12 DETERMINAR LA EQUIVALENCIA ENTRE LAS EVALUACIONES GONIOMÉTRICAS DIGITALES Y MANUALES DE LOS AMA DE RODILLAS EN ESTUDIANTES DE LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA MARÍA CANO

Leydin Carolina Vasquez Henao[1], Iris Zarama Tobar[2]

INTRODUCCIÓN

La valoración de arco de movimiento permite medir la amplitud o grados que ejecuta una articulación dentro de sus límites anatómicos antes de ser detenidos por estructuras óseas, ligamentosas o musculares; estas mediciones se pueden realizar a través de la goniometría teniendo conocimiento de los planos y ejes anatómicos (Lliguichuzhca Dumán, Freddy Benedicto (2015). La estimación de los rangos de movilidad, presenta métodos que varían entre profesionales e instituciones, lo cual está influenciado por factores tales como restricciones de tiempo, experiencia personal y disponibilidad de los recursos. (Pinto-Carral 2016)

La goniometría manual y tradicional es parte del día a día de la profesión de fisioterapia y ha sido ampliamente utilizada debido a su portabilidad y bajo costo. Sin embargo, se han documentado restricciones debido a la falta de objetividad de la misma, la carencia de criterios de estandarización para definir el fulcro, mantener adecuadamente la orientación de los ejes y el posicionamiento sobre el segmento durante la medición; esto ha llevado a presentar diferencias cuando de evalúan las mediciones entre los evaluadores, o incluso, entre el mismo evaluador: esta situación pone bajo cuestionamiento la confiabilidad de la prueba, la capacidad de generar medidas repetibles y precisas. (Mitchell K, Gutierrez SB, Sutton S, Morton S, 2014)

Como respuesta a la necesidad de convertir este proceso como un método objetivo, se han desarrollado medios digitales para evaluar el rango de movimiento, los cuales se han popularizado con el desarrollo tecnológico que cada día está más enfocado a suplir las necesidades en salud, en este caso, para ayudar al clínico para un examen físico más preciso y cuantificable; un ejemplo de ello es el goniómetro digital, el cual se encuentra disponible en laboratorios de biomecánica y

hace parte de los recursos de la Fundación Universitaria María Cano, extensión Cali.

Los dispositivos digitales requieren un entrenamiento mínimo; sin embargo, requiere el examinador para determinen el punto cero con precisión antes de su uso para minimizar el riesgo de errores de medición y para al movimiento completo de la articulación

Por otra parte, existen situaciones donde no se puede desplazar el usuario para ser valorado con este instrumento. En los casos de la valoración física de usuarios, la Institución Universitaria cuenta con ambas modalidades de medición, sin embargo, las evaluaciones de confiabilidad de la goniometría digital en comparación con el clásico goniómetro están aún por establecer.

De la práctica basada en la evidencia (PBE), se deriva para la fisioterapia el área específica de Fisioterapia Basada en la evidencia (FBE). Esta les permite a los fisioterapeutas dar a su profesión un nivel de Revista CES Movimiento y Salud Vol. 2 - No. 2 2014 115 La Fisioterapia basada en evidencia:

fundamental en la actualidad profesional. Investigación científica más alto del que ahora tiene, aumentar la calidad a los diagnósticos, pronósticos y tratamientos, generar transparencia en los procesos de rehabilitación y fomentar las prácticas clínicas sustentadas en la evidencia científica (Restrepo Jhon Alejandro, 2014).

La presente investigación pretende desarrollar un estudio que permita determinar la equivalencia relación entre una medición tradicional y la goniometría digital, para establecer la equivalencia en el análisis de movilidad articular de la rodilla. Con el propósito de mejorar las prácticas en fisioterapia, estableciendo herramientas con la que el profesional a través de información científica más actualizada este en la capacidad de minimizar los riegos.

Por lo anteriormente establecido surge la pregunta problema:

¿Existe equivalencias entre las medidas goniometricas manuales y digitales de los AMA de rodillas en estudiantes de la Fundación Universitaria María Cano?

OBJETIVO GENERAL

Determinar las equivalencias entre las medidas goniometricas manuales y digitales de los AMA de rodillas en estudiantes de la Fundación Universitaria María Cano.

