



## **TESINA**

presentada para acceder al título de grado de la carrera de  
**LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA**

### **Título:**

**“Ejercicio o ejercicio combinado con un programa de electro estimulación neuromuscular para incrementar la fuerza del cuádriceps en pacientes de tercera edad que cursan un postquirúrgico de artroplastia total de rodilla”**

### **Autor:**

**Carnielli, Sofía. -8674**

### **Director:**

**Lic. Calandriello, Nery**

### **Fecha de Presentación:**

**Santa Fe, 09/05/23**

### **Firma de Autor:**

Sofía Carnielli

## RESUMEN

**Introducción:** En pacientes con artrosis avanzada, la artroplastia total de rodilla ha demostrado ser un método de tratamiento altamente efectivo que conduce a una mejora sustancial de la función y la calidad de vida del paciente. A pesar de esto, cabe destacar que el abordaje quirúrgico agrava el déficit de fuerza del cuádriceps luego de la cirugía, por lo que, si bien el ejercicio físico es una herramienta de rehabilitación comprobada, la inquietud se encuentra al momento de combinarlo con EENM.

**Objetivo general:** Realizar una revisión de la literatura acerca de la efectividad del ejercicio y del ejercicio combinado con un programa de electro estimulación neuromuscular en un protocolo de rehabilitación para incrementar los valores finales de fuerza del cuádriceps en pacientes de tercera edad que cursan un postquirúrgico de artroplastia total de rodilla.

**Materiales y métodos:** Se realizó una revisión bibliográfica de la literatura publicada desde 2012 al 2022, haciendo uso de las bases de datos utilizando PubMed, Biblioteca Virtual en Salud (BVS) y revistas científicas.

**Resultados:** Se seleccionaron un total de 10 artículos para su análisis a texto completo. Se evaluó la eficacia de un programa de ejercicios estándar versus ejercicio estándar más electro estimulación neuromuscular, sobre la fuerza del cuádriceps, el rango óptimo de movimiento y la capacidad funcional en pacientes de tercera edad que cursaban un postquirúrgico de artroplastia total de rodilla.

**Conclusión:** A partir de la información obtenida, es posible que afirmar que el uso de electro estimulación neuromuscular ofrece un enfoque eficaz para mitigar los déficits de activación neural del músculo cuádriceps en el período inicial después de la artroplastia total de rodilla y restaura la función normal del músculo cuádriceps con mayor eficacia que el ejercicio voluntario solo.

**Palabras clave:** Artroplastia de Reemplazo de Rodilla; Músculo Cuádriceps; Fuerza Muscular; Terapia por estimulación eléctrica; Terapia por Ejercicio.

## **ÍNDICE DE ABREVIATURAS**

**ATR:** artroplastia total de rodilla

**IMA:** inhibición muscular artrogena

**EENM:** electro estimulación neuromuscular

**ROM:** rango óptimo de movimiento

**LCA:** ligamento cruzado anterior

**LCP:** ligamento cruzado posterior

**OA:** osteoartritis

**MEC:** matriz extracelular condral

**PR:** prótesis de rodilla

**PTR:** prótesis total de rodilla

**VAS:** escala análoga visual

**TUG:** time up and go

**KOOS:** knee injury and osteoarthritis outcome score

**SCT:** stair clim test

**6MWT:** test de marcha de los 6 minutos

**HTS:** sistema de entrenamiento híbrido

**CIVM:** contracción isométrica voluntaria máxima de cuádriceps

**WOMAC:** índice de osteoartritis de las universidades de Western Ontario y McMaster

**SF-36:** cuestionario de salud percibida

**CPM:** movilizador pasivo continuo

<b>ÍNDICE:</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN:</b> .....	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS:</b> .....	<b>4</b>
<b>II.a. General:</b> .....	<b>4</b>
<b>II.b. Específicos:</b> .....	<b>4</b>
<b>III. MARCO TEÓRICO:</b> .....	<b>5</b>
<b>III.a. Recuerdo anatómico y biomecánico de la rodilla:</b> .....	<b>5</b>
<b>III.a.1. Superficies articulares:</b> .....	<b>5</b>
<b>III.a.2. Estructuras fibrosas y serosas:</b> .....	<b>6</b>
<b>III.a.3. Cinemática de la rodilla:</b> .....	<b>7</b>
<b>III.a.4. Cinética de la rodilla:</b> .....	<b>8</b>
<b>III.b. Artrosis de rodilla:</b> .....	<b>9</b>
<b>III.b.1. Fisiopatología:</b> .....	<b>9</b>
<b>III.b.2. Clínica, diagnóstico y clasificación:</b> .....	<b>10</b>
<b>III.c. Tratamiento quirúrgico:</b> .....	<b>12</b>
<b>III.c.1. Clasificación:</b> .....	<b>12</b>
<b>III.c.2. Indicaciones:</b> .....	<b>14</b>
<b>III.c.3. Contraindicaciones:</b> .....	<b>14</b>
<b>III.c.4. Técnica quirúrgica:</b> .....	<b>15</b>
<b>III.c.5. Abordaje:</b> .....	<b>16</b>
<b>III.d. Inhibición muscular artrógena:</b> .....	<b>16</b>
<b>III.d.1. Inervación sensorial de la articulación de la rodilla:</b> .....	<b>17</b>
<b>III.d.2. Factores que pueden alterar la descarga aferente de la articulación de la rodilla:</b> .....	<b>18</b>
<b>III.e. Rehabilitación postquirúrgica:</b> .....	<b>20</b>
<b>III.e.1. Ejercicios:</b> .....	<b>21</b>
<b>III.e.2. Electro estimulación neuromuscular:</b> .....	<b>22</b>
<b>IV. JUSTIFICACIÓN:</b> .....	<b>24</b>
<b>V. MATERIAL Y MÉTODOS:</b> .....	<b>25</b>
<b>VI. RESULTADOS:</b> .....	<b>28</b>
<b>VII. DISCUSIÓN:</b> .....	<b>42</b>
<b>VIII. CONCLUSIONES:</b> .....	<b>47</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:</b> .....	<b>48</b>

## **I. INTRODUCCIÓN:**

En pacientes con artrosis avanzada, con compromiso de más de un compartimiento y cuando ha fracasado el tratamiento conservador, la artroplastia total de rodilla (ATR) ha demostrado ser un método de tratamiento altamente efectivo que conduce a una mejora sustancial de la función y la calidad de vida del paciente, ofreciendo un notable alivio del dolor y una predecible recuperación funcional; ésta intervención implica el reemplazo de las superficies articulares femoral, tibial y patelar utilizando superficies de carga metálicas y de polietileno. Tanto el componente femoral como el tibial pueden tener vástago y fijarse con cemento, sin cemento o de forma híbrida. La rótula es a menudo recubierta con polietileno de alta densidad, que puede tener un soporte metálico posterior. La artroplastia total de rodilla constituye el procedimiento de primera línea en pacientes de la tercera edad (es decir, mayores de 60 años) donde la artrosis de rodilla ha alcanzado los estadios finales. No obstante, el paciente debe tener predisposición para cumplir con las restricciones postoperatorias, como también comprender las limitaciones en la actividad física permitida.<sup>1;2</sup>

Se conoce como postoperatorio el período de tiempo que transcurre a partir del momento de concluir una cirugía hasta que el paciente se recupera por completo. Este período se divide en tres fases<sup>3</sup>:

- Postoperatorio inmediato: corresponde a las primeras 24 horas tras la cirugía.
- Postoperatorio mediato: abarca desde 24 horas hasta 7 días después de la cirugía.
- Postoperatorio tardío: va desde el séptimo día hasta cumplir un mes después de la cirugía.

La debilidad marcada del cuádriceps es típicamente observada luego de una lesión o cirugía de rodilla. Esto se debe, en parte a la atrofia muscular, pero también resultada parcialmente por inhibición neural secundaria a alteración de la función sensorial de las estructuras de la rodilla, de manera inespecífica, provocando un fenómeno secundario denominado inhibición muscular artrógena (IMA), que impide la completa activación de dicho músculo.<sup>1;2</sup>

Los individuos con artrosis de rodilla muestran con frecuencia un déficit en la fuerza del cuádriceps cercano al 20%, en comparación con sujetos control de igual sexo y edad. El abordaje quirúrgico durante la ATR, usualmente realizado mediante una incisión a través

del aparato extensor, agrava el déficit de fuerza de manera que los valores de torque preoperatorios disminuyen más del 50% luego de un mes de la cirugía. Si se comparan los resultados de fuerza a largo plazo, los sujetos con ATR muestran un déficit de fuerza del 30-48% en comparación con sujetos sanos de la misma edad.<sup>1;2</sup>

Se ha sugerido que los trastornos en la fuerza del cuádriceps son el resultado de una combinación de alteraciones en la activación neuromuscular y atrofia muscular. Se cree que luego de 1 mes de la cirugía, los trastornos en la fuerza del cuádriceps son predominantemente debidos a déficits en la activación voluntaria a causa de la actividad refleja espinal producida por el edema y/o dolor.<sup>1;2</sup>

Parece que el déficit de activación muscular puede continuar por un extenso período de tiempo. Incluso años posteriores a la ATR, la activación del cuádriceps es significativamente menor que la de los controles de edad similar. Este hecho constituye una inquietud para el rehabilitador, ya que puede perjudicar la efectividad potencial de los ejercicios activos que intentan mejorar la función.<sup>1;2</sup>

La sarcopenia, definida como pérdida progresiva de masa muscular con el envejecimiento, es un factor contribuyente fundamental a los trastornos de la función en la población añosa. Las alteraciones en la activación voluntaria del cuádriceps presente en pacientes con artrosis pueden contribuir a la atrofia muscular, debido a que la inhibición neuromuscular impide la activación completa e interrumpe el estímulo necesario para mantener el trofismo muscular. Se ha sugerido que la mayoría de los individuos con ATR muestran un área de sección transversal pequeña, consistente con los cambios relacionados con la artrosis de rodilla.<sup>1</sup>

Dado que la duración de la estancia hospitalaria después de la cirugía de artroplastia articular ha disminuido marcada y rápidamente, y dado que los pacientes que se someten a una artroplastia de rodilla aún pueden experimentar un deterioro funcional considerable después de la operación, la efectividad de la fisioterapia después del alta es una pregunta válida. La incertidumbre actual con respecto a la efectividad dificulta que las organizaciones encargadas, los profesionales de la salud y los pacientes tomen decisiones con respecto a dicha fisioterapia.<sup>4</sup>

La electro estimulación neuromuscular (EENM) produce contracciones pasivas del músculo esquelético a través del uso de impulsos eléctricos de bajo voltaje, derivados al

cuerpo mediante electrodos colocados sobre la piel por encima del grupo muscular que se desea estimular. Es un método terapéutico seguro de aplicar.<sup>5</sup>

Dentro de los efectos clínicos se conoce que incrementa la capacidad oxidativa del músculo, genera contracciones suaves repetitivas que mejora el flujo sanguíneo intramuscular, la fuerza máxima y la fuerza resistencia.<sup>5</sup>

Una de las potenciales ventajas de la EENM, es que puede ser aplicada en el periodo posoperatorio mediato, momento en el que lograr una contracción activa resulta difícil, y en el que aún se deben tener precauciones al movilizar la rodilla debido a la presencia de una cicatriz en proceso de curación en la cara anterior de la rodilla.<sup>5</sup>

Las pautas de ejercicio terapéutico después de una artroplastia total de rodilla se centran tradicionalmente en el control del dolor y la inflamación, al tiempo que mejoran el rango óptimo de movimiento (ROM) y la movilidad funcional. Dentro de los ejercicios aplicables en cadena cinética abierta o cadena cinética cerrada, se pueden encontrar: movilizaciones activas, fortalecimiento isotónico e isométrico, propiocepción, equilibrio y marcha. Es posible que se necesiten ejercicios más progresivos y de alta intensidad para abordar los déficits de tamaño, activación y fuerza de los músculos de las extremidades inferiores, junto con la movilidad funcional poco después de la cirugía. Se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza (60% del máximo de 1 repetición) induce aumentos en la fuerza en personas de la tercera edad.<sup>1:6</sup>

Por este motivo, se debe buscar un programa terapéutico adecuado para los pacientes que se someten a esta cirugía y poder devolverles la mayor funcionalidad posible siendo criteriosos a la hora de elegir un tratamiento, teniendo en cuenta el momento adecuado en el cual sería útil o no, realizar dicha intervención y optimizando el tiempo de la sesión kinésica. Una rehabilitación posoperatoria que aborde la fuerza del cuádriceps precozmente, debería mitigar estas deficiencias y dar mayores resultados funcionales.

A partir de los conceptos desarrollados previamente, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Es más efectivo el ejercicio, o el ejercicio combinado con un programa de electro estimulación neuromuscular en un protocolo de rehabilitación para incrementar los valores finales de fuerza del cuádriceps en personas de la tercera edad que cursan un postquirúrgico de artroplastia total de rodilla?

## **II. OBJETIVOS:**

### **II.a. General:**

Realizar una revisión de la literatura acerca de la efectividad del ejercicio y del ejercicio combinado con un programa de electro estimulación neuromuscular en un protocolo de rehabilitación para incrementar los valores finales de fuerza del cuádriceps en pacientes de la tercera edad que cursan un postquirúrgico de artroplastia total de rodilla.

### **II.b. Específicos:**

Revisar los efectos de la aplicación de ENNM en los diferentes estadios del postoperatorio.

Analizar los distintos tipos de ejercicios aplicables.

