



Arenas-Sánchez, G.; Martínez-Barrera, C.; Hernández-Cazcarra, V.; Madariaga-Flores, B.; Farías-Valenzuela, C.; Espinoza-Salinas, A. (2021). Effects of the exercise of strength and flexibility on the kinetics of muscle oxygenation and the range of hip movement in seniors basketball players. *Journal of Sport and Health Research*. 13(3):481-492.

Original

**EFFECTOS DEL EJERCICIO DE FUERZA Y FLEXIBILIDAD
SOBRE LA CINÉTICA DE OXIGENACIÓN MUSCULAR Y RANGO
DE MOVIMIENTO DE CADERA EN JUGADORES SENIORS DE
BALONCESTO**

**EFFECTS OF THE EXERCISE OF STRENGTH AND FLEXIBILITY
ON THE KINETICS OF MUSCLE OXYGENATION AND THE RANGE
OF HIP MOVEMENT IN SENIORS BASKETBALL PLAYERS**

Arenas-Sánchez, G. ¹; Martínez-Barrera, C. ²; Hernández-Cazcarra, V. ²; Madariaga-Flores, B. ³; Farías-Valenzuela, C. ^{2,4}; Espinoza-Salinas, A. ¹.

¹ *Laboratorio de Fisiología del Ejercicio, Escuela de Kinesiología, Universidad Santo Tomás, Santiago, Chile.*

² *Laboratorio de Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile.*

³ *Centro de Ejercicio Adaptado, CEA- YMCA, Santiago, Chile.*

⁴ *Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal, Facultad de Educación, Universidad de Granada, España.*

Correspondence to:
Alexis Espinoza-Salinas
Universidad Santo Tomás. Santiago, Chile.
Dirección: Ejército 146, Santiago, Chile.
Tel: +56 224717674.
Email: alexisespinozasa@santotomas.cl

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



Received: 19/05/2020
Accepted: 03/09/2020



RESUMEN

Objetivo: comparar los efectos del entrenamiento excéntrico y estiramiento estático sobre la cinética de oxigenación muscular de isquiotibiales y el rango de movimiento de cadera en jugadores seniors de baloncesto. **Materiales y métodos:** la muestra contempló 21 hombres entrenados con edades de 69 (± 2), IMC de 26,7 ($\pm 0,5$) (kg/m^2). El muestreo fue por aleatorización simple formando un grupo al cual se le aplicó peso muerto (G-PM; n: 11) y un grupo de facilitación neuromuscular propioceptiva (G-FNP; n: 10) se realizó el programa de entrenamiento durante 4 semanas. Las variables analizadas son el rango de movimiento articular (ROM) y la oxigenación muscular (OM) pre y post entrenamiento. **Resultados:** se observaron aumentos de ROM ($^{\circ}$) en ambos grupos, el grupo FNP pasó de 74 ($\pm 3,8$) a 93,27 ($\pm 4,3$) y el grupo PM pasó de 74,45 ($\pm 3,4$) a 94,18 ($\pm 2,8$). La mayor diferencia entre grupos es el aumento significativo de OM (%) en el grupo PM 63,73 ($\pm 1,6$) a 69,73 ($\pm 1,67$) ($p = 0,0177$) en comparación con el grupo FNP. p significativo $< 0,05$. **Conclusión:** ambos grupos presentan cambios significativos en el aumento del ROM, no obstante, la OM solo fue significativa en el grupo que realizó entrenamiento excéntrico de fuerza.

Palabras clave: personas mayores, oxigenación muscular, entrenamiento excéntrico, NIRS, rango articular.

ABSTRACT

Objective: to compare the effects of eccentric training and static stretching on the muscle oxygenation hamstrings and hip range of motion kinetics in seniors basketball players. **Material and methods:** the sample included 21 trained men aged 69 (± 2), BMI of 26,7 ($\pm 0,5$) (kg/m^2). The sample was selected by simple randomization forming a dead weight group (DW-G; n: 11) and a neuromuscular proprioceptive facilitation group (NPF-G; n: 10). The training program was carried out during 4 weeks. The analyzed variables was joint range of motion (ROM) and muscle oxygenation (MO) pre and post training. **Results:** ROM increases were observed in both groups, NPF group went from 74 ($\pm 3,8$) to 93,27 ($\pm 4,3$) and the DW group from 74,45 ($\pm 3,4$) to 94,18 ($\pm 2,8$). The most noticeable difference between groups is the significant increase of muscle oxygenation (%) in the DW group 63,73 ($\pm 1,6$) to 69,73 ($\pm 1,67$) ($p = 0,0177$) compared to the NPF group. Significant p value $< 0,05$. **Conclusion:** both groups present significant changes in terms of ROM increase; nevertheless MO was only significant in the group that performed eccentric strength training.

