



**UNIDAD 3**

# **TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN DEPORTIVA EN FISIOTERAPIA**

*Pedro Antonio Calero Saa*

---

# TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN DEPORTIVA EN FISIOTERAPIA

---

Universidad Santiago de Cali  
<https://orcid.org/0000-0002-9978-7944>  
pedro.calero00@usc.edu.co

Pedro Antonio Calero Saa



## INTRODUCCIÓN

Los fisioterapeutas cuentan con una plétora de elementos, técnicas y estrategias para intervenir los pacientes que presentan alguna alteración en los sistemas musculoesquelético, cardiopulmonar, neuromuscular e integumentario. Estas estrategias han acompañado la labor de la rehabilitación, habilitación y potenciación a través de la historia, convirtiendo al fisioterapeuta en un profesional con gran desenvolvimiento en las diferentes intervenciones que realiza por medio del manejo, estudio y comprensión del movimiento corporal humano. Las destrezas que desarrolla en su proceso de intervención, lo convierten en el profesional idóneo para establecer procesos que permitan favorecer el desarrollo del movimiento corporal.

Una estrategia es un proceso constituido de herramientas y elementos que se planifican e implementan para alcanzar propósitos u objetivos.

La selección de herramientas, técnicas, o elementos con respaldo científico y alto nivel de evidencia, es la habilidad con la que cuenta el fisioterapeuta para poderse convertir en un gran estratega competente y con gran soporte crítico en la labor de intervenir las deficiencias de los diferentes pacientes.

Un paciente es un individuo con deficiencias y déficits funcionales diagnosticados por un fisioterapeuta, ese paciente debe estar recibiendo cuidado de terapia física para mejorar la función total de su cuerpo y prevenir la discapacidad. Un cliente es un individuo sin disfunción diagnosticada que

.....

recibe intervenciones terapéuticas para promover la salud y el bienestar y prevenir disfunciones (1).

La función es un aspecto multidimensional que actúa como factor imprescindible en la capacidad del individuo para responder de manera independiente a las actividades de la vida diaria (AVD), actividades básicas cotidianas (ABC) y las actividades básicas instrumentales, que le permiten desenvolverse cada día en sus funciones laborales, familiares, comunitarias y recreativas, haciendo parte activa de una comunidad con capacidades de interrelación. Tales funciones son constituidas por una serie de elementos que serán definidos a continuación:

**Equilibrio:** Es la capacidad de mantener alineado el cuerpo y sus segmentos dentro de una base de sustentación en relación con la línea de gravedad y el centro de masa, sin que las fuerzas gravitacionales, o fuerzas opuestas, ejerzan un desequilibrio en dichos segmentos.

**El Equilibrio Dinámico:** es la capacidad de mantener una base de apoyo estable mientras se realiza un movimiento.

**El Equilibrio Estático:** es la capacidad de mantener el centro de gravedad dentro de los límites de la base de sustentación con un movimiento mínimo (2). **Aptitud Cardiorrespiratoria:** Es la capacidad de realizar ejercicios dinámicos que involucran grandes grupos musculares como nadar, caminar, trotar, andar en bicicleta, y someterlos a intensidades moderadas o altas durante periodos prolongados (3).

**Coordinación:** Es la habilidad de realizar una adecuada secuencia de activación muscular (contracción muscular), que conduce a un movimiento efectivo. Es la característica que determina las cualidades de un movimiento como: El fluido, preciso y eficiente (1).

**Flexibilidad:** La flexibilidad comprende las propiedades morfo-funcionales del aparato locomotor que determinan la amplitud de los distintos movimientos (4).

**Movilidad:** Es la capacidad que tienen las articulaciones del cuerpo para ser movidas a lo largo de un arco o rango de movimiento completo de manera pasiva. Dependen de la extensibilidad del tejido blando. De manera activa requiere activación muscular.

.....

**Desempeño Muscular:** Es la capacidad que tiene el músculo para generar tensión y desenvolverse en resistencia. El desempeño muscular lo compone la fuerza, la potencia y la resistencia muscular.

**Control Neuromuscular:** Es la interacción de los sistemas sensoriales y motores que permiten que Sinergistas, agonistas y antagonistas, así como estabilizadores anticipen, respondan a la información propioceptiva y cinestésica para que, posteriormente, se trabaje en la secuencia correcta para crear un movimiento coordinado **(1)**.

Siguiendo la línea que plantea el presente documento, este capítulo describe algunas técnicas que, unidas y programadas sistemática y progresivamente se convierten en la mejor estrategia que el fisioterapeuta puede utilizar en sus intervenciones.

## **1. EJERCICIO TERAPEUTICO**

El ejercicio terapéutico es la estrategia utilizada y basada en el ejercicio físico prescrito para intervenir favorablemente funciones y disfunciones específicas de un individuo después de una deficiencia o lesión deportiva **(5)**.

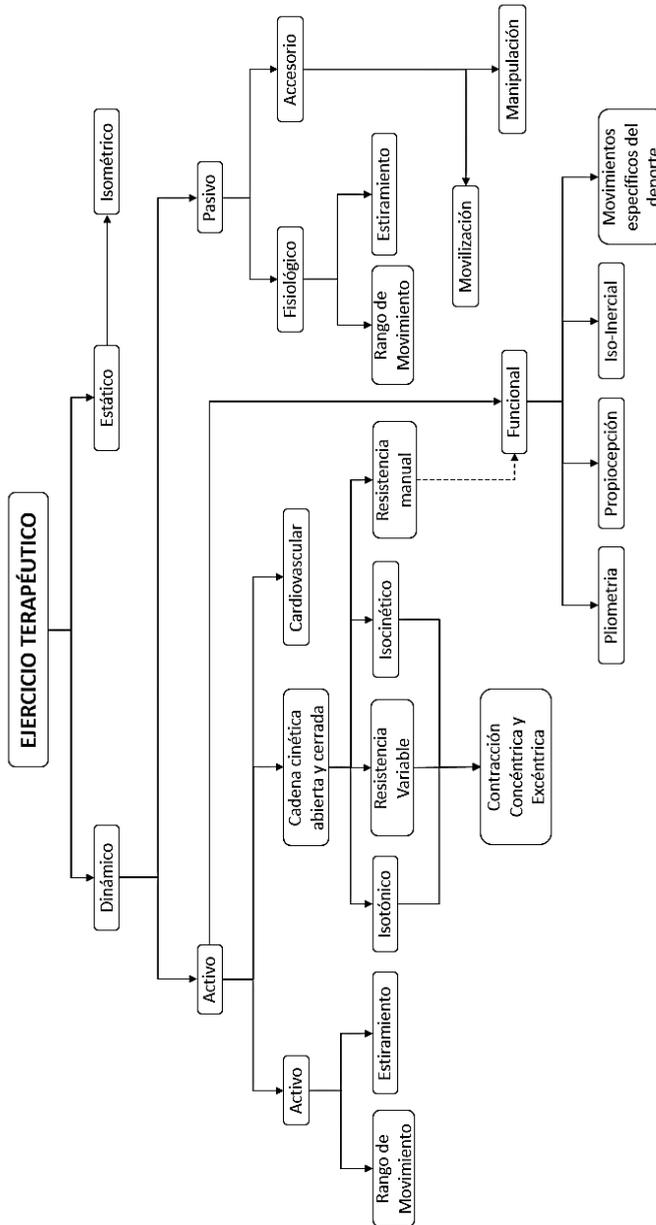
Esta estrategia incluye actividades enfocadas en el estímulo del movimiento articular, flexibilidad, desempeño muscular, coordinación y equilibrio.

Los programas diseñados por los fisioterapeutas responden al principio de individualidad, teniendo en cuenta las necesidades particulares o únicas de cada individuo.

El ejercicio terapéutico se divide en ejercicio dinámico y estático. Según la participación del paciente en la ejecución de los movimientos, los ejercicios se clasifican en pasivos y activos **(6)**.



Figura 27. Clasificación del Ejercicio Terapéutico.



Fuente: Modificado de Dale B. (5).



.....

## EJERCICIO ESTÁTICO O ACCIONES ISOMÉTRICAS:

Ocurren sin movimiento. Los músculos implicados mantienen tanto la tensión, como la longitud producida tras la aplicación de la resistencia que tiene como característica la fuerza de respuesta muscular. Este tipo de ejercicio ofrece ganancia tanto de fuerza como de tónus muscular, todo ello depende del ángulo y el tiempo en que se realiza el ejercicio, sin embargo, los ejercicios aplicados a los deportistas deben realizarse en diferentes ángulos, esto es debido a la variación de movimientos y gestos técnicos. En general, el músculo debe permanecer bajo tensión durante 3 y 10 segundos (7).

El fisioterapeuta debe percatarse de que el deportista no esté realizando esfuerzos adicionales o compensaciones durante el ejercicio isométrico, debido a que estas repercusiones son un indicio de que la resistencia ha aumentado a tal nivel que el deportista debe realizar ajustes no apropiados para su salud. Ese aumento de resistencia hace que el deportista contenga la respiración, ejecución de la Maniobra de Valsalva, esto genera unos aumentos momentáneos de la presión arterial y la frecuencia cardíaca (8).

*Figura 28. Ejemplos de ejercicios Isométricos; los músculos trabajados mantienen la tensión durante un tiempo determinado, evitando acortarse o alargarse.*



*Fuente: Elaboración propia.*

## EJERCICIO DINÁMICO

En el ejercicio dinámico se producen movimientos dinámicos que incluyen ejercicios isotónicos, resistencia variable, manual e isocinético. Los ejercicios dinámicos procuran ser más funcionales como los encontrados en los ejercicios pliométricos, propioceptivos, inerciales y los ejercicios propios del deporte, incluyendo fases de movimiento tanto concéntrico como excéntrico.

**Ejercicios Isotónicos:** El término Isotónico viene de la palabra griega *Isotonos* (*iso*=mismo o igual; *tono*=tensión), y comúnmente se refiere a acciones musculares concéntricas y excéntricas al producirse movimiento.

Los ejercicios isotónicos son los ejercicios dinámicos más comunes. Estos ejercicios implican un cambio de longitud del músculo cuando se aplica una fuerza externa. En este tipo de ejercicio, la resistencia es constante, sin embargo, la velocidad de ejecución depende de la carga, a esto se le conoce como la relación fuerza-velocidad. Las acciones musculares presentes en estos tipos de ejercicios son las concéntricas y las excéntricas.

## ACCIONES EXCÉNTRICAS Y CONCÉNTRICAS:

Durante los ejercicios dinámicos se dan las fases excéntricas y concéntricas. Las Acciones concéntricas responden al aplicar una resistencia y las fibras musculares generan una disminución del ángulo de la articulación asociada. En las Acciones Excéntricas el músculo resiste el alargamiento, de modo que el ángulo articular aumenta durante la acción (10). Las contracciones concéntricas generan aceleración del movimiento, mientras que las acciones excéntricas desaceleran el movimiento absorbiendo el choque del movimiento (11). Las acciones concéntricas y excéntricas repercuten en la producción de fuerza en un programa de rehabilitación. Una acción excéntrica máxima puede generar fuerzas del 14% al 50% por encima de las acciones concéntricas máximas. Esto se da por dos razones fundamentales: 1) Hay separación bajo tensión controlada de la miosina y la actina, para lo cual, requiere menos energía. 2) Parte de la energía se conserva como resultado de la elongación de los componentes elásticos del musculo (5).

.....

Figura 29. Ejemplo de un ejercicio excéntrico de cuádriceps. Al descender el individuo, el grupo muscular se alarga resistiendo o desacelerando la carga (Peso del cuerpo).



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 30. Ejemplo de ejercicio excéntrico de isquiotibiales. En este ejercicio se puede apreciar una secuencia o ciclo de alargamiento-acortamiento, donde el grupo isquiotibial se alarga o desacelera el movimiento al descender el individuo; y un acortamiento del grupo muscular al retornar a la posición de rodillas.



Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 31. Ejemplo de un ejercicio concéntrico de bíceps braquial. En este ejercicio se puede apreciar una contracción concéntrica del musculo bíceps braquial, al realizar acortamiento y disminución del ángulo del codo al realizar flexión.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

Las acciones musculares tanto concéntricas como excéntricas hacen parte de la vida cotidiana, por tal motivo, es recomendable que la actividad o ejercicio programado cumpla con una buena cantidad, basados en la progresión de la intervención y favoreciendo la funcionalidad tanto del individuo como del ejercicio.

**Ejercicio Isocinético:** Es un tipo de ejercicio dinámico en el que la velocidad de acortamiento o alargamiento del musculo está controlada por un sistema que limita el ritmo y controla la velocidad del movimiento de una extremidad (12). El término Isocinético se refiere a un movimiento que se produce a velocidad constante. En los ejercicios isocinéticos, la resistencia es variable, a medida que la fuerza muscular cambia, la resistencia cambia porque la velocidad se mantiene. Las maquinas o dispositivos isocinéticos

.....

se pueden configurar para ofrecer acciones concéntricas, excéntricas-concéntricas o excéntricas a varias velocidades.

*Figura 32. Ejemplo de un dispositivo o sistema para ejercicios isocinéticos.*



Fuente: [https://www.google.com.co/search?q=Ejercicio+Isocin%C3%A9tico&hl=es&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=0ahUKEwiv1MXqjb7bAhVSzLMKHwKPBt8Q\\_AUICigB&biw=1280&bih=540&dpr=1#imgdii=OX-63jRWZw5RZ\\_M:&imgcr=4tiltu7BUvD6XM:](https://www.google.com.co/search?q=Ejercicio+Isocin%C3%A9tico&hl=es&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=0ahUKEwiv1MXqjb7bAhVSzLMKHwKPBt8Q_AUICigB&biw=1280&bih=540&dpr=1#imgdii=OX-63jRWZw5RZ_M:&imgcr=4tiltu7BUvD6XM:)

Los test de evaluación isocinéticos permiten al fisioterapeuta evaluar objetivamente el desempeño muscular de una manera confiable. Proporciona datos reproducibles para evaluar y verificar la progresión del individuo en un programa de rehabilitación.

### **EJERCICIO INERCIAL:**

Estos dispositivos se diseñaron en el año 1994 por medio de Berg & Tesch. Cuando ellos buscaban herramientas que pudieran contrarrestar el efecto nocivo de la microgravedad sobre el musculo esquelético, (13). Los dispo-



sitivos usaban el principio de “Flywheel”, para producir resistencia ilimitada durante todo el recorrido o rango de movimiento.

En la fase concéntrica, la fuerza aplicada desenrolla un cable o correa conectado al eje del volante. Este volante comienza girar y a almacenar energía. La energía cinética aumenta en función de la velocidad de rotación. Al terminar la fase concéntrica, el cable se empieza a enrollar de nuevo y el individuo debe resistir la tracción del volante al realizar un frenado o desaceleración por medio de una acción excéntrica progresiva que se vuelve más intensa al final de la fase excéntrica hasta detener el movimiento (14).

*Figura 33. Versapulley tipo de dispositivo para ejercicio Inercial*



Fuente: [https://www.google.com.co/search?hl=es&biw=1280&bih=540&tbm=isch&sa=1&ei=FVsXW8jwNJDzzgL72a7ADQ&q=versapulley%2C+flywheel&oeq=versapulley%2C+flywheel&gs\\_l=img.3...1757523.1761453.0.1761877.10.10.0.0.0.125.1099.4j6.10.0....0...1c.1.64.img..0.2.214...0i30k1j0i24k1.0.1foG5auAVO-Q#imgrc=CWJdkI92dmWs4M:](https://www.google.com.co/search?hl=es&biw=1280&bih=540&tbm=isch&sa=1&ei=FVsXW8jwNJDzzgL72a7ADQ&q=versapulley%2C+flywheel&oeq=versapulley%2C+flywheel&gs_l=img.3...1757523.1761453.0.1761877.10.10.0.0.0.125.1099.4j6.10.0....0...1c.1.64.img..0.2.214...0i30k1j0i24k1.0.1foG5auAVO-Q#imgrc=CWJdkI92dmWs4M:)



.....

Figura 34. Yo-Yo Inercial, tipo de dispositivo para ejercicio Inercial.



Fuente: [https://www.google.com.co/search?hl=es&biw=1280&bih=540&tbm=isch&sa=1&ei=-GEXW5ilHtHuzgLhuYyYCA&q=yo-yo+inercial&oq=yo-yo+inercial&gs\\_l=img.3...159285.162770.0.163043.14.13.0.1.1.0.174.1509.6j7.13.0....0...1c.1.64.img..0.8.919...0j0i19k1j0i30i19k1j0i8i30i19k1.0.qGT0vvmY-DUU#imgdii=LOIl4UneywWK2M:&imgrc=3\\_C5ZcIgzfugM:](https://www.google.com.co/search?hl=es&biw=1280&bih=540&tbm=isch&sa=1&ei=-GEXW5ilHtHuzgLhuYyYCA&q=yo-yo+inercial&oq=yo-yo+inercial&gs_l=img.3...159285.162770.0.163043.14.13.0.1.1.0.174.1509.6j7.13.0....0...1c.1.64.img..0.8.919...0j0i19k1j0i30i19k1j0i8i30i19k1.0.qGT0vvmY-DUU#imgdii=LOIl4UneywWK2M:&imgrc=3_C5ZcIgzfugM:)

## 2. CADENAS CINÉTICAS

En el estudio del movimiento humano y la ciencia de la rehabilitación, se establece, entre otros términos o conceptos, que la estabilidad de una articulación específica es el resultado que los músculos opuestos se contraen juntos, fenómeno conocido como co-contracción o coactivación (15). Las actividades que involucren la co-contracción muscular se usan comúnmente en estrategias de investigación, rehabilitación y prevención, con la justificación de un apoyo al control biomecánico en las articulaciones. Al estudiar el movimiento de esta manera, se manifiesta la visión tradicional de la cadena cinética que comúnmente se describe como segmentos superiores e inferior-

.....

res. Sin embargo, es más apropiado considerar la cadena cinética como un todo o un sistema globalmente interconectado (16).

Todas las actividades cotidianas de un individuo, se logra mediante la activación de la cadena cinética y se refiere a los enlaces mecánicos de los segmentos del cuerpo que permite la transferencia de fuerzas, energía y movimientos al realizar un movimiento específico (17).