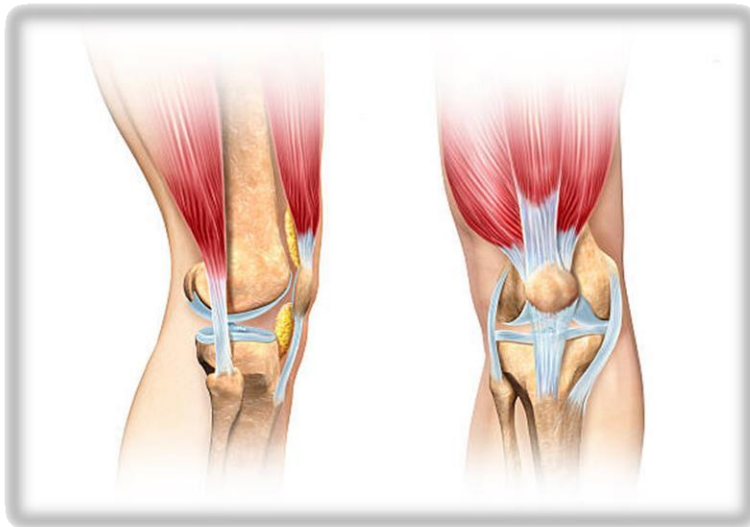
Interpretar, a partir de la revisión de la literatura, los resultados obtenidos de cada intervención de tratamiento dentro del período postquirúrgico sobre la fuerza del cuádriceps, la capacidad funcional y el ROM.



### **III. MARCO TEÓRICO:**

#### **III.a. Recuerdo anatómico y biomecánico de la rodilla:**

La rodilla es la articulación que une el fémur con la tibia, es la mayor y la más compleja de las articulaciones del cuerpo humano. Desde un punto de vista funcional debe combinar dos objetivos exclusivos entre sí, como son la gran estabilidad y resistencia al peso que tiene que soportar y la movilidad suficiente para trasladarlo. Desde un punto de vista estructural, la rodilla consta de dos articulaciones reunidas por una cápsula común, la femorotibial, dividida en un compartimiento interno y otro externo, y la femororrotuliana, situada en la parte anterior del complejo articular.<sup>7</sup>



*Imagen 1: Anatomía de la rodilla*

#### **III.a.1. Superficies articulares:**

Los cóndilos femorales, anteroposterior y transversalmente convexos, están recubiertos por un cartílago articular que se interrumpe bruscamente en los límites con la fosa intercondílea que los separa y con las regiones epicondíleas dirigidas lateralmente.

Las carillas glenoideas de la tibia son ligeramente cóncavas en dirección transversal. Anteriormente, ambos cóndilos femorales se unen mediante otra carilla articular, la tróclea femoral, un componente de la articulación femororrotuliana.

La rótula se articula con el fémur por su cara posterior. Esta superficie presenta una cresta sagital y dos vertientes que miran hacia la superficie troclear correspondiente del fémur. Los cartílagos que recubren las superficies femorales y rotulianas son gruesos y el de las vertientes trocleares se continúa sin interrupción alguna con el de los cóndilos femorales.

Los meniscos son fibrocartílagos interpuestos entre los cóndilos femorales y las glenoides tibiales, que dividen incompletamente cada compartimiento femorotibial. Su forma (arqueada en proyección vertical) da como resultado elementos congruentes entre las superficies del fémur y la tibia. Los meniscos están unidos por su borde periférico a la cápsula articular y, por medio de ella, el menisco interno se fija al ligamento colateral interno. Ambos meniscos están unidos por ligamentos a las superficies espinosas anterior y posterior de la tibia a través de los cuernos. Por delante, cada menisco está unido a la rótula mediante un ligamento menisacorrotuliano y, con gran frecuencia, se unen entre sí a través del ligamento yugal o transverso. A pesar de todas estas conexiones, el menisco se desliza sobre la meseta tibial con cierta facilidad y acompaña el movimiento del cóndilo femoral. La porción periférica de los meniscos, recubierta de líquido sinovial, recibe vasos que penetran a profundidades variables (10-30%). Además, los cuernos están mejor vascularizados que el cuerpo. La misma distribución se observa en relación a la presencia de fibras nerviosas, donde se encuentran tanto receptores encapsulados como terminaciones nerviosas libres. Estas circunstancias hacen que los meniscos tengan una importante función sensorial, especialmente en sus cuernos e inserciones tibiales, proporcionando abundante información propioceptiva relacionada con la posición articular.<sup>7</sup>

### **III.a.2. Estructuras fibrosas y serosas:**

La cápsula articular es estructuralmente delgada, y está ausente en la cara posterior del tendón del cuádriceps, donde se encuentra la bolsa serosa subcuadricipital, que se comunica extensamente con la cavidad articular. Distal a este tendón la cápsula presenta un gran orificio que se ajusta a la circunferencia de la rótula, y, más distalmente aún, entre ésta y la tuberosidad anterior de la tibia, a los bordes del ligamento rotuliano. Por detrás de la articulación, la cápsula de cada cóndilo femoral se vuelve muy gruesa, formando las cáscaras condíleas, siendo más débil entre ambas. La inserción femoral de la cápsula pasa entre el borde periférico del cartílago articular y la superficie, áspera y rugosa, de los epicóndilos, y en la tibia se fija periféricamente al borde del cartílago de las carillas

glenoideas. Aparte de la unión ósea, la cápsula se inserta en el borde periférico de ambos meniscos y en la cara profunda del ligamento colateral interno, que se extiende desde el epicóndilo interno hasta la tuberosidad interna de la tibia. Por el contrario, el ligamento colateral externo, no se inserta en la cápsula articular en la vía entre el epicóndilo lateral y la apófisis estiloides del peroné. Los ligamentos cruzados, anterior (LCA) y posterior (LCP), ocupan la mayor parte de la fosa intercondílea, donde se cruzan oblicuamente entre sus inserciones tibiales y femorales.

La rótula está fijada circunferencialmente en la cápsula articular, proximal y distalmente, tanto por el tendón del cuádriceps como por el ligamento rotuliano. Además, lateralmente, parten de la rótula dos expansiones triangulares, las aletas rotulianas, que, a modo de refuerzos de la propia cápsula, la unen a ambos epicóndilos y los ya citados ligamentos menisco rotulianos.

La membrana sinovial cubre la cara profunda de la cápsula articular, las porciones adyacentes del menisco y los elementos contenidos dentro de la articulación. Desde un punto de vista mecánico, el paquete adiposo infra rotuliano se comporta como estructuras de relleno que se adaptan al aumento o disminución de los espacios que se crean en las distintas posiciones articulares, siendo absorbidas al interior de la articulación durante la extensión y expulsadas durante la flexión, situación en la que hacen relieve y se pueden palpar en la cara lateral de la rótula.<sup>7</sup>

### **III.a.3. Cinemática de la rodilla:**

La articulación de rodilla permite el movimiento en dos planos. Los que se dan en el plano sagital se denominan flexión-extensión, y los que se dan en el plano frontal se denominan rotaciones. Éstos son los movimientos principales, pero debido a la plasticidad articular y sólo de forma pasiva, la rodilla puede permitir movimientos de muy pequeña amplitud en el plano frontal. Los movimientos más obvios de la rodilla son los de flexo extensión y durante los mismos los cóndilos femorales ruedan y se deslizan a la vez sobre las glenoides tibiales. Durante la flexión los cóndilos femorales tienden a desplazarse hacia atrás y en la extensión sucede lo contrario; los cóndilos ruedan hacia delante. Partiendo de la posición anatómica la amplitud de la flexión es de unos 120°, que aumenta hasta 140° con la cadera flexionada y llega a 160° forzando pasivamente el movimiento. Durante la rotación interna del fémur sobre la tibia el cóndilo femoral interno se desplaza hacia atrás y el externo hacia adelante y cada menisco acompaña al cóndilo femoral correspondiente

deformándose y deslizándose sobre la tibia. La amplitud de la rotación interna es de unos 30° (30-35° de forma pasiva) mientras que la rotación externa alcanza los 40° (45-50° pasivamente).

El movimiento de la articulación de la rodilla está controlado por muchos factores limitantes de diversa naturaleza. Por un lado, la flexión está limitada por la distensión del cuádriceps. Por otro lado, por el contacto y mutua compresión de las partes blandas situadas en la región posterior del muslo y de la pierna; y por la captación de las partes posteriores de los meniscos entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales. El movimiento de extensión está limitado por la distensión de los músculos flexores, la captación de las partes anteriores de los meniscos entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales, la tensión progresiva a la que se ven sometidas las estructuras fibrosas de la pared posterior de la cápsula y la tracción ejercida sobre los ligamentos colaterales. Ambos ligamentos cruzados juegan un papel importante en el desarrollo de los movimientos de flexo extensión, puesto que el LCA es el responsable del deslizamiento hacia delante de los cóndilos, limitando su traslación posterior a causa del rodamiento, mientras que el LCP es el responsable del deslizamiento de aquéllos hacia atrás y limita su traslación anterior. Los factores limitantes más importantes para la rotación externa son los ligamentos colaterales y para la rotación interna los ligamentos cruzados.<sup>7</sup>

#### **III.a.4. Cinética de la rodilla:**

La articulación de la rodilla trabaja en compresión. Las fuerzas que actúan sobre la porción proximal del fémur se concentran en la gruesa cortical de su diáfisis, pero cuando alcanzan la epífisis distal se difunden en el tejido óseo esponjoso de los cóndilos femorales, que ofrecen una amplia superficie de transmisión, a través de los meniscos, hacia la gran superficie receptora de las glenoides tibiales.

El hueso esponjoso subyacente a las glenoides concentra las fuerzas recibidas en la cortical diafisaria para que sea transmitida distalmente a lo largo de la tibia. Una fuerza de reacción normal, de la misma magnitud, actúa en sentido contrario. Tres cartílagos se encuentran entre cada cóndilo femoral y la meseta tibial: los cartílagos articulares del fémur y de la tibia (cartílago hialino) y el menisco (fibrocartílago); estructuras que desempeñan un papel muy importante no sólo en la transmisión, sino en la amortiguación de parte de las fuerzas que actúan sobre ellos. La adaptación de los meniscos a la forma de los cartílagos articulares aumenta considerablemente el área de contacto en la zona de transmisión, con

lo que disminuye la magnitud de la compresión por unidad de superficie que actúa sobre el cartílago articular. Sin esa función distribuidora de cargas que poseen los meniscos, aquéllas se concentrarían en la zona de contacto entre los cartílagos articulares, sometiéndolo a sobrecargas de magnitudes claramente agresivas para la integridad del tejido cartilaginoso.

La rótula, situada entre el tendón del cuádriceps y el ligamento rotuliano, se halla sometida a fuerzas de tracción en su circunferencia y de compresión en su cara posterior. La función principal de la rótula consiste en aumentar el brazo de palanca de la fuerza del músculo cuádriceps. También concentra las fuerzas divergentes de los cuatro componentes de dicho músculo y las transmite al ligamento rotuliano, que está sometido a fuerzas de tracción entre la rótula y la tuberosidad anterior de la tibia. Debido al bajo coeficiente de fricción del cartílago articular, se ha asumido que la rótula actúa como una polea sin fricción y, por tanto, la fuerza del cuádriceps sería igual a la del ligamento rotuliano.<sup>7</sup>

### **III.b. Artrosis de rodilla:**

La osteoartritis (artrosis [OA]) es uno de los principales problemas de salud a nivel mundial debido a su alta prevalencia, siendo considerada la causa más común de incapacidad permanente en personas de la tercera edad (mayores de 65 años). Aunque la OA fue definida clásicamente como una condición degenerativa articular caracterizada por pérdida progresiva del cartílago articular, hipertrofia ósea marginal (osteofitos) y cambios en la membrana sinovial, hoy se reconoce que en esta enfermedad existe un patrón génico y proteómico de características inflamatorias.<sup>8</sup>

#### **III.b.1. Fisiopatología:**

Actualmente se reconoce a la OA como una enfermedad multifactorial donde diversas noxas son capaces de generar y perpetuar el daño sobre el cartílago articular, seguido de respuestas de la membrana sinovial y del hueso subcondral. De esta forma, cuando se compromete la matriz extracelular condral (MEC) se genera una disminución en la capacidad de retención de agua perdiendo el tejido resistencia, resiliencia y elasticidad frente a la compresión, aumentando el daño del tejido circundante. Debido a la baja tasa de renovación celular y a la baja capacidad reparativa, el cartílago no logra compensar el daño sufrido, generándose finalmente el fenómeno de la OA.<sup>8</sup>

Independientemente de cuál sea la causa original del daño, los fibroblastos de la membrana sinovial responden secretando diversas citoquinas y factores inflamatorios (IL-1, TNF- $\alpha$ , TGF- $\beta$ , IL-8, GRO- $\alpha$ , entre otras). Estos factores inflamatorios se mantienen presentes en la articulación, independiente del tratamiento corrector de la causa originaria del daño condral pudiendo mantener la progresión del daño articular. La respuesta insuficiente del hueso subcondral reemplaza el cartílago hialino por fibrocartílago constituido principalmente por colágeno tipo I, lo que le confiere una inferior capacidad mecánica a la vez que se produce un proceso de hipertrofia del hueso subcondral, caracterizado por angiogénesis con penetración de los neovasos en la capa profunda del cartílago articular y apoptosis condral seguido por la mineralización de la MEC, lo que se aprecia clínicamente con la formación de osteofitos, geodas y disminución del espacio articular.<sup>8</sup>

### **III.b.2. Clínica, diagnóstico y clasificación:**

La OA de rodilla es una condición cuyo diagnóstico es eminentemente clínico basado en los signos y síntomas del paciente, los factores de riesgo y las alteraciones presentes en el examen físico.<sup>8</sup>

La vejez, el sexo femenino, el sobrepeso y la obesidad, las lesiones de rodilla, el uso repetitivo de las articulaciones, la densidad ósea, la debilidad muscular y la laxitud articular juegan un papel en el desarrollo de la OA articular.<sup>9</sup>

La presentación clásica de esta afección es en pacientes sobre los 50 años de edad con dolor crónico de características mecánicas, más intenso al inicio de los movimientos pudiendo disminuir posteriormente, asociado a rigidez articular mayor a 30 min y a deformidad articular con pérdida de rangos articulares, crepitación y derrame.