ESPECÍFICOS

- Describir el método de evaluación de goniometría digital y la técnica manual en rodilla en estudiantes de la Fundación Universitaria María cano sede Cali.
- Identificar medidas de correlación y relación entre los datos de estimación de la movilidad articular de rodilla en estudiantes de la Fundación Universitaria María cano sede Cali.
- Identificar las diferencias entre los valores obtenidos con cada método.
- Construir un protocolo de Atención para el uso de herramientas gonio métricas en valoración de arcos de movilidad articular de rodilla.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio descriptivo, de corte transversal, con estudiantes del programa de Fisioterapia la Fundación Universitaria María cano sede Cali.

Fases:

1.Goniometría digital: Se tomaron los datos por el investigador principal en las instalaciones de la Fundación Universitaria María cano sede Cali, el equipo fue calibrado previamente para evitar sesgos.
2.Goniometría Manual: la toma de datos de goniometría manual fue igualmente tomados por el investigador principal.
3.Registro de datos obtenidos en la base de datos construida para tal fin.
A continuación se describe el procedimiento posiciones y comandos en la medición de los movimientos de flexión y extensión de rodilla.

FLEXIÓN DE RODILLA

las mediciones se realizaron en una camilla en decúbito prono. La pelvis se estabiliza por el propio peso del paciente y el fémur lo estabilzó el evaluador. El paciente hacía el movimiento de flexión de la rodilla sobre el plano sagital y el eje coronal y antes de hacer la medición, se hizo una movilización articular de flexión y extensión de la rodilla. El participante recibió instrucciones de mantener la extremidad inferior en esa posición hasta que las mediciones fueran concluidas. Goniómetro convencional: el eje del goniómetro se colocó en el epicóndilo lateral del fémur, el brazo fijo se colocó paralelo al eje longitudinal del fémur y el brazo móvil paralelo al eje longitudinal de la fíbula apuntando hacia el maléolo lateral. De la posición inicial de extensión de rodilla, se flexiona la rodilla, desplazando el talón hacia la nalga hasta alcanzar el límite de flexión de rodilla donde se toma el ángulo. Goniómetro digital: el goniómetro se coloca en la parte distal de la tibia. De la posición inicial de extensión de rodilla, se da start al goniómetro y se flexiona la rodilla desplazando el talón hacia la nalga hasta alcanzar el límite de flexión de rodilla donde se toma el ángulo, cuando el movimiento está terminado el goniómetro registra el valor del ángulo alcanzado.

EXTENSIÓN DE RODILLA

Las mediciones se realizaron en una camilla en decúbito prono. La pelvis se estabiliza por el propio peso del paciente y el fémur lo estabilizó el evaluador. El paciente hacía el movimiento de extensión de la rodilla sobre el plano sagital y el eje coronal, en este caso no se hizo movilización previa, ya que esta medición fue posterior a la del goniómetro convencional. El participante recibió instrucciones de mantener la extremidad inferior en esa posición hasta que las mediciones fueran concluidas. Goniómetro convencional: Al terminar el movimiento anterior de flexión de rodilla y con la ubicación del eje, brazo móvil y brazo fijo del goniómetro de la misma manera descrita para el movimiento de flexión, se le pidió al paciente hacer el movimiento de extensión de rodilla alejando el talón de la nalga hasta alcanzar el límite de extensión, donde se toma el ángulo. Goniómetro digital: el goniómetro se ubica en la parte distal de la tibia. De la posición inicial de flexión de rodilla, se da start al goniómetro y se extiende la rodilla alejando el talón de la nalga hasta alcanzar el límite de extensión de rodilla donde se toma el ángulo, cuando el movimiento está terminado el goniómetro registra el valor del ángulo alcanzado.

Goniómetro convencional

Fuente: Elaboración propia

Goniómetro digital

Fuente: Elaboración propia

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población fueron los estudiantes matriculados en el segundo periodo académico del año 2019. El cálculo de la muestra, con un nivel de confianza del 95%, poder del 80% y un valor esperado de concordancia de 0.5, para lo que se requirieron de 180 mediciones por el método establecido.

