y el sedentarismo aceleran la degeneración bioquímica del cartílago articular y aumentan la sintomatología clínica de los participantes, reportando además que la práctica de actividad física vigorosa retarda el aumento en la funcionalidad, lo cual es consistente con nuestros hallazgos²⁶⁹.

Además, el modelo multivariado evidenció que el compromiso bilateral y mayor grado de severidad de la OA son covariables que favorecen los cambios significativos en la funcionalidad. En este estudio se incluyeron 17 participantes de los cuales 13 presentaron OA bilateral, de manera que la aplicación del UST se hizo en ambas articulaciones comprometidas y por tanto el efecto terapéutico de la aplicación pudo favorecer el aumento de la funcionalidad en estos participantes.

En cuanto al grado de severidad, la literatura revisada no muestra asociación entre el grado de severidad radiográfica de la OA y la funcionalidad evaluada por autorreporte^{18,270}. Sin embargo, en nuestro estudio se usó el test de marcha de seis minutos para determinar la funcionalidad y la literatura muestra como característica del test la variabilidad de los resultados de este según el grado de motivación que tenga el participante en el momento de la prueba²⁰⁷, por lo cual es posible que los participantes que presentaron mayor grado de deterioro articular presentaran mayor grado de motivación durante el desarrollo de las pruebas, generando así esta asociación durante el análisis, sin embargo el grado de motivación no fue evaluado en este estudio ni en estudios que han evaluado esta asociación.

²⁶⁸ ROOS, Ewa y DAHLBERG Leif. Positive effects of moderate exercise on glycosaminoglycan content in knee cartilage: a four-month, randomized, controlled trial in patients at risk of osteoarthritis. En: Arthritis and Rheumatism. Noviembre, 2005, vol. 52 no. 11, p. 3507-3514.

²⁶⁹ LIN, Wensheng, et al. Physical activity in relation to knee cartilage T2 progression measured with 3 T MRI over a period of 4 years: data from the Osteoarthritis Initiative. En: Osteoarthritis and cartilage. OARSI, Osteoarthritis Research Society International. [En línea]. [21 Octubre de 2013] disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3874212/>).

²⁷⁰ CUBUKCU, Duygu; SARSAN, Ayse y ALKAN, Hakan. Relationships between Pain, Function and Radiographic Findings in Osteoarthritis of the Knee: A Cross-Sectional Study. [En línea]. [19 Noviembre de 2012] disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3506881/>).

Otra de las variables de resultado que alcanzó cambios significativos fue la fuerza muscular del cuádriceps. De acuerdo con el modelo multivariado, la edad de los participantes fue la única variable asociada al cambio significativo en la fuerza muscular. Este resultado es coherente si se tiene en cuenta que ha sido reportado que la fuerza muscular alcanza el pico máximo entre los 25 y 35 años, se muestra levemente disminuida entre los 40 y 49 años de edad y luego decae un 14% después de los 50 años de edad^{271,272}. De manera que el envejecimiento genera cambios en el contenido proteico muscular y por tanto también en la función muscular, lo cual favorece la disminución de la fuerza muscular y además tiene implicaciones en la funcionalidad de los adultos mayores lo cual ya ha sido reportado en la literatura en igual proporción para el cuádriceps en ambos géneros²⁷³.

Las covariables fueron evaluadas y analizadas en este estudio puesto que pueden favorecer o no resultados positivos de la aplicación del UST sobre las variables de salida. De manera que, si bien la intervención aplicada mostró efectos benéficos sobre las variables clínicas de interés, estos fueron influenciados por características propias de los participantes incluidos. Por tanto, dichas covariables deben ser tenidas en cuenta al considerar el uso del UST pulsado con los parámetros empleados en este trabajo en personas con OA de rodilla y durante la evaluación del alcance de los objetivos terapéuticos.

²⁷¹ ASMUSSEN, Erling y HEEBOLL, Nielsen. Isometric muscle strength in relation to age in men and women. En: Ergonomics. 1962, vol. 5 no. 1, p. 167-169.

²⁷² LINDLE, Rosemary, et al. Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20–93 yr. En: Journal of Applied Physiology. Noviembre, 1997, vol. 83 no. 5, p. 1581–1587.

²⁷³ LYNCH, Nicole A, et al. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. En: Journal of Applied Physiology. Enero, 1999, vol. 86 no. 1, p. 188-194.

10.4. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Dentro de las limitaciones de este estudio se encuentra principalmente el diseño cuasi-experimental, puesto que no hubo asignación aleatoria ni un grupo control que permitiera la comparación de los resultados obtenidos en el grupo de intervención, en este sentido, la muestra fue seleccionada por conveniencia, por lo cual el sesgo potencial de selección estuvo presente.

En este estudio no fueron incluidas covariables como la alineación de los miembros inferiores, la ocupación y las actividades laborales desempeñadas, el nivel de actividad física desarrollado los días anteriores a la prueba inicial de funcionalidad, las cuales pudieron influenciar los resultados obtenidos.

10.5. FORTALEZAS

Este trabajo es el primero en Colombia en investigar el uso del UST en personas con OA de rodilla y el único en la literatura revisada en evaluar el efecto del UST sobre los tres constructos de la intensidad del dolor en reposo, a la palpación y al finalizar actividades funcionales. Así mismo la evaluación del efecto de cinco sesiones de tratamiento con UST se constituye en una fortaleza teniendo en cuenta el contexto de la práctica clínica del fisioterapeuta en Colombia.

Se determinaron los puntos de corte que permitieron un acercamiento al grado de variabilidad de los instrumentos y pruebas empleados en este estudio. De igual forma, en este estudio se determinaron, evaluaron, analizaron y reportaron las covariables que consideramos podrían influir en los resultados obtenidos en las variables de salida.

Este estudio incluyó la evaluación del constructo de calidad de vida con un instrumento específico para su evaluación en personas con OA de rodilla con el fin de determinar el impacto de la intervención sobre otras dimensiones del ser humano.

11. CONCLUSIONES

La aplicación de cinco sesiones de UST con los parámetros empleados disminuye significativamente la intensidad del dolor al reposo y a la palpación. Mientras que diez sesiones de tratamiento disminuyeron la intensidad del dolor al reposo, a la palpación y al finalizar actividades funcionales, además aumentan la fuerza muscular del cuádriceps y la funcionalidad de las personas tratadas, siendo por tanto una modalidad física indicada en personas con OA de rodilla.

Los resultados de la aplicación del UST sobre la intensidad del dolor pueden verse influenciados por la escolaridad, el sobrepeso, la obesidad, los signos de OA patelofemoral y el compromiso de la OA. En relación a la fuerza muscular, la covariable que puede influenciar los resultados de la aplicación del UST es la edad. Mientras que el efecto del UST sobre la funcionalidad de los participantes puede verse influenciado por el compromiso bilateral, el grado de severidad, la presencia de signos de OA patelofemoral y la práctica de actividad física vigorosa.

A pesar de las limitaciones del diseño metodológico empleado en este trabajo, los resultados obtenidos favorecen la recomendación del uso del UST pulsado con los parámetros de aplicación utilizados en este estudio en escenarios de práctica clínica, dada la alta prevalencia de la patología y el uso frecuente de esta modalidad física en los servicios de fisioterapia. Estudios futuros tipo ensayos clínicos controlados deberán verificar los efectos obtenidos.

Con base en los resultados del análisis de las covariables, es importante que durante la toma de decisiones clínicas para el manejo fisioterapéutico de personas con OA de rodilla, el profesional tenga en cuenta que características propias de la población a intervenir podrán influenciar el alcance de los objetivos terapéuticos planteados.

El instrumento de evaluación de la calidad de vida en personas con OA de rodilla (OOAKHQOL), mostró propiedades psicométricas confiables, constituyéndose en una herramienta útil durante la evaluación del efecto de la intervención fisioterapéutica sobre la calidad de vida de personas con OA. Estudios de pruebas diagnósticas podrían evaluar las propiedades psicométricas de dicho instrumento en muestras poblacionales grandes en el contexto colombiano, con el fin de validar y recomendar su uso en la práctica clínica.

12. RECOMENDACIONES

Realizar estudios experimentales *in vitro* y en modelos animales que permitan probar las hipótesis sobre los mecanismos por los cuales el UST pulsado puede tener efectos fisiológicos sobre la intensidad del dolor y la fuerza muscular en OA.

Desarrollar ensayos clínicos controlados con los parámetros aplicados en este estudio, incluyendo un grupo placebo con el fin de evaluar el efecto del UST pulsado y el placebo en las variables de resultado. Además, sería importante determinar el efecto combinado de la aplicación del UST con un plan de ejercicios de fortalecimiento muscular y evaluar el efecto del UST pulsado sobre el proceso de reparación del cartílago articular en humanos.

Teniendo en cuenta que el OOAKHQOL es un instrumento específico para OA de rodilla y es de acceso libre, evaluar la confiabilidad y validez del instrumento en el contexto colombiano sería importante para validar su uso en la investigación.

BIBLIOGRÁFICAS

ABRAÍDO-LANZA, Ana, et al. Health status, activity limitations, and disability in work and housework among Latinos and non-Latinos with arthritis: an analysis of national data. En: Arthritis and Rheumatism. Junio, 2006, vol. 55 no. 3, p. 442-450.

ACOSTA, Naydú; PEÑALOZA, Rolando y RODRÍGUEZ, Jesús. Carga de enfermedad Colombia 2005: Resultados Alcanzados. Documento Técnico ASS/1502-08. Bogotá: Ministerio de la Protección Social. Octubre, 2008. 94p.

AIGNER, Aigner; SÖDER, Stefan; GEBHARD Pia et al. Mechanisms of disease: role of chondrocytes in the pathogenesis of osteoarthritis--structure, chaos and senescence. In: Nature Reviews Rheumatology. Vol.,; 3. Issue 7 (Jul. 2007); p. 391-399.

ALKAN, Berat Meryem, et al. Quality of life and self-reported disability in patients with knee osteoarthritis. En: Modern Rheumatology. Enero, 2014, vol. 24 no. 1, p. 166-171.

ALTMAN, Douglas. Et al. The revised CONSORT statement for reporting randomized trials: explanation and elaboration. En: Annals of Internal Medicine. Abril, 2001, vol. 134 no. 8, p. 663-694.

_____, Roy Davis. Practical Considerations for the Pharmacologic Management of Osteoarthritis. En: The American Journal of Managed Care. Septiembre, 2009, vol. 15 no. 8, p. 236-244.

_____, Roy; ASCH, Elizabeth; BLOCH, Daniel et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. In Arthritis & Rheumatism. Vol.,; 29. Issue 8 (Aug. 1986); p. 1039-1049.

AMERICAN THORACIC SOCIETY. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. En: American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. Julio, 2002, vol. 166 no. 1, p. 111-117.

ARCHIBECK, Michael, et al. Knee reconstruction. En: Orthopaedic Knowledge Update 7. American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2002, p. 513-520.

ARDEN, Nigel y NEVITT, Michael. Osteoarthritis: Epidemiology. En: Clinical Rheumatology. Febrero, 2006, vol. 20 no. 1, p. 3-25.

AROKOSKI, Jari. Pain in hip and knee osteoarthritis. En: Pain Management. Mayo, 2014, vol. 4 no. 3, p. 177-1780.

ASMUSSEN, Erling y HEEBOLL, Nielsen. Isometric muscle strength in relation to age in men and women. En: Ergonomics. 1962, vol. 5 no. 1, p. 167-169.

ATESHIAN, Gerard and MOW, Van. Friction, lubrication, and wear of articular cartilage and diarthrodial joints. In: MOW, Van and HUISKES, Rik. Basic Orthopaedic Biomechanics and Mechano-Biology. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 3rd ed, 2005. p. 447-494.

BAKER, Kerry; ROBERTSON, Valma y DUCK, Francis. A Review of Therapeutic Ultrasound: Biophysical Effects. En: Physical Therapy. Julio, 2001, vol. 81 no. 7, p. 1351-1358.

BAKHTIARY, Amir y RASHIDY-POUR, Ali. Ultrasound and laser therapy in the treatment of carpal tunnel syndrome. En: The Australian Journal of Physiotherapy. 2004, vol. 50 no. 3, p. 147-151.

BASMAJIAN, John. Physical rehabilitation outcome measures. Maryland: William and Wilkins, 1995. 221 p.

BINDER, Allan, et al. Is therapeutic ultrasound effective in treating soft tissue lesions? En: British Medical Journal (Clinical Research Ed). Febrero, 1985, vol. 290 no. 6467, p. 512-514.

BITTON, Ryan. The Economic Burden of Osteoarthritis. En: The American Journal of Managed Care. Septiembre, 2009, vol. 15 no. 8, p. 230-235.

BJORDAL, Jan, et al. Short-term efficacy of physical interventions in osteoarthritic knee pain. A systematic review and meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. En: BMC Musculoskelet Disord. Junio, 2007, vol. 8, p. 51-65.

_____ et al. Short-term efficacy of physical interventions in osteoarthritic knee pain. A systematic review and meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. En: BMC Musculoskelet Disord. Junio, 2007, vol. 8, p. 51-58.

BLAND, Martin y ALTMAN, Douglas. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. En: The lancet. Febrero, 1986, vol. 327 no. 8476, p. 307-310.

BOHANNON, Richard. Quantitative testing of muscle strength: Issues and practical options for the geriatric population. En: Topics in Geriatric Rehabilitation. Diciembre, 2002, vol. 18 no. 2, p. 1-17.

BOONSTRA, Anne, et al. Reliability and validity of the visual analogue scale for disability in patients with chronic musculoskeletal pain. En: International Journal of Rehabilitation Research. Junio, 2008, vol. 31 no. 2, p. 165-169.

BRANDT, Kenneth; DIEPPE, Paul and RADIN, Eric. Etiopathogenesis of osteoarthritis. In: Rheumatic Disease Clinics. Vol.; 34. Issue 3 (Aug. 2008); p. 531-559.

_____; DIEPPE, Paul and RADIN, Eric. Etiopathogenesis of osteoarthritis. In: Medical Clinics of North America. Vol.; 93. Issue 1 (Jan. 2009); p. 1-24.

BUCHANAN, Watson y KEAN, Walter. Osteoarthritis IV: Clinical therapeutic trials and treatment, review. En: Inflammopharmacology. Febrero, 2002, vol. 10 no. 1, p. 79-155.

BURNHAM, Robert, et al. Shoulder abduction strength measurement in football players: Reliability and validity of two field tests. En: Clinical Journal of Sport Medicine. Abril, 1995, vol. 5 no. 2, p. 90-94.

CABRINI, Rómulo y OTAÑO Arturo. Biología del tejido óseo y crecimiento óseo. En: SILBERMAN, Fernando y VARAONA, Óscar. Ortopedia y Traumatología. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 3ra edición, 2010. p. 5-11.

CAKIR, Serap, et al. Efficacy of therapeutic ultrasound for the management of knee osteoarthritis: a randomized, controlled, and double-blind study. En: American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. Mayo, 2014, vol. 93 no. 5, p. 405-412.

CAMERON, Michelle H. Ultrasound. En: Physical Agents in Rehabilitation: From Research to Practice. 4 edición. Filadelfia: WB. Saunders, 1999. p. 173-198.

CANNON, Grant W., et al. Nitric oxide production during adjuvant-induced and collagen-induced arthritis. En: Arthritis and Rheumatism. Octubre, 1996, vol. 39 no.10, p. 1677-1684.

CARTER, Dennis, BEAUPRE, Gary, WONG, Marcy et al. The Mechanobiology of Articular Cartilage Development and Degeneration. In: Clinical Orthopaedics & Related Research. October, 2004, vol. 427, p. S69-S77.

CARTER, Russell; LUBINSKY, Jay y DOMHOLDT, Elizabeth. Statistical reasoning. En: Rehabilitation research. Principles and applications. 4 ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders, 2011. p. 255-275.

CETIN, Nuri, et al. Comparing Hot Pack, Short-Wave Diathermy, Ultrasound, and TENS on Isokinetic Strength, Pain, and Functional Status of Women with Osteoarthritic Knees. *Arm. En: American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. Junio, 2008, vol. 87 no. 6, p. 443-451.

CHAN, Alice; MYRER, William; MEASOM, Gary et al. Temperature changes in human patellar tendon in response to therapeutic ultrasound. In: *Journal of Athletic Training*. Vol.; 33. Issue 2 (Apr.-Jun. 1998); p. 130-135.

CHEN, Ailiang, et al. The Global Economic Cost of Osteoarthritis: How the UK Compares. *En: Arthritis*. [En línea]. [02 Octubre de 2012]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3467755/>).

CHENG, Yiling, et al. Physical activity and self-reported, physician-diagnosed osteoarthritis: is physical activity a risk factor? *En: Journal of Clinical Epidemiology*. Marzo, 2000, vol. 53 no. 3, p. 315-322.

CIBULKA, Michael; WHITE, Douglas; WOEHRLE, Judith et al. Hip pain and mobility deficits hip osteoarthritis: clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability, and health from the orthopaedic section of the American Physical Therapy Association. In: *Journal of Orthop & Sports Physical Therapy*. Vol.; 39. Issue 4 (Apr. 2009); p. 1-25.