Para el diagnóstico de precisión se han descrito criterios específicos destacando los del American Collage of Rheumatology.<sup>8</sup>

Al menos 3 criterios positivos:<sup>8</sup>

- Historia clínica:
  - Gonalgia
  - >50 años
  - rigidez <50min
  - crépitos

- sensibilidad ósea
- sin aumento de temperatura
- aumento de volumen óseo
- Exámenes de laboratorio:
  - VHS < 40 mm/h
  - factor reumatoideo < 1:40
- Estudio radiológico:
  - Osteofitos

La artrosis se puede clasificar según sus hallazgos radiográficos en 5 grados en la escala de Kellgren-Lawrence, que contempla el estrechamiento de la interlínea articular, la presencia de osteofitos, la esclerosis subcondral y la deformidad de los extremos óseos.<sup>10</sup>

- Grado 0: Normal
  - Radiografía normal
- Grado 1: Dudoso
  - Dudoso estrechamiento del espacio articular
  - Posible osteofitosis
- Grado 2: Leve
  - Posible estrechamiento del espacio articular
  - Osteofitos
- Grado 3: Moderado
  - Estrechamiento del espacio articular
  - Osteofitosis moderada múltiple
  - Leve esclerosis
  - Posible deformidad de los extremos de los huesos
- Grado 4: Grave
  - Marcado estrechamiento del espacio articular
  - Abundante osteofitosis
  - Esclerosis grave
  - Deformidad de los extremos de los huesos

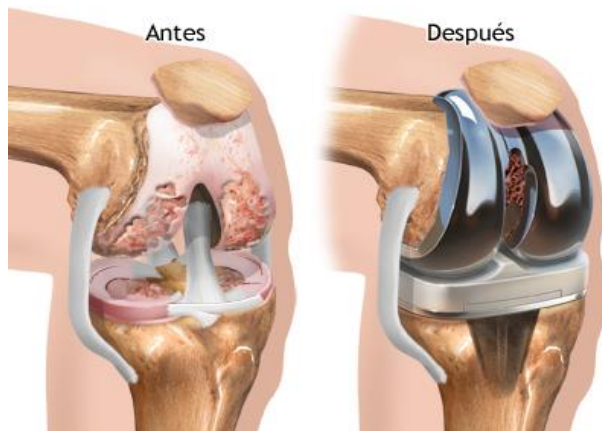
*"Ejercicio o ejercicio combinado con un programa de electro estimulación neuromuscular para incrementar la fuerza del cuádriceps en pacientes de tercera edad que cursan un postquirúrgico de artroplastia total de rodilla"*



*Imagen 2: Radiografía de frente de rodilla que muestra los distintos grados de artrosis.*

### **III.c. Tratamiento quirúrgico:**

La artroplastia de rodilla constituye uno de los mayores avances terapéuticos en el campo de la cirugía ortopédica. Esta intervención se ha mostrado como una de las actividades médicas con mejor relación coste/efectividad, y con un tratamiento postquirúrgico adecuado el paciente puede obtener una mejora significativa en su calidad de vida.



*Imagen 3: Reemplazo total de rodilla.*

#### **III.c.1. Clasificación:**

Existen diferentes formas de clasificarlas. Por ejemplo, según:

1. El número de compartimentos reemplazados. Según ello la artroplastia puede ser de tres tipos: unicompartimental, bicompartimental o tricompartmental. A las dos últimas se les denomina prótesis totales.



a) Las unicompartmentales actualmente representan menos de un 10 % de las prótesis de rodilla (PR) y pueden emplearse en artrosis fémoro-tibial unilateral; presenta las ventajas de que la cirugía es más conservadora, el implante es más barato, la necesidad de transfusión es menor y la recuperación tras la intervención es más rápida, además de conseguir en general una mayor movilidad y propiocepción. Del mismo modo, la cirugía de revisión es más sencilla que tras la osteotomía o la prótesis bicompartimental. Su desventaja principal reside en el hecho de que es muy difícil determinar si realmente la artrosis es unicompartmental y si el compartimento no reemplazado va o no a degenerar con el tiempo. Sus indicaciones serían las de la osteotomía.

b) La prótesis bicompartimental es aquella en la que se sustituye completamente la superficie tibial y femoral, es decir, los compartimentos fémoro-tibial interno y externo.

c) La prótesis tricompartmental es aquella en la que además se sustituye la superficie posterior de la rótula. Es la utilizada con mayor frecuencia.

## 2. La utilización o no de cemento como anclaje:

Pueden ser cementadas (en las que se cementan los dos componentes mayores) y no cementadas o híbridas (sólo se cementa uno de los componentes).

a) Las prótesis cementadas son utilizadas en personas mayores y sedentarias, en huesos poróticos, con exceso ponderal, mala adaptación de la prótesis a los cortes óseos y siempre que se desee una deambulación precoz. Deben evitarse en pacientes con larga esperanza de vida.

b) Las prótesis no cementadas pueden tener un recubrimiento "poroso" o un tratamiento superficial con hidroxapatita, para promover la osteointegración. Es la llamada "fijación biológica". En teoría, esta fijación no se debería deteriorar con el tiempo, y por lo tanto es la ideal para personas más jóvenes y activas.

c) Modelo híbrido: componente femoral sin cementar con superficie porosa (ya que ha mostrado una buena osteointegración) y rótula y tibia cementadas.

## 3. Las fuerzas mecánicas a las que se someten las prótesis:

a) Prótesis constreñidas: poseen un eje o bisagra que une los componentes femoral y tibial y sólo tienen un grado de libertad, la flexo-extensión. Por soportar grandes fuerzas y presentar más riesgo de aflojamiento deben estar sólidamente ancladas al hueso por

vástagos largos. Ello origina un alto índice de complicaciones, sobre todo embolia grasa, por lo que tienden a utilizarse cada vez menos. Fueron las primeras PR que se utilizaron, pero actualmente están indicadas sólo en casos muy concretos, como en cirugía de revisión, deformidad e inestabilidad grave de la rodilla y en algunos tumores, pues tienen la ventaja de que pueden utilizarse cualquiera que sea el estado de las partes blandas.

b) Las prótesis no constreñidas soportan menos fuerzas mecánicas que las anteriores, y por tanto los anclajes óseos pueden ser más reducidos. Son las utilizadas habitualmente.<sup>11</sup>

Actualmente las PR consta de dos piezas metálicas de diferentes aleaciones que reemplazan las superficies articulares del fémur y la tibia. Para evitar el roce metal-metal entre ambos componentes metálicos femoral y tibial, se coloca como superficie de deslizamiento una pieza intermedia de polietileno en el componente tibial de al menos 8 mm. Esta pieza puede ser fija o móvil, prefiriéndose la primera. El componente rotuliano también se fabrica con polietileno.<sup>11</sup>

### **III.c.2. Indicaciones:**

Una PR estará indicada si el enfermo sufre dolor intenso, grave deformidad e importante deterioro funcional con repercusiones personales y sociales, que no responde a tratamientos conservadores ni a tratamientos quirúrgicos menos radicales. La edad ideal para recibir una PR está por encima de los 60 años. Es conveniente retrasar su implante hasta el fin de la vida laboral activa. El bajo peso y la poca actividad contribuyen al éxito de la prótesis.

En cualquier caso, las expectativas del paciente no deben ser los deportes que sobrecarguen la rodilla, como jugar al tenis o correr o desempeñar actividades laborales exigentes.

### **III.c.3. Contraindicaciones:**

1. Absolutas: infección articular reciente, infección sistémica, artropatía neuropática y artrodesis sólida indolora.

2. Relativas: osteoporosis severa, salud débil, mecanismo extensor no funcional, patología vascular periférica significativa y en caso de genu recurvatum es probable que éste reaparezca.<sup>11</sup>

### **III.c.4. Técnica quirúrgica:<sup>12</sup>**

Los objetivos de la implantación de una prótesis total de rodilla (PTR) son:

- 1- Eliminar o disminuir el dolor de la rodilla
- 2- Mejorar o al menos intentar mantener el balance articular preoperatorio de la articulación
- 3- Estabilizar la articulación
- 4- Obtener una fijación estable y duradera al hueso del paciente.

Los resultados de la cirugía vienen condicionados por 4 tipos de factores:

- 1- Factores dependientes del paciente: comorbilidades, depresión, artrosis de articulaciones vecinas, pero sobre todo la presencia de unas expectativas no realistas del resultado de la cirugía. Probablemente los factores dependientes del paciente son los que más peso acaban teniendo en el resultado de la cirugía y la satisfacción del paciente.
- 2- Factores dependientes del cirujano: todo lo relativo a la técnica quirúrgica
- 3- Factores dependientes del instrumental quirúrgico

Para conseguir los objetivos mencionados anteriormente con la implantación de una PTR primaria, se deberán tener en cuenta 3 principios:

1- Conseguir una alineación correcta: La alineación debe ser adecuada en los 3 planos del espacio para cada uno de los componentes protésicos y si es así secundariamente se conseguirá una alineación correcta de la extremidad. Los gestos quirúrgicos que condicionarán la alineación de los componentes son los cortes óseos.

2- Conseguir un equilibrio ligamentoso adecuado de la rodilla tanto en extensión como en flexión. El equilibrio ligamentario es importante en el plano antero-posterior, pero sobre todo en el plano frontal (en varo y valgo). Para conseguir este equilibrio ligamentoso se cuenta con técnicas de liberación de las estructuras más tensas, aunque otras estrategias permitirán retensar estructuras laxas o condicionar los cortes óseos al equilibrio ligamentoso para asegurar el mismo, asumiendo una alineación no perfecta en algún plano.

3- Conseguir una fijación de los implantes estable y duradera. El sistema de fijación más universalmente aceptado en PTR es la utilización de cemento.<sup>12</sup>

### **III.c.5. Abordaje:**

Puede utilizarse un abordaje transvasto, subvasto o una artrotomía pararrotoiana medial. Asimismo, según lo que prefiera el cirujano, se puede optar por una eversión o una subluxación de la rótula. El fémur, la tibia y la rótula se preparan de forma independiente y se pueden cortar en cualquier orden, siguiendo el principio de una "resección ósea adecuada".<sup>13</sup>

El eje mecánico de los miembros inferiores se determina a través de una línea recta que pasa por el centro de la cabeza femoral, y por el centro de la articulación tibiotalar, mientras que el eje anatómico sigue la diáfisis femoral hasta el centro de la articulación femorotibial. El valgo fisiológico se define cuando esas dos líneas forman un ángulo entre 5° y 7°.

Los componentes femorales y tibiales se alinean perpendicularmente a estos ejes, utilizando instrumentales que permiten realizar cortes precisos para asegurar una fijación correcta y segura. Las prótesis están disponibles en distintos tamaños. Los componentes tibiales de polietileno están disponibles con espesuras que varían de 8 a 26 mm, lo que otorga a los cirujanos amplias posibilidades para equilibrar las prótesis con la liberación adecuada de tejidos blandos.<sup>14</sup>

### **III.d. Inhibición muscular artrogénica:**

La sarcopenia, definida como pérdida progresiva de masa muscular con el envejecimiento, es un factor contribuyente fundamental a los trastornos de la función en la población añosa. Las alteraciones en la activación voluntaria del cuádriceps presente en pacientes con OA pueden contribuir a la atrofia muscular, debido a que la inhibición neuromuscular impide la activación completa e interrumpe el estímulo necesario para mantener el trofismo muscular.<sup>1</sup>

La debilidad marcada de los músculos cuádriceps se observa típicamente después de una lesión en la rodilla, después de una cirugía de rodilla y en pacientes con artritis.

Esto se debe en parte a la atrofia muscular y en parte a la inhibición neuronal en curso que impide que los cuádriceps se activen por completo, un proceso conocido como músculo artrogénico.

La IMA se ha relacionado con la hinchazón, la inflamación, el dolor, la laxitud de las articulaciones y el daño estructural de las articulaciones. La importancia relativa de estos factores no se comprende con claridad, pero en general se acepta que la IMA es causada por un cambio en la descarga de los receptores sensoriales de la articulación de la rodilla dañada. La descarga aferente articular anómala puede tener efectos poderosos en el sistema nervioso central, lo que influye en la excitabilidad de múltiples vías espinales y supra espinales que se combinan para limitar la activación de los músculos cuádriceps.

La IMA del cuádriceps ha sido durante mucho tiempo motivo de preocupación para los médicos, ya que contribuye a la atrofia muscular y puede retrasar o incluso prevenir el fortalecimiento efectivo, lo que dificulta significativamente la rehabilitación. Si bien la IMA leve no impide el aumento de la fuerza, es probable que restrinja su magnitud, ya que una parte del músculo no puede activarse. Durante los primeros meses luego de una lesión o cirugía, o cuando el daño articular es extenso, la IMA puede ser grave y los protocolos de fortalecimiento del cuádriceps pueden ser en gran medida ineficaces. A pesar del entrenamiento de resistencia, la fuerza del cuádriceps puede permanecer sin cambios o incluso disminuir significativamente, un efecto atribuido a IMA. Como resultado, los déficits de fuerza del cuádriceps a menudo permanecen mucho tiempo después del trauma articular inicial.