Plan de análisis.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete SPSS (Estadística Paquete para las Ciencias Sociales) versión 22®. De acuerdo a las recomendaciones estándar para intra e inter-evaluador. Para la fiabilidad se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (ICC) y el método de Bland-Altman. Los valores de la fuerza de concordancia para el estudio fueron →0,90 Muy buena; 0,71-0,90 Buena; 0,51-0,70 Moderada; 0,31-0,50 Mediocre; ←0,30 mala o nula. Se utilizamos el método de Bland-Altman para analizar la dispersión de los datos de las diferencias contra las medias de los dos métodos de medición para emitir juicios visuales de errores sistemáticos. Los límites LOA (Limit of agreement) de se calcularon y presentaron como media ± 1.96 desviación estándar de la diferencia entre medidas.

VIABILIDAD ÉTICA Y CIENTÍFICA DEL PROYECTO O PRODUCTO

Al ser esta una investigación de evaluación de concordancia de dos tipos de medición con herramientas no invasivas se clasifica como investigación con riesgo mínimo según el artículo 11, de la resolución 008430/93 debido a que no se realizó intervención o modificación intencionada de las variables biológicas o sociales de los participantes

Igualmente se ajusta a los principios éticos planteados en la declaración del Helsinki y su desarrollo será guiado por las pautas para investigaciones biomédicas en seres humanos CIOMS
Se aclara que los nombres de pacientes y cuidadores se mantendrán en anonimato, se garantizara confidencialidad de la base de datos y estuvo bajo la aprobación de Comité de Ética Institucional y de la Institución Universitaria María Cano.

Cumpliendo con la normatividad, el consentimiento informado se firmara reconociendo los participantes como como persona libre y autónoma, será de vinculación voluntaria sin remuneración y debe estar en condiciones de comunicar su decisión y de firmar. Se entregó una copia del consentimiento al participante que haga parte de la investigación con la información respecto a objetivos, métodos y actividades que realizara, así como los riesgos presentes en el desarrollo de la misma.

Se garantizó la confidencialidad de la información recopilada, así como el derecho de desertar de ella en cualquier momento que le participante lo indique. Los investigadores custodiaron la base de datos para supervisar el manejo adecuado de la información.

Esta investigación aporta desde el objeto del conocimiento "El movimiento Corporal Humano", el establecimiento de parámetros de evaluación, con la utilización del laboratorio de biomecánica, que promueve la valoración objetiva a través de las herramientas tecnológicas que contamos dentro de nuestra institución, para lograr mejorar nuestro quehacer disciplinar, es importante realizar énfasis en la experiencia de la investigadora principal que cuenta con una formación Especializada en intervención - Ortopedia y Traumatología, que permitirá un análisis de los resultados obtenidos con mayor profundidad, este proyecto contara con la población a estudio cautiva que son los estudiantes de la Fundación Universitaria María Cano.

Con los resultados obtenidos podrá realizar un análisis sobre los niveles esperados o los

rangos tolerables de precisión, a partir del cuales los fisioterapeutas puedan considerar ambos métodos de medición como posibles opciones para obtener información fiable y repetible; por lo cual se puedan emplear para la evaluación clínica de los usuarios a cargo decidiendo según las condiciones más favorables respecto a las características del usuario, tipo de patología, costos y accesibilidad.

RESULTADOS

La muestra del estudio estuvo conformada principalmente por mujeres (n=133; 73.8%), edad (media (desviación estándar)), 22.03 (3.8) años, con un límite inferior de 17 y superior de 45 años, pertenecientes al estrato 3 (n=76; 42.2%), de etnia mestiza (n=137; 76.1%) En cuanto a las características antropométricas, la altura media fue 1.64 (7.07) cm (límite inferior: 1.45 y límite superior de 1.85 cm), el promedio del peso fue de 64.5 (9.95) kg (límite inferior: 43 y límite superior 90 kg) y un índice de masa corporal promedio de 23.9 (3.01) kg/m2 (límite inferior: 15.0 y límite superior de 33.5 Kg/m2).

Tabla 1. Características de la muestra estudiada

VARIABLE	
Edad (media ± DE;Min - Max	22.03±3.8;17-45
Sexo n (%)	
Mujer	133 (73.8)
Hombre	47 (26.1)
Estrato n (%)	
1 estrato	16 (8.88)
2 estrato	67 (37.2)
3 estrato	76 (42.2)
4 estrato	14 (7.77)
5 estrato	7 (3.88)
Etnia n(%)	
Afro descendiente	38 (21.1)
Mestizo	137 (76.11)
Indígena	1 (0.55)
Mulato	3 (1.66)
Blanco	1 (0.55)
Peso (medida±DE Min - Max)	64.5±9.95; 43-90
Talla (medida±DE Min - Max)	1.64±0.07; 145-185
IMC ((medida±DE Min - Max)	23.94±3.01; 15.0-33.5

En la Tabla 2 se muestran los valores medios para cada método de medición. A pesar de las diferencias medias relativamente pequeñas (desde 0.67 hasta 2.21) se encuentra un poco altas las desviaciones estándar que refleja una variación considerable, esto puede deberse a problemas relacionados con el tamaño de la muestra.