CLINTON, Rubin, et al. The use of low-intensity ultrasound to accelerate the healing of fractures. Current concepts review. *En: The Journal of Bone and Joint Surgery*. Febrero, 2001, vol. 83 no. 2, p. 259-270.

COLLINS, Natalie J., et al. Measures of Knee Function. *En: Arthritis Care & Research*. Noviembre, 2011, vol. 63 no. 11, p. 208–228.

COOK, Stephen, et al. Improved cartilage repair after treatment with low-intensity pulsed ultrasound. *En: Clinical Orthopaedics & Related Research*. Octubre, 2001, no. 391, p. 231-243.

CORADINI, Josinéia Gresele, et al. Comparison of low level laser, ultrasonic therapy and association in joint pain in Wistar rats. *Revista Brasileira de Reumatologia*. Enero-Febrero, 2014, vol. 54 no. 1, p. 7-12.

CORTÉS, Mario. Guías de práctica clínica para el tratamiento de la osteoartritis de cadera, rodilla y mano. En: *Revista Colombiana de Reumatología*. Vol.; 9. No. 1 (Mar. 2002); p. 15-17.

CRISWELL, Celeste, WESTBROOK, Roxie, MORRISEY, Matthew et al. Physical Therapy Treatment of Knee Extensor Mechanism Disorders: Comparison of Four Treatment Modalities. In: The journal of orthopaedic and sports physical therapy. Noviembre 1986, vol. 8 no 5, p. 255-259.

CUBUKCU, Duygu; SARSAN, Ayse y ALKAN, Hakan. Relationships between Pain, Function and Radiographic Findings in Osteoarthritis of the Knee: A Cross-Sectional Study. [En línea]. [19 Noviembre de 2012] disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3506881/>).

CURTIS, Charles; SALMAN, Mo y SHOTT, Susan. Power and sample size. En: Journal of the American Veterinary Medical Association. Octubre, 1990, vol. 197 no. 7, p. 838-840.

D'AGOSTINO, Mark W., et al. EULAR report on the use of ultrasonography in painful knee osteoarthritis. Part 1: prevalence of inflammation in osteoarthritis. En: Annals of the Rheumatic Diseases. Diciembre, 2005, vol. 64 no. 12, p. 1703-1709.

DANISOVIC, Lubos; VARGA Ivan; ZAMBORSKÝ, Radoslav et al. The tissue engineering of articular cartilage: cells, scaffolds and stimulating factors. In: Experimental Biology and Medicine. Vol.; 237. Issue 1 (Jan. 2012); p. 10-17.

DE ABAJO, Francisco. La declaración de Helsinki VI: Una revisión necesaria, pero ¿suficiente? En: Revista Española de Salud Pública. Septiembre, 2001, vol. 75 no. 5, p. 407-420.

DEAN, Elizabeth. Physical therapy in the 21st century (Part II): Evidence-based practice within the context of evidence-informed practice. In: Physiotherapy Theory and Practice. mayo, 2009, vol. 25, p.354-368.

_____. Physical therapy in the 21st century (Part I): Toward practice informed by epidemiology and the crisis of the lifestyle condition. In: Physiotherapy Theory and Practice. mayo, 2009, vol. 25, p.330-53.

DEMCHAK, Timothy and STONE, Marcus. Effectiveness of clinical ultrasound parameters on changing intramuscular temperature. In: Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Vol.; 36. Issue 5 (May. 2006); p. 320.325.

DEYLE, Gail. Physical therapy treatment effectiveness for osteoarthritis of the knee: A randomized comparison of supervised clinical exercise and manual therapy procedures versus a home exercise program. En: Physical Therapy. Diciembre, 2005, vol. 85 no. 12, p. 1301-1317.

DIARMID, Theresa , ZISKIN Marvin, MICHLOVITZ Susan. Therapeutic Ultrasound. En: Wolf S. Thermal agent in rehabilitation. 3^a ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 1996. p. 168-207.

DINNO, Mumtaz, et al. The significance of membrane changes in the safe and effective use of therapeutic and diagnostic ultrasound. En: Physics in Medicine and Biology. 1989, vol. 34 no. 11, p. 1543-1552.

DRAPER, David and PRENTICE, William. Therapeutic Ultrasound. In: PRENTICE, William. Therapeutic modalities in rehabilitation. Fourth Edition. Bogotá: McGrawHill, 2011. 363-416p.

_____ and SUNDERLAND, Scott. Examination of the law of grotthus-drauer: does ultrasound penetrate subcutaneous fat in humans?. In: Journal of Athletic Training. Vol.; 28. Issue 3 (1993); p. 246-250.

_____, CASTEL, Chri and CASTEL, Dawn. Rate of Temperature Increase in Human Muscle During 1 MHz and 3 MHz Continuous Ultrasound. In: Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Vol.; 22. Issue 4 (Oct. 1995); p. 142-150.

DRAWER, Scott and FULLER, Colin. Propensity for osteoarthritis and lower limb joint pain in retired professional soccer players. In: British Journal of Sports Medicine. Vol.; 35. Issue 6 (Dec. 2001); p. 402-408.

DREINHÖFER, Karsten, et al. ICF Core Sets for osteoarthritis. En: Journal of Rehabilitation Medicine. Agosto, 2004, vol. 36 no. 44, p. 75-80.

DYSON, Margaret. Mechanisms involved in therapeutic ultrasound. In: Physiotherapy. 1987, vol. 73, p. 116-12.

DYSON, Mary. Non-thermal cellular effects of ultrasound. In: British Journal of Cancer. Vol.; 5. (Mar. 1982); p. 165-71.

EMRANI, Anita; BAGHERI, Hamed; HADIAN, Mohammad-Reza M et al. Isokinetic strength and functional status in knee osteoarthritis. In: Journal of Physical Therapy Science. Vol.; 18 (Jan. 2006); p. 107-114.

ENRIGHT, Paul, et al. The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults. En: Chest. Febrero, 2003, vol. 123 no. 2, p. 387-398.

ERDOGAN, Özgür y ESEN, Emin. Biological Aspects and Clinical Importance of Ultrasound Therapy in Bone Healing. En: Journal of Ultrasound in Medicine. Junio, 2009, vol. 28 no. 6, p. 765-776.

FARCIC, Thiago; BALDAN, Cristiano; CATTAPAN, Carla et al. Treatment time of ultrasound therapy interferes with the organization of collagen fibers in rat tendons. In: Brazilian Journal of Physical Therapy. Vol.; 17. Issue 3 (May.-Jun. 2013); p. 263-271.

FARROKHI, Shawn, et al. Association of severity of coexisting patellofemoral disease with increased impairments and functional limitations in patients with knee osteoarthritis. En: Arthritis Care & Research (Hoboken). Abril, 2013, vol. 65 no. 4, p. 544-551.

FELSON, David, et al. Occupational physical demands, knee bending, and knee osteoarthritis: results from the Framingham Study. En: The Journal of Rheumatology. Octubre, 1991, vol. 18 no. 10, p. 1587-1592.

_____, et al. The incidence and natural history of knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham Osteoarthritis. En: Arthritis and Rheumatism. Octubre, 1995, vol. 38 no. 10, p. 1500-1505.

_____; The sources of pain in knee osteoarthritis. In: Current Opinion Rheumatology. Vol.; 17. Issue 5 (Sep. 2005); p. 624-628.

_____; COUROPMITREE, Nat; CHAISSON, Christine et al. Evidence for a Mendelian gene in a segregation analysis of generalised osteoarthritis. In: Arthritis & Rheumatism. Vol.; 65. Issue 12 (Dec. 1998); p. 1064–1071.

_____; NAIMARK, Allan; ANDERSON, Jennifer et al. The prevalence of knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham Osteoarthritis Study. In: Arthritis & Rheumatism. Vol.; 30. Issue 8 (Aug. 1987); p. 914-918.

FORRIOL, Francisco. El cartílago articular: aspectos mecánicos y su repercusión en la reparación tisular. En: Revista de Ortopedia y Traumatología. Vol.; 46. No 5 (May. 2002); p. 380-390.

GAGLIESE, Lucia. Assessment of pain in Elderly People. En: Handbook of pain assessment. 2 edición. Nueva York: The Guilford Press, 2001. p. 119-123.

GLANSBEEK, Harrie; VAN BEUNINGEN, Henk; VITTERS, Elly et al. Bone morphogenetic protein 2 stimulates articular cartilage proteoglycan synthesis in vivo but does not counteract interleukin-1alpha effects on proteoglycan synthesis and content. In: Arthritis and Rheumatism. Vol.; 40. Issue 6 (Jun. 1997); p. 1020–1028.

GOLDSTEIN, Marc, SCALSITTI, David, CRAIK, Rebecca, et al. The revised research agenda for physical therapy. In: Physical Therapy. Febrero, 2011 vol.91 no. 2, p.165-174.

GONDHALKAR, Gauri and VASANT, Medha. Retrowalking as an Adjunct to Conventional Treatment Versus Conventional Treatment Alone on Pain and Disability in Patients with Acute Exacerbation of Chronic Knee Osteoarthritis: A Randomized Clinical Trial. In: North American Journal of Medical Sciences. Vol.; 5. Issue 2 (Apr. 2013); p. 178–181.

GONZALEZ SÁENZ, Marta, et al. Adaptation and validation of the Osteoarthritis Knee and Hip Quality of Life (OAKHQOL) questionnaire for use in patients with osteoarthritis in Spain. En: Clinical Rheumatology. Diciembre, 2011, vol. 30 no. 12, p. 1563-1575.

GORDIS, Leon. Epidemiology. En: Epidemiology. 4 ed. Philadelphia: Saunders C, 2004. 363 p.

GREENLAND, Sander. Introduction to Regression Modeling. En: Modern Epidemiology. 2 edición. Buenos Aires: Lippincot Williams y Wilkins, 1998. p. 401-432.

GUÉVREMONT, Melanie; MARTEL-PELLETIER, Johanne; MASSICOTTE, Frédéric et al. Human adult chondrocytes express hepatocyte growth factor (HGF) isoforms but not HGF: potential implication of osteoblasts on the presence of HGF in cartilage. In: Journal of Bone Mineral Research. Vol.; 18. Issue 6 (Jun. 2003); p. 1073–1081.

HAAR, Gail. Therapeutic applications of ultrasound. In: Progress in Biophysics and Molecular Biology. Vol.; 93. Issue 1-3 (Jan.-Apr. 2007); p. 111-129.

HANGIANDREOU, Nicholas. AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Topics in US B-mode US: Basic Concepts and New Technology. In: Radiographics. Vol.; 23. Issue 4 (Jul. 2003); p. 1019-1033.

HARTMANN, Antonia, et al. Reproducibility of an isokinetic strength-testing protocol of the knee and ankle in older adults. En: Gerontology. Mayo, 2009, vol. 55 no. 3, p. 259-268.

HAVIV, Barak; BRONAK, Shlomo and THEIN, Rafael. The Complexity of Pain around the Knee in Patients with Osteoarthritis. The Israel Medical Association Journal. Vol.; 15. Issue 4 (Apr. 2013); p. 178-181.

HAYES, Karen; PETERSEN, Cheryl y FALCONER, Judith. An examination of Cyriax's passive motion tests with patients having osteoarthritis of the knee. En: Physical Therapy. Agosto, 1994, vol. 74 no. 8, p. 697-707.

HEIJINK, Andras; GOMOLL, Andreas; MADRY, Henning et al. Biomechanical considerations in the pathogenesis of osteoarthritis of the knee. In: Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. Vol.; 20. Issue 3 (Mar. 2012); p. 423–435.

HELMICK, Charles, et al. Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part I. En: Arthritis and Rheumatism. Enero, 2008, vol. 58 no. 1, p. 15-25.

HENRIKSEN, Marius; ROSAGER, Sara; AABOE, Jens et al. Experimental knee pain reduces muscle strength. The Journal of Pain. Vol.; 12. Issue 4 (Apr. 2011); p. 460-467.

HIRSCH, Rosemarie; Lethbridge Cejku, Margaret; Hanson, Robert et al. Familial aggregation of osteoarthritis. Data from the Baltimore longitudinal study on aging. In: Arthritis & Rheumatism. Vol.; 41. Issue 7 (Jul. 1998); p. 1227–1232.

HOCHBERG, Marc. American college of rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee. En: Arthritis Care & Research. Abril, 2012, vol. 64 no. 4, p. 465-474.

HOOGEBOOM, Thomas, et al. The Dutch Lower Extremity Functional Scale was highly reliable, valid and responsive in individuals with hip/knee osteoarthritis: a validation study. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [02 Julio de 2012]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3406936/>.

HOOPS, Mackenzie; ROSENBLATT, Noah; HURT, Christopher et al. Does lower extremity osteoarthritis exacerbate risk factors for falls in older adults? In: Womens Health (London England). Vol.; 8. Issue 6 (Nov. 2012); p. 685-696.

HOOTMAN, Jennifer M., et al. Physical activity levels among the general US adult population and in adults with and without arthritis. En: Arthritis Care & Research. Febrero, 2003, vol. 49 no. 1, p. 129-135.

HSIEH, Yueh-Ling. Effects of Ultrasound and Diclofenac Phonophoresis on Inflammatory Pain Relief: Suppression of Inducible Nitric Oxide Synthase in Arthritic Rats. En: Physical Therapy. Enero, 2006, vol. 86 no. 1, p. 39-49.

HUANG, Mao-Hsiung, et al. Preliminary results of integrated therapy for patients with knee osteoarthritis. En: Arthritis Care & Research. Diciembre, 2005, vol. 53 no. 6, p. 812-820.

HUANG, Mao-Hsiung, et al. Use of Ultrasound to Increase Effectiveness of Isokinetic Exercise for Knee Osteoarthritis. En: Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. Agosto, 2005, vol. 86 no. 8, p. 1545-1551.

HUMPHREY, Victor. Ultrasound and matter –Physical interactions. In: Progress in Biophysics and Molecular Biology. Vol.; 93. Issue 1-3 (Jan. 2007); p. 195-211.

HYLLESTED, Jacob; VEJE, Knudsen and OSTERGAARD, Keld. Histochemical studies of the Extracellular matrix of human articular cartilage—a review. In: Osteoarthritis and Cartilage. Vol.; 10. Issue 5 (May. 2002); p. 333–343.

ISCRU, Daniel; ANGHELINA, Mirela; AGARWAL, Sudha et al. Changes in surface topologies of chondrocytes subjected to mechanical forces: an AFM analysis. In: Journal of Structural Biology. Vol.; 162. Issue 3 (Jun. 2008); p. 397-403.

IVERSEN, Maura Daly. Managing hip and knee osteoarthritis with exercise: What is the best prescription? En: Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease. Octubre, 2010, vol. 2 no. 5, p. 279-290.

JAKOBSEN, Thomas, et al. Reliability of knee joint range of motion and circumference measurements after total knee arthroplasty: does tester experience matter? En: Physiotherapy Research International. Septiembre, 2010, vol.15 no. 3, p. 126-134.

JAMTVEDT, Gro. Physical therapy interventions for patients with osteoarthritis of the knee: An overview of systematic reviews. En: Physical Therapy. Enero, 2008, vol. 88 no. 1, p. 123-136.

JENSEN, Mark y KAROLY, Paul. Self-report Scales and procedures for assessing pain in adults. En: Handbook of pain assessment. 2 edición. Nueva York: The Guilford Press, 2001. p. 15-31.

JOHNS, Lennart. Nonthermal Effects of Therapeutic Ultrasound: The Frequency Resonance Hypothesis. En: Journal of Athletic Training. Julio, 2002, vol. 37 no. 3, p. 293-299.

JOHNS, Lennart; STRAUB, Stephen y HOWARD, Samuel. Variability in effective radiating area and output power of new ultrasound transducers at 3 MHz. En: Journal of Athletic Training. Enero-Marzo, 2007, vol. 42 no. 1, p. 22-28.

KAPRIO, Jaakko; KUJALA, Urho; PELTONEN, Leena et al. Genetic liability to osteoarthritis may be greater in women than men. In: BMJ. Vol.; 313 (Jul. 1996); p. 232.

KATOH, Munenori y KANEKO, Yoshihiro. An Investigation into Reliability of Knee Extension Muscle Strength Measurements, and into the Relationship between Muscle Strength and Means of Independent Mobility in the Ward: Examinations of

Patients Who Underwent Femoral Neck Fracture Surgery. En: Journal of Physical Therapy Science. Enero, 2014, vol. 26 no. 1, p. 15-19.

KATZ-LEURER, Michal; ROTTEM, Hemda y MEYER, Shirley. Hand-held dynamometry in children with traumatic brain injury: within-session reliability. En: Pediatric Physical Therapy. 2008, vol. 20 no. 3, p. 259-263.

KEI, Miyamoto, et al. Exposure to pulsed low intensity ultrasound stimulates extracellular matrix metabolism of bovine intervertebral disc cells cultured in alginate beads. En: Spine. Noviembre, 2005, vol. 30 no. 21, p. 2398-2405.