Parece que la IMA es más grave en los primeros días después del daño articular, antes de reducirse un poco, se estabiliza a mediano plazo (hasta 6 meses) y luego disminuye lentamente a más largo plazo (18-33 meses). Sin embargo, es evidente que niveles notables de IMA aún pueden estar presentes meses y, en muchos casos, años después del daño articular.<sup>2</sup>

#### **III.d.1. Inervación sensorial de la articulación de la rodilla:**

Para comprender mejor los mecanismos involucrados en la IMA, es importante conocer la gama de receptores sensoriales dentro de la articulación de la rodilla y su función. Los receptores sensoriales dentro de la articulación de la rodilla se pueden dividir en 2 clases principales, los que están inervados por fibras aferentes mielinizadas grandes (aferentes del grupo II) y los que están inervados por aferentes mielinizados o no mielinizados delgados (aferentes del grupo III y IV). Los aferentes del grupo II terminan en terminaciones nerviosas corpusculares que son activadas por estímulos mecánicos como el estiramiento y la presión. La mayoría de estas terminaciones nerviosas son muy

sensibles, con umbrales de activación bajos, e incluyen terminaciones de Ruffini, corpúsculos de Pacini y terminaciones similares a órganos tendinosos de Golgi. La proporción de aferentes del grupo II en la articulación de la rodilla es relativamente pequeña.

La gran mayoría de las fibras aferentes que inervan la articulación de la rodilla son fibras de alto umbral, ligeramente mielinizadas (grupo III) o amielínicas (grupo IV). En los seres humanos, 70% de las fibras en las ramas articulares del nervio tibial, el nervio articular más grande que inerva la articulación de la rodilla, se informa que son aferentes amielínicas del grupo IV. Los aferentes de los grupos III y IV terminan en terminaciones nerviosas libres, respondiendo a fuertes estímulos mecánicos, térmicos y químicos. Su función principal parece ser la de nociceptores, que señalan daños reales o potenciales en las estructuras articulares. Sin embargo, algunas terminaciones nerviosas libres también pueden funcionar como mecanorreceptores.<sup>2</sup>

#### **III.d.2. Factores que pueden alterar la descarga aferente de la articulación de la rodilla:**

La hinchazón suele ser perenne en condiciones artríticas y también puede persistir mucho después de la fase aguda de una lesión de rodilla o cirugía. La tumefacción provoca una IMA significativa en el cuádriceps, incluso en ausencia de factores como inflamación, dolor y daño estructural. La hinchazón aumenta significativamente tanto la frecuencia de disparo como el reclutamiento de aferentes del grupo II. La inflamación tiene un fuerte efecto inhibitorio sobre el cuádriceps e incluso los derrames pequeños, clínicamente indetectables, pueden causar una IMA significativa.

Además, la magnitud de la IMA se modula según el ángulo articular y cuanto mayor sea el nivel de derrame, más fuerte será probablemente la relación entre el ángulo articular y la inhibición.<sup>2</sup>

**Inflamación:** la inducción de la inflamación produce cambios potentes y duraderos en la sensibilidad de las terminaciones nerviosas libres articulares inervadas por los aferentes articulares de los grupos III y IV, un proceso conocido como sensibilización periférica. El umbral de activación de estos receptores se reduce de modo que el movimiento articular normal o la estimulación mecánica no nociva de las estructuras articulares da como resultado una descarga aferente notable de los grupos III y IV. Además, estos receptores sensoriales demuestran una mayor capacidad de respuesta a los estímulos mecánicos nocivos y una descarga espontánea aumentada cuando la articulación

de la rodilla se mantiene en una posición estática. Finalmente, el proceso inflamatorio puede activar una serie de terminaciones nerviosas libres silenciosas.

Normalmente insensibles a estímulos inofensivos y nocivos, la liberación de mediadores inflamatorios "despierta" estos receptores, reduciendo significativamente su umbral y haciéndolos sensibles a una amplia gama de estímulos mecánicos. En conjunto, estos fenómenos aumentan en gran medida la salida de los aferentes articulares de los grupos III y IV al sistema nervioso central después del daño articular.

Como la mayoría de los aferentes articulares de los grupos III y IV se consideran nociceptivos, se puede esperar que la inflamación aumente el dolor junto con la descarga aferente. Sin embargo, es importante recordar que la IMA puede ocurrir en ausencia de dolor. Además, la salida aferente nociceptiva se modula en múltiples sitios espinales y supraespinales, todos los cuales pueden influir en la percepción del dolor. Por lo tanto, el dolor percibido conscientemente puede no reflejar de forma precisa los efectos motores de la salida aferente nociceptiva, que puede estar mediado en gran medida a nivel espinal y está sujeto a sus propias influencias moduladoras.<sup>2</sup>

**Laxitud articular:** La laxitud articular puede alterar la activación de los receptores sensoriales en la articulación de la rodilla. El daño o la degeneración estructural (p. ej., en los ligamentos, la cápsula) conduce a una mayor traslación de las superficies articulares durante el movimiento que probablemente aumente la activación de los mecanorreceptores y nociceptores involucrados en la señalización de los límites del movimiento articular. La estabilización quirúrgica de la rodilla reduce la laxitud articular y tal vez pueda normalizar la actividad aferente hasta cierto punto. Sin embargo, las anomalías en la descarga aferente articular pueden seguir siendo evidentes en comparación con la rodilla no lesionada, incluso en ausencia de daño en otras estructuras articulares.<sup>2</sup>

**Daño a los receptores articulares:** El daño articular no conduce inequívocamente a un aumento de la activación de los receptores sensoriales articulares. El traumatismo en las estructuras articulares puede dañar simultáneamente las terminaciones sensoriales ubicadas dentro de estos tejidos, lo que reduce la salida aferente de esta población de receptores. Un aumento anómalo de la descarga aferente articular (como con la hinchazón) está fuertemente asociado con IMA. Sin embargo, diferentes poblaciones de aferentes articulares pueden tener efectos opuestos sobre la excitabilidad de las motoneuronas.<sup>2</sup>

### **III.e. Rehabilitación postquirúrgica:**

Después de la cirugía el paciente debe seguir cuidadosamente los consejos e instrucciones que el médico especialista y el fisioterapeuta le dan, para lograr una recuperación completa y saber que gran parte del éxito del tratamiento depende en gran medida de él.<sup>15</sup>

Se conoce como postoperatorio el período de tiempo que transcurre a partir del momento de concluir una cirugía hasta que el paciente se recupera por completo. Este período se divide en tres fases:<sup>3</sup>

- Postoperatorio inmediato: corresponde a las primeras 24 horas tras la cirugía.
- Postoperatorio mediato: abarca desde 24 horas hasta 7 días después de la cirugía.
- Postoperatorio tardío: va desde el séptimo día hasta cumplir un mes después de la cirugía.

La primera semana de la intervención el paciente presentará:<sup>15</sup>

- Dolor, que aumenta cuando flexiona la rodilla
- Rigidez para realizar movimientos de flexo-extensión
- Inflamación y edema
- Adherencia de la cicatriz y tejidos blandos adyacentes
- Debilidad muscular
- Marcha antiálgica

El objetivo durante los primeros días es reducir el dolor, la inflamación y el edema y centrarse en aumentar gradualmente el tono muscular con ejercicios sencillos e indoloros. Luego del 4º día aproximadamente, se aumenta progresivamente la intensidad y dosis, con el fin de mejorar la fuerza muscular de miembro inferior en especial del cuádriceps, disminuir/evitar contracturas, aumentar la amplitud de movimiento articular de la rodilla más allá de 10°, evitar adherencias y educar al paciente a marchar adecuadamente con los aditamentos como muletas o bastón.<sup>15</sup>

Las siguientes fases de tratamiento consisten en reforzar y potenciar los objetivos anteriormente mencionados. Se sigue trabajando la cicatriz y los tejidos blandos hasta que no estén adheridos o contracturados. Luego, se trabaja la propiocepción, equilibrio y la



marcha hasta lograr que el paciente no tenga posturas inadecuadas y se sienta seguro a la hora de reintegrarse a sus actividades diarias.<sup>15</sup>

Por último, los objetivos que se plantean son más avanzados y se busca el logro de la independencia de la persona y la prevención de futuras lesiones.<sup>15</sup>

### **III.e.1. Ejercicios:**

Las personas que se someten a ATR deberían responder favorablemente a programas de ejercicio terapéutico similares a los propuestos por el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) para personas mayores. Es decir, el entrenamiento resistivo progresivo de los principales grupos musculares (especialmente de las extremidades inferiores) debe realizarse de 2 a 3 veces por semana y el entrenamiento aeróbico 3 veces por semana durante 30 a 40 minutos. Sin embargo, el entrenamiento aeróbico para las personas con ATR debe incluir caminar sobre un terreno llano inicialmente, agregar colinas e ir negociando escaleras. También se recomiendan ejercicios aeróbicos de alto nivel que minimicen el impacto en la rodilla, como natación, ciclismo, aeróbicos acuáticos y caminatas intensas. Las actividades recreativas con cargas articulares elevadas, como el esquí, el tenis y el senderismo, deben realizarse con precaución y solo ocasionalmente.<sup>1</sup>

Las pautas de ejercicio terapéutico después de una ATR se centran tradicionalmente en el control del dolor y la inflamación, al tiempo que mejoran el ROM y la movilidad funcional. Es posible que se necesiten ejercicios más progresivos y de alta intensidad para abordar los déficits de tamaño, activación y fuerza de los músculos de las extremidades inferiores, junto con la movilidad funcional poco después de la cirugía.

Se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza (60% del máximo de 1 repetición) conduce a ganancias de fuerza en adultos mayores. Por lo tanto, puede ser necesario aumentar el entrenamiento de fuerza de las extremidades inferiores al menos a ese nivel de intensidad de 1 a 3 series de 10 a 20 repeticiones para superar las deficiencias musculares recalcitrantes que pueden estar presentes entre 6 meses y 1 año después de la ATR.<sup>1</sup>

Actualmente, los ejercicios de rehabilitación para pacientes que se han sometido a ATR incluyen el equilibrio, el aumento sensorial propioceptivo, la cadena cinética abierta (CCA) y los ejercicios de cadena cinética cerrada (CC), que ayudan a mejorar la fuerza, la función física, el equilibrio y la marcha. CCC es un ejercicio funcional que implica un

movimiento general mediante la fijación de la parte distal de la extremidad y la contracción mutua de los músculos de la articulación compuesta con estabilidad. Además, al realizar movimientos multiarticulares, los músculos se co-contraen de tal manera que afectan la presión de la cápsula articular y activan el mecanorreceptor; por lo tanto, implementan funcionalmente las actividades deportivas y los movimientos de la vida diaria, como sentarse y pararse, subir y bajar un paso y levantarse del suelo con los talones. En CCA, la parte distal de la extremidad se mueve libremente mientras que la extremidad proximal está fija y es más eficaz para las contracciones concéntricas de los músculos individuales.<sup>16</sup>

Los ejercicios van orientados a tareas específicas y con fines totalmente funcionales, considerando que las personas sometidas a artroplastia total de rodilla son personas mayores con factores de riesgo osteoarticular específicos y con un bajo nivel de actividad física, para los cuales la prótesis es una medida de intervención para resolver predominantemente el dolor y la limitación articular.<sup>6</sup>

### **III.e.2. Electro estimulación neuromuscular:**



*Imagen 4: Electro estimulador neuromuscular portátil.*

La EENM produce contracciones pasivas del músculo esquelético a través del uso de impulsos eléctricos de bajo voltaje, derivados al cuerpo mediante electrodos colocados sobre la piel por encima del grupo muscular que se desea estimular. Es un método terapéutico seguro de aplicar.<sup>5</sup>

La EENM permite trabajar a un tipo de frecuencia de impulso en la cual se involucran las fibras musculares tipo II, que son las de contracción rápida y las cuales son difícilmente reclutables por contracciones voluntarias en personas mayores, ya que requieren de una alta intensidad.<sup>17</sup>

Por frecuencia de corriente se hace referencia al número de impulsos eléctricos provocados en un segundo y se mide en Hertios (Hz), mientras que la amplitud de corriente o intensidad se mide en miliamperios (mA) y a medida que se incrementa la intensidad se recluta más fibra muscular.

En una contracción voluntaria primero se reclutan las fibras lentas (fibras tipo I) y sólo cuando la contracción se acerca al máximo, las fibras rápidas (fibras tipo II) entran en acción. Por lo que si se quiere progresar en ganancias de fuerza hay que someter a las articulaciones a un estrés alto trabajando con cargas pesadas y así agotando al sujeto física y psíquicamente. Con la EENM el proceso se modifica y se invierte, interviniendo de forma más temprana las fibras rápidas o fibras tipo II, oscilando en frecuencias de entre 40 y 70 Hz. Con lo cual, permite trabajar durante un lapso mayor de tiempo con las fibras rápidas que si realizáramos una contracción voluntaria con la misma intensidad.

Se ha comprobado que a mayor intensidad se recluta más fibra muscular y, por lo tanto, se desarrolla más fuerza. De ahí que cuando se aplique EENM debe ser con la máxima intensidad posible que tolere el sujeto.<sup>17</sup>

#### **IV. JUSTIFICACIÓN:**

El avance en el conocimiento científico de la Ortopedia y la Traumatología desde la biomecánica de las lesiones, los biomateriales utilizados en cirugía y los nuevos procedimientos incruentos, marcó una brecha creciente entre la ortopedia y la kinesiología. Esto plantea un desafío a los kinesiólogos en relación al tratamiento postquirúrgico que deben recibir estos pacientes ante dichas intervenciones.

Esta investigación se realizará con el fin de brindar información en función de la optimización de recursos, ya que el kinesiólogo tiene un tiempo de sesión con su paciente, el cual debe utilizarlo de forma eficiente, empleando los recursos que mayor resultado provean en cada etapa de tratamiento.

Ya que la ATR es una cirugía habitual en el campo de la ortopedia y traumatología parece correcto brindar a los kinesiólogos la información necesaria para poder restaurar la fuerza muscular del cuádriceps, la cual se ve altamente comprometida en estos pacientes y es en gran parte fundamental para lograr el éxito de la prótesis, mejorando ampliamente la funcionalidad y calidad de vida de los mismos.