En el ámbito deportivo, la cadena cinética ha sido estudiada con respecto a su papel en el movimiento normal y su impacto sobre las lesiones deportivas y la relación en la disminución del rendimiento deportivo (18). En este sentido, un movimiento específico, eficiente y efectivo, requiere de una anatomía, fisiología y mecánica óptima en todos los segmentos de la cadena cinética, y como consecuencia en el desequilibrio de los eslabones de la cadena, se precipitan las lesiones deportivas (19).

La cadena cinemática fue un término usado en un principio por Reuleaux en 1875. Este término se usó como referencia a un sistema mecánico de enlaces en la ingeniería. Esta cadena cinemática, en la ingeniería, suele ser un sistema cerrado de enlaces unidos de modo que si se mueve un enlace libre en un enlace fijo, todos los enlaces se mueven en un patrón predecible (5).

El concepto de cadena cinética tanto abierta como cerrada, en relación al cuerpo humano, se introdujo por Steindler en la literatura de Biomecánica Humana y por Brunnstrom en Kinesiología, en las décadas de 1950 y 1960. Estos autores describieron como los segmentos y movimientos del cuerpo se relacionan y como es la conducta del reclutamiento muscular ante diferentes movimientos y las condiciones impuestas por el entorno.

El término de cadena cinética se usa para describir la manera en cómo se mueve el cuerpo (20). En este sentido, Steindler sugirió el término *Cadena Cinética Abierta* para el movimiento que no es restringido en el espacio de un segmento periférico del cuerpo, como cuando un individuo saluda agitando su mano. Para la *Cadena Cinética Cerrada*, sugirió como concepto, que el segmento periférico se encuentra con “considerable resistencia externa”; manifiesto que si el segmento terminal permanece fijo, la resistencia encontrada mueve los segmentos proximales sobre los segmentos distales estacionarios.

En otras palabras, el concepto para Cadena Cinética Abierta es aquella donde el extremo distal de la extremidad es libre y no está fijado a un objeto; mientras que para la Cadena Cinética Cerrada, el componente distal de la extremidad está fijo (21).

⋮



.....

Figura 35. Ejemplo de Cadena Cinética Abierta. Gesto en tenis de campo. El movimiento del brazo derecho describe un movimiento donde el extremo distal del segmento está libre.



Fuente: Copa Bionaire, Cali 2009.

Figura 36. Ejemplo de Cadena Cinética Cerrada. Sentadilla o flexión de piernas, los extremos distales de las extremidades inferiores se encuentran fijas.



Fuente: Elaboración Propia.

.....

En las cadenas cinéticas tanto abiertas como cerradas, la acción muscular cambia de acuerdo a la situación del segmento distal (fijo o móvil). Para dar un ejemplo, en una cadena cinética abierta, el musculo tibial anterior funciona para invertir y flexionar el pie y el tobillo. En una cadena cinética cerrada, durante la fase de apoyo de la marcha, el tibial posterior se contrae para desacelerar la pronación de la articulación subastragalina y supina el pie para rotar externamente la parte inferior de la pierna durante la posición media y terminal (22).

En el ámbito de la rehabilitación, han existido dificultades para tener un concepto claro de las cadenas cinéticas abiertas y cerradas generando así una falta de consenso. La principal duda o inconsistencia radica en el que si el soporte de peso es inherente de los movimientos de la cadena cinética cerrada. En un principio Steindler no se especificó sobre la existencia de carga en la categorización de una cadena cinética cerrada, sin embargo, los ejemplos dados implican el soporte de peso (22). Las fuentes bibliográficas que fortalecen la temática de la rehabilitación deportiva, describen en ocasiones la cadena cinética cerrada como una actividad que requiere el uso de carga como elemento necesario. Aunque en la práctica, no todos los ejercicios se hacen necesario el uso de carga.

La otra controversia se da en cuanto a si el segmento distal debe estar absolutamente fijo en una superficie para catalogarlo como un movimiento de cadena cinética cerrada. La fijación del segmento se convirtió en una condición de la cadena, sin embargo, como se nombró anteriormente, si se supera la “considerable resistencia externa”, da como resultado que el segmento distal se mueve. Esto ocurre en acciones en donde un individuo realiza un empuje a un objeto estacionado, el cual es vencido por la fuerza del individuo, como cuando se empuja un automóvil. Algunos investigadores han establecido que un movimiento es considerado de cadena cinética cerrada si se da un empuje o carga axial al realizarse.

En la siguiente tabla, se establecen una serie de características de las cadenas cinéticas.



.....

Tabla 11. Características de los ejercicios de cadena abierta y cadena cerrada.

Cadena Cinética Abierta	Cadena Cinética Cerrada
El segmento distal se mueve en el espacio.	El segmento distal permanece en contacto o estacionario (fijo en su lugar) sobre la superficie de soporte.
Movimiento conjunto independiente; ningún movimiento articulado predecible en articulaciones adyacentes.	Movimientos conjuntos interdependientes; patrones de movimiento relativamente predecibles en las articulaciones adyacentes.
Movimiento de segmentos corporales solo distal a la articulación móvil.	El movimiento de los segmentos del cuerpo puede ocurrir distal y / o proximal a la articulación en movimiento.
La activación muscular ocurre predominantemente en el motor principal y está aislada de los músculos de la articulación en movimiento.	La activación muscular ocurre en múltiples grupos musculares, tanto distales como proximales a la articulación móvil.
Normalmente se realiza en posiciones sin peso.	Por lo general, pero no siempre se realiza en posiciones de carga.
La resistencia se aplica al segmento distal móvil.	La resistencia se aplica simultáneamente a múltiples segmentos móviles.
Uso de carga giratoria externa.	Uso de carga axial
Estabilización externa (manualmente o con equipo) usualmente requerida.	Estabilización interna mediante acción muscular, compresión y congruencia articular y control postural.
Fuerzas de gran aceleración y baja resistencia	Fuerzas de gran resistencia y baja aceleración
Distracción y fuerzas rotatorias	Mayores fuerzas de compresión
Aceleración concéntrica y desaceleración excéntrica	Estimulación de propioceptores

Fuente: tomado de Kisner C, Colby L. (22).

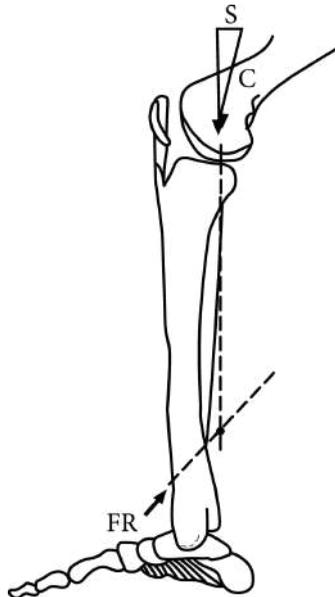


## BIOMECÁNICA DE LAS CADENAS CINÉTICAS CERRADAS Y ABIERTAS EN MIEMBROS INFERIORES

Las actividades cotidianas requieren de una movilidad articular y una función muscular eficiente y altamente sincronizadas. Para un funcionamiento normal en el miembro inferior, debe existir y darse una serie de factores biomecánicos como la amortiguación, la flexibilidad, la estabilidad, aceleración y desaceleración, el movimiento multiplanar y la estabilización articular en todas las articulaciones.

Se ha propuesto un modelo biomecánico del miembro inferior que cuantifica dos fuerzas críticas en la rodilla. Se produce una fuerza de *cizallamiento* en dirección posterior que provoca que la tibia se traslade en sentido anterior si no es detenida por restricciones de las partes blandas, como lo hace el ligamento cruzado anterior, en su función principal. La segunda fuerza es una *fuerza compresiva* que se dirige a lo largo del eje longitudinal de la tibia. Los ejercicios en carga aumentan la compresión articular, lo cual mejora la estabilidad de la articulación (23).

Figura 37. Modelo Biomecánico de las cadenas cinéticas en miembro inferior  
S=Cizallamiento, C=Compresión, FR=Fuerza de Resistencia.

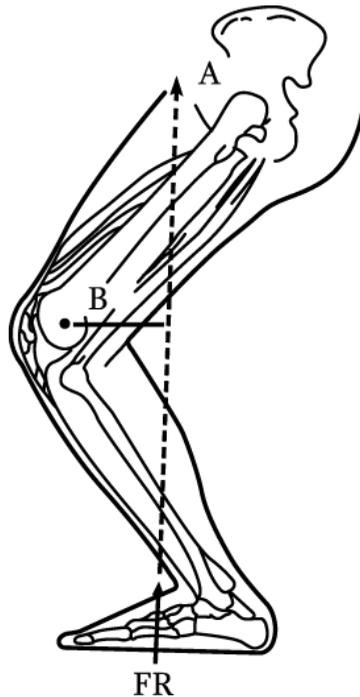


Fuente: Prentice W. (23)



Los ejercicios de cadena cinética cerrada promueven la contracción de los isquiotibiales al crear un momento de flexión en la cadera y la rodilla, por lo que los isquiotibiales estabilizan la cadera y el cuádriceps estabiliza la rodilla. El momento es el producto de la fuerza y distancia del eje de rotación. También llamado torque: cuando un cuerpo posee un punto de apoyo puede suceder que, producto de una fuerza aplicada, este cuerpo tienda a desplazarse en torno al apoyo (24). La contracción de los músculos isquiotibiales ayuda a contrarrestar la tendencia del cuádriceps a generar traslación anterior de la tibia. La co-contracción de los isquiotibiales es muy eficaz reduciendo la fuerza de cizallamiento cuando la fuerza de resistencia se dirige en sentido axial respecto a la tibia, como en el caso de un ejercicio en carga (23).

Figura 38. Los ejercicios de cadena cinética cerrada inducen la contracción de los músculos isquiotibiales, generando una inercia en flexión en A, la cadera; B la rodilla; C el tobillo.



Fuente: Prentice W. (23)

.....

La tensión muscular de los isquiotibiales se potencia más con una ligera flexión anterior del tronco. La flexión del tronco desplaza en sentido anterior del centro de gravedad, reduciendo el momento de flexión de la rodilla y, por tanto, limitando la fuerza de cizallamiento y disminuyendo las fuerzas de compresión femorrotulianas. Los ejercicios en cadena cinética cerrada tratan de minimizar el momento de flexión de la rodilla al tiempo que aumentan el momento de flexión de cadera (23).

En un ejercicio de extensión de pierna en posición sedente se realiza un movimiento de cadena cinética abierta. En este movimiento, la resistencia se aplica sobre la porción distal de la tibia, creando un momento de flexión solo en la rodilla. Los efectos de co-contracción de los isquiotibiales se anulan y, por tanto, se genera una fuerza máxima de cizallamiento en la articulación de la rodilla. Las fuerzas de cizallamiento producidas por la flexión y extensión isométricas de la cadena cinética abierta de la rodilla en 30° y 60° de flexión son mayores que las de los ejercicios de cadena cinética cerrada (23).

### **BIOMECÁNICA DE LAS CADENAS CINÉTICAS CERRADAS Y ABIERTAS EN MIEMBROS SUPERIORES**

Los ejercicios de cadena cinética en la articulación glenohumeral, son utilizados en las etapas iniciales de la rehabilitación para el tratamiento de la inestabilidad, estimulando la co-contracción y el reclutamiento de los músculos, de tal manera, prevenir el colapso del manguito rotador secundario a dolor y/o inflamación. En las fases posteriores se usan para mejorar la tolerancia de los músculos responsables de la funcionalidad de la articulación glenohumeral y escapulo torácica. En fases intermedias, los ejercicios de cadena cinética abierta se recomiendan para aumentar el fortalecimiento en el manguito rotador y los demás músculos glenohumerales y escapulares.

### **3. PLIOMETRIA**

Todos los individuos en su vida diaria, ya sea en tareas comunes o deportivas, requieren de la realización de movimientos explosivos (25), lo cuales requieren unos niveles de fuerza suficiente para responder adecuadamente a la exigencia de dichas tareas. Esas tareas realizadas regularmente permiten un mantenimiento o aumento de la fuerza y la potencia.

En el ámbito deportivo, los equipos utilizados para el entrenamiento de la resistencia, como pesas libres, máquinas de pesas o sistemas de poleas de

.....

peso, han sido diseñados para desarrollar niveles altos de fuerza pero no de potencia, teniendo en cuenta que proporcionan una resistencia sustancial pero su uso implica movimientos lentos y controlados. Empero, las demandas de las actividades requieren de momentos reactivos de fuerza explosiva en los patrones de movimiento funcional para que un individuo regrese a sus actividades ocupacionales, recreativas o deportivas de gran demanda. Una estrategia de ejercicios de alta intensidad y alta velocidad, no solo mejora la fuerza sino que también estimula el desarrollo de la potencia de salida, reacciones neuromusculares rápidas y coordinación (26).

Durante mucho tiempo, los profesionales de la salud en relación al deporte y los atletas han intentado mejorar la potencia y el rendimiento deportivo. Recientemente, los especialistas en rehabilitación han implementado diferentes técnicas y estrategias en la prevención de lesiones deportivas y en la mejora de la fuerza para optimizar resultados postquirúrgicos y posteriores a una lesión.

A lo largo del siglo XX o antes, los ejercicios de salto se han utilizado de diversas maneras para mejorar el rendimiento deportivo (27). Durante la década de 1960 fue cuando se desarrolló por primera vez el entrenamiento pliométrico, siendo la Unión Soviética la precursora de este tipo de entrenamiento. Fue una de las estrategias que impulso el desarrollo deportivo de este estado. Hacia la década de 1970 se conoció en el occidente y hacia 1980, se había convertido en una herramienta valiosa en los programas de atletismo. En 1975 fue la primera vez que se aplicó el término por el entrenador Fred Wilt, el cual, de esta manera describió los métodos de entrenamiento utilizados por los atletas en Europa del Este en ese momento. Durante los años 80, Donald Clu publicó lo que sería las primeras referencias sobre métodos de entrenamiento pliométrico, convirtiéndose en un líder en esta área desde aquel tiempo. Fue a principios de los años 90 que George Davies y Kevin Wilk, incursionaron en la rehabilitación por medio de los ejercicios pliométricos (28).

La pliometría se ha conocido con muchos nombres, entre los cuales está el método de choque o el entrenamiento de salto (29). El origen del término pliometría o pliométrico, es una combinación de dos palabras griegas; “*plio*” que significa “*mas*” y “*métrica*” que significa “*medir*” (130).

Estos ejercicios involucran momentos de acortamiento poderoso de los músculos después de estirar rápidamente los mismos músculos (31). Esta

.....

técnica consiste en un método específico de entrenamiento de fuerza o explosividad y, la mayoría de los ejercicios pliométricos requieren saltos (32).

Según la actividad que se realice, y en el contexto deportivo, el entrenamiento pliométrico se convierte en una herramienta necesaria en la mejoras de dichas cualidades y a su vez, en la prevención de lesiones deportivas. En su aplicación, se debe tener en cuenta la progresión de los ejercicios, teniendo en cuenta el aumento de la intensidad o carga de los ejercicios (33,34).

En los ejercicios pliométricos se resaltan la generación rápida de fuerza máxima, principalmente durante la fase excéntrica de la acción muscular y aceleran la transición entre excéntrico y concéntrico. Este movimiento rápido de desaceleración/aceleración produce una reacción explosiva que aumenta tanto la velocidad como la potencia. Con el ejercicio pliométrico se plantea como objetivo final aumentar el rendimiento muscular para mover una carga aplicada a lo largo de su rango de movimiento funcional y permitir a un atleta traducir la fuerza en potencia de manera más eficiente (35).

En los inicios de la implementación del entrenamiento pliométrico, los ejercicios se enfocaron en el desarrollo de la capacidad de salto. Actualmente, los ejercicios se han prescrito para estimular las cualidades de desplazamiento lateral y para mejorar la potencia de los miembros superiores del cuerpo, sin embargo, el enfoque mayoritario de la pliometría, tradicionalmente ha sido el trabajo en miembros inferiores (36).

El entrenamiento pliométrico potencializa el poder explosivo y la velocidad de un atleta. La fuerza, que es una de las cualidades estimuladas en este tipo de ejercicios, se considera el atributo físico más importante en un atleta, convirtiéndose en un elemento esencial en la mayoría de los deportes. Los ejercicios pliométricos son relativamente nuevos en el ámbito del entrenamiento de la resistencia, llamando la atención a finales de los años 80, en la mejora de las habilidades de salto en los atletas, dándole gran importancia en el concepto de unidades motoras (37).

En los últimos años, pliometría se ha convertido en una herramienta que no solo potencializada la fuerza en miembros superiores e inferiores, sino también, como herramienta en la rehabilitación y como parte de los programas de prevención de lesiones deportivas (38,36).

.....

## CICLO ESTIRAMIENTO/ACORTAMIENTO

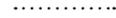
En el entrenamiento pliométrico se da una condición. La fuerza máxima que puede desarrollar un musculo, la desarrolla durante la contracción excéntrica rápida. En el momento en que se da una contracción concéntrica o acortamiento del musculo, inmediatamente después de una contracción excéntrica o alargamiento muscular, la fuerza que se genera puede aumentar drásticamente. Si se estira un musculo, gran parte de la energía necesaria para estirarlo se pierde en forma de calor, pero parte de esta energía puede almacenarse mediante los componentes elásticos del musculo. Esta energía almacenada está a disposición del musculo solo durante la contracción siguiente. Se debe tener en cuenta que esta energía se pierde si la contracción excéntrica no es seguida de manera inmediata de una contracción concéntrica, es decir, el musculo debe contraerse (concéntricamente) en el menor tiempo posible (36).

Este proceso en general se denomina Ciclo de Estiramiento/Acortamiento, el cual, es la teoría fisiológica del entrenamiento pliométrico. El Ciclo de Estiramiento/Acortamiento, existen dos modelos que explican la producción de energía: 1) El modelo mecánica, el cual describe el componente elástico en serie de la unidad miotendinosa como el elemento clave del ejercicio pliométrico; 2) El modelo Neurofisiológico implica la potenciación de la acción muscular concéntrica mediante el uso del reflejo de estiramiento. El componente reflejo del ejercicio pliométrico se basa en la propiocepción, que es proporcionada por los husos neuromusculares durante la acción de estiramiento (contracción excéntrica).