KELLEY, William. Medicina Interna. 2da Edición, tomo I. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana S.A., 1992. p.264.

KENDALLI, Florence, KENDALL, Elizabeth, GEISE, Provance. Músculos, pruebas, funciones y dolor postural. 4^{ta} ed. Santiago de Chile: Mediterraneo. 2001.p.237.

KENNEDY, Deborah, et al. Assessing stability and change of four performance measures: a longitudinal study evaluating outcome following total hip and knee arthroplasty. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [28 Enero de 2005]. Disponible en: (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC549207/#_ffn_sectitle).

KISNER, Carolyn y COLBY, Lynn. Therapeutic exercise. Foundations and techniques. 5 edición. Filadelfia: F.A. Davis Company, 2007. 928 p.

KITCHEN, Sheila and PARTRIDGE, Cecily. A review of therapeutic ultrasound part 1: Background and physiological effects. In: Physiotherapy octubre, 1990, vol. 76 no 10, p:593-599.

KLEIN, Thomas; MAGERL, Walter; HOPF, Hanns-Christian et al. Perceptual correlates of nociceptive long-term potentiation and long-term depression in humans. In: The Journal of Neuroscience. Vol; 24. Issue 4 (Jan. 2004); p. 964-71.

KNIGHT, Joshua, et al. The association of disability and pain with individual and community socioeconomic status in people with hip osteoarthritis. En: The Open Rheumatology Journal. [En línea]. [18 Octubre de 2011], no. 5. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3204417/?report=reader#!po=2.38095>), p. 51-58.

KNIGHT, Kenneth and DRAPER, David. Therapeutic Ultrasound. In: KNIGHT, Kenneth and DRAPER, David. Therapeutic modalities: The art and science. Second Edition. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2013. 252-282p.

KNOLS, Ruud H., et al. Handheld dynamometry in patients with haematological malignancies: measurement error in the clinical assessment of knee extension strength. En: BMC Musculoskelet Disord. [En línea]. [09 Marzo de 2009]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2662793/>).

KOBLBAUER, Ian, et al. Reliability of maximal isometric knee strength testing with modified hand-held dynamometry in patients awaiting total knee arthroplasty: useful in research and individual patient settings? A reliability study. En: BMC Musculoskelet Disord. [En línea]. [31 Octubre de 2011]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3229470/>).

KORSTJENS, Clara, et al. Low-intensity pulsed ultrasound affects human articular chondrocytes in vitro. En: Medical & Biological Engineering & Computing. Diciembre, 2008, vol. 46 no. 12, p. 1263-1270.

KRAEMER, Helena y KUPFER, David. Size of treatment effects and their importance to clinical research and practice. En: Biological Psychiatry. Junio, 2006, vol. 59 no. 11, p. 990-996.

KRAMER, John. Ultrasound: Evaluation of its mechanical and thermal effects. En: Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. Mayo, 1984, vol. 65 no. 5, p. 223-227.

KRISTIANSEN, Thomas, et al. Accelerated healing of distal radial fractures with the use of specific low intensity ultrasound. A multicenter, prospective, randomized, double blind, placebo controlled study. En: The Journal of Bone and Joint Surgery. Julio, 1997, vol. 79 no. 7, p. 961-973.

LANDÍNEZ, Nancy; VANEGAS, Juan y GARZÓN, Diego. Regulación molecular del cartílago articular en función de las cargas mecánicas y el proceso osteoartrósico: una revisión teórica. In: Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología. Vol.; 22. No 2 (Jul.-Dic. 2008).

LANYON, Peter; MUIR, Kenneth; DOHERTY, Sally et al. Assessment of a genetic contribution to osteoarthritis of the hip: sibling study. In: BMJ. Vol.; 321 (Nov. 2000); 1179-1183.

LASLETT, Laura, et al. Prospective study of the impact of musculoskeletal pain and radiographic osteoarthritis on health related quality of life in community dwelling older people. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [07 Septiembre de 2012]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3489889/>).

LE, Kim; MONTEJANO, Leslie; ZHUN, Cao et al. Health care costs in US patients with and without a diagnosis of osteoarthritis. In: Journal of Pain Research. Vol.; 2012. Issue 5 (Feb. 2012); p. 23–30.

LEIGHTON, Timothy. What is ultrasound? In: The Journal of International Medical Research. Vol.; 93. Issue 1-3 (Jan. 2007); p. 3-83.

LICERALDE, Pamela. The Effects of ultrasound transducer velocity on intramuscular tissue temperature across a treatment site. Las Vegas, 2009, 42p. Thesis (Master of Science Degree in Kinesiology). University of Nevada. School of Allied Health Sciences, Division of Health Sciences. Department of Kinesiology and Nutrition Sciences.

LIN, Wensheng, et al. Physical activity in relation to knee cartilage T2 progression measured with 3 T MRI over a period of 4 years: data from the Osteoarthritis Initiative. En: Osteoarthritis and cartilage. OARSI, Osteoarthritis Research Society International. [En línea]. [21 Octubre de 2013] disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3874212/>).

LINDLE, Rosemary, et al. Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20–93 yr. En: Journal of Applied Physiology. Noviembre, 1997, vol. 83 no. 5, p. 1581–1587.

LOESER Richard. Age-Related Changes in the Musculoskeletal System and the Development of Osteoarthritis. In: Clinics in Geriatric Medicine. Vol.; 26. Issue 3 (Aug. 2010); p. 371–386.

LOPEZ, María José; CARAMÉS, Beatriz; CILLERO, Berta et al. Fisiopatología de la artrosis: ¿cuál es la actualidad?. En: Revista Española de Reumatología. Vol.; 31. No 06 (Jun. 2004); p. 379-393.

LOTA , Meet and DARLING, Aron . Changes in the permeability of the red blood cell membrane in a homogeneous ultrasonic field. In: Archives of physical medicine and rehabilitation. October, 1955, vol. 36. P. 282–287.

LOYOLA SÁNCHEZ, Adalberto, et al. Efecto del ultrasonido terapéutico pulsátil de baja intensidad sobre la regeneración del cartílago articular en pacientes con gonartrosis de segundo y tercer grado. En: Reumatología Clínica. Julio, 2009, vol. 5 no. 4, p. 163-167.

_____ ; RICHARDSON, Julie y MACLNTYRE, Norma. Efficacy of ultrasound therapy for the management of knee osteoarthritis: a systematic review with meta-analysis. En: Osteoarthritis and Cartilage. Septiembre, 2010, vol. 18 no. 9, p. 1117-1126.

_____, et al. Effect of low-intensity pulsed ultrasound on the cartilage repair in people with mild to moderate knee osteoarthritis: a double-blinded, randomized, placebo-controlled pilot study. En: Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. Enero, 2012, vol. 93 no. 1, p. 35-42.

LUYTEN, Frank; DENTI Matteo; FILARDO, Giuseppe et al. Definition and classification of early osteoarthritis of the knee. In: Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. Vol.; 20. Issue 3 (Mar. 2012); p. 401–406.

LYNCH, Nicole A, et al. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. En: Journal of Applied Physiology. Enero, 1999, vol. 86 no. 1, p. 188-194.

MACLEAN, Catherine, et al. Costs attributable to osteoarthritis. En: The Journal of Rheumatology. Noviembre, 1998, vol. 25 no. 11, p. 2213-2218.

MARDIMAN, Sri; WESSEL, Jean y FISHER, Brian. The effect of ultrasound on the mechanical pain threshold of healthy subjects. En: Physiotherapy. Diciembre, 1995, vol. 81 no. 12, p. 718 -723.

MARKS, Ray; GHANAGARAJA, Sharmini y GHASSEMI, Masoumeh. Ultrasound for osteoarthritis of the knee. En: Physiotherapy. Septiembre, 2000, vol. 86 no. 9, p. 452-463.

MARTEL-PELLETIER, Johanne and PELLETIER, Jean-Pierre. Is osteoarthritis a disease involving only cartilage or other articular tissues?. In: Eklem Hastalık Cerrahisi. Vol.; 21. Issue 1 (Apr. 2010); p. 2-14.

MARTIN, Helen J., et al. Is handheld dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people? A comparison with the gold standard Bodex dynamometry. En: Gerontology. Abril, 2006, vol. 52 no. 3, p. 154-159.

MARTIN, Kathryn, et al. Body mass index, occupational activity, and leisure-time physical activity: an exploration of risk factors and modifiers for knee osteoarthritis in the 1946 British birth cohort. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [24 Julio de 2013], no. 14. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3726290/>), p. 219-230.

MARTIN, Kevin and RAMNARINE, Kumar: Physics. In: HOSKINS, Peter; MARTIN, Kevin and THRUSH, Abigail. Diagnostic Ultrasound: Physics and Equipment. Second edition. Cambridge: Cambridge university press, 2010. p. 4-22.

MASCARIN, Naryana, et al. Effects of kinesiotherapy, ultrasound and electrotherapy in management of bilateral knee osteoarthritis: prospective clinical trial. En: BMC Musculoskeletal Disorders. Septiembre, 2012, vol. 13, p. 182-190.

MASSICOTTE, Frédéric; LAJEUNESSE, Daniel; BENDERDOUR, Mohamed et al. Can altered production of interleukin-1beta, interleukin-6, transforming growth factor-beta and prostaglandin E(2) by isolated human subchondral osteoblasts identify two subgroups of osteoarthritic patients. In: Osteoarthritis and Cartilage. Vol.; 10. Issue 6 (Jun. 2002); p. 491-500.

MATTHEWS David, FAREWELL Vernon. En: Estadística médica aplicación e intervención. 2 ed. Switzerland: Salvat editors, 1990. 238 p.

MCALINDON, Timothy, et al. Determinants of disability in osteoarthritis of the knee. En: Annals of the Rheumatic Diseases. Abril, 1993, vol. 52 no. 4, p. 258-262.

_____, et al. Knee pain and disability in the community. En: British Journal of Rheumatology. Marzo, 1992, vol. 31 no. 3, p. 189-192.

MILLER, Douglas. Overview of experimental studies of biological effects of medical ultrasound caused by gas by activation and inertial cavitation. En: Progress in Biophysics and Molecular Biology. Enero-Abril, 2007, vol. 93 no. 1-3, p. 314-330.

MINISTERIO DE SALUD DE COLOMBIA. Resolución 008430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. 1993.

MIYASAKA, Nobuyuki e HIRATA, Yukio. Nitric oxide and inflammatory arthritides. En: Life Sciences. Agosto, 1997, vol. 61 no. 21, p. 2073-2081.

MIZNER, Ryan, et al. Preoperative quadriceps strength predicts functional ability one year after total knee arthroplasty. En: The Journal of Rheumatology. Agosto, 2005, vol. 32 no. 8, p. 1533-1539.

MONFORT, Jordi y TRUJILLO, Elisa. Mecanismos de destrucción y reparación del cartílago. En: Sociedad Española de Reumatología. Artrosis, fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2010. p. 91-100.

MORRISETTE, David; BROWN, Debora y SALADIN, Michael. Temperature change in lumbar periarticular tissue with continuous ultrasound. En: Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Diciembre, 2004, vol. 34 no. 12, p. 754-760.

MOSHER, Timothy; LIU, Yi y TOROK, Collin. Functional cartilage MRI T2 mapping: evaluating the effect of age and training on knee cartilage response to running. En: Osteoarthritis Cartilage. OARSI Osteoarthritis Research Society International. Marzo, 2010, vol. 18 no. 3, p. 358-364.

MOSKOWITZ, Roland. The Burden of Osteoarthritis: Clinical and Quality-of-Life Issues. In: American Journal of Managed Care. Vol.; 15. Issue 8 (Sep. 2009); p. 223-229.

Mow Van and HUNG, Clark. Biomechanics of articular cartilage. In: MOW, Van y HUISKES, Rik. Basic Biomechanics of the musculoskeletal system. 3rd Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins Malvern, 2001. p. 60-100.

MURIEL, Clemente, et al. Farmacología de los analgésicos no opiáceos (AINE). En: Dolor crónico, diagnóstico, clínica y tratamiento. 1 edición. Madrid: Arán ediciones S.L, 2007. p.149-194.

MURIEL, Clemente, et al. Farmacología de los analgésicos opiáceos. En: Dolor crónico, diagnóstico, clínica y tratamiento. 1 edición. Madrid: Arán ediciones S.L, 2007. p.195-226.

MURPHY, Louise, et al. Estimating medical costs attributable to osteoarthritis in the US population: comment on the article by Kotlarz, et al. En: Arthritis and Rheumatism. Agosto, 2010, vol. 62 no. 8, p. 2566-2567.

MURRAY, Christopher and LOPEZ, Alan. Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: global burden of disease study. In: The Lancet. Vol.; 349. Issue 9063 (May. 1997); p. 1436–1442.

_____. Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. En: Bulletin of the World Health Organization. 1994, vol. 72 no. 3, p. 429-445.

_____; LOPEZ, Alan y JAMISON, Dean. The global burden of disease in 1990: summary results, sensitivity analysis and future directions. En: Bulletin of the World Health Organization. 1994, vol. 72 no. 3, p. 495-509.

National Health and Nutrition Examination Survey. Anthropometry procedures manual. CDC. 2009.

NELSON, Amanda; RENNER, Jordan; SCHWARTZ, Todd et al. Differences in multi-joint radiographic osteoarthritis phenotypes among African Americans and Caucasians: The Johnston County Osteoarthritis Project. Arthritis & Rheumatism. Vol.; 63. Issue 12 (Dec. 2011); p. 3843–3852.

NICOLELLA, Daniel; O'CONNOR, Mary; ENOKA, Roger et al. Mechanical contributors to sex differences in idiopathic knee osteoarthritis. In: Biology of Sex Differences. Vol.; 3 (Dec. 2013); p. 28-38.

NOBLE, Jonathan y HAMBLEN, David. The pathology of the degenerate meniscus lesion. En: The Journal of Bone Joint Surgery. British volume. Mayo, 1975, vol. 57 no. 2, p. 180-186.

NORKIN, Cynthia y WHITE, Joyce. Measurement of joint motion: a guide to goniometry. 3^{era} ed. Philadelphia: F.A. Davis Company.1995.p.237.

NORMAN, Geoffrey y STREINER, David. Bioestadística. Madrid: Mosby Doyma libros, 1996. 260 p.

O'BRIEN, William. Ultrasound-biophysics mechanisms. Progress in Biophysics and Molecular Biology. Vol.; 93. Issue 1-3 (Jan.-Apr. 2007); p. 212-255.

O'REILLY, Sheila; JONES, Adrian; MUIR, Ken et al. Quadriceps weakness in knee osteoarthritis: the effect of pain and disability. In: Annals of the Rheumatic Diseases. Vol.; 57. Issue 10 (Oct. 1998); p. 588-594.

OAKLEY, Erin. Application of continuous beam ultrasound at therapeutic levels. Physiotherapy. Vol.; 64. Issue 6 (Jun. 1978); p. 169-172.

OLSSON, Debora; VILLAMIL, Vera; PIPPI, Ney et al. Ultra-som terapêutico na cicatrização tecidual. En: Ciência Rural. Vol.; 38. No. 4 (Jul. 2008); p. 1199-1207.

OROZCO, Dany Joan, et al. Artritis en el anciano. En: Revista Colombiana de Reumatología. Marzo, 2007, vol. 14 no. 1, p. 66-84.

OROZCO, Luis Carlos. ¿Medición del cambio, sensibilidad al cambio? ¿O de cuándo nos pondremos de acuerdo en este aspecto? En: Medición en salud. Diagnóstico y evaluación de resultados: un manual critico más allá de lo básico. Bucaramanga: División de publicaciones UIS, 2010. p. 201-211.

OROZCO, Luis Carlos. Confiabilidad o de la consistencia, reproducibilidad, acuerdo y algo más. En: Medición en salud. Diagnóstico y evaluación de resultados: un manual critico más allá de lo básico. Bucaramanga: División de publicaciones UIS, 2010. p. 73-103.

OROZCO, Luis Carlos. Introducción. En: Medición en salud. Diagnóstico y evaluación de resultados: un manual critico más allá de lo básico. Bucaramanga: División de publicaciones UIS, 2010. p. 17-25.

OROZCO, Luis Carlos. Medición o de cómo se hacen "metros". En: Medición en salud. Diagnóstico y evaluación de resultados: un manual critico más allá de lo básico. Bucaramanga: División de publicaciones UIS, 2010. p. 35-62 y 109.

OSWALD, Elizabeth; CHAO, Pen-Hsui; BULINSKY et al. Dependence of zonal chondrocyte water transport properties on osmotic environment. In: Cellular and Molecular Bioengineering. Vol.; 1. Issue 4 (Dec. 2008); p. 339-348.

OZGÖNENEL, Levent; AYTEKIN, Ebru y DURMUŞOĞLU, Gulis. A double-blind trial of clinical effects of therapeutic ultrasound in knee osteoarthritis. En: Ultrasound in Medicine & Biology. Enero, 2009, vol. 35 no. 1, p. 44-49.