## V. MATERIAL Y MÉTODOS:

Se realizó una revisión bibliográfica de la literatura publicada desde 2012 al 2022, haciendo uso de las bases de datos PubMed y Biblioteca Virtual en Salud (BVS). Las combinaciones de las palabras claves, se realizaron por medio del operador booleano AND.

### Términos introducidos para la búsqueda:

Palabra clave	Termino MeSH	Termino DeCS	Termino libre
Artroplastia total de rodilla	Arthroplasty, Replacement, Knee	Artroplastia de Reemplazo de Rodilla	Artroplastia total de rodilla
Musculo cuádriceps	Quadriceps Muscle	Músculo Cuádriceps	Músculo Cuádriceps
Fuerza muscular	Muscle Strength	Fuerza Muscular	Fuerza Muscular
Electro estimulación neuromuscular	Electric stimulation therapy	Terapia por estimulación eléctrica	Electro estimulación neuromuscular
Ejercicio terapéutico	Exercise Therapy	Terapia por Ejercicio	Ejercicio terapéutico

### Combinaciones en inglés:

- "arthroplasty, replacement, knee" AND "quadriceps muscle"  
BVS: 664  
PubMed: 631
- "arthroplasty, replacement, knee" AND "quadriceps muscle" AND "muscle strength"  
BVS: 375  
PubMed: 353
- "arthroplasty, replacement, knee" AND "exercise therapy"  
BVS: 752  
PubMed: 664
- "arthroplasty, replacement, knee" AND "Electric stimulation therapy"  
BVS: 111  
PubMed: 125
- "arthroplasty, replacement, knee" AND "exercise therapy" AND "Electric stimulation therapy"  
BVS: 28

PubMed: 27

- "arthroplasty, replacement, knee" AND "exercise therapy" AND "Electric stimulation therapy" AND "quadriceps muscle" AND "muscle strength"

BVS: 15

PubMed: 15

Combinaciones en español:

- "artroplastia de reemplazo de rodilla" AND "músculo cuádriceps"  
BVS: 377
- "artroplastia de reemplazo de rodilla" AND "músculo cuádriceps" AND "fuerza muscular"  
BVS: 156
- "artroplastia de reemplazo de rodilla" AND "Terapia por Ejercicio"  
BVS: 379
- "artroplastia de reemplazo de rodilla" AND "Terapia por estimulación eléctrica"  
BVS: 84
- "artroplastia de reemplazo de rodilla" AND "Terapia por Ejercicio" AND "Terapia por estimulación eléctrica"  
BVS: 16
- "artroplastia de reemplazo de rodilla" AND "Terapia por Ejercicio" AND "Terapia por estimulación eléctrica" AND "músculo cuádriceps" AND "fuerza muscular"  
BVS: 2

Criterios de inclusión:

- Personas de la tercera edad (+65).
- Artroplastia total de rodilla.
- Rehabilitación mediante ejercicio y ejercicio combinado con EENM.

Criterios de exclusión:

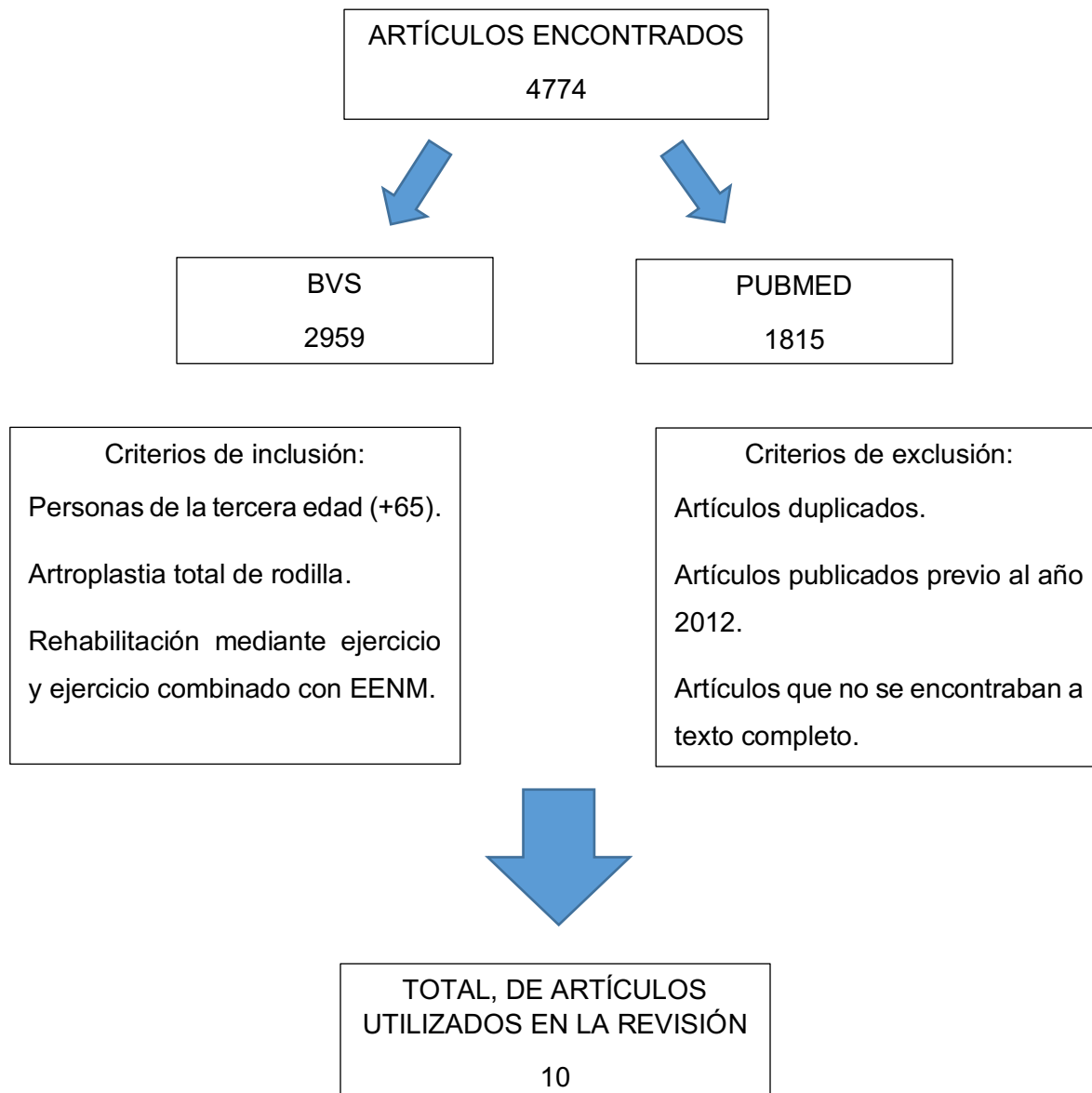
- Artículos duplicados.
- Artículos publicados previo al año 2012.
- Artículos que no se encontraban a texto completo.

- Artículos en los cuales su diseño era de revisión sistémica.

Recopilación de datos:

A través de la búsqueda bibliográfica se obtuvo un total de 4774 artículos. Luego de aplicar los criterios de inclusión; y eliminando los artículos duplicados, se seleccionaron 10 artículos.

Diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda:



*Diagrama de flujo: proceso de selección de los artículos científicos.*

## VI. RESULTADOS:

<b>Título y año:</b> Neuromuscular Electrical Stimulation Use after Total Knee Arthroplasty Improves Early Return to Function: A Randomized Trial. 2022			
<b>Autor:</b> Klika et al. <sup>18</sup>			
<b>Diseño:</b> ensayo clínico controlado aleatorizado.			
<b>Población:</b>	<b>Intervención:</b>	<b>Variabes:</b>	<b>Resultados:</b>
Incluyó a 66 pacientes con ATR primaria que fueron aleatorizados 2:1 en el tratamiento (uso de EENM, 44) o grupo control (no EENM, 22)	Ambos grupos siguieron el régimen estándar de atención, que comenzó el día de la cirugía y continuó por 12 semanas.  Grupo EENM: Se proporcionó EENM controlado por aplicación en el hogar. Se indicó que realizaran tres sesiones de 20 minutos a partir de 1º semana postquirúrgica y por 12 semanas.	Fuerza de cuádriceps (dinamómetro manual)  Dolor en reposo (VAS)  ROM (goniómetro)  Capacidad funcional (TUG, prueba de subir escaleras, KOOS y VR-12)	Grupo EENM: mostraron ganancias estadísticamente significativas en la fuerza del cuádriceps sobre el valor inicial a las 3, 6 y 12 semanas después de la cirugía. Mejoras significativas de TUG a las 6 (p=0,018) y 12 semanas (p=0,003) postoperatorio.  Grupo control: tuvieron pérdidas de fuerza del cuádriceps a las 3 (p = 0,050) y 6 semanas (p =0,015) posoperatorio en relación con el valor inicial.  No se identificaron diferencias significativas entre los grupos en ROM; puntuaciones de dolor a las 3, 6 y 12 semanas postoperatorias (p = 0,424, 0,755 y 0,381, respectivamente); puntuación KOOS; subida de escaleras y puntuación del componente físico como mental del VR-12.



<b>Título y año:</b> Restoring physical function after knee replacement: a cross sectional comparison of progressive strengthening vs standard physical therapy. 2020			
<b>Autor:</b> Pozzi et al. <sup>19</sup>			
<b>Diseño:</b> análisis transversal			
<b>Población:</b>	<b>Intervención:</b>	<b>Variables:</b>	<b>Resultados:</b>
205 participantes: 165= grupo de fortalecimiento progresivo 40= grupo de rehabilitación estándar. 88= grupo control	Grupo fortalecimiento progresivo más EENM: comenzó al menos 3 semanas después de la ATR, y consistió en al menos 12 visitas de fisioterapia ambulatoria 2/3 veces por semana, e incluyó ejercicios de fortalecimiento progresivo dirigidos a grupos musculares en las extremidades inferiores + EENM. Grupo de atención estándar: 23 sesiones de fisioterapia ambulatoria, que se centraron en ejercicios de ROM, bicicleta fija y elevaciones de piernas rectas sin pesas.	Función de la rodilla autoinformada (KOS-ADL). ROM activo de la rodilla (goniómetro estándar). Contracción isométrica voluntaria máxima de los extensores de la rodilla (dinamómetro electromecánico). Capacidad funcional (TUG, SCT, 6MW).	Una mayor proporción de participantes en el grupo de fortalecimiento progresivo logró el límite inferior de ROM de extensión de rodilla (fortalecimiento progresivo: 30 %; atención estándar: 15 %, p = 0,042), fuerza del cuádriceps (fortalecimiento progresivo: 18 %; atención estándar: 5%, p = 0,032), y SCT (fortalecimiento progresivo: 34%; estándar de atención: 18%, p = 0,029), en comparación con los del grupo de atención estándar. No se observaron diferencias significativas para KOS-ADL (fortalecimiento progresivo: 16 %; estándar de cuidado: 10 %, p = 0,314), ROM de flexión de rodilla (fortalecimiento progresivo: 2 %; estándar de cuidado: 3 %, p = 0,668), TUG (fortalecimiento progresivo: 33%; estándar de atención: 20%, p = 0,081), o 6MW (fortalecimiento progresivo: 23%; estándar de atención: 15%, p= 0,203).

<b>Título y año:</b> Combined Application of Electrically Stimulated Antagonist Muscle Contraction and Volitional Muscle Contraction Prevents Muscle Strength Weakness and Promotes Physical Function Recovery After Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. 2020			
<b>Autor:</b> Tsukada et al. <sup>20</sup>			
<b>Diseño:</b> ensayo controlado aleatorizado			
<b>Población:</b>	<b>Intervención:</b>	<b>Variables:</b>	<b>Resultados:</b>
53 pacientes mujeres, recibieron rehabilitación estándar (el grupo de control, n=27) o rehabilitación estándar más HTS (ejercicio de resistencia que combina estimulación eléctrica con ejercicio voluntario) (el grupo HTS, n=26)	Todos los participantes recibieron rehabilitación estandarizada durante 40 minutos por día, 5 veces por semana, comenzando 1 día después de la ATR y durante 12 semanas.  Grupo HTS: realizó entrenamiento HTS 3 veces por semana. Cada sesión consistió en 10 series de 10 contracciones recíprocas de flexión y extensión de rodilla de 3 segundos. El estímulo se reguló para que las intensidades del ejercicio se ajustarán al 80% de la intensidad máxima tolerable.	Fuerza de flexión/extensión de rodilla isométrica voluntaria máxima bilateral (dinamómetro de celda de carga)  Circunferencia del muslo (cinta métrica)  Velocidad de marcha (test 10MW).  Capacidad funcional (TUG).  Dolor de rodilla durante la marcha del lado operado (VAS).	Grupo HTS: no hubo cambios significativos en la fuerza de extensión de rodilla isométrica voluntaria máxima bilateral en el lado operado; la fuerza de flexión de rodilla isométrica voluntaria máxima bilateral en el lado operado aumentó significativamente desde antes de la operación hasta 12 semanas (p< 0,05) después de la ATR; no hubo cambios significativos en la circunferencia del muslo del lado operado; los 10MW, TUG y SCT disminuyeron significativamente desde el preoperatorio a las 6 semanas (p< 0,05) y 12 semanas (p< 0,01) después de la ATR; la VAS mejoró significativamente desde el preoperatorio a las

			<p>6 semanas (<math>p &lt; 0,01</math>) y 12 (<math>p &lt; 0,05</math>) semanas después de la ATR.</p> <p>Grupo de control: la fuerza de extensión de rodilla isométrica voluntaria máxima bilateral en el lado operado disminuyó significativamente desde el preoperatorio a las 6 semanas (<math>p &lt; 0,01</math>) después de la ATR; la circunferencia del muslo del lado operado disminuyó significativamente desde el preoperatorio hasta las 6 y 12 semanas (<math>p &lt; 0,05</math>) después de la ATR; los 10MW disminuyeron significativamente desde antes de la operación a las 12 semanas (<math>p &lt; 0,01</math>) después de la ATR.</p>
--	--	--	---