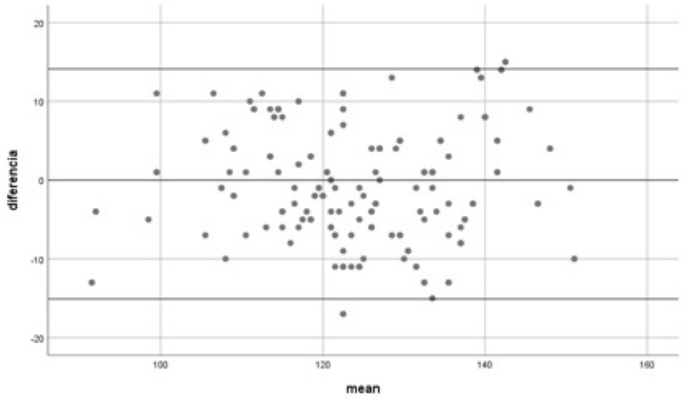
»» Tabla 2. Valores medios y desviaciones estándar para los movimientos de rodilla en goniómetros convencional y digital.

MOVIMIENTO DE RODILLA	CONVENCIONAL	DIGITAL
Flexión de rodilla derecha	126,39 (9,03)	124,18 (13.08)
Flexión de rodilla izquierda	123,41 (7.9)	124,67 (12.7)
Extensión de rodilla derecha	7,51 (3.4)	7,65 (6.8)
Extensión de rodilla izquierda	7,68 (3.2)	7,01 (4,01)

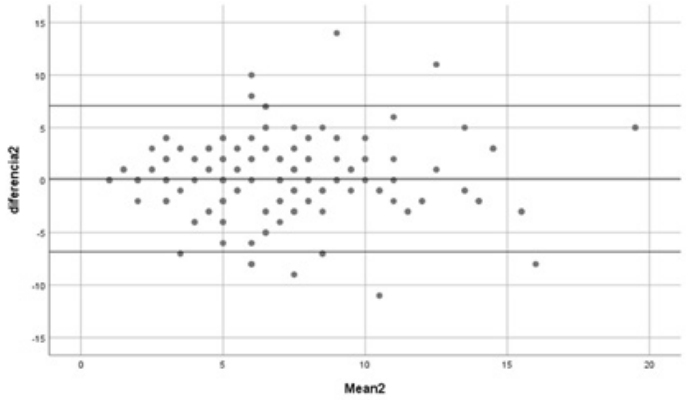
Se encontró una buena correlación intra-evaluador en ambos métodos para flexión de rodilla derecha ICC 0.94 (IC 95%: 0.92-0.95), para extensión de rodilla derecha ICC 0.76 (IC 95%: 0.69-0.82), para flexión de rodilla izquierda ICC 0.93 (IC 95%: 0.90-0.94) y para extensión de rodilla izquierda ICC 0.97 (IC 95%: 0.96-0,98) (Tabla 3). Estos hallazgos son similares a los reportados en trabajos previos tanto digitales como convencionales, y apoyan la hipótesis de que independientemente del método de medición, la medición técnica (y su estandarización) podría ser el más factor importante que afecta la reproducibilidad. También se aplicó el método Bland-Altman mostrando las diferencias con relación a las medias para las mediciones con goniómetro convencional y digital (Fig. 3).