PARVIZI, Javad, et al. Calcium signaling is required for ultrasound-stimulated aggrecan synthesis by rat chondrocytes. En: Journal of Orthopaedic Research. Enero, 2002, vol. 20 no. 1, p. 51-57.

_____, et al. Low-intensity ultrasound stimulates proteoglycan synthesis in rat chondrocytes by increasing aggrecan gene expression. En: Journal of Orthopaedic Research. Julio, 1999, vol. 17 no. 4, p. 488-494.

PEAT, George; THOMAS, Elaine; DUNCAN, Rachel et al. Clinical classification criteria for knee osteoarthritis: performance in the general population and primary care. In: Annals of the Rheumatic Diseases. Vol.; 65. Issue 10 (Oct. 2006); p. 1363–1367.

PELLETIER, Johanne; BOILEAU, Christelle and PELLETIER Jean-Pierre. Cartilage in normal and osteoarthritic conditions. In: Best Pract Res Clin Rheumatol. Vol.; 22 (Abr. 2008); p. 351-384.

PEÑA, Angélica y FERNÁNDEZ, Jesús. Prevalencia y factores de riesgo de la osteoartritis. En: Reumatología Clínica. Octubre, 2007, vol. 3 no. 3, p. 6-12.

PENISTON, John; GOLD, Morris; WIEMAN, Matthew et al. Long-term tolerability of topical diclofenac sodium 1% gel for osteoarthritis in seniors and patients with comorbidities. In: Clinical Interventions Aging. Vol.; 7 (Nov. 2012); p. 517–523.

PETERSEN, Wolf, et al. The Patella Pro study - effect of a knee brace on patellofemoral pain syndrome: design of a randomized clinical trial. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [10 Junio de 2014]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4089925/>).

PULSATELLI, L; ADDIMANDA, Olga; BRUSI, Veronica et al. New findings in osteoarthritis pathogenesis: therapeutic implications. In: Therapeutic Advances in Chronic Disease. Vol.; 4. Issue 1 (Jan. 2013); p. 23-43.

QUINTERO, Maritza; MONFORT, Jordi y MITROVIC, Dragoslav. Osteoartrosis: Biología, fisiopatología, clínica y tratamiento. Madrid: Médica Panamericana, 2009. 413p.

RADIN, Eric y BURR, David. Hypothesis: joints can heal. En: Seminars in Arthritis and Rheumatism. Febrero, 1984, vol. 13 no. 3, p. 293-302.

RALPHS, Jim and BENJAMIN, Mike. The joint capsule: structure, composition, ageing and disease. In: Journal of Anatomy. Vol.; 184. Issue 3 (Jun. 1994); p. 503-9.

RAT, Anne-Christine, et al. OAKHQOL: A new instrument to measure quality of life in knee and hip osteoarthritis. En: Journal of Clinical Epidemiology. Enero, 2005, vol. 58 no. 1, p. 47-55.

RAWOOL, Nandkumar M., et al. Power Doppler assessment of vascular changes during fracture treatment with low-intensity ultrasound. En: Journal of Ultrasound in Medicine. Febrero, 2003, vol. 22 no. 2, p. 145-153.

REID David y CUMMINGS, Robert. Factors in selecting the dosage of ultrasound. In: Physiotherapy Canada. 1973; vol. 25, p. 5-9.

RICE, David Andrew y MCNAIR, Peter John. Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: Neural mechanisms and treatment perspectives. En: Seminars in Arthritis & Rheumatis. Diciembre, 2010, vol. 40 no. 3, p. 250-266.

_____ ; MCNAIR, Peter and LEWIS, Gwyn. Mechanisms of quadriceps muscle weakness in knee joint osteoarthritis: the effects of prolonged vibration on torque and muscle activation in osteoarthritic and healthy control subjects. In: Arthritis Research & Therapy. Vol.; 13. Issue 5 (Sep. 2011); p. 151-161.

RICHARDS, C and HIGGINSON Jill. Knee Contact Force in Subjects with Symmetrical OA Grades: Differences between OA Severities. In: Journal of Biomechanics. Vol.; 43. Issue 13 (Sep. 2010); p. 2595–2600.

ROBERTSON, Valma. Dosage and treatment response in randomized clinical trials of therapeutic ultrasound. En: Physical Therapy in Sport. Agosto, 2002, vol. 3 no. 3, p. 124-133.

_____ ; WARD, Alex, LOW, John et al. Ultrasound. In: ROBERTSON, Valma; WARD, Alex, LOW, John et al. Electrotherapy explained: Principles and practice. 4th edition. Waltham: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. 251-315p.

RODRIGUEZ, Martín. Ultrasonidos. En: Electroterapia en fisioterapia. 2 edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2004. p. 515-551.

ROGERS, Laura, et al. The association between joint stress from physical activity and self-reported osteoarthritis: an analysis of the Cooper Clinic data. En: Osteoarthritis Cartilage. OARSI Osteoarthritis Research Society International. Agosto, 2002, vol. 10 no. 8, p. 617-622.

ROOS, Ewa and DAHLBERG Leif. Positive effects of moderate exercise on glycosaminoglycan content in knee cartilage: a four-month, randomized, controlled trial in patients at risk of osteoarthritis. En: Arthritis and Rheumatism. Noviembre, 2005, vol. 52 no. 11, p. 3507-3514.

_____and TOKSVIG-LARSEN, Sören. Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) - validation and comparison to the WOMAC in total knee replacement. En: Health and Quality of Life Outcomes. Mayo, 2003, vol. 1 no. 17, p. 17-23.

ROSALES, Andrés de la Espriella, et al. Obesity, osteoarthritis and clinical treatment. En: Acta Ortopédica Brasileira. 2014, vol. 22 no. 3, p. 136-139.

ROSS, Michael; PAWLINA, Wojciech y NEGRETE, Jorge. Tejido cartilaginoso. En: ROSS, Michael y PAWLINA, Wojciech. Histología texto y atlas a color con biología celular y molecular. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 5ta ed, 2007. p.198-206.

ROWE, Jennifer, et al. Hip pain and knee pain in females. En: North American Journal of Sports Physical Therapy. Agosto, 2007, vol. 2 no. 3, p. 164-169.

RUDOLPH, Katherine; SCHMITT, Laura and LEWEK, Michael. Age-Related Changes in Strength, Joint Laxity, and Walking Patterns: Are They Related to Knee Osteoarthritis?. In: Journal of the American Physical Therapy Association. Vol. 87. Issue 11 (Nov. 2007); p. 1422–1432.

RUTJES, Anne, et al. Therapeutic ultrasound for osteoarthritis of the knee or hip. En: Cochrane Database of Systematic Reviews. Enero, 2010, vol. 1, p. 1-42.

SALEM, Husein y THIEMERMANN, Chris. Mesenchymal Stromal Cells: Current Understanding and Clinical Status. En: Stem Cells. Marzo, 2010, vol. 28 no. 3, p. 585-596.

SALLIS, James F. y OWEN, Neville. Defining and measuring physical activity. En: Physical activity y behavioral medicine. 1 edición. Londres: Sage publications, 1999. p. 54-106.

SÁNCHEZ, Julio y LÓPEZ, Diego. Fisiopatología celular de la Osteoarthritis: el condrocito articular como Protagonista. En: Iatreia. Vol.; 24. No. 2 (Ago. 2011); p. 167-178.

SANDKÜHLER, Jürgen y LEE, Jonathan. How to erase memory traces of pain and fear. En: Trends in Neurosciences. Junio, 2013, vol. 36 no. 6, p. 343-352.

SCHAUBERT, Karen y BOHANNON, Richard. Reliability and validity of three strength measures obtained from community-dwelling elderly persons. En: Journal of Strength and Conditioning Research. Agosto, 2005, vol. 19 no. 3, p. 717-720.

SCHIPHOF, Dieuwke. Identifying knee osteoarthritis: Classification, early recognition and imaging. Rotterdam, 2011, 182p. Tesis Doctoral resultado del proyecto "Identification of pre-clinical osteoarthritis: the first step for early treatment" realizado por The Netherlands Organization for Scientific Research. Erasmos Universiteit Rotterdam. Department of General Practice.

SEGAL, Neil; TORNER, James; FELSON, David et al. The Effect of Thigh Strength on Incident Radiographic and Symptomatic Knee Osteoarthritis in the Multicenter Osteoarthritis (MOST) Study. Arthritis & Rheumatism. Vol.; 61. Issue 9 (Sep. 2009); p. 1210–1217.

_____ ; YACK, John; BRUBAKER, Morgan et al. Association of Dynamic Joint Power With Functional Limitations in Older Adults With Symptomatic Knee Osteoarthritis. In: Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. Vol.; 90. Issue 11 (Nov. 2009); p. 1821–1828.

SHARMA, Garima; SAXENA, Rajiv Krishna and MISHRA, Prashant. Differential effects of cyclic and static pressure on biochemical and morphological operties of chondrocytes from articular cartilage. In: Clinical Biomechanics. Vol.; 22. Issue 2 (Febr. 2007); p. 248-255.

SHARMA, Leena; LOU, Congrong and FELSON, David. Laxity in health and osteoarthritic knees. In: Arthritis & Rheumatism. Vol.; 42. Isse 2 (May. 1999); p. 861–870.

_____ ; SONG, Jing; DUNLOP, Dorothy et al. Varus and Valgus Alignment and Incident and Progressive Knee Osteoarthritis. Annals of Rheumatic Diseases. Vol.; 69. Issue 11 (Nov. 2010); p. 1940–1945.

SHI, Shuiliang; MERCER, Scott; ECKERT et al. Growth factor regulation of growth factors in articular chondrocytes. In: The Journal of Biological Chemistry. Vol.; 284. Issue 11 (Mar. 2009); p. 6697-6704.

SHROUT, Patrick y FLEISS, Joseph. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. En: Psychological Bulleting. Marzo, 1979, vol. 86 no. 2, p. 420-428.

SOKOLOVE, Jeremy and LEPUS, Christin. Role of inflammation in the pathogenesis of osteoarthritis: latest findings and interpretations. In: Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease. Vol; 5. Issue 2 (Apr. 2013); p. 77–94.

SOWERS, MaryFran and KARVONEN-GUTIERREZ, Carrie. The evolving role of obesity in knee osteoarthritis. In: *Current Opinion Rheumatology*. Vol.; 22. Issue 5 (Sep. 2010); 533–537.

SPECTOR, Tim and MACGREGOR, Alex. Risk factors for osteoarthritis: genetics. In: *Osteoarthritis and Cartilage*. Vol.; 12 (2004); p. 39-44.

_____, et al. Risk of osteoarthritis associated with long-term weight-bearing sports: a radiologic survey of the hips and knees in female ex-athletes and population controls. En: *Arthritis and Rheumatism*. Junio, 1996, vol. 39 no. 6, p. 988-995.

_____; CICUTTINI, Flavia; BAKER, Juliet et al. Genetic influences on osteoarthritis in women: a twin study. In: *BMJ*. Vol.; 312 (Apr. 1996); p. 940–944.
SRBELY, John. Ultrasound in the management of osteoarthritis: part I: a review of the current literature. En: *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*. Marzo, 2008, vol. 52 no. 1, p. 30-37.

STARK, Timothy, et al. Hand-held Dynamometry Correlation With the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review. En: *PM&R*. Mayo, 2011, vol. 3 no. 5, p. 472-479.

STARKEY, Chad. Clinical application of therapeutic ultrasound. In: STARKEY, Chad. *Therapeutic modalities*. Fourth Edition. Philadelphia: F.A Davis Company, 2004. 189-199 p.

StataCorp. 2011. *Stata Statistical Software: Release 12*. College Station, TX: StataCorp LP.

STEFFEN, Teresa; HACKER, Timothy y MOLLINGER, Louise. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. En: *Physical Therapy*. Febrero, 2002, vol. 82 no. 2, p. 128-137.

STEMBERGER, Regina and KERSCHAN-SCHINDL, Katharina. Osteoarthritis: physical medicine and rehabilitation nonpharmacological management. In: *Wiener Medizinische Wochenschrift*. Vol.; 163. Issue 9 (May. 2013); p. 228-235.

STEWART, Harold; ABZUG, Jesse and HARRIS, Gerald. Considerations in Ultrasound Therapy and Equipment Performance. In: *Journal of the American Physical Therapy Association*. Vol.; 60. Issue 4 (Apr. 1980); p. 424-428.

STRAUB, Stephen, JOHNS, Lennart and HOWARD, Samuel. Therapeutic Ultrasound at 1MH Author Response. In: Physical Therapy . Enero, 2008, vol. 88 no 1, p:61-62.

SUMMERS, Sharon. Evidence-based practice part 1: pain definitions pathophysilologic mechanisms and theories. En: Journal of Perianesthesia Nursing. Octubre, 2000, vol. 15 no. 5, p. 357-365.

TASCIOGLU, Funda; KUZGUN, Selen and ARMAGAN, Onur et al. Short-term Effectiveness of Ultrasound Therapy in Knee Osteoarthritis. In: The Journal of International Medical Research. Vol.; 38. Issue 4 (Jul. 2010); p. 1233–1242.

TER HAAR, Gail y HOPEWELL, John. Ultrasonic heating of mammalian tissues in vivo. En: British Journal of Cancer. Marzo, 1982, vol. 45 no. 5, p. 65-67.

THEWS, Gerhard; MUTSCHLER, Ernst y VAUPEL, Peter. Órganos de los sentidos. En: Anatomía, Fisiología y patofisiología del hombre. 1 edición. España: Editorial Reverté S.A, 1993. p. 574-635.

TRĂISTARU, Rodica, et al. A complex assessment of patients with knee osteoarthritis and Baker's cyst: observational study. En: Romanian Journal of Morphology & Embryology. 2013, vol. 54 no. 3, p. 593-601.

Ultrasonics power measurement radiation force balances an performance requirements of 2013, International standard norme IEC 61161 (January 30, 2013). ULUS, Yasemin, et al. Therapeutic ultrasound versus sham ultrasound for the management of patients with knee osteoarthritis: a randomized double-blind controlled clinical study. En: International Journal of Rheumatic Diseases. Abril, 2012, vol. 15 no. 2, p. 197-206.

United Nations. United Nations Expert Group Meeting on Mortality Crises: Conflicts, Violence, Famine, Natural Disasters and the Growing Burden of Non-communicable Diseases. Department of Economic and Social Affairs Population Division. (Nov. 2011); p. 221.

VAN DEN BERG, Wim. Pathophysiology of osteoarthritis. In: Joint Bone Spine. Vol.; 67. Issue 6 (Dec. 2000); p. 555-556.

VAN DER KRAAN, Peter and VAN DEN BERG, Wim. Chondrocyte hypertrophy and osteoarthritis: role in initiation and progression of cartilage degeneration? In: Osteoarthritis and Cartilage. Vol.; 20. Issue 3 (Mar. 2012); p. 223-232.

_____ ; DAVIDSON, Blaney and VAN DEN BERG, Wim. Bone Morphogenetic Proteins and articular cartilage To serve and protect or a wolf in

sheep clothing's? In: Osteoarthritis and Cartilage. Vol.; 18. Issue 6 (Jun. 2010); p. 735-741.

VAN DER WINDT, Daniëlle, et al. Ultrasound therapy for musculoskeletal disorders: a systematic review. En: Pain. Junio, 1999, vol. 81 no. 3, p. 257-271.

VILADOT, Antonio y ROLDAN, Lorenzo. La articulación. En: VILADOT, Antonio y colaboradores. Lecciones básicas de Biomecánica del aparato locomotor. 1era Ed. Barcelona: Editorial Springer-Verlag Ibérica, 2000.p.53-64.

VOET, Donald. Estructura tridimensional de las proteínas. En: VOET, Donald. Bioquímica. 3ra Ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2006. p. 227-285.

WALKER, Joan, et al. Active mobility of the extremities in older subjects. En: Physical Therapy. Junio, 1984, vol. 64 no. 6, p. 919-923.

WANG, Jinxi; KRAMER, William and SCHROEPPEL, John. Transcriptional Regulation of Articular Chondrocyte Function and Its Implication in Osteoarthritis. In: Principles of Osteoarthritis -Its Definition, Character, Derivation and Modality-Related Recognition. [On line]. [10 de febrero de 2014] Available from: <http://www.intechopen.com/books/principles-of-osteoarthritis-its-definition-characterderivation-and-modality-related-recognition/transcriptional-regulation-of-articular-chondrocyte-function-and-itsimplication-in-osteoarthritis>.

WATKINS, Michael, et al. Reliability of goniometric measurements and visual estimates of knee range of motion obtained in a clinical setting. En: Physical Therapy. Febrero, 1991, vol. 71 no. 2, p. 90-97.

WATSON, Tim. Ultrasound in contemporary physiotherapy practice. En: Ultrasonics. Agosto, 2008, vol. 48 no. 4, p. 321-329.