Keywords: elderly people, muscle oxygenation, eccentric training, NIRS, joint range.



INTRODUCCIÓN

El envejecimiento poblacional en el mundo es más rápido que en años precedentes. Desde el año 2015 al 2050 las cifras de personas mayores de 60 años aumentarán desde un 12% a un 22%, alcanzando 2100 millones de personas en el mundo (OMS, 2016). En Chile, en dichos años las cifras pasarán del 15,7% al 32,9% en el 2050, y además de este aumento poblacional, es considerado uno de los países con mayor crecimiento en la esperanza de vida (Thumala et al., 2017).

El proceso de envejecimiento está relacionado a cambios musculoesqueléticos y articulares que establecen una estrecha relación con la capacidad funcional de personas mayores (López et al., 2018).

Su pérdida se asocia a fatiga muscular prematura (Shi et al., 2008), disminución en síntesis de ATP (Barber et al., 2015), densidad mitocondrial y enzimas oxidativas (Larson et al., 2019); estructuras que a su vez, están comprometidas en la captación y saturación de oxígeno a nivel muscular (Fiogbé et al., 2017).

Para medir la saturación de oxígeno muscular (OM) han surgido una amplia gama de dispositivos electrónicos diseñados para la utilización en el ámbito deportivo, con el propósito monitorizar la carga interna en atletas (Seshadri et al., 2019) utilizando la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) (Hamaoka & McCully, 2019). Técnica no invasiva, cuya aplicación ha sido principalmente utilizada en la musculatura de extremidades inferiores (Grassi & Quaresima, 2016) y validada en atletas de elite (Chang et al., 2020), sin embargo existe escasa evidencia en personas mayores que busquen en el ejercicio beneficios para la salud (Gepner et al., 2019). En este sentido resulta interesante el uso de los dispositivos electrónicos y la técnica NIRS, como herramientas de control y evaluación, frente a cambios fisiológicos ocurridos en el proceso de envejecimiento o protocolos de ejercicios multicomponentes (Izquierdo, 2019) que involucren ejercicios de fuerza y flexibilidad.

Los principales cambios en el rango de movimiento articular (ROM) se producen en personas adultas a partir de los 45 años, presentando diferencias entre individuos de la misma edad (Zhou et al., 2019). Por lo anterior, resulta común observar en esta población un desequilibrio entre la fuerza muscular y el ROM de cuádriceps e isquiotibiales, lo que genera un aumento del momento de extensión en la articulación

de rodilla, pudiendo generar una acción excéntrica más allá de sus capacidades elástica gesto que podría ser responsable de una de las principales causas de lesiones de isquiotibiales (Yu, Liu & Garrett, 2017). La lesión por distensión de los isquiotibiales es una de las lesiones musculoesqueléticas más comunes, con tasas de incidencia cercanas al 30% de todas las lesiones deportivas (Ishøi et al., 2020; Mendiguchia et al., 2012). Siendo una de las principales causales de alejamiento de la práctica deportiva (Ekstrand, Waldén & Hägglund, 2016; Liu et al., 2012). Los principales mecanismos de lesión son la contracción excéntrica a alta velocidad y el estiramiento lento en rango externo de movimiento de cadera (Heidercheit et al., 2010), se cree que se producen lesiones en la unión miotendinosa cuando las fuerzas exceden los límites del tejido, causando interrupción mecánica del mismo (Askling et al., 2013). Nelson, (2006) indica que el acortamiento muscular y la pérdida del rango de movimiento son una de las principales causas de lesión por distensión de los isquiotibiales (Sintes & Caparrós, 2019; Fousekis et al., 2011). Al ser una lesión compleja, ningún enfoque único puede considerarse el método ideal para la prevención (Opar et al., 2012). No obstante, se ha demostrado que la intervención basada en ejercicios excéntricos y estiramientos estáticos son técnicas esperanzadoras para reducción de este tipo de lesiones (Marchetti et al., 2020; Bourne, 2017, Lempainen et al., 2015; Van der Horst, 2015). El entrenamiento excéntrico se reconoce como un poderoso estímulo para la hipertrofia, flexibilidad y fuerza, porque tiene la capacidad de aumentar la longitud del fascículo de 4,9% a 9,3% (Guex et al., 2016) y promueve una mayor activación neuronal en comparación con los modos de contracción isométrica y concéntrica (Douglas et al., 2017). En cambio el estiramiento estático, produce cambios positivos en la flexibilidad y es capaz de cambiar el ángulo óptimo en los músculos isquiotibiales para la generación de mayor tensión (Stojanovic & Ostojic, 2011; Nelson, 2006). Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue comparar los efectos de un protocolo de entrenamiento excéntrico y estiramiento estático sobre la cinética de oxigenación muscular y rango de movimiento de cadera en jugadores senior de baloncesto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Participaron 21 hombres adultos de 69,4 (\pm 2,4) años de edad, pertenecientes al club de baloncesto de la