El Ciclo de estiramiento/Acortamiento es un proceso en el que el patrón de alargamiento del musculo produce energía que se almacena en la unidad miotendinosa para su uso posterior en un acortamiento posterior, o contracción concéntrica. La base del Ciclo de Estiramiento/Acortamiento se basa en la relación de una contracción excéntrica/Concéntrica. La pliometría implica una contracción excéntrica a gran velocidad o un preestiramiento de un musculo antes de una contracción concéntrica inmediata de ese mismo musculo o grupo muscular.

Para explicar este ciclo, existen tres fases:

**La Fase Excéntrica:** o fase de precarga, se realiza en los primeros momentos del movimiento, en donde los husos neuromusculares se cargan y estiran durante una contracción excéntrica. Allí es cuando se da el almacenamien-



to de energía elástica. El intervalo de tiempo para esta fase depende de la cantidad de facilitación de estiramiento deseada para las fases posteriores. Este estiramiento también estará mediado por el rango de movimiento y la cantidad de absorción de choque que el cuerpo del individuo puede soportar o la cantidad de carga excéntrica que la musculatura agonista y las restricciones de los estabilizadores pasivos (ligamentos, capsulas) pueden tolerar.

**La Fase de Amortiguación:** Las dos fases, tanto la excéntrica como la concéntrica están separadas por un breve periodo de “descanso” conocido como fase de amortiguación. Esta fase tiene como importancia el hecho de que, a menor duración, mayor es la utilización de la energía elástica almacenada en los músculos que conduce a una mayor producción de trabajo (25). El éxito de un ejercicio pliométrico depende de la capacidad de la unidad miotendinosa para absorber y explotar efectivamente la energía elástica almacenada.

**La Fase Concéntrica:** Esta fase pone en manifiesto el efecto acumulativo de las fases excéntricas y de amortiguación a través de una poderosa contracción concéntrica (39,40,30).

*Tabla 12. Fases Pliométricas.*

---

## Fase Excéntrica

Precarga o ajuste de período  
Husos musculares “cargados” a través de la contracción  
excéntrica / estiramiento de los agonistas

## Fase de Amortiguación

Intervalo entre las fases excéntrica y concéntrica  
Debe ser lo suficientemente corto como para usar completamente  
la energía elástica almacenada en el complejo de musculo-tendón

## Fase Concéntrica

Contracción muscular concéntrica de agonistas  
Generación máxima de energía con movimiento explosivo

---

Fuente: Singla D, Hussain M, Moiz J. (25).



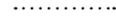
En la figura 39, se observa una secuencia de un ejercicio en miembros inferiores. Se tomara como referencia el grupo muscular cuádriceps. El individuo realiza un salto hacia el piso. En el momento en que toca el suelo, el cuádriceps amortigua la caída por medio de una contracción excéntrica, se alarga desacelerando el movimiento hasta llegar a un momento de amortiguación. En ese momento el cuádriceps no se alarga más y se produce una contracción concéntrica produciendo una fuerza de tal magnitud que provoca el despegue de todo el cuerpo hacia arriba en un salto vertical.

*Figura 39. Ejercicio pliométrico, acción de las fases en la ejecución del movimiento con la participación del cuádriceps, gastrocnemios y soles.*



Fuente: Elaboración Propia.

El Ciclo Estiramiento/Acortamiento se ha estudiado en muchas oportunidades y en general se ha aceptado que se debe considerar varios factores importantes de la anatomía y la fisiología neuromuscular como son los componentes elásticos en serie de músculos y tendones, propiocepción y arquitectura miotendinosa macroscópica. En el Ciclo de Estiramiento/Acortamiento se estimula los propioceptores del huso neuromuscular, el órgano tendinoso de Golgi y los receptores del ligamento para facilitar el reclutamiento de las unidades motoras necesarias para maximizar la potencia concéntrica generada durante la actividad pliométrica (41).



*Tabla 13. Factores Importantes en Anatomía y Fisiología Neuromuscular.*

- 
- Componentes elásticos e histológicos seriales de músculos y tendones, es decir, miosina y filamentos deslizantes de actina / inserciones de puente cruzado, sarcómeros, tipos de fibras y propiedades metabólicas
  - Propiocepción mediada a través de los husos musculares y los órganos del tendón de Golgi y su contribución a los bucles del reflejo elástico (o miotónico)
  - Arquitectura musculotendinosa macroscópica, rigidez tendinosa y elasticidad
  - Ausencia o presencia de patología o cambios degenerativos en los huesos, ligamentos y unidades musculotendinosas
- 

Fuente: tomado de Cuoco A, Tyler T. (36).

## CARACTERÍSTICAS

Los ejercicios pliométricos a menudo se utilizan para entrenar o potenciar la fuerza, ya que combinan la fuerza con la velocidad del movimiento articular, lo cual, es necesario y desafiante para la estabilidad articular (38). Adicionalmente, los ejercicios pliométricos contribuyen a la reconstrucción de la función neuromuscular, simulando movimientos similares a la demanda de la actividad. En los gestos deportivos, la fase excéntrica es la que aporta la frecuencia de lesiones deportivas, por tal motivo, por medio de los ejercicios pliométricos se puede potenciar la estabilización dinámica de las articulaciones. En la estabilización dinámica se da también la curación de los tejidos en los procesos de rehabilitación cuando se aplica una intensidad o carga adecuada y progresiva. Esta intensidad se define como la cantidad de estrés ejercida sobre los músculos, tejidos blandos y articulaciones implicadas, asignando niveles de baja, media y alta para los ejercicios (42). Estos ejercicios suman efectos en la mejora biomecánica de los músculos, favoreciendo su activación para producir fuerza y en la mejora de la efectividad neuromuscular (43). Adicionalmente, los ejercicios pliométricos están asociados con el aumento en la capacidad del musculo

.....

para resistir al estiramiento, lo que ayuda a mejorar las capacidades de restricción dinámica del músculo.

## **EJERCICIOS PLIOMÉTRICOS EN EXTREMIDADES SUPERIORES E INFERIORES**

En los miembros superiores puede variar la posición del individuo en donde soporte y no soporte peso. Se realizan movimientos dirigidos a un grupo muscular específico o utilizando patrones de movimientos combinados que involucren múltiples grupos de toda la extremidad. Muchos de los patrones combinados utilizados en actividades pliométricas incorporan la estabilidad y el equilibrio del tronco en la secuencia de movimiento y a menudo simulan las habilidades motoras funcionales deseadas que se producen durante la actividad requerida (44).

Los ejercicios pliométricos, son prescritos en su mayoría para las extremidades inferiores. Se realizan de pie y requieren un control excéntrico y concéntrico de los extensores de cadera, de rodilla y de flexores plántales del tobillo contra el peso corporal. El entrenamiento pliométrico en extremidades inferiores requiere de equilibrio postural y estabilidad debido a los cambios repentinos de dirección que ocurren. Estos ejercicios pueden ser progresivos agregando una carga externa para aumentar el peso corporal o realizando primero saltos bilaterales y luego unilaterales (44).

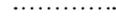


Tabla 14. Actividades pliométricos para las extremidades superiores e inferiores.

<b>Extremidades Superiores</b>	<b>Extremidades Inferiores</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atrapar y arrojar una pelota cargada con un compañero o contra una pared, bilateralmente y luego unilateralmente</li> <li>• Taladros de estiramiento y acortamiento con tubos elásticos con movimientos anatómicos y diagonales</li> <li>• Balanceo de un objeto pesado (bola pesada, palo de golf, bate)</li> <li>• Goteo de una pelota en el piso o contra una pared</li> <li>• Push-offs desde una pared o encimera mientras está de pie</li> <li>• Deje caer las lagartijas desde una plataforma baja al piso y de vuelta a la plataforma</li> <li>• Lagartijas a presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saltos repetitivos en el piso: en su lugar; hacia adelante hacia atrás; un lado a otro; diagonalmente a cuatro esquinas; saltar con la rotación; zig-zag jumping; más tarde, salta sobre la espuma</li> <li>• Saltos y alcances verticales y aterrizaje adecuado</li> <li>• Saltos múltiples a través de un piso (delimitador)</li> <li>• Saltos de caja: inicialmente desactivados y congelados, luego apagados y de nuevo en la caja, aumentando la velocidad y la altura</li> <li>• Saltos de lado a lado (de la caja al piso de la caja)</li> <li>• Saltando sobre objetos en el piso</li> <li>• Actividades de salto: en el lugar, a través de una superficie, sobre objetos en el piso</li> <li>• Profundo saltos (avanzado): saltar de una caja, ponerse en cuclillas para absorber el impacto, y luego saltar y alcanzar lo más alto posible</li> </ul>

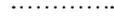
Fuente: Kisner C, Colby L. (44)

.....

## **CONSIDERACIONES PARA EL EJERCICIO PLIOMÉTRICO**

Los ejercicios pliométricos se han utilizado tradicionalmente en actividades deportivas que requieren fuerza, velocidad y potencia, y de esta manera, disminuir el riesgo de sufrir lesiones deportivas maximizando el sistema de estabilización dinámica. La estabilidad dinámica de una articulación depende de los estabilizadores tanto dinámicos como estáticos. Los estabilizadores estáticos son los ligamentos, la capsula articular, los meniscos y el labrum, los cuales proporcionan soporte a los componentes musculoesqueléticos. Los estabilizadores dinámicos proporcionan estabilidad a las articulaciones. Estos son los músculos y los controles neuronales asociados al movimiento. En una lesión deportiva, los estabilizadores estáticos son los que más se lastiman. Estas estructuras pueden ser intervenidas para su recuperación a través de procedimientos conservadores, sin embargo, estas estrategias se caracterizan por ser pasivas y sus efectos no modifican su estructura hacia la recuperación. Por esta razón, las estrategias de rehabilitación se han encaminado a estimular los elementos neuromusculares dinámicos, los mecanorreceptores. Para cumplir este objetivo, el trabajo se enfoca al entrenamiento propioceptivo, el rango activo de movimiento, la flexibilidad y el fortalecimiento, con el fin de propiciarle al individuo la capacidad de soportar restricciones dinámicas y contribuir a la estabilidad.

En este sentido, la pliometría consiste en movimiento repetitivos que optimizan el Ciclo de Estiramiento/Acortamiento y mejorar el rendimiento deportivo. Debe existir precauciones en el momento de prescribir este tipo de ejercicios, determinar cuando un individuo en entrenamiento o rehabilitación, está en condiciones de afrontar un proceso de prescripción con ejercicios pliométricos. El individuo debe presentar un nivel adecuado de rango de movimiento, control neuromuscular, propiocepción, fuerza y flexibilidad.



*Tabla 15. Evaluación Neuromuscular Antes de Iniciar la Pliometría.*

### **Evaluación Neuromuscular Antes de Iniciar la Pliometría**

- Resolución suficiente del dolor para participar en ejercicios y actividades de alto nivel
- Sin inflamación o derrame articular antes o después del ejercicio
- Rango de movimiento normal con respecto al lado no involucrado
- Alineación y movilidad normal de las articulaciones
- Flexibilidad del tejido blando, incluidas las estructuras contráctiles y no contráctiles, dentro de los límites normales
- Resistencia adecuada para la actividad de soporte total de peso en la extremidad afectada de forma unilateral si la extremidad inferior o la fuerza para el uso funcional de la extremidad superior, incluido el peso completo sobre las extremidades superiores si es apropiado para la función
- Reflejos normales
- Control de motor normal
- Equilibrio y propiocepción / sentido cinestésico dentro de los límites funcionales del lado no involucrado (por ejemplo, considerar el concepto de tiempo para la estabilización)

Fuente: tomado de Cuoco A, Tyler T. (36).

### **PLIOMETRIA EN LA REHABILITACIÓN**

La rehabilitación ha sido punto de encuentro de diferentes técnicas que propenden por darle solución a los problemas derivados por el desequilibrio de las estructuras biológicas por falta desacondicionamiento o por sobrecarga. La pliometría se ha convertido en una herramienta útil al final de la fase de rehabilitación. Su uso es menos intenso que cuando se aplica en el entrenamiento. Los individuos intervenidos con esta técnica progresan significativamente que en su prescripción se ha aplicado intensidades de



.....

media a alta al final de la fase de rehabilitación. Las unidades de intensidad media y alta permiten la mejora de los patrones funcionales, los reflejos y la propiocepción, los cuales se convierten en elementos esenciales para el retorno a la competencia.

Beneficios de la pliometría en la rehabilitación:

- Mejora la propiocepción durante el movimiento dinámico
- Mejora la velocidad, la fuerza y la potencia
- Disminuye el tiempo de reacción
- Incremento de la densidad mineral ósea

## **PRESCRIPCIÓN EN LA PLIOMETRIA**

### ***Calentamiento***

El calentamiento tiene relación con diversos efectos positivos sobre el rendimiento deportivo, incluyendo la relajación y la posibilidad de contracciones más rápidas, aumento del desarrollo de la fuerza, de la potencia y el tiempo de reacción (45).

El calentamiento pliométrico requiere del aumento de la frecuencia cardíaca, aumento de la temperatura corporal que involucra músculos y tejidos blandos, y disminuir la viscosidad de los líquidos articulares. Las actividades realizadas en el calentamiento deben ser específicos a la actividad e incorporar movimientos dinámicos asociados a la actividad central. Se puede tener en cuenta las siguientes sugerencias para una actividad de calentamiento:

- Trote moderado de 5 a 10 minutos permite el aumento de la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y aumenta la temperatura corporal. Se puede realizar el trote sobre terreno plano, por medio de bicicletas estáticas, bandas sin fin o elípticas.
- Se debe garantizar la participación de todos los grupos musculares, por medio de actividades de cadena cinética cerrada durante un tiempo de 5 a 10 minutos.

.....

### ***Frecuencia***

Por lo general, se recomienda un trabajo de ejercicios pliométricos con una frecuencia de 1 a 3 veces por semana. Se debe tener en cuenta la relación de la frecuencia con la intensidad y la duración de los entrenamientos, lo que conlleva a estimar el tiempo de recuperación del individuo entre sesiones de entrenamiento.

### ***Intensidad***

Es la cantidad de estrés fisiológico que se ejerce sobre el individuo durante una sesión de entrenamiento. Si bien para diferentes ejercicios se establecen variables de estimación de la intensidad como la frecuencia cardiaca, el consumo de  $O_2$  o la percepción del esfuerzo. Para la pliometría, la intensidad se basa en el estrés ejercido sobre los músculos, las articulaciones y el tejido conectivo, o la complejidad y cantidad de trabajo necesario para completar el ejercicio. La intensidad de los ejercicios pliométricos se clasifican en baja, media y alta. En todo ejercicio se da la relación intensidad/duración. Relación que no es directamente proporcional, donde a mayor intensidad, menor duración. El trabajo progresivo en la pliometría implica que desde el comienzo del entrenamiento, se va aumentando progresivamente tanto la intensidad como la duración del ejercicio. Sin embargo, cuando el individuo alcanza niveles altos de intensidad, la duración de bajar. Se determina para los miembros inferiores intensidades relacionadas con el número de saltos, la velocidad, altura y peso con que se realiza el ejercicio.

### ***Duración***

La duración se convierte en un gran indicador del nivel de acondicionamiento del individuo. Se debe tener en cuenta que si la sesión dura 30 minutos en lugar de los 20 minutos programados, se debe considerar los tiempos de recuperación entre los ejercicios. Esto infiere que el individuo necesitaría 5 minutos para recuperarse en lugar de los 2 o 3 minutos programados para tal fin. Este comportamiento es un indicador de un programa que ha programado ejercicios con intensidades muy altas. Infiriendo que la condición anaeróbica del paciente no es eficiente para la tolerancia de los ejercicios propuestos.

En una programación adecuada, las sesiones de pliometría pueden durar entre 15 y 10 minutos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estas se-

⋮



siones no son independientes y viene acompañadas de otros ejercicios que influyen en la fatiga previa del individuo.

Tabla 16. Efectos Beneficiosos Propuestos de la Pliometría. Relación de Intensidad y duración.

Paciente/Atleta	Numero de Contactos	Intensidad	Sugerencias
Paciente en una clínica de medicina ortopédica/deportiva	20-60	Baja	Aumente la cantidad de contactos antes de aumentar la intensidad; aumentos de 10% a 20%
Principiante	80-100	Baja-Media	Principalmente bajo, aumente a medio durante la parte media del entrenamiento cuando no esté fatigado
Intermedio	100-120	Baja-Media-Alta	Intento alto cuando no está fatigado
Avanzado	120-140	Baja-Media-Alta	Principalmente medio y alto

Fuente: tomado de Cuoco A, Tyler T. (36)

A continuación se representan una serie de ejercicios pliométricos básicos de miembro inferior:

Figura 40. Saltos bipodales frontales con apertura y cierre en escalerilla de piso.



Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 41. Saltos alternativos frontales con desplazamiento lateral.*



Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 42. Saltos alternados de bipodal a unipodal con desplazamiento frontal.*



Fuente: Elaboración Propia.

.....

## 4. MOVILIZACIÓN ARTICULAR

La movilidad articular o conjunta, es una de las técnicas utilizadas por los terapeutas manuales para tratar diferentes alteraciones musculoesqueléticas que afectan principalmente la artrocinemática articular. En esos casos, el dolor y la pérdida de movilidad es uno de los principales síntomas de estas alteraciones.

La movilidad articular se realiza al movilizar pasivamente una articulación a través del rango completo de movimiento, provocando un aumento de la extensibilidad de los tejidos no contráctiles o estabilizadores pasivos que rodean una articulación. Estos movimientos, desencadenan mecanismos neurofisiológicos que afectan la transmisión de impulsos aferentes nociceptivos, es decir, al aumentar la extensibilidad de los tejidos, se liberan ciertas presiones generadas en la articulación a través del efecto mencionado (46).

El uso apropiado de las técnicas de movilización permite una adecuada cicatrización, disminuyen el dolor y mejoran el movimiento.