WEIGL, Martin, et al. Identification of the most relevant ICF categories in patients with chronic health conditions: a Delphi exercise. En: Journal of Rehabilitation Medicine. Julio, 2004, vol. 36 no. 44, p. 12-21.

WELCH, Vivian, et al. Therapeutic ultrasound for osteoarthritis of the knee. En: The Cochrane Database of Systematic Reviews. [En línea]. [23 Julio de 2001]. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD003132/abstract>.

WELLS, George, et al. Validity of Quality of Life Measurement Tools — From Generic to Disease-specific. En: The Journal of Rheumatology. Supplement. Noviembre, 2011, vol. 88, p. 2-6.

WILLIAMS, Riley, et al. The short term outcome of surgical treatment for painful varus arthritis in association with chronic all deficiency. En: The Journal of Knee Surgery. Enero, 2003, vol. 16 no. 1, p. 9-16.

WILSON, Jerry and BUFFA, Anthony. Sonido. En: WILSON, Jerry and BUFFA, Anthony. Física. 5ta edición. México: Pearson Educación, 2003. 478-512p.

WONG, Marcy and CARTER, Dennis. Articular cartilage functional histomorphology and mechanobiology: a research perspective. En: The Bone Journal. Julio, 2003, vol. 33 no 1, p. 1-13.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, DEPARTMENT OF CHRONIC DISEASES AND HEALTH PROMOTION. Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ). En: World Health Organization. [En línea]. [19 Agosto de 2014]. Disponible en: (<http://www.who.int/chp/steps/GPAQ/en/index.html>).

WU, Ying, et al. Entropy Increases from Different Sources Support the High-affinity Binding of the N-terminal Inhibitory Domains of Tissue Inhibitors of Metalloproteinases to the Catalytic Domains of Matrix Metalloproteinases-1 and -3. En: The Journal of Biological Chemistry. Mayo, 2011, vol. 286 no. 19, p. 16891-16899.

XIE, Feng; THUMBOO, Julian; FONG, Kok-Yong. A study on indirect and intangible costs for patients with knee osteoarthritis in Singapore. In: Value in Health. Vol.; 11. Issue 1 (Mar. 2008); p. 84–90.

YUSUF, Erlangga; BIJSTERBOSCH, Jessica; SLAGBOOM, Eline et al. Association between several clinical and radiological determinants with long-term clinical progression and good prognosis of lower limb osteoarthritis. Plos One. Vol.; 6. Issue 10 (Oct. 2011); p. 25426-25435.

ZAMLI, Zaitunnatakhin and SHARIF, Mohammed. Chondrocyte apoptosis: a cause or consequence of osteoarthritis? In: International Journal of Rheumatic Diseases. Vol.; 14. Issue 2 (May. 2011); p. 159-6.

ZENI, Joseph; AXE, Michael y SNYDER-MACKLER, Lynn. Clinical predictors of elective total joint replacement in persons with end-stage knee osteoarthritis. En: BMC Musculoskeletal Disorders. [En línea]. [06 Mayo de 2010]. Disponible en: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2877653/>).

ZHANG, Weiya; MOSKOWITZ, Roland; NUKI, George et al. OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis, Part II: OARSI evidence-based, expert consensus guidelines. In: Osteoarthritis and Cartilage. Vol.; 16. Issue 2 (Feb. 2008); p. 137-162.

ZHANG, Zi-Jun, et al. The effects of pulsed low-intensity ultrasound on chondrocyte viability, proliferation, gene expression and matrix production. En: Ultrasound in Medicine & Biology. Noviembre, 2003, vol. 29 no. 11, p. 1645-1651.

ZHOU, Qifa; LAU, Sienting; WU, Dawei et al. Piezoelectric films for high frequency ultrasonic transducers in biomedical applications. In: Progress in Materials Science. Vol.; 56. Issue 2 (Jun. 2011); p. 139-174.

Anexo A. Estudios que evalúan el efecto del UST en la OA de rodilla

Autor-año	Objetivo	Población de Estudio	Variables	Resultados
Kozanoglu E et al. 2003	Comparar la eficacia de la fonoforesis con ibuprofeno y el UST	n= 60 Mujeres: 51 Hombres: 9 Edad= 59.8±9.9	Salida WOMAC, dolor, rango de movimiento, funcionalidad Explicatorias G1. UST, G2. UST y 5% de ibuprofeno	No se encontraron diferencias significativas
Huang M et al. 2005	Investigar el efecto del UST en un programa de ejercicios de fortalecimiento muscular isocinético en el estado funcional	n=120 Mujeres razón 4.2:1 hombre Edad= 62.0±8.4	Salida Intensidad dolor, funcionalidad, fuerza muscular, movilidad articular, discapacidad. Explicatorias G1: FI ^d , G2: FI y UST continuo, G3:FI y UST pulsado, G4:Control	Dolor: 5.0±1.3, 2.6±1.7 Funcionalidad:73.2±6.0, 92.4±3.4 Fuerza: 493.1, 653.3 Discapacidad: 7.1±2.1, 4.1±0.6 Movilidad articular: 105±12, 119±15
Huang M et al. 2005	Investigar los efectos de la terapia integrada en el estado funcional	n=140 Mujeres:113 Hombres:27 Edad= 40-77	Salida Intensidad dolor, funcionalidad, fuerza muscular, discapacidad, movilidad articular, goniometría Explicatorias G1: FI, G2:FI y UST pulsado, G3: FI y UST pulsado y ácido hialurónico, G4: Control	Diferencias significativas entre G2 y G3 Dolor: 5.5±1.7, 3.0±1.8 Funcionalidad: 71.3±6.7, 90.2± 3.1 Fuerza: 480.1, 683.3 Discapacidad: 7.4 ±1.6, 4.4±1.1 Movilidad articular: 104 ±10, 114 ±15

Autor-año	Objetivo	Población de Estudio	Variables	Resultados
Cetin N et al. 2008	Investigar los efectos terapéuticos de los agentes físicos administrados antes del ejercicio isocinético en mujeres con OA de rodilla.	n= 100 Mujeres: 100, OA bilateral Edad=59.82±9.1	Salida Discapacidad, dolor, fuerza muscular, funcionalidad. Explicatorias G1: diatermia de onda corta, calor y FI, G2:TENS, calor y FI, G3: UST, calor local y FI, G4: calor local y FI, G5: FI.	Discapacidad: 11.40 ±2.45, 7.67 ± 2.30 Dolor: 5.90± 1.45, 3.55 ±1.41 Fuerza. 36.00± 8.32, 52.35±10.89 Funcionalidad: 53.10 ±9.84, 42.60±11.50
Özgönenel L et al. 2009	Determinar la efectividad del UST en OA de rodilla	n=67 Mujeres:54 Hombres:13 Edad=54.8±7	Salida Dolor, PE, Funcionalidad Explicatorias G1: UST continuo, G2: Placebo	El UST no superó al grupo placebo.
Tascioglu F et al. 2010	Investigar la eficacia del UST a corto plazo en pacientes con OA de rodilla.	n=90 Mujeres:59 Hombres:31 Edad= 61.6±3.7	Salida Dolor, PE, WOMAC, movilidad articular, Funcionalidad Explicatorias G1: UST continuo, G2: UST pulsado, Grupo 3: placebo	Dolor: 6.89 ± 1.39, 5.25 ± 1.90 PE: 43.43 ± 8.26, 35.61 ± 8.73 Movilidad articular: 35.61 ± 8.73 Funcionalidad: 22.57±2.08,20.00±1.94
Mascarin N et al. 2012	Investigar los efectos de kinesioterapia y electroterapia en la capacidad de ejercicio funcional	n=40 Mujeres:40 Edad=62.8±7.6	Salida Funcionalidad, rango de movimiento, intensidad de dolor, PE Explicatorias G1. kinesioterapia, G2. TENS, G3. UST	Funcionalidad: 318 ± 68, 358 ± 77 Dolor: 6.6 ± 3.0, 4.5 ± 3.7 PE: 53.5 ± 12.2, 28.8 ± 14.8
Ulus Y et al. 2012	Evaluar la efectividad del UST en pacientes con OA de rodilla.	n=42 Mujeres:34 Hombres:6 Edad=60.25±8.8	Salida Dolor, PE, funcionalidad Explicatorias G1:UST continuo, G2: placebo	Diferencias significativas en ambos grupos. El UST no superó al grupo placebo

Autor-año	Objetivo	Población de Estudio	Variables	Resultados
Loyola A et al. 2012	Evaluar la efectividad del UST en pacientes con OA de rodilla.	n=10 Mujeres:9 Hombres:1 Edad=56-81	Salida Dolor, funcionalidad Explicatorias G1:UST continuo, G2: placebo	Dolor: 7.1± 2.5, 4.2 ±2.2 Funcionalidad: 10.5±5.4, 5±4.5
Luksurapan W et al. 2013	Comparar los efectos de piroxican y el UST en OA sintomática de rodilla.	n:46 mujeres:45 hombre:1 Edad=58.9± 10.5	Salida Dolor, PE Explicatorias: G1: UST y piroxican, G2: UST	Dolor G1: 70.6±12.0, 23.6±19.3 Dolor G2: 72.5±12.3, 43.9±25.2 PE G1: 108.4±32.5, 50.4±31.7 PE G2: 128.2±31.0, 89.0±50.3
Boyaci A et al. 2013	Comparación de la eficacia de fonoforesis de ketoprofeno, UST, y la diatermia de onda corta en la OA de rodilla	n: 101 101 mujeres Edad=52.5± 4.8	Salida Dolor, PE, funcionalidad. Explicatorias G1: Fonoforesis, G2: UST continuo, G3: Diatermia de onda corta	Dolor: 7.7±2.1, 5.8 ± 2.0 PE: 55.1±16.8, 44.2± 15.3 Funcionalidad: 22.9±4.7
Cakir S et al. 2014	Comparar la efectividad del UST continuo, pulsado y placebo en OA de rodilla.	n:60 mujeres:47 hombres:13 Edad=58.2±9.9	Salida Dolor, funcionalidad, PE Explicatorias G1: UST continuo, G2: UST pulsado, G3: UST placebo	Diferencias en todos los grupos, no entre grupos.
Oktayoğlu P 2014	Comparar la eficacia de fonoforesis y UST en personas con OA primaria de rodilla.	n: 40 mujeres:30 hombres:10 Edad=54.5±8.7	Salida Dolor, PE, Explicatorias G1: Fonoforesis, G2: UST continuo	Dolor reposo: 48±22.1, 40±17.7 PE: 15.9±3.9, 12.6±2.0

UST: Ultrasonido terapéutico; n: tamaño de muestra; G: Grupo de intervención; FI: fortalecimiento isocinético; PE: percepción de la enfermedad; WOMAC: The Western Ontario and McMaster Universities questionnaire; TENS: Estimulador Eléctrico Transcutáneo.

Anexo B. Estudios de investigación sobre UST y OA para el cálculo de tamaño de muestra

Título y autor	Población de estudio	Variabes	Análisis estadístico	Resultados
Effects of kinesiotherapy, ultrasound and electrotherapy in management of bilateral knee osteoarthritis: prospective clinical trial Mascarin N y Cols. 2012	n=40 Mujeres:40 Edad: 62.8 ± 7.6años	Salida Funcionalidad, rango de movimiento, intensidad de dolor, PE Explicatorias G1. kinesioterapia, G2. TENS, G3. UST	-Kolmogorov-Smirnov tests. normalidad -ANOVA: (G1vs G2 vs UST) -Tukey's post hoc.	RDM: 81±8 ,76±7, P 0.83 PE: 53.5±12.2, 28.8±14.8, P 0.0002. Funcionalidad: 318±68, 358±77 P 0.04. Intensidad del dolor: 6.6±3.0, 4.5± 3.7 P 0.009
Effect of Low-Intensity Pulsed Ultrasound on the Cartilage Repair in People With Mild to Moderate Knee Osteoarthritis: A Double-Blinded, Randomized, Placebo-Controlled Pilot Study Loyola y Col. 2012	n=10 Mujeres:9 Hombres:1 Edad:56-81	Salida -Dolor, funcionalidad, PE Explicatorias G1:UST continuo, G2: placebo	-Análisis de covarianza, Ttest	PE: 40.1±10.4, 31.7±15.3. Funcionalidad: 399.2±66.6, 416.6±71.5 Intensidad del dolor: 2.9±2.6, 1.7±2.1

Título y autor	Población de estudio	VARIABLES	Análisis estadístico	Resultados
Use of Ultrasound to Increase Effectiveness of Isokinetic Exercise for Knee Osteoarthritis. Huang M, y Cols. 2005	n=120 Mujeres razón 4.2:1 hombre Edad= 62.0±8.4	Salida Intensidad dolor, funcionalidad, fuerza muscular, movilidad articular, discapacidad. Explicatoria G1: FI, G2: FI y UST continuo, G3:FI y UST pulsado, G4:Control	- Test t pareada variables pre y post. -Análisis de varianza de una vía con test tuckey, diferencias en los tres grupos intervenidos.	Dolor: 5.0±1.3, 2.6±1.7, P 0.05. Funcionalidad:73.2±6 92.4±3.4, P 0.05 Fuerza: 493.1± 653.3. p 0.05 Discapacidad: 7.1±2.1, 4.1±0.6. p 0.05. Movilidad articular: 105±12, 119±15. P 0.05
Preliminary Results of Integrated Therapy for Patients With Knee Osteoarthritis Huang M, y Cols. 2005	n=140 Mujeres:113 Hombres:27 Edad= 40-77	Salida Intensidad dolor, funcionalidad, fuerza muscular, discapacidad, movilidad articular Explicatorias G1: FI, G2:FI y UST pulsado, G3: FI y UST pulsado y ácido hialurónico G4: Control	-Test t pareada variables pre y post. -Análisis de varianza de una vía con test tuckey, diferencias en los tres grupos intervenidos. -Test de Dunnett para comparar las diferencias entre los grupos tratados y el control.	Diferencias significativas entre G2 y G3. Dolor: 5.5 ±1.7, 3.0±1.8 Funcionalidad: 71.3±6.7, 90.2± 3.1. Fuerza: 480.1, 683.3 Discapacidad: 7.4 ±1.6, 4.4±1.1. Movilidad articular: 104±10, 114±15.

Título y autor	Población de estudio	Variables	Análisis estadístico	Resultados
Short-Term Effectiveness of Ultrasound Therapy in Knee Osteoarthritis. Tascioglu y Cols. 2010	n=90 Mujeres=59 Hombres=31 Edad=54 y 70 años	Salida Dolor, PE, WOMAC, movilidad articular, Funcionalidad Explicatorias G1: UST continuo, G2: UST pulsado, Grupo 3: placebo	-Análisis de varianza de una vía: Características de la línea de base. -Chi cuadrado: homogeneidad de proporción. -análisis de varianza: resultados de las variables entre los tres grupos. -t pareada para pre y post en cada grupo.	Dolor: 6.9±1.3, 5.2±1.90. PE: 43.4±8.2, 35.6±8.7 Movilidad articular: 35.6 ± 8.7. Funcionalidad: 22.5±2.1, 20±1.9
A Double blind trial of clinical effects of the double blind trial of clinical therapeutic ultrasound in knee osteoarthritis. Özgönenel L y Cols 2009.	n=67 Mujeres:54 Hombres:13 Edad 54.8±7	Salida Dolor, PE, Funcionalidad Explicatorias G1: UST continuo, G2: Placebo	-Análisis de varianza de una vía: Características de la línea de base. -Chi cuadrado: homogeneidad de proporción.	Dolor: 6.7±1.8, 3.9±2.0 P<0.001. PE: 47.8±14.4, 33.3 ±15.5 P<0.001. Funcionalidad: 40.9 ±13.5, 35.5 ± 6.7 p<0.041.

UST: Ultrasonido terapéutico; n: tamaño de muestra; G: Grupo de intervención; FI: fortalecimiento isocinético; PE: percepción de la enfermedad; WOMAC: The Western Ontario and McMaster Universities questionnaire; TENS: Estimulador Eléctrico Transcutáneo.

Anexo C. Evaluación inicial de la intensidad del dolor

Código asignado:

Fecha: Día Mes Año hora de la evaluación

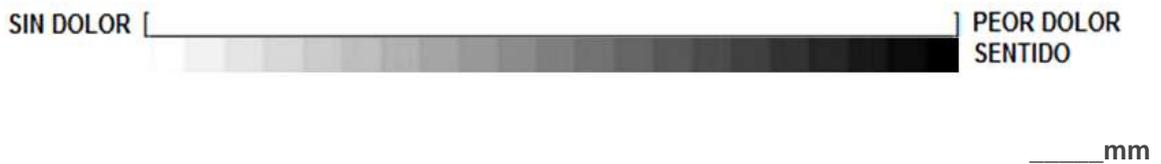
Rodilla evaluada: Derecha[0] izquierda[1] bilateral

Este es un instrumento que permitirá evaluar la intensidad del dolor que usted siente en reposo, es decir sin realizar ningún movimiento, a la palpación y después de realizar actividades funcionales como caminar. Por lo tanto, usted deberá marcar con una equis (X) el punto que considera, representa la intensidad del dolor que siente hoy en su rodilla teniendo como referencia para señalarla, el peor dolor que usted recuerda haber sentido en la vida (una fractura, un accidente, una herida, una quemadura, etcétera).