Asociación Cristiana de Jóvenes (YMCA) en Santiago de Chile. Se utilizó una muestra intencionada. Los criterios de inclusión fueron: que los participantes llevaran un entrenamiento continuo de \geq seis meses de ejercicio y con un volumen \geq 180 min de actividad física a la semana (cuestionario GPAQ). Se excluyeron cinco personas mayores que presentaron limitaciones físicas, alteraciones músculo esqueléticas establecidas, presencia de prótesis en extremidades inferiores y déficit intelectual (incapacidad de comprender órdenes). Los sujetos del estudio fueron distribuidos en dos grupos por aleatorización simple, clasificando a 11 participantes como Grupo Peso Muerto (G-PM) y otro como Grupo Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (G-FNP) compuesto por 10 sujetos. Las características antropométricas de la muestra se presentan en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Características antropométricas de los participantes.

Variable	Media \pm SD
Edad (años)	69,4 \pm 2,4
Peso (kg)	79,9 \pm 2,2
Talla (m)	1,72 \pm 0,1
IMC (kg/m ²)	26,7 \pm 0,5
Circunferencia Cintura (cm)	90,9 \pm 4,6
Circunferencia Muslo (cm)	47,5 \pm 0,6

Tabla 1. Valores promedios y desviaciones estándar de las características antropométricas de los participantes. kg: kilogramos; m: metros; IMC: Índice de Masa Corporal; cm: centímetros.

Equipos y procedimiento de intervención

Se utilizó un monitor y sensor de oxígeno muscular Humon Hex® y goniómetro marca Baseline de 360°. Todos los sujetos mantuvieron su entrenamiento en el club de baloncesto. La evaluación inicial consistió en la realización de medidas antropométricas *Tabla 1*, la toma de test como el Minimental abreviado y el cuestionario GPAQ (Keating et al., 2019). Supervisado por terapeutas en actividad física y salud, kinesiólogos y médicos especialistas.

Para la evaluación inicial y final se realizó la medición del ángulo de amplitud de la flexión en la articulación coxofemoral a través de goniometría, la posición del sujeto es desde decúbito supino con la pelvis estabilizada (ambas espinas ilíacas anterosuperiores al mismo nivel), en la extremidad inferior dominante se fija en el eje el axis del goniómetro al trocánter mayor del fémur y el brazo fijo se alinea con la línea media de la pelvis, desde esta postura el asistente mueve de forma pasiva y con la rodilla extendida la pierna dominante, a su vez de forma paralela el brazo móvil se mueve alineado con la línea media longitudinal del muslo tomando como punto óseo el cóndilo femoral externo, el goniómetro sigue el movimiento hasta llegar a la zona de alta resistencia (Ayala et al., 2013). A continuación, se realizó la medición de la saturación de oxígeno muscular (OM) utilizando el dispositivo Humon Hex® (Farzam, Starkweather & Franceschini, 2018) localizado en el tercio medio de la cara posterolateral del muslo del hemicuerpo dominante, después de instalado, el sujeto debe estar un minuto en reposo, y por medio de la tecnología NIRS, registrar la OM, luego se inicia el protocolo de ejercicio, donde al finalizar se vuelve a registrar la OM y finalmente el individuo vuelve a estar un minuto en reposo para registrar lo expuesto en el dispositivo.

El total de participantes se dividió de forma aleatoria simple, se formaron dos grupos, donde todos los sujetos debían pasar por un día de evaluación y fueron citados dos semanas previas a la intervención de entrenamiento para el aprendizaje y adaptación de la correcta técnica del ejercicio a realizar. Luego de aprender la correcta ejecución del ejercicio se efectuó un total de 12 sesiones de entrenamiento, realizadas tres veces por semana durante cuatro semanas, como parte de su rutina habitual, sin producir alteraciones en su entrenamiento, se evaluó rango de movimiento en la articulación coxofemoral y la cinética de oxigenación muscular a toda la muestra el primer día de intervención y el último (sesión n°12), en lo que se refiere al OM, aquel tuvo una evaluación en reposo, durante el ejercicio y posterior al ejercicio. Para el grupo PM se evaluó la carga para establecer la intensidad medida, según repetición máxima directa, a través de cargas progresivas hasta alcanzar 10 repeticiones (RM) *Figura 1*.



Figura 1. Diseño experimental usado en la investigación.

Todos los participantes firmaron el consentimiento informado quienes aceptaban voluntariamente la participación de la investigación, la cual siguió las pautas definidas en la Declaración de Helsinki, (2013) que regula la investigación en seres humanos. Todos los procedimientos fueron aprobados por el comité de ética de la Universidad de Santiago de Chile.