Movimiento de rodilla	ICC	ICC 95% IC	Diferencia de medidas	Diferencia de DE	LOA límites
Flexión de rodilla derecha	0.94	0.92-0.95	-0,48	7,45	14,11 - 1509
Flexión de rodilla izquierda	0.76	0.69-0.82	1,25	8,43	17,78 - 15,27
Extensión de rodilla derecha	0.93	0.90-0.94	0,13	3,54	7,08 - 6,82
Extensión de rodilla izquierda	0.97	0.96-0.98	-0,43	3,07	5,59 - 6,45

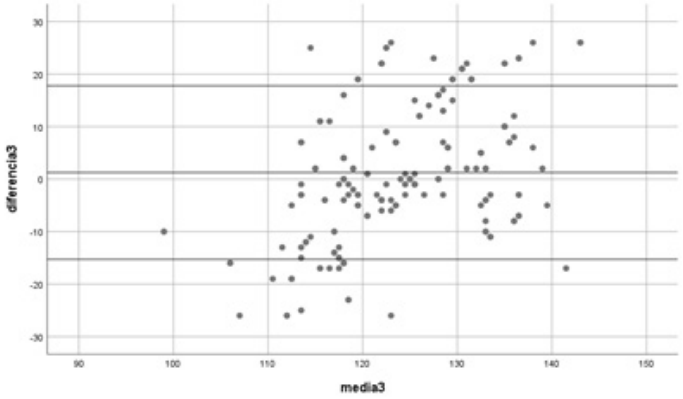
Figura 3. Método Bland – Altman



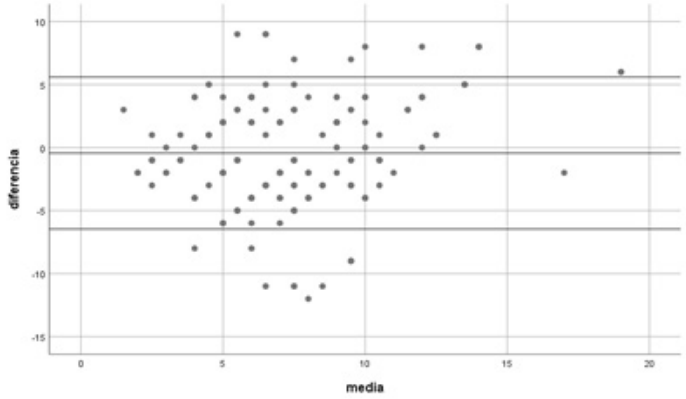
Flexión rodilla derecha



Extensión rodilla derecha



Flexión rodilla izquierda



Extensión rodilla izquierda

El objetivo del presente estudio consistió en determinar las equivalencias entre las medidas goniométricas manuales y digitales de los arcos de movilidad articular en los movimientos de flexión y extensión de rodilla en población estudiantil. El goniómetro convencional y la aplicación goniométrica digital son medidas funcionalmente diferentes. La goniometría convencional implica una medida angular basada en el eje de un brazo fijo y móvil, mientras que la digital basado en la inclinación detectada de la tibia durante su movimiento (Venturni et al., 2006). En este aspecto, históricamente se ha reconocido al goniómetro convencional como la prueba de movilidad articular pasiva más sencilla, económica y confiable. Su precisión depende directamente de la técnica, la experiencia y la habilidad del explorador que demuestra su destreza al no permitir el desplazamiento de este de los puntos de referencia.

A pesar de esta diferencia funcional, la literatura científica reporta medidas en rodilla altamente correlacionadas entre dos métodos

similares a los usados en el presente estudio. Ejemplo de ellos es el estudio de Dos Santos, Derhon, Brandalize, Brandalize & Rossi (2017), quienes revelaron coeficientes de correlación intraclase con valores de r→ 0.90 e ICC→ 0.93, que indican que la aplicación goniométrica con el uso de teléfonos inteligentes es tan sensible al cambio en el ángulo de flexión de la rodilla como el goniómetro convencional. Esto es importante, ya que la medición del ángulo preciso de la rodilla es compleja en la evaluación clínica de los pacientes. En el presente estudio se encuentran datos del ICC un poco más bajos que van de ICC: 0.76 - =0.97, pero que se consideran de bueno a muy buen con relación a la fuerza de la concordancia, lo que indica que los dos instrumentos de medición son sensibles para la medición de arcos de movilidad de la rodilla.