Dolor en reposo



Dolor a la palpación que la Fisioterapeuta evaluadora realizó en su rodilla



Dolor después de haber realizado el test de marcha



Anexo D. Evaluación intermedia de la intensidad del dolor

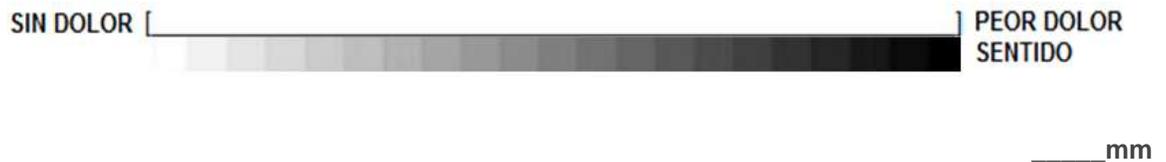
Código asignado:

Fecha: Día Mes Año hora de la evaluación

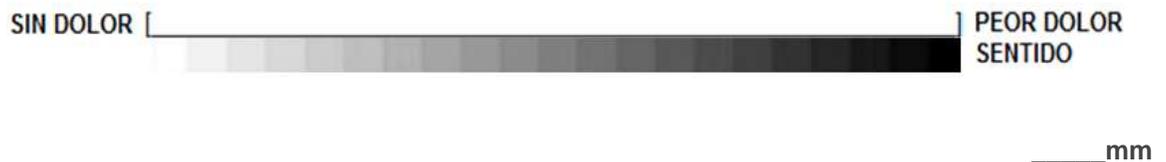
Rodilla evaluada: Derecha[0] izquierda[1] bilateral

Este es un instrumento que permitirá evaluar la intensidad del dolor que usted siente en reposo, es decir sin realizar ningún movimiento, a la palpación y después de realizar actividades funcionales como caminar. Por lo tanto, usted deberá marcar con una equis (X) el punto que considera, representa la intensidad del dolor que siente hoy en su rodilla teniendo como referencia para señalarla, el peor dolor que usted recuerda haber sentido en la vida (una fractura, un accidente, una herida, una quemadura, etcétera).

Dolor en reposo



Dolor a la palpación que la Fisioterapeuta evaluadora realizó en su rodilla



Dolor después de haber realizado el test de marcha



Anexo E. Evaluación inicial de la intensidad del dolor

Código asignado:

Fecha: Día Mes Año hora de la evaluación

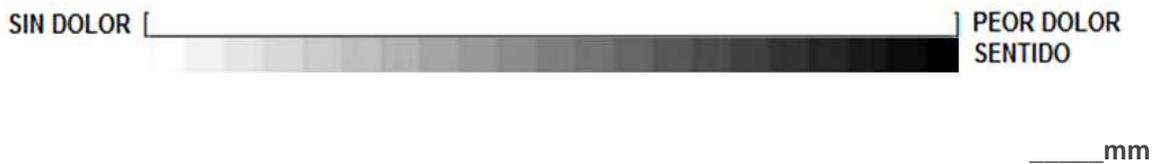
Rodilla evaluada: Derecha[0] izquierda[1] bilateral

Este es un instrumento que permitirá evaluar la intensidad del dolor que usted siente en reposo, es decir sin realizar ningún movimiento, a la palpación y después de realizar actividades funcionales como caminar. Por lo tanto, usted deberá marcar con una equis (X) el punto que considera, representa la intensidad del dolor que siente hoy en su rodilla teniendo como referencia para señalarla, el peor dolor que usted recuerda haber sentido en la vida (una fractura, un accidente, una herida, una quemadura, etcétera).

Dolor en reposo



Dolor a la palpación que la Fisioterapeuta evaluadora realizó en su rodilla



Dolor después de haber realizado el test de marcha



**Anexo F. Formato de evaluación test de funcionalidad, marcha de 6 minutos.
Evaluación inicial**

Código asignado: <input type="text"/>			
Fecha: Día <input type="text"/> Mes <input type="text"/> Año <input type="text"/> hora de la evaluación <input type="text"/>			
Signos vitales		TA: <input type="text"/> / <input type="text"/> mmHg	
		FC: <input type="text"/> lpm	
Detención o pausa	SI <input type="text"/>	NO <input type="text"/>	Por qué?
Número de vueltas: <input type="text"/>			
Distancia recorrida (m): <input type="text"/>			

Observaciones: _____

**Anexo G. Formato de evaluación test de funcionalidad, marcha de 6 minutos
Evaluación intermedia**

Código asignado: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Fecha: Día <input style="width: 20px;" type="text"/> Mes <input style="width: 20px;" type="text"/> Año <input style="width: 20px;" type="text"/> hora de la evaluación <input style="width: 40px;" type="text"/>			
Signos vitales		TA: <input style="width: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px;" type="text"/> mmHg	
		FC: <input style="width: 20px;" type="text"/> lpm	
Detención o pausa	SI <input style="width: 20px;" type="text"/>	NO <input style="width: 20px;" type="text"/>	Por qué?
Número de vueltas: <input style="width: 40px;" type="text"/>			
Distancia recorrida (m): <input style="width: 40px;" type="text"/>			

Observaciones: _____

Anexo H. Formato de evaluación test de funcionalidad, marcha de 6 minutos. Evaluación final

Código asignado: <input type="text"/>			
Fecha: Día <input type="text"/> Mes <input type="text"/> Año <input type="text"/> hora de la evaluación <input type="text"/>			
Signos vitales		TA: <input type="text"/> / <input type="text"/> mmHg	
		FC: <input type="text"/> lpm	
Detención o pausa	SI <input type="text"/>	NO <input type="text"/>	Por qué?
Número de vueltas: <input type="text"/>			
Distancia recorrida (m): <input type="text"/>			

Observaciones: _____

Anexo I. Formato de evaluación de la movilidad articular y la fuerza muscular
Evaluación inicial

Código asignado: _____

Fecha: Día __ Mes __ Año __ hora de la evaluación _____

Rodilla evaluada: Derecha ___ izquierda ___ bilateral _____

MOVILIDAD ARTICULAR

Goniometría	Derecha			Izquierda		
	Test 1	Test 2	Final ≥	Test 1	Test 2	Final ≥
Flexión						
Extensión						

FUERZA MUSCULAR

Dinamometría	Derecha				Izquierda			
	Test 1	Test 2	Test 3	Final \bar{x}	Test 1	Test 2	Test 3	Final \bar{x}
Libras								
Cuádriceps								
Isquiotibiales								

OBSERVACIONES _____

Anexo J. Formato de evaluación de la movilidad articular y la fuerza muscular
Evaluación final

Código asignado: _____

Fecha: Día __ Mes __ Año __ hora de la evaluación _____

Rodilla evaluada: Derecha ___ izquierda ___ bilateral _____

MOVILIDAD ARTICULAR

Goniometría	Derecha			Izquierda		
	Test 1	Test 2	Final \geq	Test 1	Test 2	Final \geq
Flexión						
Extensión						

FUERZA MUSCULAR

Dinamometría	Derecha				Izquierda			
	Test 1	Test 2	Test 3	Final \bar{x}	Test 1	Test 2	Test 3	Final \bar{x}
Libras								
Cuádriceps								
Isquiotibiales								

OBSERVACIONES _____

Q11. Tengo dificultad para utilizar el transporte público (bus, metrolinea...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No los utilizo
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q12. La osteoartritis afecta mi vida laboral	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No trabajo
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q13. Tengo que dosificar mi actividad	<input type="checkbox"/>	
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q14. Tardo más tiempo en hacer las cosas	<input type="checkbox"/>	
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q15. Estoy desanimado/a por el dolor	<input type="checkbox"/>	
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q16. Temo tener que depender de los demás	<input type="checkbox"/>	
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q17. Me asusta la idea de sufrir una discapacidad física	<input type="checkbox"/>	
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q18. Me molesta que me miren	<input type="checkbox"/>	
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	

	No/ Ninguno (a)	Muchísimo (a)
Q19. Estoy preocupado por mi rodilla	<input type="checkbox"/>	
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q20. Me siento triste	<input type="checkbox"/>	
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q21. Me siento incómodo/a en mi vida familiar	<input type="checkbox"/>	
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q22. Me siento incómodo/a en mi vida de pareja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No tengo pareja
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	

	Nunca	Siempre
Q24. Me cuesta permanecer en la misma postura durante mucho tiempo (sentado/a, de pie, inmóvil...)	<input type="checkbox"/>	
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	

Q25. Necesito un bastón (o muletas) para caminar
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q26. Tengo dolor (frecuencia)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ninguno **Insoportable**

Q27. Tengo dolor (intensidad o cantidad)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

NO **Siempre**

Q28. Necesito ayuda (tareas domésticas, compras,...)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q29. Tengo la sensación de envejecer prematuramente
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q30. Soy capaz de hacer proyectos a largo plazo
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q31. Salgo de casa cuando me provoca
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q32. Recibo visitas en casa cuando me provoca
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q33. Me cuesta conciliar el sueño o volver a dormirme a causa del dolor.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q34. Me despierta el dolor
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nunca **Siempre**

Q35. Me pregunto qué va a ser de mí
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q36. Estoy irritable, agresivo/a
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q37. Tengo la impresión de molestar a los que me rodean
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

	No/ Ninguno (a)	Muchísimo (a)
Q38. Temo los efectos secundarios de Los tratamientos que me dan para mi rodilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Q39. Puedo contar a los demás los problemas que me causa la osteoartritis siempre que quiero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Q40. Creo que los demás entienden las dificultades que me causa la osteoartritis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Q41. Me da pena pedir ayuda si la necesito	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Q42. Me siento apoyado/a por mi familia (pareja, hijos...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Q43. Me siento apoyado/a por mi entorno (amigos, vecinos, compañeros de trabajo).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Anexo L. Formato de registro de las variables antropométricas y sociodemográficas

Fecha:	Día <input type="text"/> <input type="text"/> Mes <input type="text"/> <input type="text"/> Año <input type="text"/> <input type="text"/> hora de la evaluación <input type="text"/>
Datos del participante	Primer nombre <input type="text"/> Segundo nombre <input type="text"/> Primer apellido <input type="text"/> Segundo apellido <input type="text"/> N. de identificación: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> Dirección casa <input type="text"/> Barrio: <input type="text"/> Teléfono casa <input type="text"/> celular <input type="text"/> Nombre amigo o familiar <input type="text"/> Teléfono de un amigo o familiar: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Código asignado	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Edad	<input type="text"/> <input type="text"/> Años
Fecha de nacimiento	Día <input type="text"/> <input type="text"/> Mes <input type="text"/> <input type="text"/> Año <input type="text"/> <input type="text"/>
Género	Femenino[0] <input type="checkbox"/> masculino[1] <input type="checkbox"/>
Grado de severidad OA	Grado II[0] <input type="checkbox"/> Grado III[1] <input type="checkbox"/>
Índice de masa corporal	Kg <input type="text"/> <input type="text"/> cm <input type="text"/> <input type="text"/> IMC <input type="text"/> <input type="text"/>
Compromiso de la OA	Unilateral[0] <input type="checkbox"/> Bilateral[1] <input type="checkbox"/>
Rodilla comprometida	Derecha[0] <input type="checkbox"/> izquierda[1] <input type="checkbox"/>
Medicamentos para el dolor	SI[1] <input type="checkbox"/> NO[2] <input type="checkbox"/> Cuales <input type="text"/> Opioides[1] <input type="checkbox"/> AINES [2] <input type="checkbox"/> No-AINES[3] <input type="checkbox"/>
Práctica de actividad física	SI[1] <input type="checkbox"/> NO[2] <input type="checkbox"/>
Intensidad de actividad física	Leve[1] <input type="checkbox"/> moderada[2] <input type="checkbox"/> vigorosa [3] <input type="checkbox"/>

Anexo M. Cuestionario Mundial Sobre Actividad física GPAQ

Código asignado: <input type="text"/>		
Fecha: Día <input type="text"/> Mes <input type="text"/> Año <input type="text"/> hora de la evaluación <input type="text"/>		
Actividad física		
<p>A continuación voy a preguntarle por el tiempo que pasa realizando diferentes tipos de actividad física. Le ruego que intente contestar a las preguntas aunque no se considere una persona activa.</p> <p>Piense primero en el tiempo que pasa en el trabajo, que se tra te de un empleo remunerado o no, de estudiar, de mantener su casa, de cosechar, de pescar, de cazar o de buscar trabajo. En estas preguntas, las "actividades físicas intensas" se refieren a aquéllas que implican un esfuerzo físico importante y que causan una gran aceleración de la respiración o del ritmo cardíaco. Por otra parte, las "actividades físicas de intensidad moderada" son aquéllas que implican un esfuerzo físico moderado y causan una ligera aceleración de la respiración o del ritmo cardíaco.</p>		
Pregunta	Respuesta	Código
En el trabajo		
49	¿Exige su trabajo una actividad física intensa que implica una aceleración importante de la respiración o del ritmo cardíaco, como [<i>levantar pesos, cavar o trabajos de construcción</i>] durante al menos 10 minutos consecutivos?	Sí 1 No 2 Si No, Saltar a P 4
50	En una semana típica, ¿cuántos días realiza usted actividades físicas intensas en su trabajo?	Número de días <input type="text"/>
		P1
		P2

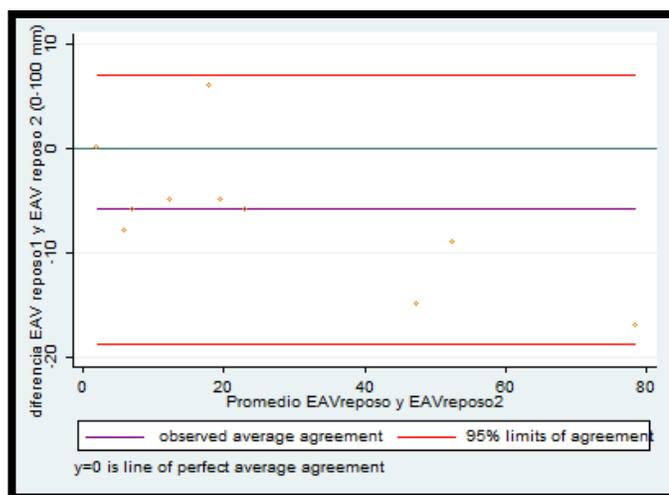
51	En uno de esos días en los que realiza actividades físicas intensas, ¿cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades?	<div style="text-align: right;"> <input type="text"/> : <input type="text"/> Horas : minutos hrs mins </div>	P3 (a-b)
52	¿Exige su trabajo una actividad de intensidad moderada que implica una ligera aceleración de la respiración o del ritmo cardíaco, como caminar deprisa [o transportar pesos ligeros] durante al menos 10 minutos consecutivos?	Sí 1 No 2 <i>Si No, Saltar a P7</i>	P4
53	En una semana típica, ¿cuántos días realiza usted actividades de intensidad moderada en su trabajo?	Número de días <input type="text"/>	P5
54	En uno de esos días en los que realiza actividades físicas de intensidad moderada, ¿cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades?	<div style="text-align: right;"> <input type="text"/> : <input type="text"/> Horas : minutos hrs mins </div>	P6 (a-b)
Para desplazarse			
<p>En las siguientes preguntas, dejaremos de lado las actividades físicas en el trabajo, de las que ya hemos tratado.</p> <p>Ahora me gustaría saber cómo se desplaza de un sitio a otro. Por ejemplo, cómo va al trabajo, de compras, al mercado, al lugar de culto, al médico.</p>			
55	¿Camina usted o usa usted	Sí 1	P7

	una bicicleta al menos 10 minutos consecutivos en sus desplazamientos?	No	2 Si No, Saltar a P 10	
56	En una semana típica, ¿cuántos días camina o va en bicicleta al menos 10 minutos consecutivos en sus desplazamientos?	Número de días	<input type="text"/>	P8
57	En un día típico, ¿cuánto tiempo pasa caminando o yendo en bicicleta para desplazarse?	Horas : minutos	<input type="text"/> : <input type="text"/> hrs mins	P9 (a-b)
En el tiempo libre				
Las preguntas que van a continuación excluyen la actividad física en el trabajo y para desplazarse, que ya hemos mencionado. Ahora me gustaría tratar de deportes, fitness u otras actividades físicas que practica en su tiempo libre.				
58	¿En su tiempo libre, practica usted deportes/fitness intensos que implican una aceleración importante de la respiración o del ritmo cardíaco como [<i>correr, jugar al fútbol</i>] durante al menos 10 minutos consecutivo	Sí	1	P10
		No	2 Si No, Saltar a P 13	
59	En una semana típica, ¿cuántos días practica usted deportes/fitness intensos en su tiempo libre?	Número de días	<input type="text"/>	P11

60	En uno de esos días en los que practica deportes/fitness intensos, ¿cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades?	<p style="text-align: center;"> <input type="text"/> : <input type="text"/> Horas : minutos hrs mins </p>	P12 (a-b)
SECCIÓN PRINCIPAL: Actividad física (en el tiempo libre) sigue.			
Pregunta		Respuesta	Código
61	¿En su tiempo libre practica usted alguna actividad de intensidad moderada que implica una ligera aceleración de la respiración o del ritmo cardíaco, como caminar deprisa, [ir en bicicleta, nadar, jugar al volleyball] durante al menos 10 minutos consecutivos?	<p style="text-align: center;"> Sí 1 No 2 Si No, Saltar a P16 </p>	P13
62	En una semana típica, ¿cuántos días practica usted actividades físicas de intensidad moderada en su tiempo libre?	<p style="text-align: center;"> Número de días <input type="text"/> </p>	P14
63	En uno de esos días en los que practica actividades físicas de intensidad moderada, ¿cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades?	<p style="text-align: center;"> Horas : minutos <input type="text"/> : <input type="text"/> hrs mins </p>	P15 (a-b)

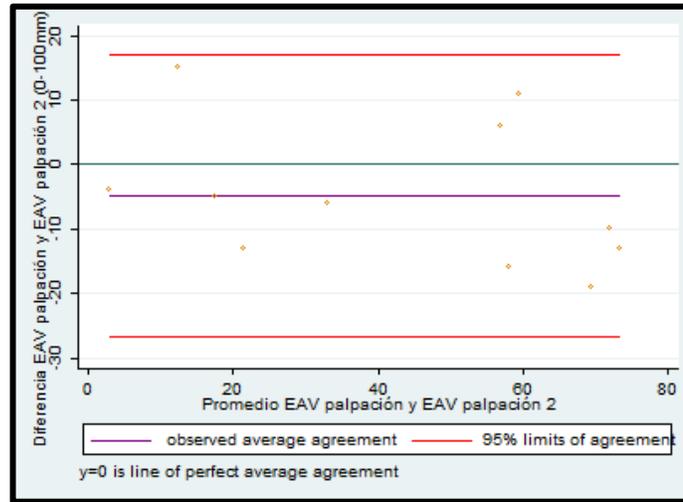
Anexo N. Resultados del nivel de acuerdo e intervalos de confianza de los instrumentos de evaluación

A continuación se presentan los límites de acuerdo de Bland y Altman para cada una de los instrumentos de medición, se incluye el promedio, desviación estándar, límites de acuerdo superior (LS) e inferior (LI) y los intervalos de confianza (IC) superior e inferior del 95%.