Protocolos

Cada grupo tuvo las siguientes intensidades y protocolos de entrenamiento de acuerdo al ejercicio a realizar:

Grupo peso muerto (G-PM)

El ejercicio a realizar fue el peso muerto rumano, donde las piernas están semirrígidas, las rodillas deben mantener una ligera flexión de unos 15° aproximadamente mientras la barra desciende en contacto cercano con las piernas (Lee et al., 2018). Los participantes deben realizar tres series de diez repeticiones cada una, la ejecución debe ser enfatizada a la fase excéntrica, por lo que esta fase debe durar tres tiempos y la fase concéntrica de dos tiempos. La carga se realizó de acuerdo al RM objetivo diez repeticiones, se utilizó la escala Omni-res, para valorar la intensidad subjetiva del entrenamiento de la fuerza.

Grupo facilitación neuromuscular propioceptiva (G-FNP)

El ejercicio se realizó con el individuo en la posición decúbito supino y un asistente de forma pasiva le realiza el movimiento de flexión a la articulación coxofemoral, el protocolo cuenta con los siguientes pasos:

1. Extensión asistida del grupo muscular agonista hasta el umbral de la zona de alta resistencia.
2. Diez segundos de contracción isométrica del grupo muscular agonista.
3. Cuatro segundos de contracción isométrica del grupo antagonista.
4. Relajación voluntaria.
5. Ocho a 12 segundos de extensión asistida estática del grupo muscular agonista (Hindle, 2012).

Análisis estadístico

Para evaluar las diferencias entre los grupos se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk y la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene previo a la aplicación de la prueba t de Student. En los casos en que no se cumplieron los supuestos de normalidad o igualdad de varianzas se utilizó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. Las comparaciones se realizaron utilizando las variables, OM y ROM, nivel de significancia de $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados utilizando el programa SPSS versión 20.

RESULTADOS

Los datos de todos los participantes se presentan en la Tabla 2. Se observaron diferencias significativas respecto a valores previos y posteriores a la intervención, como lo fue el caso de ROM en ambos grupos, en G-FNP pasó de $74 (\pm 3,8^\circ)$ a $93,27 (\pm 4,3^\circ)$ con un valor de p de 0,0034 y el G-PM pasó de $74,45 (\pm 3,4^\circ)$ a $94,18 (\pm 2,8^\circ)$ siendo su valor de p de 0,0003 como se observa en la Figura 2. La mayor diferencia entre grupos se evidenció en el aumento significativo de OM en el G-PM de $63,73 (\pm 1,6\%)$ a $69,73 (\pm 1,67\%)$ con un valor de p de 0,0177. En cambio, en G-FNP los valores OM no tuvieron cambios significativos paso de $60,5 (\pm 1,5\%)$ a $65,7 (\pm 1,1\%)$ con un valor de p de 0,1156. En la Figura 2, se muestra que post entrenamiento es significativamente mayor el OM de los participantes del G-PM que los del grupo FNP ($p < 0,05$), en lo que se refiere al ROM no existe diferencia significativa entre ambos entrenamientos post ejercicio. En la Figura 3 A y C se muestra que no existen mayores diferencias entre el G-FNP pre y post entrenamiento. En la Figura 3 B y D se evidencia que post entrenamiento en el G-PM existe un aumento significativo del OM de reposo a recuperación ($p < 0,05$) a diferencia del pre entrenamiento donde no



se encontraron cambios significativos. En la *Figura 3* A y B, se observa que el comportamiento de OM para FNP inicial, tuvo un aumento significativo entre el reposo y la recuperación, en cambio para PM se observa un descenso significativo en la OM de reposo a durante el ejercicio ($p < 0,05$).

Tabla 2. Efectos del entrenamiento en la OM y ROM para el G-FNP y G-PM.

Variable	G-FNP n=10				G-PM n=11			
	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% de cambio	Valor p (P < 0.05)	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% de cambio	Valor p (P < 0.05)
ROM (°)	74 ± 3,8	93,27 ± 4,3	19,27 ± 5,7	0,0034 *	74,45 ± 3,4	94,18 ± 2,8	19,73 ± 4,4	0,0003 *
OM (%)	60,5 ± 1,5	65,7 ± 1,1	5,2 ± 1,9	0,1156	63,73 ± 1,6	69,73 ± 1,679	6 ± 2,321	0,0177 *

Tabla 2. Los datos se expresan por medio ± SD. FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva); ROM (Rango de movilidad articular); OM (Oxigenación muscular) *Diferencia significativa entre el entrenamiento previo y posterior (valor * $p < 0,05$).