La pérdida de movimiento articular es tratada con tratamientos tradicionales basados en la movilidad articular, a través de estiramientos sostenidos pasivos, sin tener en cuenta una causa definida de la limitación del movimiento. Estos enfoques tradicionales provocan una sobrestimulación de los nociceptores y de la contracción de los músculos, interfiriendo con los objetivos de mejorar el rango del movimiento.

La acción del terapeuta se refleja en el conocimiento de los principios básicos de las técnicas de movilidad articular, teniendo en cuenta las características biomecánicas y morfológicas de las articulaciones que influyen directamente en las decisiones de dosificación de las técnicas. Por ejemplo, la aplicación de fuerza determina el grado de movilización articular que repercuten en diferentes efectos, que dependerán de diferentes factores.

Entre los factores que influyen se encuentran el nivel de restricción o rigidez articular, la articulación que se movilice y sus características artrocinemáticas, y el nivel de irritabilidad tisular experimentado por el paciente. A



pesar de los diferentes estudios, no existen recomendaciones o pautas para la cantidad de fuerza que se debe aplicar para cada grado de la movilización articular (47).

Estas situaciones conllevan a generar dificultades en la aplicación de las técnicas y sus respectivos efectos. Lo importante es conocer aspectos básicos que rigen el uso de las técnicas manuales de movilización articular, que generan conocimiento y conceptualización biomecánica y artrocinemática.

La movilización es una técnica donde se trabaja el rango de movimiento de manera pasiva, y es una de las técnicas más antiguas de tratamiento físico. La movilización articular se puede conceptualizar como una técnica que busca mejorar la movilidad articular o disminuir el dolor que se origina en las estructuras articulares mediante el uso de grados seleccionados de movimiento accesorio. (48). Es necesario realizar una diferenciación entre los movimientos fisiológicos tradicionales (estiramiento) y las técnicas de movimiento accesorio (movilización).

*Tabla 17. Comparación entre el estiramiento y la movilización.*

<b>Estiramiento</b>	<b>Movilización</b>
Se usa cuando hay resistencia muscular.	Se usa cuando se encuentra resistencia al ligamento o a la cápsula.
Eficaz solo al final del rango de movimiento fisiológico.	Realizado en cualquier punto del rango de movimiento.
Limitado a una sola dirección.	Se puede hacer en cualquier dirección.
Aumento del dolor con un mayor rango de movimiento.	Disminución del dolor con mayor rango de movimiento.
Utilizado para estructuras musculares contraídas.	Utilizado para estructuras articulares retraídas.
Las técnicas se basan en el uso de palancas.	Se realiza con técnicas de brazo corto.

Fuente: Tomado y adaptado de Quillen, W.S., Halle, J.S., and Rouillier, L.H. (48)

.....

## PRINCIPIOS DE LA MOVILIZACIÓN ARTICULAR

La movilización articular es una técnica utilizada en la terapia manual pasiva y especializada que se aplica a las articulaciones y tejidos blandos, por medio de movimientos fisiológicos o accesorios para fines terapéuticos, con estrategias basadas en la aplicación de los parámetros de la prescripción o dosificación terapéutica.

Dentro de la práctica o uso de las técnicas de movilidad articular se deben reconocer dos tipos de movimiento:

**Movimientos Fisiológicos:** Son movimientos que el paciente puede hacer voluntariamente, como flexión, abducción y rotación (49).

**Movimientos Accesorios:** Son movimientos que no están bajo el control voluntario, como los que realiza el terapeuta a un paciente en una técnica específica (50).

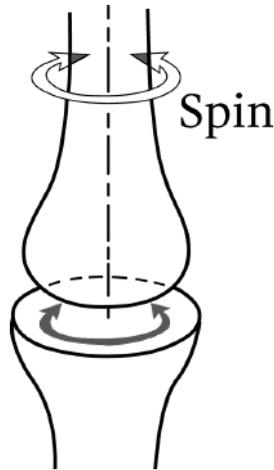
El tipo de movimiento que se da en una articulación, está determinado por la forma de las caras articulares o superficies de la articulación. En este sentido, su estudio es dado por la Artrocinemática, que consiste en el estudio del movimiento intrínseco de la articulación (51), es decir, describe la relación entre los planos articulares, cuando se producen los movimientos de los huesos y las articulaciones (53).

En el estudio de la artrocinemática, se reconocen tres tipos de movimiento de las superficies articulares:

**Rotación o Giro (Spin):** Es la rotación de una superficie articular convexa alrededor de un eje longitudinal sobre una superficie articular cóncava, que describe el comportamiento de las agujas de un reloj sin discriminar la dirección. Este movimiento se da en la rotación interna o externa del hombro.

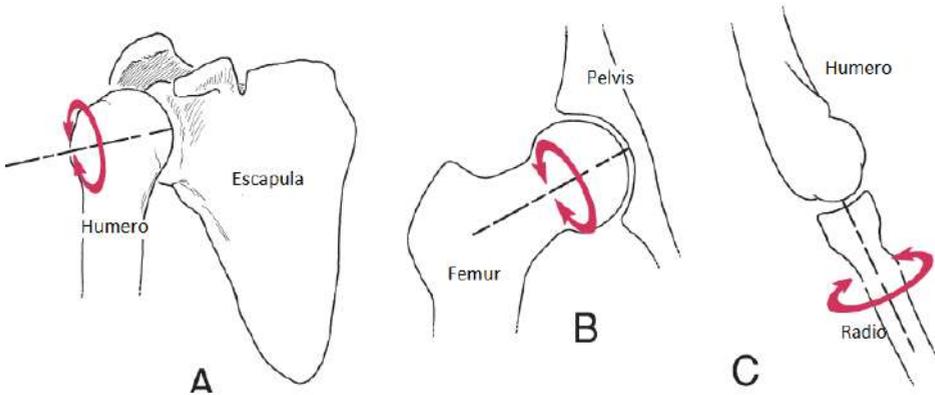


Figura 43. Ejemplo de un movimiento de giro de una articulación. Se destaca el eje longitudinal como referencia del movimiento.



Fuente: tomado y adaptado de Kisner C, Colby L. (58).

Figura 44. Ejemplos de articulaciones que realizan giros en sus movimientos. (A) Articulación Glenohumeral en la flexión / extensión. (B) Articulación Coxofemoral en la flexión / extensión. (C) Articulación Radioulnar en la pronación / supinación.



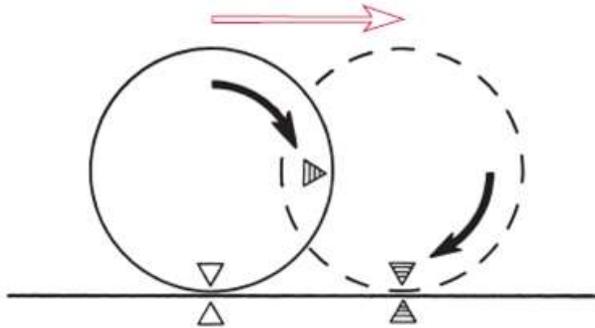
Fuente: tomado y adaptado de Kisner C, Colby L. (58).

- **Rodamiento (Roll):** Es un movimiento que se da en las articulaciones incongruentes (51). En este movimiento sucede que puntos nuevos de contacto de una superficie articular son tomados por puntos

.....

nuevos de contacto de la superficie articular que se mueve (52). Este movimiento se da en las articulaciones de las falanges.

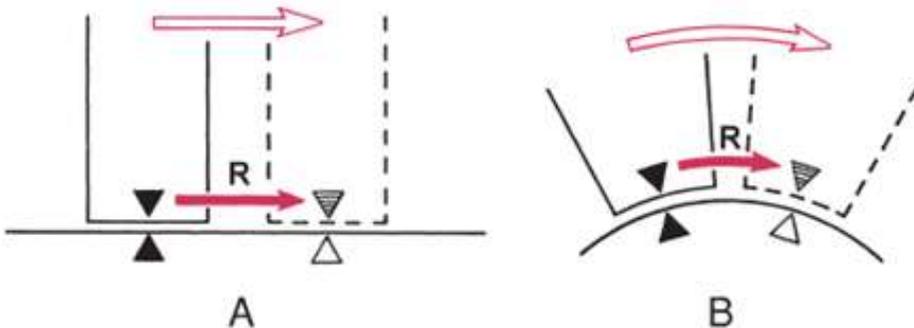
Figura 45. Representación de un rodamiento articular. Los nuevos puntos en una superficie se encuentran con nuevos puntos en la superficie opuesta.



Fuente: tomado y adaptado de Kisner C, Colby L. (58).

**Deslizamiento (Slide):** Es el movimiento más frecuente en las articulaciones planas y se define como un punto de una superficie que contacta con varios puntos de la superficie opuesta (52). El deslizamiento ocurre cuando el mismo punto sobre una superficie cóncava entra en contacto con nuevos puntos sobre una superficie convexa (53).

Figura 46. Representación de una superficie que se desliza sobre otra, ya sea (A) plana o (B) curvada. El mismo punto en una superficie entra en contacto con nuevos puntos en la superficie opuesta.



Fuente: tomado y adaptado de Kisner C, Colby L. (58)

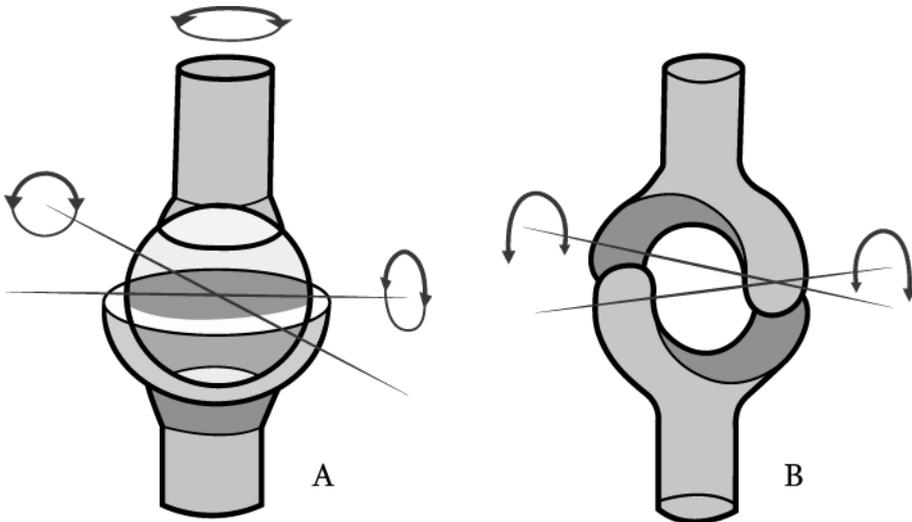


Las superficies articulares se describen como ovoides o sellar (silla de montar):

Las articulaciones *Ovoides*, presentan una superficie cóncava y otra convexa (55).

La articulación Sellar se compone de dos huesos cuyas superficies articulares tienen forma de silla de montar, con una superficie convexa y una cóncava. Esto permite un mayor movimiento en todos los planos. Un ejemplo de esto es la articulación trapecio-metacarpo (pulgares) (56).

Figura 47. (A) Ejemplo de una articulación ovoide (B) ejemplo de una articulación de Silla de Montar o Sellar.



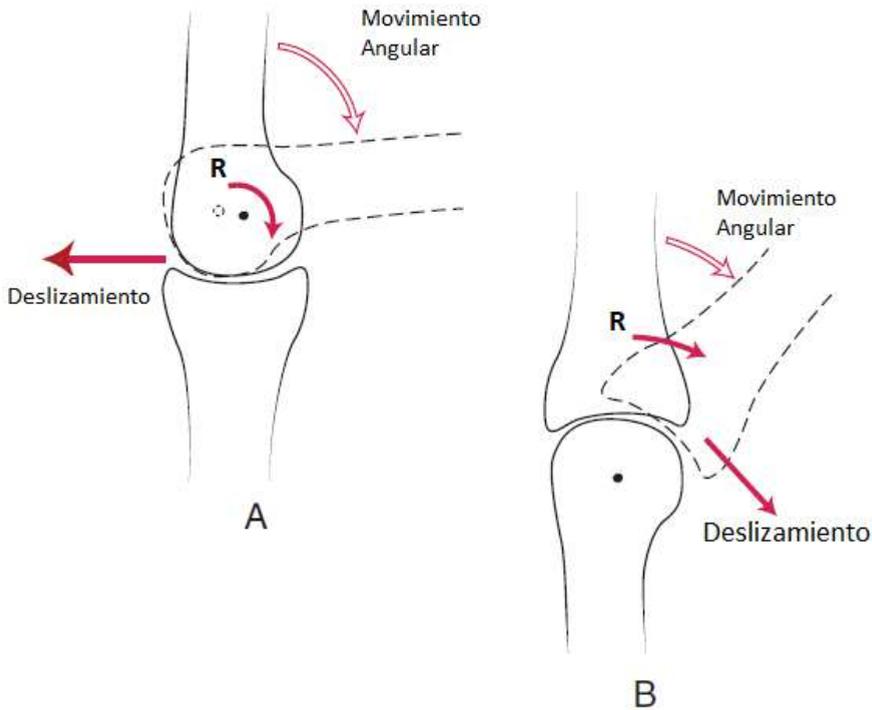
Fuente: Pró E. Anatomía Clínica.

### LEY DE CÓNCAVO/CONVEXO

Por muy planas que parezcan, esta ley establece que las articulaciones tienen una superficie cóncava y otra convexa. Por lo tanto, cuando la carilla articular móvil es convexa, el movimiento del segmento óseo es opuesto al movimiento articular. Sin embargo, cuando la carilla articular móvil es

.....  
cóncava, el movimiento del segmento óseo va en el mismo sentido del movimiento articular (57,58).

Figura 48. Representación de la regla cóncava-convexa. (A) Superficie articular del hueso móvil convexa. (B) Superficie articular del hueso móvil cóncava. (R) Rodamiento



Fuente: tomado y adaptado de Kisner C, Colby L. (58)

## TRACCIÓN Y COMPRESIÓN ARTICULAR

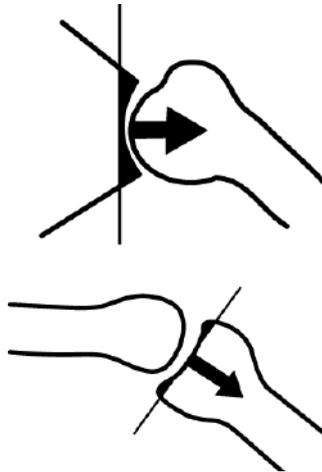
**Compresión:** La compresión es la disminución en el espacio articular entre las estructuras óseas. Normalmente sucede en las extremidades y en las articulaciones espinales que soportan peso. Un aspecto que contribuye a la compresión articular es la contractura muscular, que al aumentar el tono se produce una disminución del espacio entre sus superficies articulares. Esta compresión provoca un desplazamiento del líquido sinovial, haciendo que las superficies articulares se rocen sin ninguna protección, provocando de-



terioro del cartílago articular. Sin embargo, las compresiones intermitentes normales, mantienen la salud del cartílago, provocando el desplazamiento constante del mismo líquido sinovial.

**Tracción:** La tracción es una técnica que implica tirar de un segmento articular para causar separación de las superficies articulares, de esta manera lograr disminuir el dolor articular o favorecer la movilidad de la misma. En la articulación fija se debe trazar un plano imaginario de tratamiento que servirá de referencia para que la fuerza aplicada en la generación de tracción, sea perpendicular a este plano.

*Figura 49. El plano de tratamiento es perpendicular a la fuerza de tracción aplicada.*



Fuente: <https://www.efsioterapia.net/articulos/conceptos-terapia-manual-ortopedica>

### GRADOS DE MOVILIZACIÓN (TÉCNICA MAITLAND):

Un sistema común de movilización articular es la técnica de Maitland, que consiste en movimientos ejercer movimientos articulares pasivos dentro de cuatro grados de movilidad.

**Grado I:** Es un movimiento de amplitud pequeña que se realiza al comienzo del rango de movimiento disponible para la articulación específica que se está tratando.

.....

**Grado II:** Son movimientos de gran amplitud realizados dentro de una parte libre de resistencia del rango disponible. Este grado no llega al rango final.

**Grado III:** Son movimientos de gran amplitud que se realizan hasta el límite del rango de movimiento disponible.

**Grado IV:** Son pequeños movimientos de amplitud realizados en el límite del rango.

Los grados I y II se usan comúnmente para el control del dolor, mientras que los grados III y IV se utilizan para aumentar el rango de movimiento.

Tabla 18. Grados de Movilidad según técnica de Maitland.

Grado	Descripción
I	Movimiento de pequeña amplitud al comienzo del rango de movimiento que se usa cuando el dolor y el espasmo limitan el movimiento temprano en el rango de movimiento.
II	El movimiento de gran amplitud dentro del rango medio de movimiento que se usa cuando aumenta lentamente el dolor, restringe el movimiento a la mitad del rango.
III	Movimiento de gran amplitud hasta el límite patológico del rango de movimiento que se usa cuando el dolor y la resistencia da como resultado, resultado un espasmo, tensión de tejido inerte o compresión de tejido que limitan el movimiento cerca del final del rango.
IV	Movimiento de pequeña amplitud al final del rango de movimiento que se usa cuando la resistencia limita el movimiento en ausencia de dolor y espasmo.
V	Impulso rápido de pequeña amplitud entregado al final del rango de movimiento que generalmente se acompaña de un sonido de estallido llamado cavitación.

Fuente: Tomado y adaptado de Jesse B, Konin J. (47).

La tracción se utiliza en una posición para aumentar la movilidad de la articulación y para separar las superficies de las articulaciones en diversos grados. Kalterborn propuso un sistema que usa la tracción combinada con la movilización como un medio para reducir el dolor o movilizar las



articulaciones hipomóviles. En la tabla 19 se describen las etapas de tracción de Kalterborn, donde se recomienda utilizar 10 segundos de tracción intermitente en la etapa I y en la etapa II, con distracción (separación de las superficies articulares) de las superficies articulares hasta la etapa III, y luego liberar la distracción hasta que la articulación regrese a su posición de reposo. En la etapa III también se puede realizar tracción con deslizamiento para tratar la hipomovilidad articular.