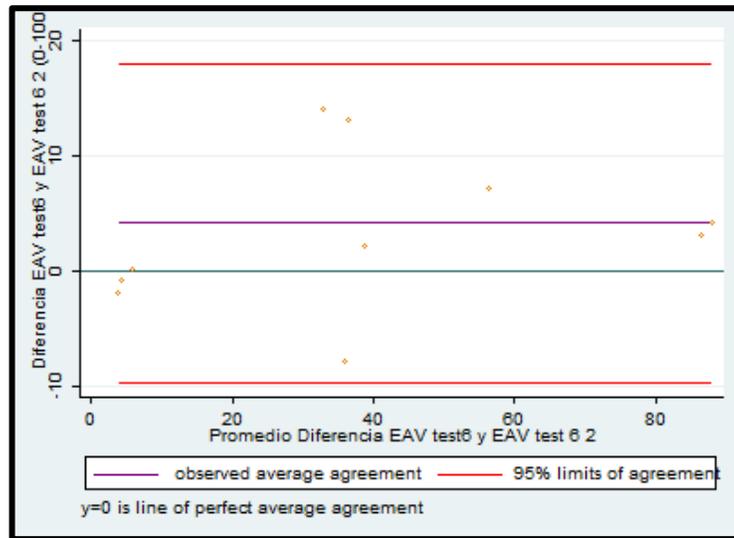
Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC superior LI
-5.9	6.5	8	-0.2	6.9	13.8	-26.7	-18.8	-12.6

Figura 1. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza para la EAV en reposo



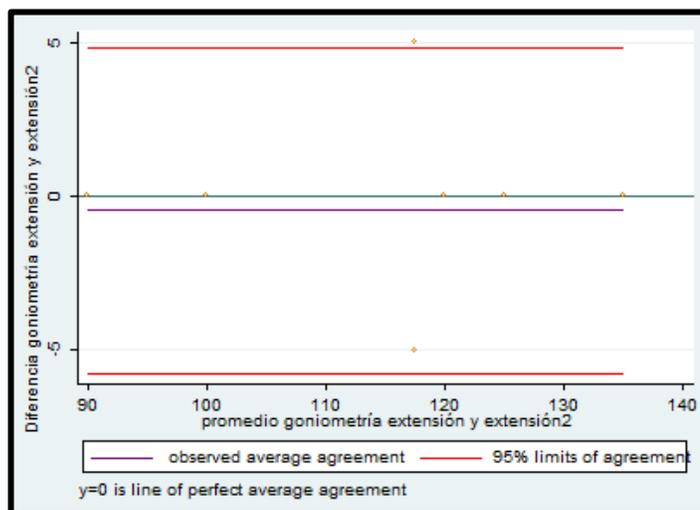
Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC superior LI
-4.9	11.1	11	5.3	16.9	28.6	-38.4	-26.8	-15.1

Figura 2. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza para la EAV a la palpación



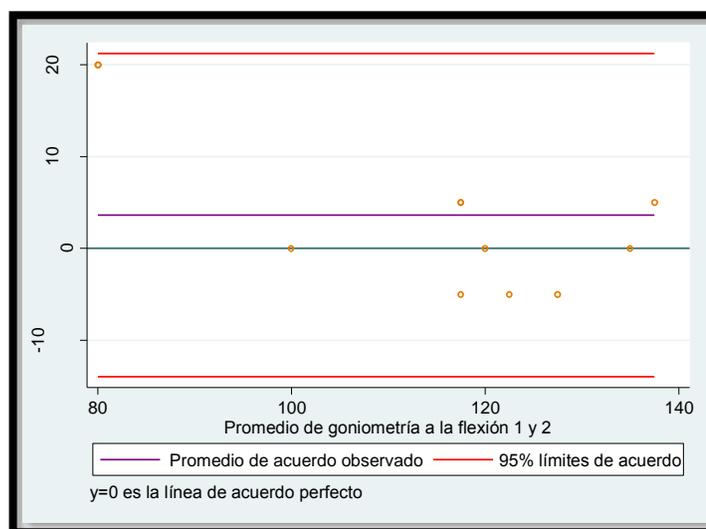
Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC superior LI
4	7.0	10	10.54	17.9	25.2	-17.08	-9.7	-2.36

Figura 3. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza para la EAV luego de actividades funcionales.



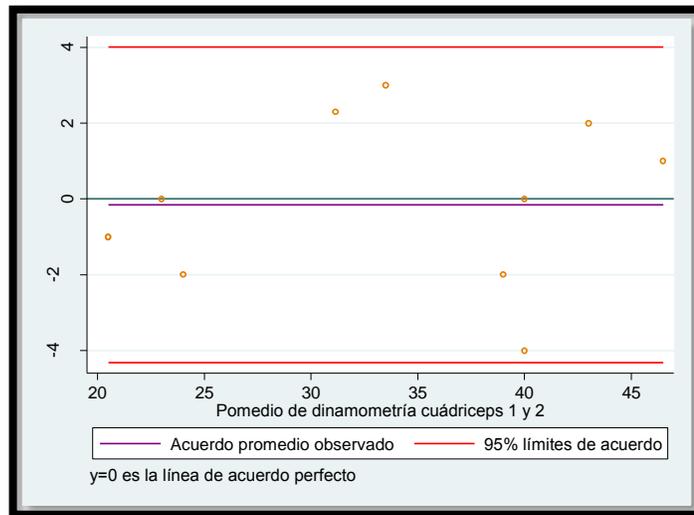
Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC Superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC Superior LI
-0.4	2.6	7	2.01	4.8	7.6	-8.5	-5.7	-2.9

Figura 4. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza para la goniometría a la extensión de rodilla.



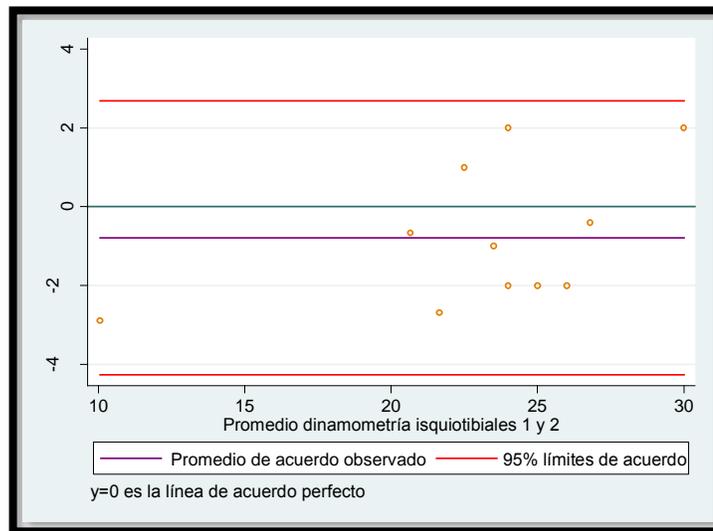
Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC Superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC Superior LI
3.6	8.9	11	11.8	21.2	30.5	-23.3	-13.9	-4.5

Figura 5. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza para la goniometría a la flexión de rodilla.



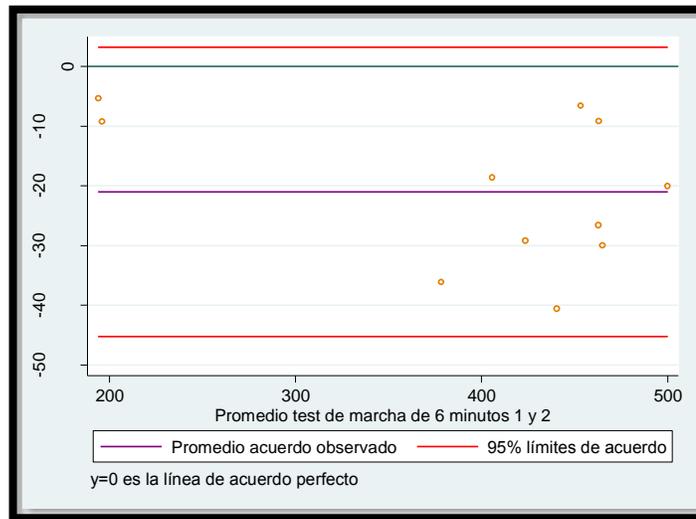
Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC Superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC Superior LI
-0.1	2.1	11	1.7	4.0	5.2	-6.5	-4.3	-2.0

Figura 6. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza para la dinamometría del cuádriceps.



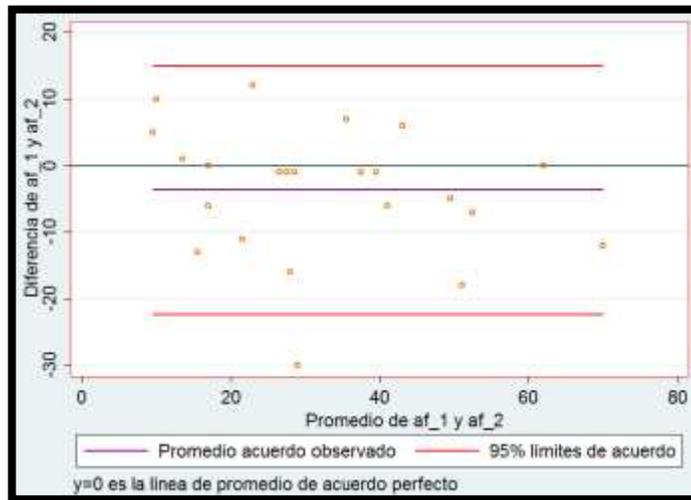
Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC Superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC Superior LI
-0.7	1.7	11	1.7	2.6	6.2	-6.5	-4.2	-2.0

Figura 7. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza para la dinamometría de isiotibiales.



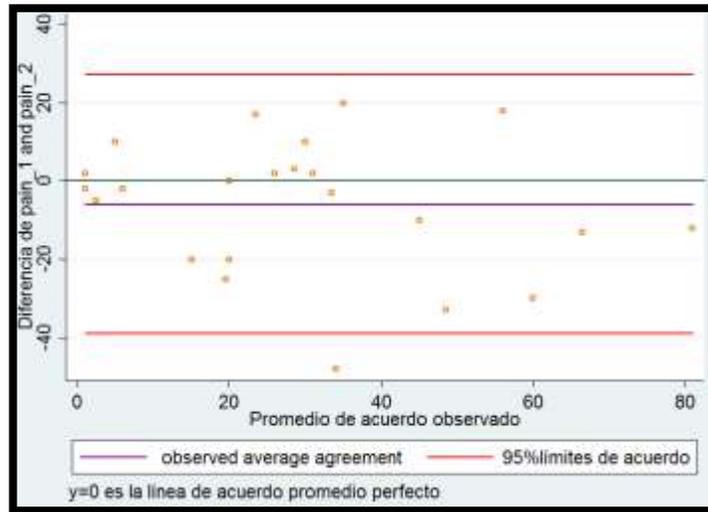
Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC Superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC Superior LI
-21.0	12.3	11	-9.7	3.1	16.1	-58.2	-45.2	-32.3

Figura 8. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza para el test de marcha de seis minutos.



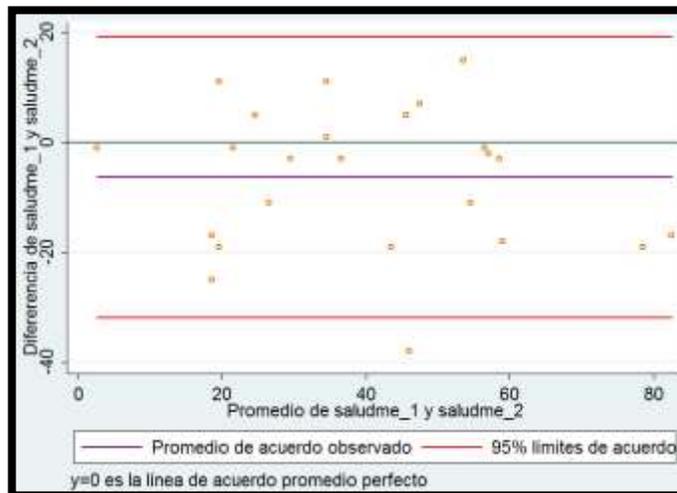
Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC Superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC Superior LI
-3.7	9.5	24	8.2	14.9	21.7	-29.1	-22.3	-15.6

Figura 9. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza del 95% para el atributo de actividad física



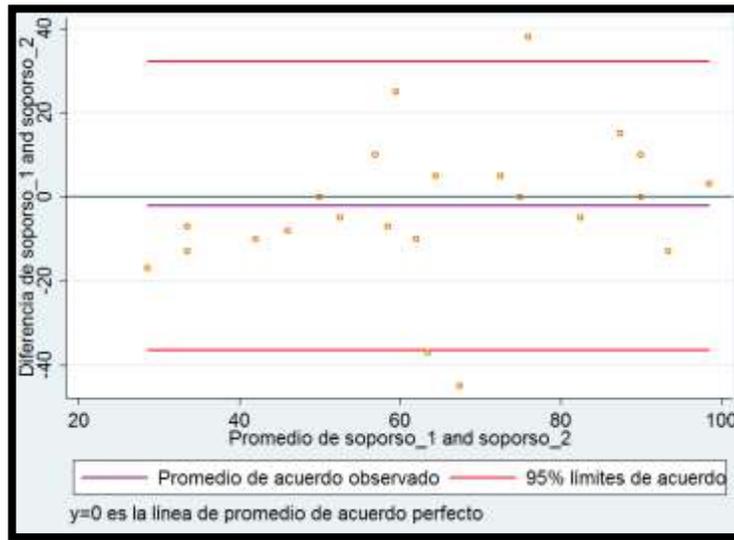
Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC Superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC Superior LI
-5.9	16.9	24	15.2	27.2	27.2	-51.0	-39	-27.1

Figura 10. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza del 95% para el atributo de dolor



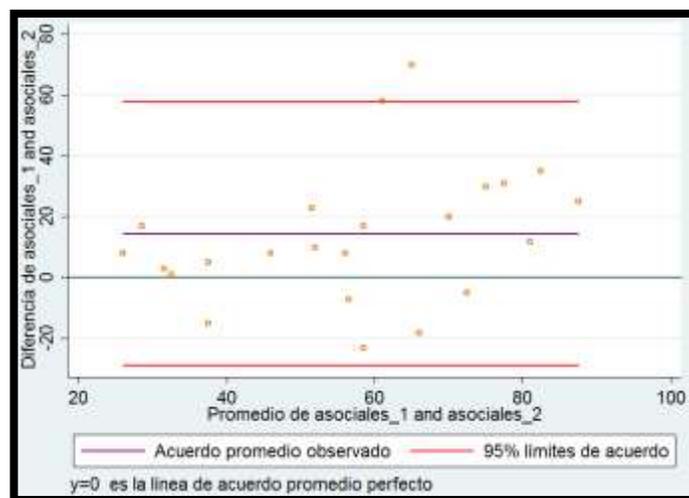
Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC Superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC Superior LI
-6.3	13.1	24	9.9	19.2	28.4	-41.2	-31.9	-22.7

Figura 11. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza del 95% para el atributo de salud mental



Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC Superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC Superior LI
-2.1	17.5	24	19.8	32.3	44.7	-48.9	-36.5	-24.1

Figura 12. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza del 95% para el atributo de soporte social



Promedio	Desviación estándar	n	IC Inferior LS	Límite superior (mm)	IC Superior LS	IC Inferior LI	Límite inferior (mm)	IC Superior LI
14.5	22.1	24	42.2	57.9	73.5	-44.5	-28.9	-13.2

Figura 13. Límites de acuerdo de Bland y Altman e intervalos de confianza del 95% para el atributo de actividades sociales.