Desde otra perspectiva, en el estudio de Hambly et al. (2012) se encontraron resultados similares, con una fuerte correlación entre las herramientas de evaluación, pero una diferencia significativa con respecto a flexión máxima (goniómetro convencional: 132.47; aplicación de teléfono inteligente: 131,07; diferencia: 1.4). Los autores afirman que los valores en la medición que arrojó el goniómetro convencional, fueron mayores debido que esta herramienta se utilizó después de la aplicación de teléfono inteligente para todas las medidas y, en consecuencia, detectó una mayor elasticidad del tejido, pero la pequeña diferencia angular no tiene importancia clínica. En el presente estudio, en primer lugar se hizo una discriminación por rodilla derecha e izquierda, por lo que se evaluó la flexión de rodilla derecha y la flexión de rodilla izquierda con los dos instrumentos. La diferencia en la flexión de rodilla derecha fue (Goniómetro convencional: 126.39; Goniómetro digital: 124.18; diferencia: 2.21) y para la flexión de rodilla izquierda fue (Goniómetro convencional: 123.41; Goniómetro digital: 124.67; diferencia: 1.26). También se hicieron análisis cruzando los datos de la rodilla derecha e izquierda con los ángulos reportados por los goniómetros convencional y digital así (Flexión rodilla derecha con Goniómetro convencional: 126.39; y flexión de rodilla izquierda con goniómetro convencional: 123.41; diferencia: 2.98), mientras que la diferencia en la flexión de rodilla derecha e izquierda con goniómetro digital no varió significativamente (Flexión de rodilla derecha con goniómetro digital: 124.18; y flexión de rodilla izquierda con goniómetro digital: 124.67; diferencia: 0.49), lo que puede indicar mayor precisión para el goniómetro digital.

Del mismo modo, el estudio de Milanese, et al (2014) cuyo propósito consistió en examinar la confiabilidad y validez concurrente en la medición del ángulo de la rodilla en médicos

novatos y experimentados usando una aplicación de teléfono inteligente y un goniómetro universal estándar, determino que ambos métodos fueron confiables en repetidas ocasiones. No hubo diferencias significativas en confiabilidad entre los practicantes experimentados (CCC)→ 0.98) y novatos (CCC→ 0.96) para cualquiera dispositivo. Estos datos son comparables con los del presente estudio, ya que los examinadores cuentan con suficiente experiencia en el manejo de los diferentes goniómetros, sin embargo, de no ser así, estos instrumentos se pueden aplicar con personal no experimentado y las variaciones de su ICC no tendrían implicaciones clínicas relevantes.

De manera consistente, el estudio de Hancock, Hepworth y Wembridge (2018) denominado precisión y fiabilidad de la goniometría de rodilla y sus diferentes métodos en donde tres profesionales (un cirujano ortopédico experimentado, un cirujano ortopédico aprendiz y un fisioterapeuta experimentado) hicieron mediciones de ángulos de rodilla en seis sujetos. Los métodos de medición fueron el goniómetro de brazo largo, el goniómetro de brazo corto, el inclinómetro digital, la aplicación de teléfono inteligente y la estimación visual. Los resultados de confiabilidad intra e inter evaluador fue alta para todos los métodos (todos→ 0,99 y→ 0,98 respectivamente). El inclinómetro digital fue el método de evaluación más preciso (6 ° diferencia mínima significativa). El goniómetro de brazo largo tenía un mínimo significativo diferente de 10 °, la aplicación de teléfono inteligente de 12 ° y la estimación visual y la goniometría de brazo corto son igualmente inexacta con 14 ° de diferencia mínima significativa para cada uno. Sin embargo, estos datos pueden contar con limitaciones relacionado con el tamaño de la muestra, pues solo se hizo en seis sujetos, por lo que es difícil hacer generalizaciones. Por el contrario, en el presente estudio se utilizó el goniómetro convencional de brazo corto, que comparado con el gioniómetro digital, se evidencia mayor precisión en este último.

En cuanto a la variabilidad de los datos de la extensión de rodilla izquierda, es importante que el evaluador tenga en cuenta que la valoración de los rangos de movimiento amplios, exige del evaluador acortar parcialmente el grupo muscular antagonista poli o biarticular, ya sea proximal o distal a la inserción. De olvidar esta consideración, la elongación máxima del grupo antagonista, al alcanzar el límite del movimiento valorado, puede restringir la amplitud normal de la acción, aún más si presenta algún grado de retracción, es decir, si su capacidad de alargamiento se encuentra comprometida. Tomar en cuenta esta consideración permite aislar el componente muscular como causa de limitación de la movilidad articular pasiva. Obviamente la sospecha de