*Tabla 19. Etapas de tracción de Kalterborn.*

Etapa	Descripción
I	Esta es la tracción que neutraliza la presión en la junta sin una separación real de sus superficies. El propósito es aliviar el dolor al reducir la molienda cuando se realizan técnicas de movilización. Esta etapa es análoga en una movilización de primer grado.
II	Esta es la tracción que separa de manera efectiva las superficies de articulación y toma la holgura o elimina el juego en la cápsula articular. El estadio II se usa para aliviar el dolor y es lo mismo que una movilización de grado IV.
III	Esta es la tracción que implica el estiramiento real del tejido blando que rodea la articulación con el fin de aumentar la movilidad en una articulación hipomóvil.

Fuente: Tomado y adaptado de Jessee B, Konin J. (47)

El movimiento accesorio es necesario para que se dé un movimiento fisiológico, de acuerdo a lo anterior, es necesario realizar una evaluación para determinar la causa de la limitación del movimiento. Al evaluar la causa de manera pasiva, se debe determinar si la restricción está en un patrón capsular o no capsular. El patrón capsular se encuentra solo en las articulaciones sinoviales que están controladas por los músculos. Los patrones o restricciones capsulares indican la pérdida de movilidad de toda la capsula articular como resultado de fibrosis, derrame o inflamación. Los patrones capsulares y no capsulares se pueden diferenciar percibiendo la sensación final en los límites del movimiento. Estas sensaciones finales pueden ser fisiológicas o patológicas. (47).

.....

Tabla 20. Sensaciones finales normales y patológicas.

<b>Sensación Final</b>	<b>Descripción</b>
<b>Fisiológica</b>	
<b>Capsular</b>	Firme; obligando al hombro a una rotación externa completa
<b>Ósea</b>	Abrupta; moviendo del codo hacia la extensión completa
<b>Tejido blando</b>	Suave; flexión de rodilla o del codo
<b>Muscular</b>	Elástico; Tensión de los isquiotibiales
<b>Patológica</b>	
<b>Adherencias y cicatrices</b>	Repentino; fuerte detención en una dirección
<b>Espasmos musculares</b>	Rebote; generalmente acompaña el dolor que se siente al final de la restricción
<b>Holgada</b>	Laxitud ligamentosa; una articulación hipermóvil
<b>Pantanoso</b>	Suave, blanda por derrame articular
<b>Alteración interna</b>	Elástico; bloque mecánico como un menisco desgarrado
<b>Vacía</b>	Sin resistencia al movimiento

Fuente: Tomado y adaptado de Jessee B, Konin J. (47).

Las restricciones articulares de los patrones no capsulares se dividen en tres categorías: Adherencia de ligamentos, trastornos internos y limitaciones extrarticulares. (47).



Tabla 21. Restricciones articulares causadas por patrones no capsulares.

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
<b>Adhesiones ligamentosas</b>	Esto ocurre cuando las adherencias se forman alrededor de un ligamento después de una lesión y causan dolor o una restricción en la movilidad. Algunos movimientos serán dolorosos, algunos son ligeramente limitados, y algunos son sin dolor.
<b>Alteración Interna</b>	La restricción en la movilidad articular es el resultado de un fragmento suelto dentro de la articulación. El inicio es repentino, el dolor se localiza y los movimientos que se comprometen con el bloqueo son limitados, mientras que los demás son gratuitos.
<b>Limitación Extrarticulares</b>	La pérdida en la movilidad articular resulta de las adherencias en las estructuras fuera de la articulación. Los movimientos que estresan la adhesión serán limitados y dolorosos.

Fuente: Tomado y adaptado de Jessee B, Konin J. (47).

Al realizar una intervención a una articulación, se puede incluir una serie de tres a seis movilizaciones que duran hasta 30 segundos, con una a tres oscilaciones por segundo. Para lo anterior se deben tener en cuenta los principios generales para aplicar las movilizaciones y para la aplicación de la movilidad articular deben estar presentes las siguientes precauciones:

- Retire joyas y anillos.
- Estar relajado (tanto el atleta como el clínico).
- Siempre examine el lado contralateral.
- Use una posición de empaçado abierto.
- Evita el dolor.
- Realice oscilaciones suaves y regulares.
- Aplica cada técnica por 20-60 segundos.

.....

Repita cada técnica solo 4-5 veces por sesión de tratamiento; es fácil de movilizar.

Movilícese diariamente para el dolor y 2-3 veces por semana para el movimiento restringido.

Siga la movilización con ejercicios activos de rango de movimiento.

## **INDICACIONES**

Las movilizaciones suaves pueden usarse para tratar el dolor y la protección muscular, mientras que las técnicas de estiramiento se usan para tratar el movimiento restringido.

Las articulaciones dolorosas, la musculatura refleja y el espasmo muscular se pueden tratar con técnicas suaves de movilización articular para estimular los efectos neurofisiológicos y mecánicos:

### **DOLOR Y ESPASMO MUSCULAR PROTECTIVOS:**

Las articulaciones dolorosas, la musculatura refleja y el espasmo muscular se pueden tratar con técnicas suaves de movilización articular para estimular los efectos neurofisiológicos y mecánicos.

### **EFFECTOS NEUROFISIOLÓGICOS:**

Los movimientos oscilatorios y de distracción de pequeña amplitud se usan para estimular los mecanorreceptores que pueden inhibir la transmisión de estímulos nociceptivos a nivel de la médula espinal o del tronco encefálico.

### **EFFECTOS MECÁNICOS:**

La distracción de pequeña amplitud o los movimientos de deslizamiento de la articulación se utilizan para provocar el movimiento del líquido sinovial, que es el vehículo para aportar nutrientes a las porciones avasculares del cartílago articular. Las técnicas suaves de juego conjunto ayudan a mantener el intercambio de nutrientes y, por lo tanto, evitan los efectos dolorosos

.....

y degenerativos del estasis cuando una articulación está hinchada o dolorosa y no pueden moverse a través del rango de movimiento.

#### HIPOMOVILIDAD REVERSIBLE:

La hipomovilidad de la articulación reversible se puede tratar con técnicas de estiramiento progresivamente vigorosas de juego articular para alargar el tejido conjuntivo capsular y ligamentoso hipomóvil. Las fuerzas de estiramiento sostenidas u oscilatorias, se usan para distender mecánicamente el tejido acortado.

#### LIMITACIÓN PROGRESIVA:

Las enfermedades que limitan progresivamente el movimiento se pueden tratar con técnicas de movilización articular para mantener el movimiento disponible, o retardar las restricciones mecánicas progresivas. La dosis de distracción o deslizamiento está dictada por la respuesta del paciente al tratamiento, y el estado de la enfermedad.

#### INMOVILIDAD FUNCIONAL:

Cuando un paciente no puede mover funcionalmente una articulación durante un periodo de tiempo, la articulación puede tratarse con técnicas de deslizamiento o distracción para mantener el rango de movimiento disponible y prevenir los efectos degenerativos y restrictivos de la inmovilidad.

⋮



.....

Tabla 22. Precauciones y Contraindicaciones para la Movilización Articular.

Precauciones	Contraindicaciones
	Estrés prematuro de las estructuras quirúrgicas
	Enfermedad vascular
	Hipermovilidad
	Osteoartritis avanzada
	Inflamación aguda
	Signos neurológicos
	Infección
	Deformidades óseas congénitas
	Fracturas
	Osteoporosis
	Malignidad
	Artritis Reumatoide
	Espondilólisis / espondilolistesis
	Enfermedad de Paget
	Tuberculosis
	Insuficiencia de la arteria vertebral
	Inestabilidad de la médula espinal
Dolor inexplicable	
Inicio de nuevos síntomas	
Anquilosis articular	
Espasmo muscular protector	
Escoliosis	
El embarazo	

Fuente: Tomado y adaptado de Jesse B, Konin J. (47).

## 5. FACILITACION NEUROMUSCULAR PROPIOCEPTIVA (FNP)

Los procedimientos neuromusculares de facilitación e inhibición pretenden relajar la tensión en los músculos acortados por reflejo antes o durante el alargamiento muscular, debido a que el uso de técnicas de inhibición o facilitación para ayudar con el alargamiento muscular está asociado a la técnica conocida como Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP), los profesionales de la salud se refieren a estos procedimientos combinados con inhibición, facilitación y alargamiento muscular mediante una serie de términos, como el estiramiento de FNP, la inhibición activa, el estiramiento activo o el estiramiento facilitado (59).

.....

Originalmente, la FNP fue formulada y desarrollada como un procedimiento de rehabilitación a los pacientes en la terapia física. Actualmente, algunas de sus técnicas han sido modificadas y utilizadas para favorecer los procesos de la rehabilitación, incluida la rehabilitación deportiva (60).

La FNP se denominó como la facilitación del movimiento a través de la estimulación aferente del sistema nervioso central. Como técnica de reeducación, se aplica estrés por medio de movimientos en masa acompañado de la excitación central, en lugar de realizarse con movimientos musculares aislados (61).

En un principio, la FNP se describió como una técnica de rehabilitación para pacientes con patologías neuromusculares. Sin embargo, ha evolucionado y ahora tiene la capacidad de ser utilizada en diversas afecciones en los individuos (62).

En el ámbito deportivo, la FNP es una técnica utilizada para facilitar la preparación o precompetencia, para favorecer la disminución de la tensión muscular y favorecer la ganancia de fuerza muscular y la recuperación de los rangos de movimiento en la rehabilitación deportiva.

La FNP es un enfoque del ejercicio terapéutico basado en los principios de la anatomía y neurofisiología funcional humana, utiliza información propioceptiva, cutánea y auditiva para producir mejoras funcionales de la respuesta motora y puede ser un elemento vital en el procesos de rehabilitación de muchas lesiones deportivas (63).

Esta técnica se reconoce entre las principales técnicas para facilitar la flexibilidad musculotendinosa, permitiendo una enseñanza fácil y realizable. Los profesionales de la salud utilizan esta técnica de una manera más frecuente porque permite una producción de estiramiento y favorece la flexibilidad en planos funcionales de movimiento que se asemejan a las actividades diarias de los individuos.

Los mecanismos subyacentes del estiramiento de la FNP se basan en la relajación refleja que sucede durante las maniobras de estiramiento como resultado de la inhibición autogénica o recíproca. La inhibición promueve una disminución de la tensión de las fibras musculares, provocando que la resistencia al alargamiento muscular disminuya (59). El principio de inhi-

⋮



bición reciproca de Sherrington demuestra la relajación del musculo estirado (agonista) a través de la contracción voluntaria concéntrica del musculo opuesto (antagonista) (64).

Los patrones utilizados en la técnica de FNP se pueden realizar en un solo plano como la flexo-extensión, o en patrones rotacionales y diagonales que incorporan múltiples planos y patrones sinérgicos.

## PATRONES DIAGONALES DE MIEMBRO SUPERIOR

Tabla 23. Patrones para la técnica de FNP en Miembros Superiores.

MIEMBRO SUPERIOR				
	Diagonal 1		Diagonal 2	
Extremidad	Flexión	Extensión	Flexión	Extensión
<b>Escapula</b>	Elevación	Depresión	Elevación	Depresión
<b>Hombro</b>	Flexión	Extensión	Flexión	Extensión
	Aducción	Abducción	Abducción	Aducción
	Rotación Externa	Rotación Interna	Rotación Externa	Rotación Interna
<b>Codo</b>	Flexión	Extensión	Flexión	Extensión
<b>Antebrazo</b>	Supinación	Pronación	Supinación	Pronación
<b>Muñeca</b>	Desviación Radial	Desviación Ulnar	Desviación Radial	Desviación Ulnar
<b>Dedos</b>	Flexión	Extensión	Extensión	Flexión

Fuente: Tomado y adaptado de Jesse B, Konin J. (47)

Posición inicial Patrón D1 de flexión en miembro superior. El fisioterapeuta posiciona la extremidad superior con el hombro en extensión, abducción y rotación interna; el codo en extensión, el antebrazo en pronación, la muñeca y los dedos en extensión a unos 15 centímetros de la cadera.

El contacto manual se establece con los dedos índice y medio de la mano derecha en la palma de la mano del paciente y la mano izquierda en la cara medial del tercio proximal del antebrazo del paciente. Se le indica al paciente que doble los dedos, doble la mano y lleve la palma hacia arriba. Luego se le indica que doble levemente el codo y gire el antebrazo y que lleve el



brazo por encima de la cabeza a través de la cara. Se debe realizar resistencia durante todo el transcurso del patrón. Para la posición final, se completa el patrón con el brazo sobre la cara con el hombro en flexión, aducción y rotación externa, flexión parcial del codo; supinación del antebrazo y flexión de muñeca y dedos.

*Figura 50. Patrón D1 de Flexión en miembro superior.*



Fuente: Elaboración propia.

.....

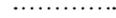
Posición inicial Patrón D1 de extensión en miembro superior. Se parte de la posición final del patrón D1 de flexión. El fisioterapeuta sujeta la superficie dorsal de la mano y los dedos del paciente con la mano derecha. La mano izquierda la pone sobre la cara posterior del tercio distal del brazo del paciente. Se le instruye al paciente verbalmente que abra la mano y lleve el brazo hacia abajo y afuera. Al terminar el patrón, el hombro estará en extensión, abducción y rotación interna; el codo estará en extensión, el antebrazo en pronación y en extensión la muñeca y los dedos.

*Figura 51. Patrón D1 de Extensión en miembro superior*



Fuente: Elaboración Propia.

Posición inicial Patrón D2 de flexión en miembro superior. El fisioterapeuta posiciona la extremidad del paciente con el hombro en extensión, aduc-



ción y rotación interna, el codo en extensión, el antebrazo en pronación y flexión de muñeca y dedos. El antebrazo debe estar sobre el ombligo. El fisioterapeuta sujeta el dorso de la mano del paciente con la mano izquierda, sostiene la cara medial del antebrazo a la altura del codo con la mano derecha. Se le indica al paciente que abra su mano y lleve el brazo hacia arriba y hacia fuera, debe estirar el dedo pulgar apuntando hacia el piso. La posición final del patrón está con el hombro en flexión, abducción y rotación interna, el codo en extensión, el antebrazo en supinación y extensión de la muñeca y los dedos.

*Figura 52. Patrón D2 de Flexión en miembro superior.*



Fuente: Elaboración Propia.





.....

Posición inicial Patrón D2 de extensión en miembro superior. Este patrón inicia en la posición final descrita anteriormente. Para iniciar el patrón, el fisioterapeuta sujeta la palma del paciente con la mano derecha, y con la mano izquierda sujeta el antebrazo a la altura de la cara medial del codo. Se le indica al paciente que doble los dedos y lleve todo el brazo hacia abajo cruzando el pecho. El patrón termina con el hombro en extensión, aducción y la rotación interna, el codo en extensión, el antebrazo en pronación y en flexión de la muñeca y los dedos. El antebrazo debe cruzar el ombligo.

*Figura 53. Patrón D2 de Extensión en miembro superior.*



Fuente: Elaboración Propia.



## PATRONES DIAGONALES DE MIEMBRO INFERIOR

Tabla 24. Patrones para la técnica de FNP en Miembros Inferiores.

<b>Miembro Inferior</b>				
<b>Diagonal 1</b>			<b>Diagonal 2</b>	
<b>Extremidad</b>	<b>Flexión</b>	<b>Extensión</b>	<b>Flexión</b>	<b>Extensión</b>
<b>Pelvis</b>	Elevación	Depresión	Elevación	Depresión
<b>Cadera</b>	Flexión	Extensión	Flexión	Extensión
	Aducción	Abducción	Abducción	Aducción
	Rotación Externa	Rotación Interna	Rotación Interna	Rotación Externa
<b>Rodilla</b>	Flexión	Extensión	Flexión	Extensión
<b>Tobillo</b>	Dorsiflexión	Flexión Plantar	Dorsiflexión	Flexión Plantar
<b>Pie</b>	Inversión	Eversión	Eversión	Inversión
<b>Dedos</b>	Extensión	Flexión	Extensión	Flexión

Fuente: Tomado y adaptado de Jessee B, Konin J. Range of motion and flexibility. Andrews J, Harrelson G, Wilk K. En: Physical Rehabilitation of the Injured Athlete (47)

Posición inicial Patrón D1 de flexión en miembro inferior. El fisioterapeuta posiciona la extremidad inferior con la cadera en extensión, abducción y rotación interna, la rodilla en extensión, flexión plantar y eversión de tobillo, y flexión de los dedos. El fisioterapeuta posiciona su mano derecha sobre la superficie dorsal y medial del pie y los dedos. La mano izquierda la posiciona en la cara antero-medial del muslo, cercana a la rodilla. Se le indica al paciente que lleve hacia arriba y adentro los dedos y los pies y doble la rodilla. El patrón finaliza con la cadera en flexión, aducción y rotación externa, la rodilla en extensión, el tobillo en dorsiflexión e inversión, y en extensión los dedos y el tobillo. La cadera se debe aducir a través de la línea media del cuerpo.

.....

Figura 54. Patrón D1 de Flexión en miembro inferior.



Fuente: Elaboración Propia.

Posición inicial Patrón D1 de extensión en miembro superior. Este patrón inicia en la posición final descrita anteriormente. El fisioterapeuta pone la mano derecha en la cara plantar y lateral del pie en la base de los dedos del paciente. La mano izquierda se ubica sobre la cara posterior de la rodilla en la fosa poplítea. Una vez posicionado los contactos manuales, el comando verbal instruye al paciente diciéndole que “doble los dedos y empuje el miembro inferior hacia abajo y hacia afuera. El patrón termina con la cadera en la extensión, abducción y rotación interna; la rodilla en extensión, el tobillo en flexión plantar y eversión, y flexión de los dedos.



.....

*Figura 55. Patrón D1 de Extensión en miembro inferior.*



Fuente: Elaboración Propia.

Posición inicial Patrón D2 de flexión en miembro inferior. El fisioterapeuta posiciona la extremidad inferior con la cadera en extensión, aducción y rotación externa; la rodilla en extensión, el tobillo en flexión plantar e inversión, y los dedos en flexión. La mano derecha del fisioterapeuta se ubica a lo largo de la superficie dorsal y lateral del pie, mientras que la mano izquierda se sitúa en la cara anterolateral del muslo, próxima a la rodilla. Se le pide al paciente que lleve los dedos y el pie hacia arriba y hacia afuera levantando la pierna. La posición final del patrón comprende la cadera en flexión, abducción, y rotación interna, la rodilla en flexión, el tobillo en dorsiflexión y eversión, y los dedos del pie en extensión.