**LA ESCUELA DE FISIOTERAPIA DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

INVITA:

A todos las personas con edades entre 45 y 75 años, con **diagnóstico médico de artrosis (osteoartritis) de rodilla** a participar de un proyecto de investigación que busca evaluar el efecto del **Ultrasonido Terapéutico** sobre el dolor, la movilidad articular, la fuerza muscular, la funcionalidad y la calidad de vida.

La participación será muy sencilla y sin ningún costo.

RESPONSABLES: 
Eliana Rodríguez G.
Investigadora principal
Celular 3112729214.


Carolina Ramírez
Directora del proyecto
6344000 ext. 3147

Anexo P. Lista de chequeo criterios de inclusión y exclusión

Lista de chequeo criterios de inclusión y exclusión

	si	no
Ha recibido inyecciones de corticoides o ácido hialurónico intraarticular en su rodilla en los últimos 6 meses?		
Ha tenido reducción de fracturas o alguna cirugía que haya comprometida la articulación de su rodilla		
Estar recibiendo otro tratamiento como por ejemplo, acupuntura o fisioterapia con otras modalidades de intervención		
Presenta alteraciones en la piel como heridas abiertas, infecciones o alergias.		
Presenta asma, EPOC u otras enfermedades respiratorias en periodo de crisis		
Ha sufrido de enfermedades cardiovasculares como infarto agudo de miocardio reciente (1 mes antes de la prueba), hipertensión arterial no controlada.		

ACEPTADO _____ **NO ACEPTADO** _____

Anexo Q. Consentimiento informado

Código del Participante □□□□□

ESTUDIO EFECTOS DEL ULTRASONIDO TERAPÉUTICO PULSADO SOBRE EL DOLOR, LA FUNCIONALIDAD, LA MOVILIDAD ARTICULAR, LA FUERZA MUSCULAR Y LA CALIDAD DE VIDA EN PERSONAS CON OSTEOARTRITIS DE RODILLA.

RESPONSABLES:

-ELIANA ISABEL RODRIGUEZ GRANDE. Estudiante Maestría en Fisioterapia.

-CAROLINA RAMÍREZ RAMÍREZ. Profesora Asistente-Escuela de fisioterapia, Universidad Industrial de Santander.

Por favor lea con cuidado y haga las preguntas que desee hasta su total comprensión.

JUSTIFICACIÓN

La osteoartritis es una enfermedad caracterizada por el desgaste del cartilago articular cuyos síntomas son el dolor, pérdida de la movilidad de las articulaciones y de la fuerza muscular, la limitación en el desarrollo de las actividades de la vida diaria y la reducción de la calidad de vida. Es considerada la causa principal de dolor músculo esquelético y discapacidad en los adultos mayores en el mundo. En Colombia, se encuentra entre las primeras 20 causas de enfermedad en mayores a 45 años.

El tratamiento de las personas con osteoartritis incluye intervenciones de tipo farmacológico a través de medicamentos para el dolor y no farmacológico donde se incluye la fisioterapia. Uno de los equipos utilizados en fisioterapia para el tratamiento de la osteoartritis es uno llamado ultrasonido terapéutico, el



cual es capaz de causar ondas sonoras que no alcanzan a ser escuchadas por el oído humano.

Las ondas generadas por este equipo, son capaces de masajear la zona que está siendo tratada y así poder disminuir los síntomas que usted tiene, principalmente el dolor. Se han realizado varios estudios en diferentes partes del mundo sobre los efectos positivos de este equipo en la osteoartritis y han mostrado disminución en los síntomas que los pacientes sienten pero hasta el momento no se ha realizado ningún estudio en la población Colombiana.

1. Propósito

Este estudio evaluará que tan bueno es la aplicación del ultrasonido en los síntomas que las personas con osteoartritis de rodilla sufren, lo cual sería importante para mejorar el tratamiento en las personas con esta enfermedad y reducir el consumo frecuente de medicamentos para el dolor.

2. Por qué ha sido seleccionado

Usted ha sido invitado a participar en este estudio por cumplir con los requisitos y su participación es absolutamente voluntaria e importante para el estudio.

3. Procedimiento del estudio

Al inicio del estudio se realizarán las siguientes evaluaciones que serán tomadas el primer día antes de iniciar la primera sesión y un día después de las 10 sesiones.

-**Examen muscular:** Esta es una prueba manual que se realiza con un equipo que se colocará en su rodilla para medir la fuerza de los músculos anteriores y posteriores de su pierna.

-**Evaluación de la movilidad articular.** Esta evaluación se realizará con un instrumento que se llama goniómetro universal que medirá la capacidad de su rodilla para doblarse (flexión) y estirarse (extensión).

-**Evaluación del dolor y la calidad de vida.** Para evaluar estos dos aspectos usted deberá responder dos cuestionarios cortos en papel, los cuales serán muy bien explicados por la fisioterapeuta encargada.

-**Test de funcionalidad:** para el desarrollo de esta prueba usted deberá realizar una caminata durante 6 minutos a su mejor paso por lo cual usted deberá traer ropa cómoda.



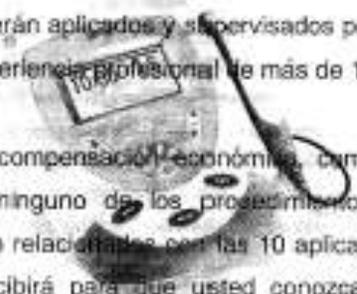
El dolor y la funcionalidad también serán evaluados cuando completemos las primeras 5 sesiones.

-Intervención: Si Usted acepta participar en el estudio, le será aplicado el ultrasonido terapéutico sobre la (s) rodilla (s) comprometidas (s) durante 10 sesiones de terapia realizadas cinco días a la semana durante dos semanas. La aplicación del ultrasonido se realiza con un equipo como el que se muestra en la fotografía, este será aplicado durante cinco minutos a lado y lado de su rodilla, tiempo durante el cual usted no tendrá ninguna sensación molesta ni desagradable.

Las sesiones descritas anteriormente se llevarán a cabo en el Laboratorio de Investigación de la Escuela de Fisioterapia de la UIS, ubicado en la carrera 32 # 29-31, primer piso de la facultad de salud, en el edificio Orlando Díaz Gómez. Todos los procedimientos serán aplicados y supervisados por profesionales de la salud con formación y experiencia profesional de más de 10 años.

-Costos y compensación

Usted no recibirá ninguna compensación económica, como tampoco tendrá ningún costo para usted ninguno de los procedimientos descritos. Los beneficios que recibirá están relacionados con las 10 aplicaciones ultrasonido y las evaluaciones que recibirá para que usted conozca el estado de su condición física.



4. Derecho a abandonar el estudio

Usted puede preguntar todo lo relacionado con el estudio y su participación. Además le debe quedar claro que puede abandonar el estudio en cuanto lo decida, sin represalia alguna.

5. Riesgos potenciales

Ninguno de los procedimientos implica agujas o corriente o ningún procedimiento invasivo por lo tanto los riesgos derivados de su participación son mínimos. Los inconvenientes que posiblemente se pudieran presentar estarían relacionados con el test de marcha de 6 minutos (caminata a su ritmo durante 6 minutos) ya que puede presentar las molestias que pudiera sentir cualquier persona cuando realiza actividad física, sobre todo cuando no está acostumbrado, para esto antes, durante y al finalizar el test se monitorearán sus signos vitales su frecuencia cardíaca y su tensión arterial. De presentarse

Comité de Ética
en Investigación
Científica
aprobación 26-12-14
revisión 07

alguna situación médica de emergencia que la investigadora principal no pueda solucionar durante cualquiera de las evaluaciones usted y su familiar o acompañante serán trasladados a la institución de salud donde pueda ser atendido y de ser necesario podrá ser valorado por el especialista participante del proyecto.

Las molestias luego de las aplicaciones del ultrasonido no suelen aparecer, sin embargo, la fisioterapeuta encargada de la aplicación del tratamiento evaluará diariamente el estado de su piel y le cuestionará si ha presentado algún efecto que usted considere molesto. Por esto es importante que informe a la fisioterapeuta investigadora cualquier sensación molesta o de incomodidad con el tratamiento para que ella determine la razón y si amerita o no la consulta médica o la finalización de la aplicación del tratamiento.

Por otro lado, con el fin de evitar una caída durante los desplazamientos desde su casa a la Facultad de Salud es importante que usted venga acompañado de un familiar, sobre todo si usted tiene más de 60 años.

6. Confidencialidad

Nosotros haremos todos los esfuerzos para proteger su privacidad, la información que usted nos suministre es confidencial y solo será conocida por los investigadores por lo cual a cada formulario se le asignará un número y éste será el que ingrese al computador durante el manejo de la información. Por lo anterior, su nombre no será de conocimiento público. Sin embargo, un miembro del comité de ética de la Universidad Industrial de Santander podría consultar sus datos y su historia clínica.

7. Declaración del participante

Usted tendrá una copia de este formulario. Al firmar este formato, usted está aceptando que conoce y entiende la información aquí consignada y que está de acuerdo en ser participante en este estudio.

Autoriza _____

Firma de autorización

No autoriza _____



Con fecha _____, habiendo comprendido lo anterior y una vez que se le aclararon todas las dudas que surgieron con respecto a su participación en la investigación, Usted acepta participar en la investigación titulada: **EFFECTOS DEL ULTRASONIDO TERAPÉUTICO PULSADO SOBRE EL DOLOR, LA MOVILIDAD ARTICULAR, LA FUERZA MUSCULAR, LA FUNCIONALIDAD Y LA CALIDAD DE VIDA EN PERSONAS CON OSTEOARTRITIS DE RODILLA**

Nombre del participante

Firma

La firma puede ser sustituida por la Huella digital en los casos que así se amerite.

Huella
digital

Nombre del testigo 1

Firma

Dirección

Tel.: _____

Relación que guarda con el participante _____

Fecha de la firma _____

Datos del investigador principal, Ft. Eliana Isabel Rodríguez Grande, donde los participantes se pueden comunicar: 6358582; 6344000 Extensión 3147; elianarodriguezg@hotmail.com; Facultad de Salud, Escuela de Fisioterapia, Universidad Industrial de Santander. Contacto Comité de Ética: Para preguntas, aclaraciones o inquietudes acerca de los aspectos éticos de esta investigación puede comunicarse con el Comité de Ética en Investigación Científica de la UIS, en horas hábiles al teléfono: 6344000 ext. 3208 -2644, o enviar correo electrónico a: comitedetica@uis.edu.co.



Anexo R. Certificado de calibración del UST



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE
ULTRASONIDO DE TRATAMIENTO
TERAPÉUTICO**

FCV BIINGENIERÍA
Versión: 0 R-VMBIO-58

PROCESO: VALIDACIÓN Y METROLOGÍA

Página 1 de 3

FCV-VM-UST-0014

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE

SOLICITANTE
Customer : Eliana Isabel Rodríguez Grande

DIRECCIÓN
Address : Cra 26A No. 12-63 Bucaramanga

CIUDAD
City : Bucaramanga

INSTRUMENTO
Instrument : Ultrasonido de Terapia

FABRICANTE
Manufacturer : Mettler Electronics

IDENTIFICACIÓN
Identification : SN: 15U9861

MODELO
Model : ME 730

DIVISIÓN DE ESCALA
Scale/Division : 0.1 W

RANGO
Range : 0-22 W

CONDICIÓN
condition : Buena

FECHA DE RECEPCIÓN
Date of Arrive : 2014-05-09

FECHA DE CALIBRACIÓN
Date of Report : 2014-05-09

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Calibrationsite : Laboratorio de Validación y Metrología FCV- UEE Bioingeniería

FECHA DE EMISIÓN
Date of Issuance : 2014-05-12

Realizado por:

Metrologo
Miguel Angel Ruiz C

Revisado por:

Jefe de Validación y Metrología
Eduardo Sastoque Gelvez



Fundación Cardiovascular de Colombia – UEE Bioingeniería – Centro Tecnológico Empresarial
Cra 5 N°6 – 33 – Floridablanca, Santander, Colombia – Postcode: 581003 – Tel: (57+7) 6796670 Ext: 4157 – Fax (57+7) 6497304
www.fcvc.org – metrologia@fcvc.org

Elaborado por: Jefe de Validación y Metrología	Aprobado por: Jefe de Validación y Metrología
Revisado por: Jefe de Validación y Metrología	Fecha de Aprobación: 2013-07-02
Fecha de Revisión: 2013-07-02	

Todos los derechos reservados. Fundación Cardiovascular de Colombia

Anexo S. Aval del comité de Ética en Investigación Científica



Código 7003 *P.11.02*

Bucaramanga, *05* ...

014 - 02415

Fisioterapeuta
ELIANA ISABEL RODRÍGUEZ
Estudiante de Maestría en Fisioterapia
Escuela de Fisioterapia
Facultad de Salud
UIS Presente

Asunto: AVAL Comité de Ética proyecto: "Efectos del ultrasonido terapéutico pulsado sobre el dolor, la movilidad articular, la fuerza muscular, la funcionalidad y la calidad de vida en personas con osteoartritis de rodilla"

Cordial Saludo. El Comité de Ética en Investigación Científica de la Universidad Industrial de Santander (CEINCI-UIS) en reunión realizada el 28 de febrero del 2014, según consta en el acta No. 05, evaluó los ajustes solicitados al proyecto del asunto, y al respecto se conceptuó:

En consideración a que el proyecto cumple con todos los requerimientos del CEINCI, el Comité acuerda por consenso **AVALAR** el documento en versión digital y **APROBAR** el Consentimiento informado última versión.

Se recomienda estar atento en la identificación, reporte y atención inmediata de posibles efectos relacionados con la intervención.

De otra parte considerar aplicar según corresponda a la investigación, la normatividad del Sistema de Gestión Integral de la Universidad, disponible en el enlace: <https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/calidad.htm>, especialmente lo relacionado con el Manual de Gestión Integrado y adoptar los mecanismos necesarios para mantener el anonimato, la privacidad y la confidencialidad de la información personal, según la Ley 1581 de 2012 y el decreto 1377 de 2013, que regulan los asuntos de protección de datos personales. Además, se sugiere, la socialización de los resultados en la institución.

Se solicita que se remita al correo del comité, información de las siguientes circunstancias, cuando lleguen a ocurrir:

_Reporte inmediato de eventos adversos relacionados con la intervención, así como la atención brindada al respecto.

- Reporte de mala práctica científica por parte de cualquier miembro del equipo investigador.
- Notificación previa de las modificaciones realizadas al protocolo.
- Reporte de cualquier eventualidad que usted considera deba conocer el CEINCI-UIS.



Código 7083

Dist- 02415

- Informe de avance, haciendo énfasis en los aspectos éticos y en los científico-técnicos que puedan afectar la debida ejecución de la investigación. Este informe debe enviarse a la mitad del desarrollo de la investigación.
- Informe final.

Le informamos que el Comité, como es su deber, programará acciones de seguimiento activo sobre los procedimientos definidos en el protocolo y posibles efectos generados por la intervención, las cuales le serán comunicadas en su debido momento.

Le agradecemos dar respuesta a esta comunicación **antes de 15 días** calendario del recibo de la misma, mediante una carta fechada en la que manifieste la aceptación a lo aquí enunciado.

En nombre del CEINCI-UIS le ofrecemos el apoyo que usted considere necesario, para la aplicación y salvaguarda de los asuntos éticos durante la investigación.

Acentamente,



FRANCISCO MARTÍNEZ PÉREZ
Presidente (a)
CEINCI-UIS



DORA INÉS PARRA
Secretaria Técnico Científica
CEINCI-UIS

Copia: PhD. FT. Carolina Ramírez Ramírez, directora Trabajo de Investigación, profesora Escuela de Fisioterapia; PhD. FT. Diana Carolina Delgado Díaz, coordinadora de la Maestría en Fisioterapia; Dra. Lina María Vera Cala, directora de Investigación y Extensión Facultad de Salud.
Archivo Comité de Ética – CEINCI-UIS