<b>Título y año:</b> Effect of Outpatient Rehabilitation on Functional Mobility After Single Total Knee Arthroplasty. 2020			
<b>Autor:</b> Hsieh et al. <sup>21</sup>			
<b>Diseño:</b> ensayo clínico aleatorizado			
<b>Población:</b>	<b>Intervención:</b>	<b>Variabes:</b>	<b>Resultados:</b>
363 pacientes asignados al azar. grupo de control=92. grupo de caminadora=91. grupo de dispositivos de EENM=90. grupo de combinación de cinta rodante y EENM=90.	Sesiones de tratamiento 2-3 veces por semana durante 8-12 semanas. Cada una constaba de una fase de ejercicio y acondicionamiento (15-20 minutos), una fase de terapia práctica y tratamiento (30-40 minutos), y una fase final de manejo del dolor y control de edemas (15 minutos). Grupo de control: utilizaron una bicicleta reclinada estándar. Grupo de intervención 1: usó una cinta rodante ajustable al peso corporal durante la fase de ejercicio para descargar parte del peso corporal al caminar en la cinta rodante. Grupo de intervención 2: usó EENM mientras usaba una bicicleta reclinada durante la fase de ejercicio. Grupo de intervención 3: usó tanto la cinta rodante ajustable al peso corporal como EENM durante la fase inicial.	Nivel funcional (AM-PAC) Capacidad funcional (6MWT)	Entre los grupos, las puntuaciones AM-PAC medias (DE) al alta fueron similares (control: 61,3 (5,3); grupo de intervención 1: 61,3 (5,4); grupo de intervención 2: 61,1 (6,1); grupo de intervención 3: 61,2 (6,4); p= 0,99). Al alta, no hubo una diferencia estadísticamente significativa en la distancia media (DE) que los pacientes de cada grupo pudieron deambular según la prueba de caminata de 6 minutos (control: 404,5 (107,8) m; grupo de intervención 1: 385,7 (127,8) m; grupo de intervención 2: 382,9 (128,6), grupo de intervención 3: 395,2 (105,1) m, p = 0,60).

<b>Título y año:</b> Use of home neuromuscular electrical stimulation in the first 6 weeks improves function and reduces pain after primary total knee arthroplasty: a matched comparison. 2019			
<b>Autor:</b> Delanois et al. <sup>22</sup>			
<b>Diseño:</b> ensayo clínico emparejado			
<b>Población:</b>	<b>Intervención:</b>	<b>Variabes:</b>	<b>Resultados:</b>
52 pacientes, de los cuales 26 pertenecieron al grupo EENM y 26 al grupo No EENM	Grupo EENM: se colocó EENM en el hogar una semana antes o dentro de la semana postquirúrgica, diariamente durante 20 minutos, 3 veces al día, durante 6 semanas después de la cirugía. A medida que mejoraba su capacidad para activar el músculo cuádriceps, se alentó a los pacientes a aumentar sus regímenes de ejercicio y la intensidad de la estimulación cada 3 o 4 minutos para superar la acomodación.	Capacidad funcional (TUG, subir y bajar escaleras, caminata de 2') Rango de movimiento (pasivo y activo) Dolor (VAS) Retraso del musculo cuádriceps	Se encontró que los pacientes del grupo EENM tenían puntajes significativamente mejores para el retraso del cuádriceps (P <0.001), TUG (P <0.001), tiempo para subir y bajar un tramo de escaleras (P = 0.001), distancia de caminata de 2 minutos (P=0.001). Además, experimentaron un dolor en reposo significativamente menor (P<0,001).  No hubo diferencias significativas en el ROM activo o pasivo en los dos grupos. Sin embargo, el rango de movimiento pasivo para la flexión fue estadísticamente mejor en el grupo de EENM en el hogar (P = 0.037).

<b>Título y año:</b> Additional effect of neuromuscular electrical stimulation on knee extension lag, pain and knee range of motion in immediate postsurgical phase (0–2 weeks) in primary total knee arthroplasty patient. 2019			
<b>Autor:</b> Dabadghav et al. <sup>23</sup>			
<b>Diseño:</b> ensayo clínico aleatorizado			
<b>Población:</b>	<b>Intervención:</b>	<b>Variables:</b>	<b>Resultados:</b>
28 pacientes operados bilateralmente se dividieron aleatoriamente en dos grupos: grupo experimental y control; Se asignó 1 rodilla al grupo experimental y la otra rodilla del mismo paciente se convirtió en el control.	Grupo experimental: recibió EENM con ejercicios. El paciente estaba en decúbito supino con la rodilla en flexión y se le pidió que realizara una extensión terminal activa de la rodilla junto con EENM tantas repeticiones como pudiera. Se administró EENM durante 20 min, con un tiempo de trabajo de 4 s y 10s. de descanso. La aplicación comenzó el día 3 posoperatorio y continuó hasta el día 9. El grupo de control recibió solo ejercicios desde el día 1 después de la operación y continuaron hasta el día 9. Los ejercicios se dosificaron en número de repeticiones e incluyó fortalecimiento de musculos específicos, flexibilidad, ROM y marcha cargando peso según tolerancia.	Dolor (EVA) ROM de la rodilla en decúbito lateral, retraso en la extensión de la rodilla en decúbito supino (goniómetro)	Hubo una mejora significativa en ambos grupos con respecto al retraso extensor, ROM de rodilla y dolor $P \leq 0.05$ . Se observó que el dolor y el rango de flexión de la rodilla mejoraron en ambos grupos, pero no hubo diferencia significativa entre los grupos $P > 0.05$ . Individualmente en los grupos, el dolor y el rango de flexión de la rodilla mejoraron con respecto a los valores iniciales, es decir, los ejercicios y la EENM tuvieron un efecto sobre el dolor y el rango de flexión de la rodilla. El retraso de la extensión también mejoró desde el inicio hasta el día 9 en ambos grupos, el porcentaje de cambio en el grupo experimental fue del 71 % (se redujo 10°) en comparación con el control, que fue solo del 67 % (se redujo 5, 79°).

<b>Título y año:</b> Comparison of the Effect of Sensory-Level and Conventional Motor-Level Neuromuscular Electrical Stimulations on Quadriceps Strength After Total Knee Arthroplasty: A Prospective Randomized Single-Blind Trial. 2017			
<b>Autor:</b> Yoshida et al. <sup>24</sup>			
<b>Diseño:</b> ensayo prospectivo, aleatorizado, continuo, simple ciego			
<b>Población:</b>	<b>Intervención:</b>	<b>Variables:</b>	<b>Resultados:</b>
95 pacientes asignados aleatoriamente en 3 grupos: rehabilitación estándar más sEENM (grupo sEENM) rehabilitación estándar más mEENM (grupo sEENM) y rehabilitación estándar (grupo control).	En los 3 grupos se realizaron desde el 1º día postquirúrgico ejercicios musculares de las extremidades inferiores, ejercicios pasivos de ROM de la rodilla, y ejercicios funcionales (40-60 min/día, 5-6 días/semana, 4 semanas). Se permitió la carga completa del peso desde el día 2 en adelante.  Cada EENM se aplicó durante 2 semanas comenzando 2 semanas después de la cirugía. sEENM se administró para la intensidad del nivel sensorial y mEENM se administró a la máxima intensidad tolerable.	Contracción isométrica voluntaria máxima del cuádriceps (CIVM)  Masa muscular esquelética de la pierna (MME) utilizando el análisis de impedancia bioeléctrica de frecuencia múltiple  TUG, 2MWT  Dolor (VAS)  ROM de la rodilla (goniómetro manual)	Se observó que los resultados de CIVM en el grupo sEENM (P = 0,028; intervalo de confianza (IC) del 95 %, de diferencia, 0,01 a 0,09) y el grupo mEENM (P = 0,001; IC del 95 % de diferencia, 0,03 a 0,11) fueron significativamente mejor en el punto posterior a la intervención en comparación con el grupo Control, pero sin diferencias estadísticamente significativas entre el grupo sEENM y el grupo mEENM (P = 0,38; IC del 95 % de diferencia: -0,22 a 0,57). Además, los resultados de 2MWT entre el grupo sEENM (P = 0,046; IC del 95 % de diferencia -2,48 a 29,96) y el grupo mEENM (P = 0,003; IC del 95 % de diferencia 6,52 a 30,25) fueron significativamente mejores en el post -punto de intervención en comparación con el grupo Control, pero diferencias estadísticamente significativas entre el grupo sEENM y el grupo mEENM (P = 0,49; IC del 95 % de diferencia -18,0 a 8,7).  No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos en MME (P = 0,733), TUG (P = 0,079), VAS

*“Ejercicio o ejercicio combinado con un programa de electro estimulación neuromuscular para incrementar la fuerza del cuádriceps en pacientes de tercera edad que cursan un postquirúrgico de artroplastia total de rodilla”*

			(P = 0,200), ROM de flexión de la articulación de la rodilla (P = 0,603) y ROM de extensión de la articulación de la rodilla (P =0,414) en el punto posterior a la intervención.
--	--	--	--



<b>Título y año:</b> The effect of neuromuscular electrical stimulation on functional status and quality of life after knee arthroplasty: a randomized controlled study. 2015			
<b>Autor:</b> Demircioglu et al. <sup>25</sup>			
<b>Diseño:</b> estudio controlado randomizado			
<b>Población:</b>	<b>Intervención:</b>	<b>Variables:</b>	<b>Resultados:</b>
60 pacientes fueron aleatorizados en grupo control o grupo EENM	A partir del día 1º postoperatorio, los pacientes de ambos grupos comenzaron sesiones de 30 minutos de ejercicios ROM utilizando un dispositivo de movimiento pasivo continuo (CPM), durante una semana, además de ejercicios de ROM de tobillo, ejercicios isométricos de cuádriceps, ponerse de pie con un andador y se recomendó deambulación asistida hasta la sexta semana después de la cirugía. También se iniciaron aplicaciones de CPM y un programa de rehabilitación en el grupo EENM el primer día después de la cirugía. Se aplicaron sesiones de 30 minutos de EENM en el músculo vasto medial 5 días a la semana, durante 4 a 6 semanas.	ROM pasivo de la rodilla en posición supina (goniómetro manual) Funciones y síntomas de la rodilla (TUG, WOMAC) Estado de salud general (SF-36)	Grupo de EENM: las puntuaciones de la VAS al 1º y el 3º mes después de la ATR fueron significativamente mejores que en el grupo de control (p=0,05). Los rangos de flexión y extensión de la rodilla fueron significativamente mejores en el 1º mes (p = 0,05), aunque también al 3º mes, pero sin diferencia significativa. La prueba TUG fue significativamente mejor en el 1º mes (p= 0,05), pero sin diferencias estadísticamente significativas al 3º mes (p> 0,05). Los resultados de WOMAC en el 1º y 3º mes revelaron que el dolor, la rigidez y la función física fueron significativamente mejores (p=0,05), mientras que no se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos en las subpuntuaciones de función física WOMAC (p = 0,02). Los puntajes resumidos del SF-36 en el 1º y 3º mes posoperatorio mostraron un componente mental, un componente físico y puntajes totales significativamente mejores (p= 0,05).

<b>Título y año:</b> Comparing conventional physical therapy rehabilitation with neuromuscular electrical stimulation after TKA. 2013			
<b>Autor:</b> Levine et al. <sup>26</sup>			
<b>Diseño:</b> ensayo clínico aleatorizado			
<b>Población:</b>	<b>Intervención:</b>	<b>Variables:</b>	<b>Resultados:</b>
Se utilizó un tamaño de muestra de 70 pacientes, con 35 pacientes asignados aleatoriamente a cada grupo (fisioterapia o EENM).	<p>Grupo de fisioterapia: recibió en un programa de 5 rutinas de ejercicios que incluían diferentes combinaciones de ROM y ejercicios de resistencia progresiva realizados durante la hospitalización y después del alta. Las rutinas 1 y 2 contenían solo ejercicios de ROM, y las rutinas 3 a 5 incluían fortalecimiento.</p> <p>Grupo EENM: recibió las mismas 2 primeras rutinas de ejercicios que el grupo de fisioterapia. Además, 14 días antes de la operación, se indicó el uso de EENM que continuó hasta 1 día antes de la cirugía y se reinició el día 1 posoperatorio durante 60 días.</p>	Knee Society Score (KSS), índice de osteoartritis (WOMAC), evaluación de ROM y pruebas Get-Up-and-Go (GUG)	Las puntuaciones funcionales generales, como las puntuaciones de función y dolor de KSS y las puntuaciones de WOMAC, fueron mejores en el grupo de EENM ( $p < 0,05$ ), mientras que los resultados de ROM y GUG fueron ligeramente mejores en el grupo de fisioterapia a las 6 semanas ( $p < 0,05$ ). A los 6 meses, todos los parámetros excepto la prueba GUG fueron ligeramente mejores en el grupo EENM ( $p < 0,05$ ). Las puntuaciones WOMAC de satisfacción del paciente fueron similares entre los 2 grupos.