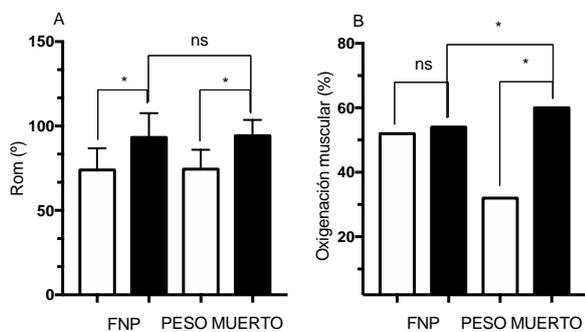


Figura 2. Valores absolutos antes (barras blancas) y después (barras negras) de 4 semanas de entrenamiento excéntrico y FNP sobre el ROM y la oxigenación muscular.

En el gráfico 2A se evidencian los cambios en grados (°) del ROM (rango de movimiento) en el grupo de FNP y peso muerto. En el gráfico 2B se muestran los cambios de OM en el grupo FNP y peso muerto. Promedios y desviación estándar; * $p < 0,05$.

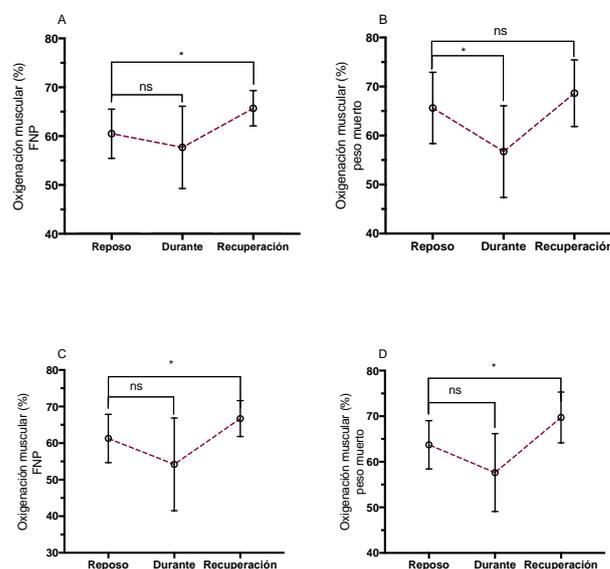


Figura 3. Comportamiento agudo de la oxigenación muscular en entrenamiento de peso muerto y FNP.

La variación de la oxigenación muscular (OM) en reposo, durante y posterior al ejercicio. 3A y 3B evidencian los cambios del % de OM en la evaluación inicial del grupo FNP y del grupo peso muerto. 3C y 3D muestran los cambios de % de OM en la



evaluación final del grupo FNP y el grupo peso muerto. Promedios y desviación estándar; * $p < 0,05$.

DISCUSIÓN

El objetivo de la presente investigación fue comparar el efecto de cuatro semanas de entrenamiento excéntrico y estiramiento estático, en la cinética de OM y rango de movimiento articular de cadera en jugadores senior de baloncesto. Los resultados indican mejoras significativas en el ROM de cadera como respuesta a dos protocolos independientes de ejercicios de fuerza excéntrica y estiramiento estático (FNP) aplicados al miembro inferior. Sin embargo, solo el protocolo de fuerza excéntrica, mostró mejoras significativas en la cinética de OM en la musculatura isquiotibial.

El protocolo de entrenamiento excéntrico (peso muerto) en comparación al protocolo de estiramiento estático (FNP) fue suficiente para modificar de manera significativa el ROM $74,45 (\pm 3,4^\circ)$ a $94,18 (\pm 2,8^\circ)$ y la oxigenación muscular $63,73 (\pm 1,6\%)$ a $69,73 (\pm 1,67\%)$ de la musculatura isquiotibial. Resultados similares en condiciones de reposo, fueron presentados por Paredes-Ruiz et al. (2020) al analizar la OM en el cuádriceps en un grupo de deportistas varones adultos practicantes de marcha nórdica $62,73 (\pm 7,42\%)$ edades $50,06 (\pm 6,64)$ años. A pesar de la diferencia en 19 años en la edad promedio entre los deportistas jugadores de baloncesto senior y los practicantes de marcha nórdica, estos valores se asemejan al comparar las condiciones basales de OM obtenidos en nuestra investigación. Gepner et al. (2019) estudió la OM en el vasto lateral en varones físicamente activos de diferentes edades $21,8 (\pm 2,0)$ años y $47,0 (\pm 4,4)$ años quienes presentaron niveles de OM $73,2 (\pm 3,4\%)$ y $68,6 (\pm 4,8\%)$ respectivamente. Al contrastar estos resultados con los nuestros, el grupo de personas jóvenes presentó mayores niveles de OM, sin embargo, y a pesar de la diferencia de 16 años en la edad promedio, los resultados grupo de personas adultas, fueron inferiores en la OM. Situación que podría estar determinada por los requerimientos bioenergéticos del baloncesto, intensidad de las acciones y el entrenamiento de sobrecarga excéntrica. Estímulos que dada su cronicidad incrementan la neovascularización y red capilar del músculo esquelético en personas mayores activas (Leuchtmann et al., 2020). Estas adaptaciones estructurales a nivel macro y micro vascular podrían explicar el aumento de la OM (Soares et al., 2017) en la musculatura