.....

Figura 56. Patrón D2 de Flexión en miembro inferior.



Fuente: Elaboración Propia.

Posición inicial Patrón D2 de extensión en miembro inferior . Este patrón inicia en la posición final descrita anteriormente. El fisioterapeuta posiciona su mano derecha sobre la superficie plantar y medial del pie en la base de los dedos del pie del paciente, y su mano izquierda en la cara posteromedial del muslo, proximal a la rodilla. Se le indica al paciente que lleve los dedos del pie hacia abajo y que empuje la pierna hacia abajo y adentro. Este patrón diagonal termina con la cadera en extensión, aducción y rotación externa, la rodilla en extensión, el tobillo en flexión plantar e inversión, y los dedos flexionados.



Figura 57. Patrón D2 de Extensión en miembro inferior.



Fuente: Elaboración Propia.

La ganancia del rango de movimiento por medio de la aplicación de la técnica de FNP, es el resultado de mecanismos más complejos de procesamiento sensoriomotor, probablemente combinados con la adaptación viscoelástica de la unidad miotendinosa y los cambios en la tolerancia del paciente a la maniobra de estiramiento. Adicionalmente, la ganancia del rango de movimiento se debe, en mayor medida, al uso de la técnica de FNP, por encima de las técnicas de estiramiento estáticas.



.....

## PRINCIPIOS BÁSICOS

Los principios de la FNP tienen bases en la neurofisiológicas, en componentes cinesiológicos y en la experiencia clínica. Los siguientes principios aplicados en las técnicas, permiten generar una respuesta adecuada en el individuo que se interviene (65).

**Contactos Manuales:** Los contactos manuales deben estar sobre los grupos musculares agonistas o sus inserciones, con el fin de permitir al fisioterapeuta aplicar resistencia a los grupos musculares e indicar al paciente la dirección del movimiento.

**Resistencia:** La resistencia aplicada durante las contracciones musculares concéntricas, deben permitir al paciente moverse sin problemas y sin dolor a través de todo el rango de movimiento. Debe ajustarse en el recorrido del patrón.

**Posicionamiento del Fisioterapeuta:** Debe estar alineado a lo largo de los planos de movimientos diagonales con el tronco y los hombros. La resistencia se aplica por medio del tronco o el peso corporal y no solo con las extremidades superiores. Se debe acompañar de una amplia base de sustentación que le permita moverse con el paciente.

**Tiempo:** La secuencia de las contracciones musculares coordinadas de distal a proximal durante los patrones de movimiento. Los movimientos del componente distal deben completarse a la mitad del patrón. La secuencia adecuada de los movimientos promueve el control neuromuscular y el movimiento coordinado.

**Tracción:** La tracción ligera produce una separación mínima de las superficies articulares para inhibir el dolor y facilitar el movimiento durante la ejecución de los patrones de movimiento. Esta tracción se aplica con mayor frecuencia durante los patrones de flexión.

**Aproximación:** La compresión leve de las superficies de las articulaciones mediante aproximación manual estimula la co-contracción de los agonistas y antagonistas para mejorar la estabilidad dinámica y el control postural a través de mecanorreceptores articulares.

.....

**Comandos verbales:** Las instrucciones verbales generan estímulos auditivos que permiten un mejor diagrama de aprendizaje en el paciente. El tono y el volumen de los comandos verbales son variados para ayudar a mantener la atención del paciente. Un comando verbal agudo se da simultáneamente con la aplicación del reflejo de estiramiento para sincronizar la respuesta motora fásica.

## TÉCNICAS DE LA FNP

En las diferentes técnicas que se aplica la ejecución de la FNP, el fisioterapeuta selecciona las metodologías indicadas para provocar la respuesta deseada, con el propósito de cumplir los objetivos propuestos en el plan de intervención (66).

**Iniciación Rítmica:** Se usa para promover la habilidad de iniciar un patrón de movimiento. Ayuda al paciente a comprender la velocidad a la que se debe realizar el movimiento.

**Contracciones Repetidas:** las contracciones repetidas, se aplican en cualquier momento del rango de movimiento para fortalecer un componente agonista débil de un patrón diagonal.

**Reversión de Antagonistas:** Las reversiones rápidas están incluidas en muchas actividades funcionales. La reversión de antagonistas implica la estimulación de n patrón agonista débil al resistir las contracciones estáticas o dinámicas del patrón antagonista. Hay dos categorías de técnicas de reversión que se pueden aplicar para fortalecer los grupos de músculos débiles.

**Inversión lenta:** Esta técnica implica la contracción concéntrica dinámica de un patrón agonista más fuerte inmediatamente seguido por la contracción concéntrica dinámica del patrón agonista más débil. No hay relajación voluntaria entre los patrones, permitiendo una acción recíproca y rápida de agonistas y antagonistas.

**Inversión Lenta Sostenida:** Incluye una contracción isométrica al final del rango de movimiento para mejorar la capacidad de retención de un musculo debilitado. No se aplica periodo de relajación, revirtiendo inmediatamente la dirección del movimiento por medio de una contracción dinámica de los grupos musculares ago-

⋮

.....

nistas, seguida rápidamente por la contracción isométrica de esos mismos músculos.

**Estabilización Rítmica:** Se usa como una progresión de isométricos alternados y está diseñada para promover la estabilidad a través de la co-contracción de los músculos estabilizadores proximales del tronco, así como de las regiones del hombro y la cintura pélvica. Se realiza en posiciones de soporte de peso para incorporar una aproximación conjunta en el procedimiento, lo que facilita la co-contracción. El fisioterapeuta aplica resistencia multidireccional, en lugar de unidireccional, ubicando contactos manuales en lados opuestos del cuerpo y aplicando resistencia simultánea en direcciones opuestas mientras el paciente mantiene la posición seleccionada.

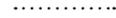
## 6. CORE

La última década ha sido marcada por revolucionarias estrategias de entrenamiento, adicionalmente, ha tomado gran importancia la estabilidad del núcleo central en lo que compete la medicina deportiva.

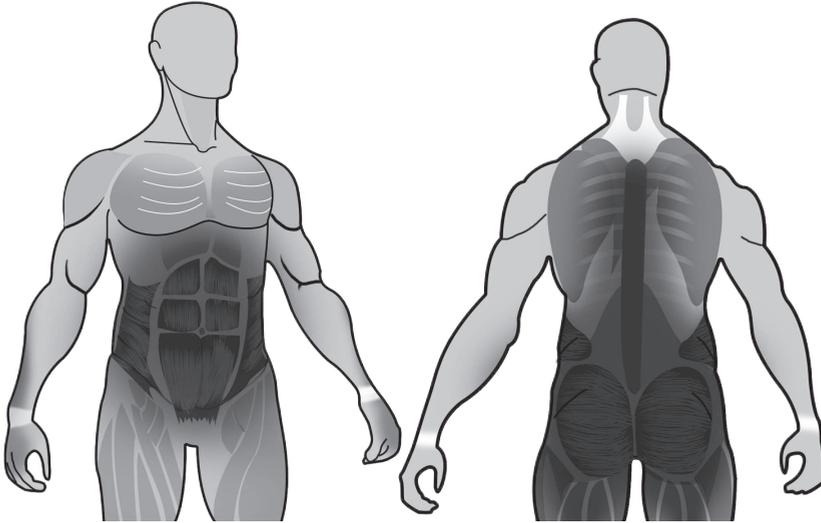
El 'Core' es un concepto funcional, utilizado para referirse a las estructuras musculares y osteoarticulares de la parte central del cuerpo (Figura N°21), sobre todo, de la columna dorso-lumbar, la pelvis y las articulaciones coxofemorales (67).

El concepto ha evolucionado como respaldo a los numerosos estudios que se han realizado, donde sus resultados van desde una conceptualización a partir de sus hallazgos, hasta un planteamiento numeroso de actividades para su entrenamiento y la rehabilitación de diferentes lesiones tanto deportivas como convencionales, derivadas del envejecimiento, desacondicionamiento o alteraciones posturales.

Es manejado con mayor frecuencia en el ámbito deportivo, estableciendo que las estructuras mencionadas tienen una participación conjunta en el mantenimiento de la estabilidad del tronco y en la generación y transferencia de fuerza desde la zona central del cuerpo hacia las extremidades, durante las diferentes actividades que involucran correr, lanzar o golpear, (67,68), convirtiéndose en el eje central de las cadenas cinéticas que interaccionan en las acciones mencionadas (69).



*Figura 58. Elementos musculares de la zona central.*



Fuente: elaboración propia.

Actualmente, el Core Stability, o Estabilidad de la Zona Central, se aplica en el fitness, en el entrenamiento y en la rehabilitación deportiva, como estrategia clave en la prevención y tratamiento de los dolores lumbares (70), lesiones en miembros inferiores y superiores, y como complemento en los planes de intervención de las diferentes lesiones deportivas.

El desarrollo muscular central es importante en muchas actividades funcionales y atléticas, debido al reclutamiento muscular de esa zona. Se mejora la estabilidad de la zona central y ayuda a proporcionar estabilidad proximal para facilitar la movilidad distal (71).

El sistema de Core Stability se da cuando tanto los músculos centrales más pequeños y más profundos como los músculos centrales más grandes y superficiales deben contraerse en secuencia con el tiempo y la tensión apropiada (72).

Las regiones lumbar, pelviana y abdominal, constituyen el área donde la coordinación muscular se ve comprometida frecuentemente debido a una pérdida de la cooperación entre los llamados músculos locales y globales (73).

.....

**Músculos Centrales o estabilizadores locales:** son músculos profundos, monoarticulares y mantienen la estabilidad de las articulaciones en todas las amplitudes del movimiento. Como estrategia intrínseca, la rigidez muscular permite controlar el movimiento excesivo en posiciones neutras donde el soporte capsular y ligamentoso es mínimo. Un ejemplo de este tipo de músculo son los multifidos, que aumentan su actividad contráctil antes de que se inicie el movimiento para brindar protección y sostén (74).

**Músculos Globales o estabilizadores globales:** También son llamados cuerdas de barco, debido a que son como cuerdas que sostienen el mástil de una embarcación. Los músculos globales también son monoarticulares y más superficiales que los locales, no presentan inserciones segmentarias vertebrales y se insertan en el tórax y en la pelvis. Generan fuerza y controlan la amplitud de la orientación motora en relación al torque. Su desbalance reduce el control del movimiento transversal del abdomen) (74).

Los pacientes con dolor lumbar y de la parte baja de la cintura indican la aparición frecuente de signos de incoordinación y desacondicionamiento de los músculos centrales y globales (75), así como signos de posible aumento de la rigidez de los isquiotibiales (76). Este aumento de la rigidez es el resultado del control comprometido de la articulación sacroiliaca. Debido a la conexión continua entre el bíceps femoral y el ligamento sacrotuberoso, el aumento de la rigidez de los tendones de los isquiotibiales puede constituir una compensación para el control inapropiado de la articulación sacroiliaca (77).

Una estabilidad adecuada de la zona central del cuerpo permite mantener la relación normal de longitud-tensión entre los músculos agonistas y antagonistas funcionales, eso favorece las relaciones normales entre los pares de fuerza en el complejo lumbopélvico y ayuda a mantener una relación óptima de longitud-tensión, entre pares de fuerza artrocinemática durante los movimientos funcionales en cadena cinética. Lo anterior permite una eficacia neuromuscular en toda la cadena cinética, garantizando aceleración, desaceleración y estabilización dinámica en toda la cadena cinética durante los movimientos funcionales. De igual manera, aporta estabilidad proximal para la eficacia de los movimientos de las extremidades inferiores.



Para proponer un programa de entrenamiento de estabilidad de la zona central, el fisioterapeuta debe conocer la anatomía estabilizadora y funcional.

*Tabla 25. Músculos de la Zona Central.*

<b>Zona/Grupos Musculares</b>	<b>Músculos</b>	<b>Acción (es)</b>
<b>Columna Lumbar</b>	Erector de la columna	Estabilidad intersegmental Extensor de columna
	Cuadrado Lumbar	Estabilizador del plano frontal
	Dorsal Ancho	Estabilizador dinámico
<b>Músculos Abdominales</b>	Recto Abdominal	Flexor de tronco
	Oblicuo externo	Flexor lateral el tronco Rotador contralateral del tronco
	Oblicuo Interno	Flexor lateral del tronco Rotador ipsilateral del tronco
	Transverso del Abdomen	Control de la presión intrabdominal Estabilizador dinámico
<b>Músculos de la cadera</b>	Glúteo Máximo	Extensor de cadera Rotador externa de cadera Estabilizador articular
	Glúteo Medio	Estabilizador del plano frontal Rotador externo de cadera Abductor de cadera
	Psoas Mayor	Flexor de cadera Extensor de tronco

Fuente: Hewett T, Zazulak B. (79).

.....

## **EL CORE STABILITY EN LA MEDICINA DEPORTIVA**

Actualmente se fortalece la idea de tener en cuenta el concepto de estabilidad de la zona central, teniendo en cuenta los argumentos mencionados anteriormente, los profesionales de la salud y, en gran medida, los profesionales vinculados en el entorno deportivo, han tomado conciencia sobre la importancia de mantener un balance adecuado de la zona central del cuerpo frente a la mecánica y el rendimiento de las extremidades tanto inferiores como superiores.

El entendimiento anatómico y biomecánico permiten comprender la relación de los componentes de la zona central, en donde la región lumbar, pélvica y la cadera trabajan de manera colectiva para garantizar movilidad y estabilidad en el tronco durante las diferentes actividades que realiza el individuo, permitiendo un rendimiento eficiente en cuanto a la relación longitud-tensión para desencadenar la realización del movimiento en las extremidades y a su vez, mantener el centro de gravedad dentro del área de soporte o base de sustentación.

El trabajo diferenciado en los entrenamientos basado en las necesidades tanto individuales, colectivas como propias del deporte, conllevan a un desequilibrio estructural, muscular y de control motor, generando cambios posturales que provocan en el deportista adaptaciones y compensaciones que sobrecargan diferentes estructuras. Eso que contribuye al aumento del riesgo de lesiones deportivas. Por ejemplo, la debilidad de los músculos abdominales conlleva a un acortamiento de la musculatura lumbar, aumentando la lordosis, lo que a su vez provoca una basculación pélvica anterior, produciendo el acortamiento de los músculos psoas iliaco y recto femoral, aumentando la extensión de rodilla y la aparición del recurvatum. Este desbalance muscular influye negativamente en la técnica del deportista que requiere realizar recorridos cortos para la ejecución de un gesto como los saltadores largos o altos.

Este y muchos casos se pueden presentar debido a un trabajo altamente diferenciado y no de manera holística. El entrenamiento o preparación funcional permite la participación de todos los componentes cardiopulmonares, neuromusculares y musculoesquelético, favoreciendo el control motor.

El entrenamiento de la zona central ha permitido contar con diferentes herramientas para facilitar su activación, entre las que se encuentran las riatas

.....

del TRX, las Fitball, los banquillos, entre otros. Sin embargo, cada plan de trabajo debe contemplar una serie de requisitos que contribuirán al cumplimiento de los objetivos planteados:

- a) Se debe realizar capacitación sistemática e ir alcanzando en cada fase los objetivos específicos (79).
- b) El entrenamiento debe ser progresivo, lo que incluye avance en las posturas y movimientos, desde un plano recto a inclinados o declinados, de contracciones isométricas a isotónicas, de movimientos lentos a rápidos, de acciones no resistidas a resistidas, de posiciones decúbitas a bípedas (79).
- c) El programa debe ser funcional. Si inicialmente las acciones obedecen a movimientos aislados, debe irse integrando hacia la ganancia de un trabajo funcional. (79).

## PROGRESIÓN DE LOS EJERCICIOS

Inicialmente, el entrenamiento de la estabilidad en la zona central debe enfocarse en el mejoramiento de la fuerza y la resistencia de los músculos. Se puede iniciar con ejercicios que requieran contracciones isométricas, instruyendo la necesidad de ejercer control de la postura. El paciente puede realizar un ejercicio que consiste en sostener una contracción isométrica del transversal del abdomen, manejando un patrón respiratorio normal.

El avance de los ejercicios implica una realización correcta de estas actividades por parte del paciente. La progresión incluye la participación de los miembros inferiores o superiores con deslizamientos sobre plataforma lisa y manteniendo la postura en la zona central en decúbito prono. Un indicador de la adecuada ejecución del movimiento por parte del paciente, es el mantenimiento de la curvatura lumbar. Si el paciente no logra mantenerla, la resistencia o carga aplicada debe disminuir.

La resistencia puede ser impuesta de manera progresiva con lo que aumentará la fuerza requerida para la ejecución del movimiento y simultáneamente, se debe aumentar la duración de los ejercicios mejorando así la resistencia muscular.

⋮

.....

El lanzamiento del balón medicinal con dirección vertical u horizontal, son algunos de los ejercicios que se pueden aplicar en estas fases de progresión.

A continuación se relacionan una serie de ejercicios de Estabilidad del Núcleo Central, basados en la plancha. La posición puede variarse de acuerdo a la progresión del ejercicio y del individuo. La intensidad se establece con el tiempo que puede tolerarse en la posición. Inicialmente, el entrenamiento del Núcleo Central puede establecer tiempos de 15 a 20 segundos.

*Figura 59. Plancha básica inicial. La base de sustentación comprendida por los puntos de apoyo de las palmas de las manos y las puntas de los pies, se puede ampliar por medio de la separación de estos últimos, promoviendo mayor estabilidad al individuo.*



Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 60. Progresión de la Plancha básica inicial. La disminución de los puntos de apoyo exige mayor control de la postura.*





Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 61. Otro tipo de plancha con progresión en la exigencia del tronco para mantener la postura.*



Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 62. Progresión de la Plancha básica inicial. La disminución de los puntos de apoyo exige mayor control de la postura.*



Fuente: Elaboración Propia.



.....

Figura 63. Progresión de la Plancha con apoyo cruzado.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 64. Trabajo dinámico hacia los oblicuos. El individuo realizara movimientos de miembros inferiores en Abd y Add de cadera. Podrá realizarse simultanea o alternado.



Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 65. Plancha lateral. Se incorpora movimiento de miembro superior para reforzar el trabajo funcional de oblicuos.*



Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 66. Progresión de la plancha.*



Fuente: Elaboración Propia.

.....

## 7. PROPIOCEPCIÓN

El movimiento corporal es un componente esencial para el desarrollo funcional humano, que repercute en las actividades diarias y en la relación con el entorno y medio ambiente. Estas acciones corporales requieren de precisión y coordinación para que se dé un movimiento efectivo.

A través del tiempo se ha generado cambios en la comprensión de los conceptos que envuelven el conocimiento de los elementos que permiten tener una mayor apropiación de la propiocepción y entender su papel en el movimiento corporal humano, por medio del reconocimiento de la información sensorial.

La propiocepción es un componente que integra el control motor y el proceso de coordinación, en el que la función de los diferentes mecanorreceptores, nociceptores y aferentes musculares brindan información de entrada y se traduce en la programación motora necesaria en la percepción de movimiento, fuerza y posición articular (80). La propiocepción es un elemento necesario para la realización de cualquier tarea, ya que genera una producción de movimientos coordinados y facilita el aprendizaje motor, el reaprendizaje y la efectividad en la ejecución de cualquier movimiento (81).

La propiocepción es la capacidad del cuerpo de percibir el movimiento y la posición de los segmentos corporales y su relación cuando se encuentran fuera del ángulo de visión (82). Esta función es muy importante para el establecimiento y mantenimiento de la estabilidad funcional de las articulaciones, los segmentos corporales y para el cuerpo en su conjunto funcional. La función propioceptiva es manejada por la sensación de tensión, el sentido de posición articular y la cinestesia, o percepción del movimiento. (83).

La base fundamental de la conexión entre el cerebro y las extremidades se identificó en el año 1826 por el fisiólogo escocés Charles Bell; Bell manifestó que “entre el cerebro y los músculos hay un circuito de nervios; un nervio (raíces ventrales), transmite la influencia del cerebro al músculo, otro da la sensación de la condición del músculo al cerebro” (84).

Más tarde, hacia 1886, Henry Bastian, anatomista y fisiólogo, introdujo el término “kinaesthesia”, palabra compuesta por dos palabras griegas: “Ki-

.....

nein”, que se refiere a *movimiento* y “Aisthesis” que se refiere a *sensación*, así pues se ha establecido que dicho término hace referencia a una sensación derivada por el movimiento: “Quinestésica mediante este complejo de impresión sensorial, nos familiarizamos con la posición y los movimientos de nuestras extremidades, por medio de este, el cerebro también obtiene mucha guía inconsciente en la ejecución del movimiento en general”. (85).

Hacia 1906, Sir Charles Sherrington, neurofisiólogo inglés, a partir de la palabra “proprius”, que proviene de las palabras propio y percepción, acuñó el término “propiocepción” para explicar la información sensorial derivada de los receptores que se encuentran en las articulaciones, músculos y tendones, lo que permite que un individuo reconozca la ubicación de las extremidades del cuerpo en cualquier momento. Sir Charles se refirió a la propiocepción como “la percepción del movimiento articular y corporal, así como la posición del cuerpo, o segmentos corporales, en el espacio” (86).

Actualmente, el concepto de propiocepción y cinestesia se continúa utilizando en las diferentes literaturas. Sin embargo, los diferentes profesionales que están involucrados en el estudio del ejercicio y la rehabilitación deportiva han optado por discriminar los términos. Para algunos especialistas, la propiocepción es el sentido único de la posición articular y la cinestesia es la conciencia del movimiento articular (87,88).

La posición articular y el movimiento se consideran dos conceptos sensoriales diferentes, pero cualquier movimiento se acompaña de información recibida con respecto a la posición y al sentido del movimiento. Según esto, la sensación de movimiento de la articulación y la posición articular se asocian recíprocamente en las actividades diarias, por ello se puede concluir, que tanto el uso del término propiocepción como cinestesia, pueden ser usados como sinónimos (86).

La propiocepción es el producto de la información sensorial suministrada por los mecanorreceptores que convierten los estímulos mecánicos en potenciales de acción para su transmisión al Sistema Nervioso Central (89). Estos mecanorreceptores se encuentran ubicados en los músculos, articulaciones, tendones, ligamentos y fascias. Dentro de la piel se encuentran también receptores que pueden contribuir a la información propioceptiva.

⋮



Tabla 26. Mecanorreceptores del cuerpo.

Mecanorreceptor	Tipo	Estimulo
Unidad miotendinosa	Huso muscular	Longitud del musculo La velocidad del cambio de longitud
	Órgano Tendinoso de Golgi	Tensión muscular activa
Articulación	Ruffini Paccini Mazzoni Golgi	Carga de tensión alta y baja Cargas de compresión en todo el Rango de Movimiento
Fascia	Ruffini Paccini	Cargas de alta y baja tensión durante el movimiento articular
Piel	Receptor del folículo capilar Ruffini Paccini Merkel Meissner	Deformación superficial del tejido Estiramiento o compresión durante el movimiento articular

Fuente: tomado de Roijezon U, Clark N, Treleaven J. (90)

La distribución de los nervios articulares aferentes en las articulaciones sinoviales consiste en fibras mielinizadas medianas y grandes que inervan los pequeños órganos terminales o mecanorreceptores en todo el tejido articular. Estos nervios representan el 55% de la cantidad total de nervios articulares, y el 45% restante consiste en pequeñas fibras amielínicas que transmiten nocicepción o sensación de dolor (91).

### CARACTERÍSTICAS DE LOS MECANORRECEPTORES

**Ruffini:** están ubicados en las capas superficiales de la capsula articular. Son de adaptación lenta y de bajo umbral. Responden al estrés mecánico cambiante, mantienen un estado activo debido al constan-

te cambio y gradiente de presión en la capsula articular. Se pueden deformar con movimientos fisiológicos debido a su ubicación en la porción superficial de la capsula articular. Los receptores de Ruffini se encuentran más densamente distribuidos en las articulaciones proximales de la cadera y no son tan frecuentes en las articulaciones distales del tobillo. Este tipo de receptores también se encuentran en los ligamentos meniscofemoral, ligamentos cruzados y colaterales de rodilla (91, 92).

**Pacini:** Se encuentran ubicados en las capas profundas de la capsula articular, en los ligamentos meniscofemoral, cruzado y colaterales de la rodilla. También se encuentran ubicados en las almohadillas grasas intraarticulares y extrarticulares de todas las articulaciones sinoviales. Son más frecuentes en las articulaciones distales, como el tobillo y están menos densamente distribuidos en las articulaciones proximales como la cadera. Funcionan como receptores de bajo umbral que se adaptan rápidamente y responden a la aceleración, desaceleración y movimiento pasivo de la articulación, pero permanecen inactivos durante la inactividad y el movimiento de la articulación a velocidad constante (91).

**Terminaciones Nerviosas Libres:** su función es la de receptor de dolor o sistema nociceptivo en las articulaciones sinoviales. Se encuentran a lo largo de las articulaciones de las extremidades en la capsula fibrosa y el periostio adyacente y en las almohadillas de grasa articular y son el tipo de receptor más frecuente en los meniscos de la rodilla (91).

## FISIOLOGÍA PROPIOCEPTIVA

Por medio de la medula espinal, el tallo cerebral y los centros corticales superiores se lleva a cabo el transcurso de la información propioceptiva, complementando este proceso los núcleos cerebrales subcorticales y el cerebelo (93). La información de la propiocepción consciente se transmite por medio de las vías ascendentes hacia la medula y el tálamo; mientras que la información de la propiocepción inconsciente se transmite a través del núcleo espinal al cerebelo (90).

El Sistema Nervioso Central requiere de un esquema corporal actualizado de las propiedades biomecánicas y espaciales de las partes del cuerpo,

.....

que son proporcionadas por los mecanorreceptores; todo esto para poder planificar adecuadamente las respuestas motoras (94). En este sentido, la propiocepción se vuelve importante para comparar entre el movimiento real y el deseado; la importancia en esta afirmación se da porque ofrece un beneficio sustancial en el aprendizaje motor mediante el control de la realimentación, el control de avance y la regulación de la rigidez muscular que permite lograr roles específicos para la fluidez del movimiento, la estabilidad articular, la coordinación y el equilibrio (90).

Los mecanorreceptores son órganos que funcionan como transductores biológicos para permitir la conversión de energía mecánica, entendida como deformación física: Elongación, compresión y presión, en potenciales de acción que producen información propioceptiva. La descarga del receptor varía según se transforme la intensidad de la deformación, lo que conlleva a que los mecanorreceptores respondan de acuerdo a sus tasas de descarga. Los que se adaptan rápidamente cesan su descarga poco después de que se da el estímulo, mientras que los receptores de adaptación lenta, mantienen su descarga durante la presencia del estímulo (90).

Una de las influencias funcionales que tiene la propiocepción a nivel funcional, es la protección de la articulación del daño causado por el movimiento que excede el rango de movimiento normal y ayudar a determinar el equilibrio apropiado de fuerzas sinérgicas y antagónicas, provocando que se genere una imagen somatosensorial en el sistema nervioso central (90).

Al generarse los estímulos, el Sistema Nervioso Central responde basado en tres niveles de control motor:

**Primer Nivel-Muscular:** Al enfrentarse a una carga inesperada, se da una respuesta muscular que refleja una actividad electromiográfica de 30 a 50 mseg. Las fibras aferentes tanto del huso neuromuscular como de los mecanorreceptores del órgano tendinosos de Golgi, constituyen una sinapsis con las interneuronas espinales y producen una facilitación reflexiva o inhibición de las neuronas motoras. Estas respuestas ocurren simultáneamente para controlar la posición y la postura de las extremidades. Debido a su simultaneidad, se encuentran en paralelo, son subconscientes y no están sujetos a interferencia cortical, no requieren atención y son automáticos. Este nivel de control motor, las actividades para fomentar la estabilización de las articulaciones reflejas de corto circuito, deben dominar. Estas actividades se carac-

.....

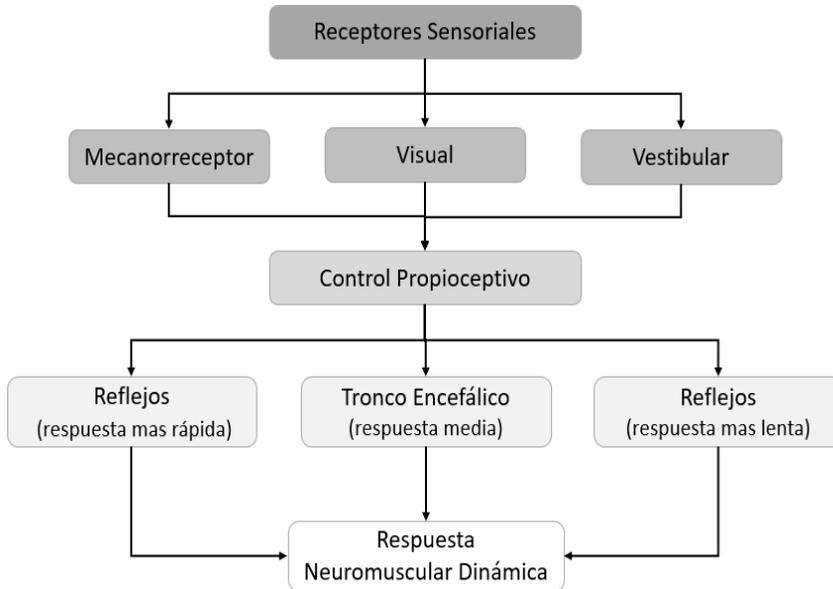
terizan por alteraciones repentinas en la posición de la articulación que requieren estabilización refleja del músculo. Con modificaciones repentinas se estimula tanto los mecanorreceptores articulares como los musculares para producir estabilización refleja. Los ejercicios de estabilización rítmica fomentan la co-contracción monosináptica de la musculatura, produciendo así una estabilización neuromuscular dinámica (95).

**Segundo Nivel-Tronco Encefálico:** Este nivel se encuentra en el tronco cerebral. Aquí los receptores interactúan con el sistema vestibular y la entrada visual desde los ojos para controlar o facilitar la estabilidad postural y el equilibrio del cuerpo. Las entradas o las aferencias interactúan con el huso neuromuscular al inhibir la actividad muscular antagonista en condiciones de alargamiento rápido y distorsión periarticular, que acompañan a la alteración postural. En los desequilibrios se genera un patrón neural que afecta los estabilizadores musculares, lo que provoca que el equilibrio retome el centro de gravedad del cuerpo. En este sentido, el equilibrio está influenciado por el mismo mecanismo aferente periférico que controla la propiocepción articular y es parcialmente dependiente de la capacidad propia del individuo para integrar el sentido de la posición articular con el control neuromuscular. Las actividades de equilibrio estático deberían usarse como un precursor de las actividades dinámicas. Se puede iniciar estos ejercicios estáticos cuando el individuo pueda soportar peso en la extremidad inferior. La progresión de las actividades dirigidas puede pasar de ejercicios bipodales a unipodales, de ejercicios con ayuda visual a no tener esta ayuda. (ojos cerrados) (95).

**Tercer nivel- Sistema Nervioso central/Cognitivo:** Las actividades de sentido de posición articular se inician en el nivel cognitivo e incluyen comandos motores que dan lugar a un movimiento voluntario. La repetición de estos ejercicios o movimientos, provocan la conversión de la programación consciente en programación inconsciente. Bajo el paradigma de uso forzado. Ejerce estímulos constantes al Sistema Nervioso Central; este sistema ordena y procesa la información habilitando caminos neuronales. Al estimular actividades básicas o fáciles, la información se almacena como un comando central y se realiza sin referencia de continuidad de pensamiento consciente (95).

.....

Figura 67. Sistema propioceptivo.



Fuente: Romero D. (96).

En las lesiones articulares se da una pérdida de integridad estructural y, además, una pérdida en la sensibilidad articular. Un daño articular lleva consigo daños en los ligamentos, en los receptores mecánicos o nervios periféricos. Esta alteración recibe el nombre de desaferenciación. Este daño consiste en la interrupción parcial sensitiva necesaria para la estabilización refleja de las articulaciones y la coordinación neuromuscular (97). Las lesiones articulares provocan consecuencias musculares producto de la perturbación en la conducción nerviosa. En efecto, en las alteraciones articulares no solo se afecta la estabilidad de la misma, sino que se provoca una pérdida de estabilidad dinámica por reducción de la capacidad de un sistema de anclaje, es decir, las terminaciones nerviosas especializadas o mecanorreceptores están afectadas y pierden capacidad de recibir y transportar información de la deformación mecánica del tejido (97).



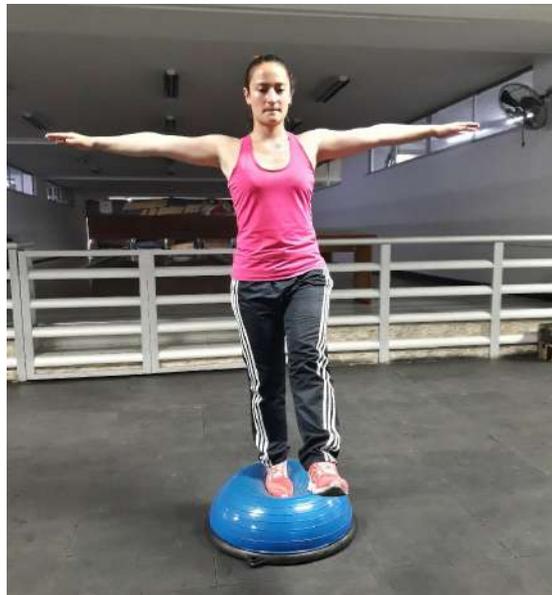
## ESTRATEGIAS DE RESTABLECIMIENTO EN EL CONTROL NEUROMUSCULAR

### PROPIOCEPCIÓN Y CINESTESIA

El restablecimiento de las propiedades neurosensitivas de las estructuras capsulo ligamentosas y la mejora en la aferencia periférica no involucrada, se convierte en el objetivo principal a la hora de un proceso de rehabilitación del control neuromuscular. En este sentido, se debe propender por recuperar la tensión de los ligamentos y su reconstrucción, para favorecer la movilidad y el sentido de la posición articular. La rehabilitación articular bajo estabilización de vendas elásticas, permiten la estimulación constante de la percepción propioceptiva y cinestésica constante a nivel cutáneo. El uso de ejercicios de cadena cinética cerrada con grados de movilidad al límite de lo permitido por la extremidad y de manera progresiva. Los ejercicios de restablecimiento propioceptivo y cinestésico requieren acompañamiento y realimentación por parte de la extremidad no afectada, por medio de la percepción consciente de la posición articular, el movimiento y las cargas soportadas.

*Figura 68. Ejercicios propioceptivos básicos: A; miembros inferiores; B miembros superiores.*

A





B



Fuente: Elaboración Propia.

## ESTABILIZACIÓN DINÁMICA

Se busca potenciar la coactivación preparatoria de los agonistas/antagonistas, con el fin de restablecer el balance muscular necesario para equilibrar las fuerzas estabilizadoras en las articulaciones y, a su vez, la congruencia articular. La congruencia articular se torna importante, debido a que en una postura estática, se reduce la carga sobre las estructuras. Dentro de las estrategias para trabajar la estabilización dinámica, están los ejercicios de cadena cinética cerrada y los ejercicios de estiramiento/acortamiento, buscando que la articulación y el segmento estimulado se encuentren en posturas o posiciones vulnerables, donde se de una acción de anticipación y respuesta a la carga.

*Figura 69. Ejercicio de estabilización dinámica.*



Fuente: Elaboración Propia.

## **CONTROL NEUROMUSCULAR ACTIVO**

Esta estrategia se basa en la estimulación de las vías reflejas de los receptores articulares y musculotendinosos. La rigidez muscular tiene un papel importante en el anclaje dinámico preparatorio y reactivo al ofrecer resistencia y absorber cargas articulares, el objetivo del control neuromuscular activo es el de generar perturbaciones articulares que no se anticipen y así, estimular la estabilización refleja. Esta táctica permite la reducción del tiempo de respuesta y desarrollar estrategias reactivas ante cargas articulares inesperadas.