<b>Título y año:</b> Early Neuromuscular Electrical Stimulation to Improve Quadriceps Muscle Strength After Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. 2012			
<b>Autor:</b> Stevens-Lapsley et al. <sup>27</sup>			
<b>Diseño:</b> ensayo de intervención aleatorizado, controlado y de grupos paralelos			
<b>Población</b>	<b>Intervención</b>	<b>Variables</b>	<b>Resultados</b>
66 pacientes elegibles fueron asignados al azar con asignación oculta a un grupo de intervención de EENM o una intervención de control.	La rehabilitación estándar comenzó el día 1 del postoperatorio y a todos los pacientes se les proporcionó el mismo conjunto definido de ejercicios básicos (ROM, flexibilidad, marcha, resistencia) dosificado en cantidad de series y número de repeticiones, durante 2 semanas. Se aplicó EENM y se instruyó al participante para que se relajara durante la contracción muscular inducida. La intensidad se fijó en la máxima tolerada durante cada sesión. Esta intervención comenzó 48 horas después de la cirugía en los pacientes asignados al grupo EENM. Se realizaron un total de 15 repeticiones de EENM durante cada sesión, dos veces al día durante 6 semanas después de la ATR.	Fuerza muscular isométrico del cuádriceps (dinamómetro) Pruebas de activación del cuádriceps (prueba de interpolación de dobletes) Medidas de rendimiento funcional (TUG, SCT, 6MWT) ROM (goniómetro) Estado de salud (SF-36) Auto informe del deterioro específico de la rodilla (WOMAC)	En la visita de 3,5 semanas, el grupo de EENM tuvo mejoras significativamente mayores que el grupo de control en la fuerza de los músculos cuádriceps e isquiotibiales; puntuaciones TUG, SCT, 6MWT y GRS; y extensión ROM. La activación del músculo cuádriceps fue mayor con EENM, aunque los valores no fueron significativos (p=0,09). No se observaron diferencias entre los grupos para los cambios en las puntuaciones de SF-36 (MCS y PCS) y WOMAC. A las 52 semanas después de la ATR, las diferencias entre los grupos se atenuaron, pero permanecieron significativas; la mejora en el ROM de extensión activa fue mejor en EENM, aunque los valores no fueron significativos (P = 0,08). No hubo diferencias en las puntuaciones del SF-36 PCS entre los grupos.

## **Análisis de resultados:**

En total fueron 10 los artículos disponibles para esta revisión. Ocho de estos comparaban el tratamiento estándar, es decir, un programa de ejercicios y seguir las indicaciones del cirujano, con un tratamiento que combinaba EENM y ejercicio. El estudio de Hsieh et al.<sup>21</sup>, asignó a los pacientes a un grupo control que utilizaron bicicleta reclinada y a 3 grupos de intervención, en los cuales, la intervención 1 utilizó solo cinta rodante como ejercicio, la intervención 2 usó EENM + bicicleta reclinada y la intervención 3 usó EENM + cinta rodante. Por último, el estudio de Yoshida et al.<sup>24</sup> comparó un programa de rehabilitación estándar con: un programa de rehabilitación estándar más sEENM, es decir, electro estimulación sensitiva del cuádriceps y un programa de rehabilitación estándar más mEENM, es decir, electro estimulación motora del cuádriceps.

De los artículos revisados, todos evaluaron al menos dos de las siguientes variables: fuerza de cuádriceps, ROM de rodilla, dolor y capacidad funcional, para esta última se utilizó por lo menos un test o escala que se nombran a continuación, TUG (time up and go), KOOS (knee injury and osteoarthritis outcome score), SCT (stair climb test), subir y bajar escaleras, 6MWT (test de marcha de 6') y WOMAC (índice de osteoartritis de las universidades de Western Ontario y McMaster). A excepción del estudio de Hsieh et al.<sup>21</sup>, donde solo tuvieron en cuenta la variable "capacidad funcional".

En cuanto a los tipos de ejercicios aplicados dentro del denominado "tratamiento estándar", los estudios incluían ejercicios de ROM de flexión y extensión de rodilla, contracciones isométricas de cuádriceps, fortalecimiento progresivo y de resistencia, ejercicios funcionales, como subir y bajar escaleras, ponerse de pie, ciclismo estacionario y entrenamiento de la marcha con carga de peso según tolerancia del paciente. En siete de los diez artículos, este tratamiento comenzó al primer día postquirúrgico y duró 4, 6 y 12 semanas, siendo éste último el tiempo que más se repetía, salvo en el estudio de Dabadghav et al.<sup>23</sup> que solo se realizó hasta el noveno día postquirúrgico. Los tres artículos restantes comenzaron con el tratamiento dentro de la tercera semana. Por lo general las sesiones tuvieron una duración de 40 minutos / 2-3 veces a la semana y los ejercicios fueron dosificados en cantidad de series y número de repeticiones.

En relación a los grupos intervenidos con EENM, solo seis artículos refieren datos sobre los parámetros de configuración utilizados, coincidiendo en el uso de una corriente bifásica, a excepción del estudio de Klika et al.<sup>18</sup> que utilizaron una corriente monofásica.

En tres artículos la intervención comenzó al primer día postquirúrgico, en uno a las 48 hs postquirúrgico, en otro al tercer día postquirúrgico, y los últimos 3 estudios comenzaron a la primera, segunda o tercera semana postquirúrgica. Todas las intervenciones tuvieron una duración entre 6 a 12 semanas, a diferencia de Dabadghav et al.<sup>23</sup> que finalizó al noveno día postquirúrgico y en Yoshida et al.<sup>24</sup> duró solo dos semanas. Las sesiones se realizaron en promedio tres veces a la semana y tuvieron una duración de entre 15 a 45 minutos.

## **VII. DISCUSIÓN:**

Luego de la búsqueda y la selección de los 10 artículos incluidos en esta revisión pudo observarse que para la medición de las variables en cuestión se utilizaron dinamometría, goniometría y test o escalas como la WOMAC, TUG, SCT, 6MWT, subir y bajar escaleras; todos estos métodos de medición son específicos y objetivos.

En todos los artículos estudiados se coincidió que el grupo control siguiera la rehabilitación estándar con un protocolo de ejercicios, mientras que el grupo intervención realizaba ese mismo programa, pero combinado con el uso de EENM con los efectos que esto pudiese generar.

Debido a que hay debilidad muscular después de la ATR a pesar de que se proporciona una extensa rehabilitación postoperatoria convencionalmente, es necesario un enfoque de rehabilitación más agresivo y a largo plazo. En los estudios de Tsukada et al.<sup>20</sup>; Demircioglu et al.<sup>25</sup>; Levine et al.<sup>26</sup> ambos grupos comenzaron con su respectivo programa de tratamiento al primer día postquirúrgico. Los resultados demostraron que hubo una debilidad del cuádriceps 6 semanas después de la ATR en el grupo control<sup>20</sup>. Por otra parte, los grupos que utilizaron EENM a 80% de la intensidad máxima tolerable, con un pulso bifásico rectangular, demostraron una mejora significativamente mayor en la fuerza a las 12 semanas<sup>20</sup>. Además, obtuvieron resultados significativamente mejores en cuanto a la capacidad funcional a las 4, 6 y 12 semanas<sup>25;20</sup>. Los rangos de flexión y extensión de rodilla fueron significativamente mejores en el grupo EENM a las 4 semanas<sup>25</sup>, recibiendo una intensidad de estimulación de entre 30 Hz y 100Hz con un tiempo de contracción y descanso de 10seg cada uno. Por su parte, Stevens-Lapsley et al.<sup>27</sup> comenzaron con el tratamiento de ejercicio estándar o ejercicio combinado con EENM a las 48hs postquirúrgicas, la intensidad de estimulación fue la máxima tolerada por el paciente utilizando una corriente bifásica simétrica con una frecuencia de 50pps y un tiempo de trabajo/relajación de 15s/45s; encontrando a las 3,5 semanas los mismos resultados significativos mencionados en los estudios anteriores y los cuales se mantuvieron aun a las 52 semanas. Cabe aclarar que todos los estudios difirieron en cuanto a duración, parámetros de configuración del electro estimulador y en los tiempos y cantidad de sesiones realizadas por semana, pero a pesar de eso se puede observar una mejoría significativa de los pacientes pertenecientes a los grupos EENM, lo cual puede atribuirse por un lado a la aplicación temprana de la intervención y por otro lado a que, al igual que las contracciones musculares voluntarias de

mayor intensidad, las contracciones musculares provocadas eléctricamente a intensidades elevadas producen hipertrofia muscular y los correspondientes aumentos de fuerza. Además, las fibras musculares tipo II son más grandes que las fibras tipo I, por lo que una mayor activación de estas fibras, por medio de electro estimulación, amplifica la producción de fuerza.

Klika et al.<sup>18</sup> y Delanois et al.<sup>22</sup> respaldan el uso de EENM después de la ATR para el fortalecimiento del cuádriceps, ya que sus resultados lo demuestran en las ganancias significativas en la fuerza del cuádriceps con respecto al valor inicial en el punto de tiempo posoperatorio temprano de 3 semanas. Los pacientes de control con rehabilitación convencional tuvieron una disminución en la fuerza del cuádriceps en este momento. Los pacientes de ambos grupos no mostraron diferencias en términos de cambios de ROM, excepto en la flexión pasiva. Por contrario, se observaron mejoras estadísticamente significativas en las pruebas TUG tanto a las 6 como a las 12 semanas del postoperatorio en pacientes tratados con EENM, programa a una frecuencia de 50pps, con un ancho de pulso de 5ms y un tiempo de trabajo/relajación de 12s/10s<sup>18</sup>. Los pacientes en el grupo de control no mostraron ninguna mejora en los tiempos de las pruebas TUG o de subida de escaleras hasta las 12 semanas. La diferencia con Pozzi et al.<sup>19</sup> fue que estos autores comenzaron la rehabilitación de fortalecimiento progresivo más electro estimulación al menos 3 semanas después de la cirugía, arrojando resultados no significativos en cuanto a fuerza de cuádriceps y ROM de rodilla, lo cual podría deberse al retraso en el comienzo de la intervención. Si bien en el estudio de Demircioglu et al.<sup>25</sup> se observó una mejora significativa en el ROM, ésta podría ser atribuida al uso de CPM que realizaron estos pacientes durante la primer semana postquirúrgica y no al uso de EENM. Los resultados en el ROM se explicarían debido a que luego de una ATR, esta variable indudablemente dependerá de varios factores, entre otros, del propio paciente, la movilidad preoperatoria, la técnica quirúrgica y el diseño del implante. El procedimiento quirúrgico en sí, también puede alterar los factores biomecánicos responsables de la fuerza muscular y puede limitar el potencial de una recuperación completa de la fuerza, el ROM y por ende afectar la capacidad funcional.

El ensayo de Yoshida et al.<sup>24</sup> comparó 3 grupos, un grupo control que recibió rehabilitación estándar, un grupo que recibió rehabilitación estándar más sEENM (electro estimulación neuromuscular sensitiva) y un grupo que recibió rehabilitación estándar más mEENM (electro estimulación neuromuscular motora). Cada EENM se aplicó durante 2

semanas comenzando 2 semanas después de la cirugía, sEENM se administró para la intensidad del nivel sensorial y mEENM se aplicó a la máxima intensidad tolerable, en ambas se utilizó una corriente bifásica simétrica con un ancho de pulso de 1mseg y el tiempo de trabajo fue 10seg sobre 20seg de descanso. La rehabilitación estándar comenzó el día 1 postquirúrgico y duro 4 semanas. Los resultados mostraron que los pacientes en los grupos sEENM y mEENM lograron mejores valores en la fuerza muscular a las 4 semanas después de la cirugía ATR que los pacientes en el grupo Control. Parece que las estimulaciones de alta intensidad y máxima tolerancia han demostrado ser más efectivas que las estimulaciones de menor intensidad. Sin embargo, pueden generar molestias y dolor, por lo que sEENM puede facilitar el aumento de la fuerza muscular del cuádriceps más rápidamente que el ejercicio voluntario solo sin que el paciente sienta discomfort. La configuración de sEENM activa el reclutamiento del sistema nervioso central a través de nervios aferentes periféricos evocados eléctricamente, lo que conduce al desarrollo de la activación motora. Además, los grupos sEENM y mEENM mostraron una función física en el 2MWT significativamente mejorada en comparación con el grupo que recibió solo el programa de rehabilitación estándar. Sin embargo, las diferencias en el TUG ya no fueron estadísticamente significativas 4 semanas después de la ATR. Lo más probable es que esto se deba a un efecto techo TUG, ya que el rendimiento medio del grupo mEENM en esta medida se encontraba dentro de los valores normativos a las 4 semanas después de la ATR. Así mismo, Hsieh et al.<sup>21</sup> tampoco encontraron diferencias significativas en cuanto a la capacidad funcional de los participantes, si bien es posible que este resultado esté mediado, en parte, por el periodo prolongado anterior al inicio de la terapia ambulatoria, el cual se extendió durante los primeros 24 días postquirúrgicos. Por último, Dabadghav et al.<sup>23</sup> realizaron un estudio el cual duro solo 9 días, comenzando el grupo EENM al tercer día postoperatorio y el grupo de ejercicio solo al primer día. En cuanto a los parámetros de estimulación, se utilizó una forma de onda asincrónica bifásica cuadrada simétrica con una frecuencia de trabajo de 75Hz durante 4seg y un descanso de 10seg a 4Hz. Los resultados mostraron que hubo una mejora significativa en ambos grupos con respecto al ROM de rodilla, pero no hubo diferencia significativa entre los grupos, por lo que esta mejora puede deberse en parte a la ganancia de fuerza de cuádriceps y por lo tanto a la mayor estabilidad que adquiere la rodilla. El retraso de la extensión también mejoró en ambos grupos, el porcentaje de cambio en el grupo experimental fue del 71 % en comparación con el control, que fue solo del 67 %.