isquiotibial posterior al programa de entrenamiento excéntrico. Situación que no solo obedece a cambios morfológicos, sino también funcionales, relacionados a biodisponibilidad de óxido nítrico (Lambertucci et al., 2007) dependiente de la vasodilatación del endotelio vascular (Tanaka et al., 2015). La investigación de Soares et al. (2018) demostró que estímulos de carácter local facilitan la perfusión de oxígeno en el tejido muscular ejercitado, situación que se presenta de manera más notoria en las extremidades inferiores al compararla con las superiores.

La mejora en el ROM podría explicarse por el efecto mecánico del entrenamiento excéntrico en la arquitectura muscular, capaz de modificar la morfología, alargando las fibras musculares como consecuencia del sobreestiramiento del complejo miotendinoso; estructura encargada de la absorción de energía frente a una carga externa (Hody et al., 2019). Uno de los hallazgos esperados en esta investigación muestran el efecto positivo de este tipo de contracción sobre la longitud de la musculatura isquiotibial, evidenciada en el aumento del rango articular a través de goniometría, estos resultados son similares a los obtenidos por Brughelli et al. (2010), quienes tras realizar un estudio de cuatro semanas de intervención en hombres futbolistas profesionales, concluyeron que los ejercicios de acción excéntrica generan cambios positivos logrando aumentar el rango articular. Estos resultados, a la vez, concuerdan con los de Mahieu et al. (2008), quienes postulan que el ejercicio excéntrico se repetido durante períodos de tiempo prolongados, disminuye la rigidez del complejo miotendinoso aumentando el ROM, condición que aminora la probabilidad de lesiones por distensión de la musculatura isquiotibial y a la vez fortalecimiento (Bourne et al., 2018), pues existe información de que la debilidad excéntrica tienen cinco veces más posibilidades de lesionarse que fascículos largos o que cuentan con una buena fuerza excéntrica, pues este tipo de ejercicios mejora la longitud y fuerza del músculo (Timmins, 2017).

Por otro lado, la técnica FNP también mejora de manera significativa el ROM post intervención $74 (\pm 3,8^\circ)$ a $93,27 (\pm 4,3^\circ)$, llegando a rangos articulares óptimos como lo establecen determinados autores, Kapandji (2002) establece la normalidad en 90° de flexión de cadera con rodilla extendida, mientras que Travell & Simons (2004) establecen como valores de normalidad aquellos que superen los 80° de flexión



pasiva de cadera con rodilla extendida, misma mejora ocurrida en el grupo peso muerto. Notarnicola et al., (2017) ha estudiado distintas técnicas de flexibilidad para determinar la forma más efectiva de aumentar el rango articular alterando las propiedades de extensibilidad del músculo siendo las técnicas de FNP una de estas, pero a pesar de los numerosos estudios realizados, aún existe controversia. Hasta el momento nuestros resultados están en línea con la evidencia anteriormente señalada donde los resultados apoyan la hipótesis de que el entrenamiento excéntrico también puede ser un método efectivo para aumentar el ROM de las extremidades inferiores. Sin embargo, no hubo cambios significativos respecto a OM $60,5 (\pm 1,5\%)$ a $65,7 (\pm 1,1\%)$.

Son escasos los estudios que utilicen la técnica NIRS aplicada a través del dispositivo Humon Hex®. La mayoría de la investigaciones disponibles han sido desarrolladas en deportistas varones juveniles (Seshadri, et al., 2019). Nuestros resultados, aportan con información descriptiva y comparativa del efecto de diferentes técnicas y protocolos de entrenamiento en la OM, utilizados en la preservación de la funcionalidad del miembro inferior en un segmento poco estudiado como son los deportistas seniors. Contribuyendo en el desarrollo investigativo y proponiendo líneas futuras en un área novel como es el uso de la tecnologías (NIRS) en el control y monitorización en personas mayores. Pudiendo ser utilizadas tanto en la prevención como en el tratamiento de las comorbilidades asociadas al envejecimiento, a través de la implementación de programas de entrenamiento.

CONCLUSIONES

El entrenamiento excéntrico y estiramiento estático mejoran el ROM de cadera, sin embargo, solo el entrenamiento excéntrico de la musculatura isquiotibial a través del ejercicio peso muerto, favorece la cinética de la oxigenación muscular del miembro inferior de jugadores senior de baloncesto.