## **ACTIVIDADES FUNCIONALES**

En la rehabilitación deportiva, se busca devolver al deportista a su nivel previo a la lesión, en el menor tiempo posible y agregando la disminución del riesgo de sufrir recidivas. Llegar a cumplir estos objetivos, requiere de la comprensión del restablecimiento de la estabilidad funcional y de los patrones de movimiento o destrezas específicas de cada deporte, por medio de uso de pruebas funcionales que demarquen los objetivos de regreso del deportista a la competencia. Las actividades funcionales involucran estímulos a los receptores periféricos, la coactivación muscular y el control motor reflejo. El énfasis de las actividades comprende técnica específica del deporte como posturas, gestos y maniobras, y algunos aditamentos requeridos en cada deporte.





.....

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. Therapeutic Exercise: Foundational Concepts. En Kisner C, Colby L. Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques. 6th Edition. Edit. Davis Compañy. 2012. Pg. 1-43
2. Al-Khlaifat L, Herrington L, Tyson S, Hammond A, Jones R. The effectiveness of an exercise programme on dynamic balance in patients with medial knee osteoarthritis: A pilot study. *The Knee* 23 (2016) 849–856
3. Assessing Cardiorespiratory Fitness. En. Heyward V, Gibson A. Advanced Fitness Assessment and exercise Prescription. 7th Edition. Edit. Human Kinetics. 2014 Pag. 79-121
4. La flexibilidad y el método para perfeccionarla. En. Platanov V, Bulatova M. La preparación física. 4ta Edición. Edit. Paidotribo. 2001 Pag. 149
5. Dale B. Principles of rehabilitation Capitulo 4. Andrews J, Harrelson G, Wilk K. En: Physical Rehabilitation of the Injured Athlete. 4ta Edición. Edit. Elsevier. 2012. Pag 41
6. Ejercicio Terapéutico. En. Vernaza P. Manual Práctico de ejercicios Terapéuticos. Edit. Universidad del Cauca. 2018. Pag. 51
7. Folland J, Hawker K, Leach B, Little T, Jones D. Strength training: isometric training at a range of joint angles versus dynamic training. *J Sports Sci.* 2005 Aug;23(8):817-24
8. MacDougall J, McKelvie R, Moroz D, Sale D, McCartney N, Buick F. Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *J Appl Physiol* (1985). 1992 Oct;73(4):1590-7.
9. Training muscles to become stronger. En. Katch V, McArdle W, Katch F. Essentials of exercise Physiology. 4th Edition. Edit. Wolters Kluwer. 2001. Pag. 443-492
10. Sánchez M, Anitua E, Lopez-Vidriero E, Andía I. The future: optimizing the healing environment in anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2010 Mar;18(1):48-53.

- .....
11. Hortobágyi T. The Positives of Negatives: Clinical Implications of Eccentric Resistance Exercise in Old Adults. *Journal of Gerontology: MEDICAL SCIENCES*. 2003, Vol. 58A, No. 5, 417–418
  12. Ejercicio resistido (Cinesiterapia activa). En: Kisner C, Colby L. *Ejercicio Terapeutico*. Editorial Paidotribo. 2005. Pag. 61-102
  13. Berg H, Tesch A. A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviat Space Environ Med*. 1994 Aug; 65(8):752-6.
  14. Maroto-Izquierdo S, García-López D, Fernandez-Gonzaloc R, Moreira O, González-Gallegoa J, Paz J. Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* 20 (2017) 943–951
  15. Hirokawa S, Solomonow M, Luo Z, Lu Y, D'Ambrosia R. Muscular co-contraction and control of knee stability. *J Electromyogr Kinesiol* 1991; 1(3):199–208.
  16. Dischiavi S, Wrighta A, Hegedusa E, Bleakleya C. Biotensegrity and myofascial chains: A global approach to an integrated kinetic chain. *Medical Hypotheses* 110 (2018) 90–96
  17. Kibler W, Press B, Sciascia A. The role of core stability in Athletic function. *Sports Medicine*, 2006;36(3), 189-198.
  18. Weber A, Kontaxis A, O'Brien S, Bedi A. The biomechanics of throwing: simplified and cogent. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2014 Jun;22(2):72-9
  19. Chu S, Jayabalan P, Kibler B, Press J. The Kinetic Chain Revisited: New Concepts on Throwing Mechanics and Injury. *PM R* 8 (2016) S69-S77
  20. Kalantari K, Ardestani S. The effect of base of support stability on shoulder muscle activity during closed kinematic chain exercises. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* (2014) 18, 233e238
  21. Essential concepts and terms. Ellenbecker T, Davies G. En: *Closed Kinetic Chain Exercise: A comprehensive guide to multiple joint exercise*. Edit. Human Kinetics. 2001. Pag. 2

.....

22. Kisner C, Colby L. Resistance exercise for Impaired muscle performance. En: *Therapeutic Exercise foundations and techniques*. 6ta edición. Edit. Davis Plus. 2012 pag. 187
23. Prentice W. Rehabilitación y ejercicio en cadena cinética cerrada y abierta. En: *Técnicas de rehabilitación en Medicina Deportiva*. 4ta edición. Edit. Paidotribo. 2009. Pag. 233-252
24. Miralles R, Castro R, Monterde S. Introducción. Miralles R, Miralles I. En: *Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor*. Edit. Elsevier. 2006. Pag. 4
25. Singla D, Hussain M, Moiz J. Effect of upper body plyometric training on physical performance in healthy individuals: A systematic review. *Physical Therapy in Sport* 29 (2018) 51-60
26. Davies G, Riemann B, Manske R. Current concepts of plyometric exercise. *The International Journal of Sports Physical Therapy* .2015;10, 6. Page 760
27. Adams K, O'Shea J, O'Shea K, Climstein M. The effect of 6 weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J. Appl. Sport Sci. Res.*, 1992;6:36-41
28. Farrochi S, Pollard C, Souza R, Chen Y, Reischl S, Powers C. Trunk Position Influences the Kinematics, Kinetics, and Muscle Activity of the Lead Lower Extremity During the Forward Lunge Exercise. 2008; 38:7. Pag. 403-409
29. Schulte-Edelmann J, Davies G, Kernozek T, Gerberding E. The effects of plyometric training of the posterior shoulder and elbow. *J Strength Cond Res*. 2005 Feb;19(1):129-34.
30. Wilk K, Voight M, Keirns M, Gambetta V, Andrews J, Dillman C. Stretch-shortening drills for the upper extremities: Theory and clinical application. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1993; 17(5), 225-239.
31. Pezullo D, Karas S, Irrgang J. Functional plyometric exercises for the throwing athlete. 1995; *Journal of Athletic Training*, 30(1), 22.

⋮

- .....
32. Deuster P, Attipoe S. Basics in Exercise Physiology. O'Connor F. En: ACSM'S Sports Medicine. A Comprehensive Review. Edit. Wolters Kluwer. 2013. Pag. 28
  33. Chmielewski T, Myer G, Kauffman D, Tillman S. Plyometric Exercise in the Rehabilitation of Athletes: Physiological Responses and Clinical Application. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2006; 36, 308–319.
  34. Ebben, W.P. Practical guidelines for plyometric intensity. *NSCA's Perform. Train. J.* 6, 2007;12–16.
  35. Kraemer W, Newton R. Training for muscular power. *Phys. Med. Rehabil. Clin. North Am.*, 2000; 11:341–368.
  36. Cuoco A, Tyler T. Plyometric Training and Drills. Andrews J, Harrelson G, Wilk K. En: *Physical rehabilitation of the Injured Athlete*. 4ta edición. Edit Elsevier. 2012. Pag. 571-595
  37. Rezaimanesh D, Amiri-Farsani P, Saidian S. The effect of a 4 week plyometric training period on lower body muscle EMG changes in futsal players. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 15 (2011) 3138–3142
  38. Annelies M, Benzoor Maya B, Maria W, Ann C. Scapular muscle activity in a variety of plyometric exercises. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 27 (2016) 39–45
  39. Arazi H, Asadi A, Nasechi M, Delpasand A. Cardiovascular and blood lactate responses to acute plyometric exercise in female volleyball and handball players. *Sport Sci Health.* 2012; 8:23–29
  40. Stanton P, Purdam C. Hamstring injuries in sprinting-The role of eccentric exercise. *Orthop Sports Phys Ther.* 1989; 10(9): pag. 343–349.
  41. Komi P. Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech.* 2000; 33 (10): 1197-206.
  42. Van Lieshout K, Anderson J, Shelburne K, Davidson B. Intensity rankings of plyometric exercises using joint power absorption. *Clinical Biomechanics* 29 (2014) 918–922

.....

43. Struminger A, Lewek M, Goto S, Hibberd E, Troy Blackburn J. Comparison of gluteal and hamstring activation during five commonly used plyometric exercises. *Clinical Biomechanics* 28 (2013) 783–789
44. Kisner C, Colby L. *Advanced Functional Training*. En: *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques*. 6ta Edition. Edit. DavisPlus. 2012. Pág. 895
45. Ramos J. *El calentamiento general y específico en la educación física. Ejercicios prácticos*. Edit. Culturalibros. 2009. Pág. 17
46. Gorgos K, Wasylyk N, Lunen B, Hoch M. Inter-clinician and intra-clinician reliability of force application during joint mobilization: A systematic review. *Manual Therapy* 19 (2014) 90-96
47. Jessee B, Konin J. Range of motion and flexibility. Andrews J, Harrelson G, Wilk K. En: *Physical Rehabilitation of the Injured Athlete*. 4ta Edición. Edit. Elsevier. 2012. Pag. 80
48. Quillen W, Halle J, Roullier L. Manual Therapy: Mobilization of the Motion-Restricted Shoulder. *Journal of Sport Rehabilitation*, 1992, 1, 237-248
49. Kisner C, Colby L. Movilización pasiva articular de la periferia. En: *ejercicio Terapéutico: Fundamentos y técnicas*. Edit. Paidotribo. 2005. Pag. 160
50. Palmer M, Epler M. *Fundamentos de las técnicas de evaluación musculoesquelética*. Edit. Paidotribo. 2002. Pag. 42
51. Panesso M, Trillos M, Guzman I. *Biomecánica clínica de la rodilla*. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario, 2009. p. 6
52. Rivero S M. *Biomecánica aplicada a la actividad física y el deporte: Introducción a la Biomecánica, Conceptos e historia*. Bogotá: Universidad Santo Tomás Editorial y Publicaciones, 2009. p.18
53. Rothstein J, Roy S, Wolf S. *Manual del especialista en rehabilitación*. Edit. Paidotribo. 2005. Pag. 131
54. Cael C. *Anatomía funcional. Estructura, función y palpación del aparato locomotor para terapeutas manuales*. Buenos Aires: Ed Medica Panamericana, 2013. p.44-45

⋮

.....

55. Roldan J, Voegeli A. La Articulación. En: Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. Edit. Springer Science & Business Media. 2001. Pag. 54
56. DiGiovanna E, Schiowitz S, Dowling D. An Osteopathic approach to diagnosis and treatment. Edit. Lippincott Williams & Wilkings. 2005. Pag. 29
57. Frish H. Análisis estructural funcional mediante el programa de exploración. En: Método de exploración del aparato locomotor y de la postura. Edit. Paidotribo. 2005 Pag. 37
58. Kisner C, Colby L. Peripheral joint mobilization. En: Therapeutic Exercise: Foundations and techniques. 5ta Edicion. Edit. Davis Plus. 2007. Pag. 112
59. Kisner C, Colby L. Stretching for Impaired Moility. En: Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques. 6ta edición. Edit. Davis Plus. 2012. Pag 72-118
60. Alter M. Los estiramientos. Edit. Paidotribo. 2004. Pag. 105
61. Showman J. The rationales of patterns and techniques of proprioceptive neuromuscular facilitation. Australian Journal of Physiotherapy ,Vol 8,(3): 1962, Pág 115-121
62. Ghram A, Damak M, Costa P. Effect of acute contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on static balance in healthy men. Science & Sports (2017) 32, 1—7
63. Díaz E. Técnicas fisioterápicas en las lesiones traumatológicas. En: Manual de Fisioterapia en Traumatología. Edit. Elsevier. 2015. pag. 171
64. Andrews J, Harrelson G, Wilk K. Range of motion and flexibility. En: Physical Rehabilitation of the Injured Athlete. Edit. Elsevier. 2012. Pag. 74-88
65. Prentice W. Rehabilitación, FNP y otras técnicas de movilización de los tejidos. En: Técnicas de rehabilitación en medicina deportiva. Edit. Paidotribo. 2009. Pag. 291-312
66. Resistance Exercise for impaired muscle performance. En: Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques. 6ta edición. Edit. Davis Plus. 2012. Pag 157-240

.....

67. Escamilla R, Lewis C, Bell D, Bramblet G, Daffron J, Lambert S, et al. Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(5):265-76. El 10 de febrero de 2018. En: <https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2010.3073>
68. Kibler W, Wilkes T, Sciascia A. Mechanics and Pathomechanics in the Overhead Athlete. *Clin Sports Med.* 2013 Oct; 32 (4): 637-51
69. Borghuis J, Hof A, Lemmink K. The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports Med.* 2008;38(11):893-916.
70. Zazulak B, Cholewicki J, Reeves N. Neuromuscular control of trunk stability: clinical implications for sports injury prevention. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16(9):497-505.
71. McGill S. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2001;29(1):26-31.
72. McGill S, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003 Aug;13(4):353-9.
73. Kuszewska M, Gnata R, Gogola A. The impact of core muscles training on the range of anterior pelvic tilt in subjects with increased stiffness of the hamstrings. *Human Movement Science* 57 (2018) 32–39
74. Chaitow L, DeLany J. Postura, Actura y Equilibrio. En: *Aplicación clínica de las técnicas neuromusculares Vol II.* Edit. Paidotribo. pag. 2007 31-49
75. Hides J, Stanton W, Mendis M, Sexton M. The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus clinical muscle tests in patients with chronic low back pain. *Man Ther.* 2011;16(6):573-7
76. Van Wingerden J, Vleeming A, Buyruk H, Raissadat K. Stabilization of the sacroiliac joint in vivo: verification of muscular contribution to force closure of the pelvis. *Eur Spine J.* 2004;13(3):199-205.
77. Van Wingerden J, Vleeming A, Ronchetti I. Differences in standing and forward bending in women with chronic low back or pelvic

⋮

- .....
- girdle pain: indications for physical compensation strategies. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;15;33(11): 334-41.
78. Clark M. Rehabilitación y entrenamiento de la estabilización del tronco. En: Prentice W. *Técnicas de rehabilitación en medicina deportiva*. Edit. Paidotribo. 2009. Pag. 193-215
79. Hewett T, Zazulak B. Rehabilitation Considerations for the Female Athlete. En: Andrews J, Harrelson G, Wilk K. *Physical Rehabilitation of the Injured Athlete*. Edit. Elsevier. 2012Pag. 143- 154
80. Ghai S, Driller M, Ghai I. Effects of joint stabilizers on proprioception and stability: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport* 25 (2017) 65-75
81. Sadeghia H, Hakimb M, Hamidc T, Amria S, Razeghid M, Farazdaghid M, Shakoorf E. The effect of exergaming on knee proprioception in older men: A randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 69 (2017) 144–150
82. Groot H, Worp H, Nijenbanning L, Diercks R, Zwerver J, Akker-Scheek I. Is proprioception diminished in patients with patellar tendinopathy? *Gait & Posture* 45 (2016) 224–228
83. Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor system measurement techniques. *J Athl Train* 2002; 37(January (1)):85–98.
84. Bell C. On the nervous circle which connects the voluntary muscles with the brain. *Philosophi Trans Royal Soc* 1826;116:163–73.
85. Bastian HC. The “muscular sense”: its nature and cortical localisation. *Brain* 1887;10:1–88.
86. Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y. Assessing proprioception: A critical review of methods. *Journal of Sport and Health Science* 5 (2016) 80–90
87. Swanik CB, Lephart SM, Rubash HE. Proprioception, kinesthesia, and balance after total knee arthroplasty with cruciate-retaining and posterior stabilized prostheses. *J Bone Jt Surg* 2004;86:328–34.
88. Swanik KA, Lephart SM, Swanik CB, Lephart SP, Stone DA, Fu FH. The effects of shoulder plyometric training on proprioception and

.....

- selected muscle performance characteristics. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; 11: 579-86.
89. Martin J, Jessell T. Modality coding in the somatic sensory system. In: Kandel E, Schwartz J, Jessell T, editors. *Principles of neural science*. London: Prentice-Hall International Inc.; 1991. p. 341-52.
  90. Roijezon U, Clark N, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Manual Therapy* 20 (2015) 368-377
  91. Ellenbecker T, Davies G, Bleacher J. Proprioception and Neuromuscular Control. Andrews J, Harrelson G, Wilk K. En: *Physical Rehabilitation of the Injured Athlete*. 4ta Edicion. Edit. Elsevier. 2012. Pag. 524-547
  92. Cardinali D. *Neurociencia aplicada: Sus fundamentos*. Edit. Medica-Panamericana. 2007. Pag. 102
  93. Lisberger S, Thach T. In: Kandel E, Schwartz J, Jessell T, Siegelbaum S, Hudspeth A, editors. *The cerebellum*. Principles of neural science. New York: McGraw Hill; 2013. p. 960e81.
  94. Maravita A, Spence C, Driver J. Multisensory integration and the body schema: close to hand and within reach. *Curr Biol* 2003; 13(13):R 531-9.
  95. Voight M, Hoogenboom B. Functional Training and Advanced Rehabilitation. En: Andrews J, Harrelson G, Wilk K. *Physical Rehabilitation of the Injured Athlete*. 4th Edition. Edit Elsevier. 2012. Pag. 503-523
  96. El control neuromuscular. En. Romero D, Tous J. *Prevencion de lesiones en el deporte*. Edit Panamericana. 2011. Pag. 165-216
  97. Lephart S, Swanik C, Fu F, Huxel K. Restablecimiento del control neuromuscular. En. Prentice W. *Técnicas de rehabilitación en medicina deportiva*. Edit Paidotribo. 2009. Pág. 97-132

⋮