Dentro de los protocolos de ejercicios empleados, en los estudios de Tsukada et al.<sup>20</sup>; Yoshida et al.<sup>24</sup>; Demircioglu et al.<sup>25</sup> los participantes realizaron ejercicios de fuerza isométrica, ROM, ponerse de pie y marcha durante 30/40 minutos por día y 5 días por semana. En cambio, Dabadghau et al.<sup>23</sup> y Stevens-Lapsley et al.<sup>24</sup> dosificaron los ejercicios por número de repeticiones (10) y cantidad de series (3). Se emplearon ejercicios de ROM, bicicleta fija, flexibilidad, fortalecimiento, marcha y resistencia. Como se ha demostrado, las personas de tercera edad deben realizar al menos 150 minutos a la semana de ejercicio a intensidad moderada o 1 a 3 series de 10 a 20 repeticiones para obtener una mejora efectiva del equilibrio y fuerza muscular de miembros inferiores, además constituye una herramienta adecuada para conservar la autonomía, incrementando la funcionalidad y disminuyendo así el riesgo de caídas.

En la mayoría de los estudios (Klika et al.<sup>18</sup>; Tsukada et al.<sup>20</sup>; Dabadghav et al.<sup>23</sup>; Demircioglu et al.<sup>25</sup>; Levine et al.<sup>26</sup>; Stevens-Lapsley et al.<sup>27</sup>) el grupo intervención comenzó con el uso de EENM dentro del periodo postoperatorio mediato, el cual abarca desde 24 horas hasta 7 días después de la cirugía. En cambio, en Pozzi et al.<sup>19</sup>; Hsieh et al.<sup>21</sup>; Delanois et al.<sup>22</sup>; Yoshida et al.<sup>24</sup>, el uso de EENM comenzó en el periodo postoperatorio tardío, el cual va desde el séptimo día hasta cumplir un mes después de la cirugía. Si bien en ambos periodos postoperatorios se obtuvieron resultados con mejoras significativas de las variables, se puede afirmar que la IMA es más grave en los primeros días después del daño articular por lo que parece recomendable utilizar la ventaja de que la EENM puede ser aplicada en el periodo posoperatorio mediato, momento en el que lograr una contracción activa resulta difícil, y en el que aún se deben tener precauciones al movilizar la rodilla debido a la presencia de la cicatriz en proceso de curación, pudiendo así contrarrestar el déficit de activación del cuádriceps desde el inicio.

En el estudio de Delanois et al.<sup>22</sup> el grupo intervención recibió EENM desde 1 semana antes de la cirugía. Por su lado, en Levine et al.<sup>26</sup> se indicó EENM desde 14 días previos a la cirugía hasta 1 día antes de la misma. Luego ambos grupos de intervención continuaron con su plan de rehabilitación postoperatoria ya mencionado anteriormente. Se ha demostrado que el tratamiento previo a la cirugía aumenta la fuerza muscular del cuádriceps y acelera la recuperación funcional, reduciendo la extensión de la atrofia muscular en el postoperatorio e incrementando la resistencia y la capacidad de trabajo. Por lo tanto, la EENM podría usarse como una terapia prequirúrgica para aumentar la fuerza y

mantener la masa muscular del cuádriceps en los períodos de inactividad que sufren los pacientes debido a los síntomas generados por la artrosis avanzada.

Por lo tanto, podría atribuirse que EENM ayuda a activar una porción más grande de fibras musculares tipo II que a través del ejercicio voluntario a intensidades comparables. Además, la entrada aferente de EENM puede ayudar a facilitar los cambios plásticos a lo largo de las redes sensoriomotoras en el sistema nervioso central, mejorando en última instancia la fuerza y el control motor.

Se evidenció que siempre que mejoró la fuerza del cuádriceps también mejoró la capacidad funcional, no así el ROM.

## **VIII. CONCLUSIONES:**

A partir de la información obtenida, es posible afirmar que el uso de EENM ofrece un enfoque eficaz para mitigar los déficits de activación neural del músculo cuádriceps en el período inicial después de la ATR y restaura la función normal del músculo cuádriceps con mayor eficacia que el ejercicio voluntario solo. Cabe aclarar que, en los artículos analizados, los autores, solo evaluaron los resultados a corto y mediano plazo, además de que difirieron en los parámetros de configuración de la estimulación, por lo que todavía se necesitan estudios que evalúen una respuesta a largo plazo y que permitan unificar estos parámetros.

Las variables fuerza, ROM y capacidad funcional fueron analizadas mediante dinamómetro, goniómetro y test o escalas como TUG, KOOS, SCT, 6MWT y WOMAC respectivamente.

La mayoría de los autores coincidieron en que el tiempo ideal de aplicación de la electro estimulación sea de 3 veces/semana, durante unos 20-30 minutos.

En cuanto a los tipos de ejercicios empleados, no se puede destacar uno sobre otro, ya que los diversos autores han utilizado una amplia variedad de los mismos y todos obtuvieron resultados favorables. Dentro de los ejercicios que ofrecen menor riesgo para el paciente se encuentran: las contracciones isométricas de cuádriceps, ejercicios de ROM, flexibilidad, entrenamiento de la fuerza y resistencia de bajo impacto y marcha con carga de peso según tolerancia.

Un gran número de pacientes tuvo mejoras significativas en su capacidad funcional, esto se atribuye en gran medida a la recuperación de la fuerza del cuádriceps obtenida por el uso de la electro estimulación, que genera en el paciente menor inestabilidad en la rodilla, menor dolor y mayor sensación de bienestar, mejorando en última instancia esta variable.

Por último, el ROM de rodilla mejoró solo en un pequeño número de pacientes. Estos resultados se manifiestan debido a que en esta variable influyen una gran cantidad de factores, como, por ejemplo, el ROM preoperatorio, el diseño del implante, la técnica quirúrgica y características propias del paciente.

## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

1. Meier W, Mizner RL, Marcus RL, Dibble LE, Peters C, Lastayo PC. Total knee arthroplasty: muscle impairments, functional limitations, and recommended rehabilitation approaches. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008 [Consultado 2 de agosto de 2022]; 38(5):246-56.
2. Rice DA, McNair PJ. Quadriceps arthogenic muscle inhibition: neural mechanisms and treatment perspectives. *Semin Arthritis Rheum.* 2010 [Consultado 2 de agosto de 2022]; 40(3):250-66.
3. de Andrade M. Definición de Postoperatorio [sede web]. Canarias: Definición ABC; 2017 [actualizado año 2022; acceso 29 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://definicionabc.com/postoperat>
4. Minns Lowe CJ, Barker KL, Dewey M, Sackley CM. effectiveness of physiotherapy exercise after knee arthroplasty for osteoarthritis: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMJ.* 2007 [Consultado 2 de agosto de 2022]; 335(7624):812.
5. Stevens-Lapsley JE, Balter JE, Wolfe P, Eckhoff DG, Kohrt WM. Early neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps muscle strength after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Phys Ther.* 2012 [Consultado 2 de agosto de 2022]; 92(2):210-26.
6. Pavel-Loeza, Magaña. Rehabilitación en artroplastia de rodilla: modelo de 3 fases. *Rev Col Med Fis Rehab.* 2015 [Consultado 15 de septiembre de 2022]; 25(2): 90-93
7. Doménech Ratto G, Moreno Cascales M, Fernández-Villacañas Marín MA, Capel Alemán A, Doménech Asensi y. P. Anatomía y biomecánica de la articulación de la rodilla [Internet]. *Fisiopataletas.es.* [citado el 26 de enero de 2023]. Disponible en: <http://www.fisiopataletas.es/site/images/articulos/pdfs/rodilla.pdf>
8. Martínez Figueroa R, Martínez Figueroa C, Calvo Rodriguez R, Figueroa Poblete D. Osteoarthritis (artrosis) de rodilla. *Rev Chil Ortop Traumatol* [Internet]. 2015;56(3):45–51. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716454815000236>
9. Heidari B. Knee osteoarthritis prevalence, risk factors, pathogenesis and features: Part I. *Caspian J Intern Med.* primavera de 2011;2(2):205–12.

10. Mas Garriga X. Definición, etiopatogenia, clasificación y formas de presentación. Aten Primaria [Internet]. 2014;46 Suppl 1:3–10. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S021265671470037X>
11. Castiella-Muruzábal S, López-Vázquez MA, No-Sánchez J, García-Fraga I, Suárez-Guijarro J, Bañales-Mendoza T. Artroplastia de rodilla. Rehabil (Madr, Internet) [Internet]. 2007;41(6):290–308. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048712007755329>
12. Gómez PH. TÉCNICA QUIRÚRGICA PARA CIRUGÍA PROTÉSICA DE RODILLA [Internet]. Serod.org. [citado el 30 de enero de 2023]. Disponible en: [https://www.serod.org/pdf/2.1.2\\_tecnica\\_quirurgica.pdf](https://www.serod.org/pdf/2.1.2_tecnica_quirurgica.pdf)
13. Quirúrgica T. EL SISTEMA DE RODILLA PERSONALIZADO [Internet]. Hospitrauma.com. [citado el 30 de enero de 2023]. Disponible en: [http://www.hospitrauma.com/download/HOSPITRAUMA\\_ZimmerBiomet\\_Persona.pdf](http://www.hospitrauma.com/download/HOSPITRAUMA_ZimmerBiomet_Persona.pdf)
14. Quirúrgica- T. PRÓTESIS DE RODILLA PARA ARTROPLASTÍA PRIMARIA TOTAL [Internet]. Orthopedicsco.com. [citado el 30 de enero de 2023]. Disponible en: <http://www.orthopedicsco.com/images/protesis/rodilla-anatomica-aks/Tecnica%20Quirurgica%20Protesis%20Rodilla%20Anatomica.pdf>
15. Junquera M. Rehabilitación de una prótesis de rodilla o artroplastia de rodilla. Consejos, ejercicios y fases de tratamiento [Internet]. FisioOnline. [citado el 31 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.fisioterapia-online.com/articulos/rehabilitacion-de-una-protesis-de-rodilla-o-artroplastia-de-rodilla-consejos-ejercicios-y-fases-de>
16. An J, Son Y-W, Lee B-H. Effect of combined kinematic chain exercise on physical function, balance ability, and gait in patients with total knee arthroplasty: A single-blind randomized controlled trial. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2023 [citado el 6 de mayo de 2023];20(4). Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/mdl-36834218>
17. Manuel F, Galiano M, Pozo Cruz JD. EFECTOS DE UN PROGRAMA COMBINADO DE ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR Y ENTRENAMIENTO VOLUNTARIO DE MIEMBROS INFERIORES SOBRE LA FUERZA Y LA HIPERTROFIA DEL CUÁDRICEPS, LA CAPACIDAD FUNCIONAL Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN UN ADULTO DE 63 AÑOS. ESTUDIO DE CASO [Internet]. Idus.us.es. [citado el 6 de mayo de 2023]. Disponible en:

- <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/108492/M%20049%20%20TFM%20Francisco%20Manuel%20Mart%c3%adnez%20Galiano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
18. Klika AK, Yakubek G, PiuZZi N, Calabrese G, Barsoum WK, Higuera CA. Neuromuscular electrical stimulation use after total knee arthroplasty improves early return to function: A randomized trial. J Knee Surg [Internet]. 2022 [citado el 23 de febrero de 2023];35(1):104–11. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/mdl-32610358>
  19. Pozzi F, White DK, Snyder-Mackler L, Zeni JA. Restoring physical function after knee replacement: a cross sectional comparison of progressive strengthening vs standard physical therapy. Physiother Theory Pract [Internet]. 2020 [citado el 23 de febrero de 2023];36(1):122–33. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29877749/>
  20. Tsukada Y, Matsuse H, Shinozaki N, Takano Y, Nago T, Shiba N. Combined application of electrically stimulated antagonist muscle contraction and volitional muscle contraction prevents muscle strength weakness and promotes physical function recovery after Total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. Kurume Med J [Internet]. 2020 [citado el 23 de febrero de 2023];65(4):145–54. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31723080/>
  21. Hsieh CJ, DeJong G, Vita M, Zeymo A, Desale S. Effect of outpatient rehabilitation on functional mobility after single total knee arthroplasty: A randomized clinical trial. JAMA Netw Open [Internet]. 2020 [citado el 23 de febrero de 2023];3(9): e2016571. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32940679/>
  22. Delanois R, Sodhi N, Acuna A, Doll K, Mont MA, Bhave A. Use of home neuromuscular electrical stimulation in the first 6 weeks improves function and reduces pain after primary total knee arthroplasty: a matched comparison. Ann Transl Med [Internet]. 2019 [citado el 23 de febrero de 2023];7(Suppl 7): S254. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31728378/>
  23. Dabadghav R, Potdar A, Patil V, Sancheti P, Shyam A. Additional effect of neuromuscular electrical stimulation on knee extension lag, pain and knee range of motion in immediate postsurgical phase (0-2 weeks) in primary total knee arthroplasty patient. Ann Transl Med [Internet]. 2019 [citado el 23 de febrero de 2023];7(Suppl 7): S253. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31728377/>
  24. Yoshida Y, Ikuno K, Shomoto K. Comparison of the effect of sensory-level and conventional motor-level neuromuscular electrical stimulations on quadriceps strength after total knee arthroplasty: A prospective randomized single-blind trial.

- Arch Phys Med Rehabil [Internet]. 2017 [citado el 23 de febrero de 2023];98(12):2364–70. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28610968/>
25. Demircioglu DT, Paker N, Erbil E, Bugdayci D, Emre TY. The effect of neuromuscular electrical stimulation on functional status and quality of life after knee arthroplasty: a randomized controlled study. J Phys Ther Sci [Internet]. 2015 [citado el 23 de febrero de 2023];27(8):2501–6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26355656/>
26. Levine M, McElroy K, Stakich V, Cicco J. Comparing conventional physical therapy rehabilitation with neuromuscular electrical stimulation after TKA. Orthopedics [Internet]. 2013 [citado el 23 de febrero de 2023];36(3): e319-24. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23464951/>
27. Stevens-Lapsley JE, Balter JE, Wolfe P, Eckhoff DG, Kohrt WM. Early neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps muscle strength after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. Phys Ther [Internet]. 2012 [citado el 23 de febrero de 2023];92(2):210–26. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/mdl-22095207>