LIMITACIONES

Las principales limitaciones de la investigación se asociaron al tamaño de la muestra para asegurar estadísticamente una distribución representativa de la población, incluida la falta de cegamiento, la homogeneidad del grupo, datos faltantes como el panículo adiposo de la zona isquiotibial. Se deberán

emplear pruebas de tiempo prolongado para evaluar los efectos a largo plazo.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaramos no tener conflictos de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Askling, C. M., Tengvar, M., & Thorstensson, A. (2013). Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *British journal of sports medicine*, 47(15), 953-959. doi:10.1136/bjsports-2013-092676
2. Ayala, F., Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., & Santonja, F. (2013). Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: descripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(3), 120-128. doi: 10.1016/S1888-7546(13)70046-7
3. Barber, L., Scicchitano, B. M., & Musaro, A. (2015). Molecular and Cellular Mechanisms of Muscle Aging and Sarcopenia and Effects of Electrical Stimulation in Seniors. *European Journal of Translational Myology*, 25(4), 231–236. doi: 10.4081/ejtm.2015.5227
4. Bourne, M. N., Timmins, R. G., Opar, D. A., Pizzari, T., Ruddy, J. D., Sims, C., ... & Shield, A. J. (2018). An evidence-based framework for strengthening exercises to prevent hamstring injury. *Sports Medicine*, 48(2), 251-267. doi: 10.1007/s40279-017-0796-x
5. Bourne, M. N., Williams, M. D., Opar, D. A., Al Najjar, A., Kerr, G. K., & Shield, A. J. (2017). Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *British journal of sports medicine*, 51(13), 1021-1028. doi: 10.1136/bjsports-2015-095739
6. Brughelli, M., Mendiguchia, J., Nosaka, K., Idoate, F., Los Arcos, A., & Cronin, J. (2010). Effects of eccentric exercise on optimum length of the knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer players. *Physical Therapy in Sport*, 11(2), 50-55. doi: 10.1016/j.ptsp.2009.12.002



7. Chang S-C, Adami A, Lin H-C, Lin Y-C, Chen CPC, Fu T-C, et al. (2020) Relationship between maximal incremental and high-intensity interval exercise performance in elite athletes. *PLoS ONE* 15(5):e0226313. doi:10.1371/journal.pone.0226313
8. Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. *Sports Medicine*, 47(5), 917-941. doi: 10.1007/s40279-016-0628-4
9. Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2016). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British journal of sports medicine*, 50(12), 731-737. doi: 10.1136/bjsports-2015-095359
10. Farzam, P., Starkweather, Z., & Franceschini, M. A. (2018). Validation of a novel wearable, wireless technology to estimate oxygen levels and lactate threshold power in the exercising muscle. *Physiological Reports*, 6 (7), e13664. doi: 10.14814/phy2.13664
11. Fiogbé, E., de Vassimon-Barroso, V., & de Medeiros Takahashi, A. C. (2017). Exercise training in older adults, what effects on muscle oxygenation? A systematic review. *Archives of gerontology and geriatrics*, 71, 89-98. doi: 10.1016/j.archger.2017.03.001
12. Fousekis, K., Tsepis, E., Poulmedis, P., Athanasopoulos, S., & Vagenas, G. (2011). Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *British journal of sports medicine*, 45(9), 709-714. doi: 10.1136/bjism.2010.077560
13. Gepner, Y., Wells, A. J., Gordon, J. A., Arroyo, E., Varanoske, A. N., Coker, N. A. ... Hoffmann, J.R., (2019). Differences in muscle oxygenation between young and middle-aged recreationally active men during high-volume resistance exercise. *Kinesiology*. 51(1), 3-11. doi: 10.26582/k.51.1.4
14. Grassi, B., & Quaresima, V. (2016). Near-infrared spectroscopy and skeletal muscle oxidative function in vivo in health and disease: a review from an exercise physiology perspective. *Journal of biomedical optics*, 21(9), 091313. doi: 10.1117/1.JBO.21.9.091313
15. Guex, K., Degache, F., Morisod, C., Saily, M., & Millet, G. P. (2016). Hamstring architectural and functional adaptations following long vs. short muscle length eccentric training. *Frontiers in Physiology*, 7,340. doi:10.3389/fphys.2016.00340
16. Hamaoka, T., & McCully, K. K. (2019). Review of early development of near-infrared spectroscopy and recent advancement of studies on muscle oxygenation and oxidative metabolism. *The Journal of Physiological Sciences*, 69(1), 799–811. doi: 10.1007/s12576-019-00697-2
17. Heiderscheid, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S., & Thelen, D. G. (2010). Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40(2), 67-81. doi: 10.2519/jospt.2010.3047
18. Hindle, K. B., Whitcomb, T. J., Briggs, W. O., & Hong, J. (2012). Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF): Its Mechanisms and Effects on Range of Motion and Muscular Function. *Journal of human kinetics*, 31, 105–113. doi:10.2478/v10078-012-0011-y
19. Hody, S., Croisier, J. L., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P. (2019). Eccentric muscle contractions: risks and benefits. *Frontiers in physiology*, 10,536. doi:10.3389/fphys.2019.00536
20. Ishøi, L., Krommes, K., Husted, R. S., Juhl, C. B., & Thorborg, K. (2020). Diagnosis, prevention and treatment of common lower extremity muscle injuries in sport—grading the evidence: a statement paper commissioned by the Danish Society of Sports Physical Therapy (DSSF). *British journal of sports medicine*, 54(9), 528-537. doi: 10.1136/bjsports-2020-102119
21. Izquierdo, M. (2019). Multicomponent physical exercise program: Vivifrail. *Nutricion Hospitalaria*, 36(Spec No2), 50-56. doi: 10.20960/nh.02680