retracción muscular demanda la prueba específica de extensibilidad. En la valoración de la extensión de rodilla, si la cadera se encuentra en flexión y el tobillo en dorsiflexión, durante la generación de la extensión de rodilla, el grupo muscular isquiotibial y los gemelos, incrementan progresivamente su tensión a medida que el fisioterapeuta ejecuta la acción explorada. Si el usuario presenta una retracción de estos músculos, el aumento de tensión generado por el movimiento de extensión de la rodilla impide completar el rango total de esta acción. Por lo anterior, al iniciar la prueba es conveniente conservar la posición neutra de la cadera y mantener el tobillo en plantiflexión con el fin de acortar proximalmente los isquiotibiales y distalmente los gemelos, que en conjunto, representan el grupo muscular antagonista. De esta forma, se elimina la posibilidad del origen muscular como causa de la limitación y se centra en los tejidos articulares y circundantes. (Lesmes, 2007).

BIBLIOGRAFÍA

Á. García, C. de las Peñas, and J. Urrialde, Tratamiento fisioterápico de la rodilla. McGraw-Hill Interamericana, 2003.

Dos Santos, R. A., Derhon, V., Brandalize, M., Brandalize, D., & Rossi, L. P. (2017). Evaluation of knee range of motion: Correlation between measurements using a universal goniometer and a smartphone goniometric application. Journal of bodywork and movement therapies, 21(3), 699-703.

Earl JE, Vetter CS. Patellofemoral pain. Physical medicine and rehabilitation clinics of North America. 2007; 18(3):439-58.

H amorim. Goniometria Digital Versus Goniometria Clássica na Avaliação da Mobilidade do Ombro: Um Estudo Piloto de Concordância. Serviço de Medicina Física e de Reabilitação do Centro Hospitalar de São João,Porto, Portugal, I Revista da Sociedade Portuguesa de Medicina Física e de Reabilitação 4200-319 Porto Vol 29 I Nº 1 I Ano 25 (2017)

Hambly, K., Sibley, R., & Ockendon, M. (2012). Level of agreement between a novel smartphone application and a long arm goniometer for the assessment of maximum active knee flexion by an inexperienced tester. International Journal of Physiotherapy & Rehabilitation, 2.

Hancock, G. E., Hepworth, T., & Wembridge, K. (2018). Accuracy and reliability of knee goniometry methods. Journal of experimental orthopaedics, 5(1), 46. https://doi.org/10.1186/s40634-018-0161-5

Lesmes, J. D. (2007). Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano. Ed. Médica Panamericana.

Lliguichuzhca Dumán, Freddy Benedicto (2015). Valoración de los arcos de movilidad y fuerza muscular de la mano en pacientes de 18 – 46 años con diagnóstico de pseudoartrosis de escafoides tratada quirúrgicamente con la técnica de Matti Russe en el grupo de cirugía del miembro superior y mano del Hospital de Especialidades N° 1 de las F.F.A.A. Periodo 2008-2014. Trabajo de Tesis presentado como requisito parcial para optar el Título de Especialista en Ortopedia y Traumatología. Instituto Superior de Investigación y Postgrado. Quito: UCE. 72017 Jul; 21(3):699-703. Epub 2016 Nov 17.

M. Panesso, M. Trillos, and I. Guzmán, Biomecánica clínica de la rodilla. 2000

Milanese S, Gordon S, Buettner P, Flavell C, Ruston S, Coe D, O'Sullivan W, McCormack S.Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: smart phone app versus universal goniometer used by experienced and novice clinicians. Man Ther. 2014 Dec; 19(6):569-74. doi: 10.1016/j.math.2014.05.009. Epub 2014 Jun 4.

Mitchell K, Gutierrez SB, Sutton S, Morton S, Morgenthaler A. Reliability and validity of goniometric iPhone applications for the assessment of active shoulder external rotation. Physiother Theory Pract. 2014; 30:521-5

Pinto-Carral A, Fernández Villa T, Molina de la Torre A. Patient reported mobility: a systematic review. Arch Phys Med Rehabil. 2016; 97:1182-94

Utting M, Davies G, Newman J. Is anterior knee pain a predisposing factor to patellofemoral osteoarthritis? The knee. 2005; 12(5):362-5.

Venturni, C., André, A., Aguilar, B. P., & Giacomelli, B. (2006). Reliability of two evaluation methods of active range of motion in the ankle of healthy individuals. Acta Fisiátrica, 13(1), 39-43.