22. Kapandji, A. I., & Lacomba, M. T. (1998). *Fisiologia articular 5 Ed. T. 2: Miembro inferior*.
23. Keating, X. D., Zhou, K., Liu, X., Hodges, M., Liu, J., Guan, J., Phelps, A., & Castro-Piñero, J. (2019). Reliability and Concurrent Validity of Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ): A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 16(21), 4128. doi: 10.3390/ijerph16214128
24. Lambertucci, R. H., Levada-Pires, A. C., Rossoni, L. V., Curi, R., & Pithon-Curi, T. C. (2007). Effects of aerobic exercise training on antioxidant enzyme activities and mRNA levels in soleus muscle from young and aged rats. *Mechanisms of ageing and development*, 128(3), 267-275. doi: 10.1016/j.mad.2006.12.006
25. Lempainen, L., Banke, I. J., Johansson, K., Brucker, P. U., Sarimo, J., Orava, S., & Imhoff, A. B. (2015). Clinical principles in the management of hamstring injuries. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(8), 2449-2456. doi: 10.1007/s00167-014-2912-x
26. Leuchtman, A. B., Mueller, S. M., Aguayo, D., Petersen, J. A., Ligon-Auer, M., Flück, M., ... & Toigo, M. (2020). Resistance training preserves high-intensity interval training induced improvements in skeletal muscle capillarization of healthy old men: a randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10. doi: 10.1038/s41598-020-63490-x
27. Liu, H., Garrett, W. E., Moorman, C. T., & Yu, B. (2012). Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: a review of the literature. *Journal of sport and health science*, 1(2), 92-101. doi:10.1016/j.jshs.2012.07.003
28. Lopez, P., Izquierdo, M., Radaelli, R., Sbruzzi, G., Grazioli, R., Pinto, R. S., & Cadore, E. L. (2018). Effectiveness of multimodal training on functional capacity in frail older people: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of aging and physical activity*, 26(3), 407-418. doi: 10.1123/japa.2017-0188
29. Mahieu, N. N., Mcnair, P., Cools, A. N. N., D'Haen, C., Vandermeulen, K., & Witvrouw, E. (2008). Effect of eccentric training on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(1), 117-123. doi:10.1152/jappphysiol.01313.2011
30. Marchetti, P. H., Miyatake, M. M., Magalhaes, R. A., Gomes, W. A., Da Silva, J. J., Brigatto, F. A., ... & Behm, D. G. (2019). Different volumes and intensities of static stretching affect the range of motion and muscle force output in well-trained subjects. *Sports biomechanics*, 1-10. doi: 10.1080/14763141.2019.1648540
31. Mendiguchia, J., Alentorn-Geli, E., & Brughelli, M. (2012). Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction?. *British journal of sports medicine*, 46(2), 81-85. doi:10.1136/bjism.2010.081695
32. Nelson R. T. (2006). A Comparison of the Immediate Effects of Eccentric Training vs Static Stretch on Hamstring Flexibility in High School and College Athletes. *North American journal of sports physical therapy : NAJSPT*, 1(2), 56-61.
33. Notarnicola, A., Perroni, F., Campese, A., Maccagnano, G., Monno, A., Moretti, B., & Tafuri, S. (2018). Flexibility responses to different stretching methods in young elite basketball players. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 7(4), 582-589. doi:10.11138/mltj/2017.7.4.582
34. Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports Medicine*, 42(3), 209-226. doi: 10.2165/11594800-000000000-00000
35. Organización Mundial de la Salud (2016). Acción multisectorial para un envejecimiento saludable basado en el ciclo de vida: proyecto de estrategia y plan de acción mundiales sobre el envejecimiento y la salud: Informe de la Secretaría (No. A69/17). Organización Mundial de la Salud.
36. Paredes-Ruiz, M. J., Jodar-Reverte, M., Ferrer-Lopez, V., & Martínez-González-Moro, I. (2020). Quadriceps Muscle Oxygenation during a Maximum Stress Test in Middle-Aged Athletes. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 9(2), Ahead-of. doi: 10.26773/mjssm.200908 i:
37. Seshadri, D. R., Li, R. T., Voos, J. E., Rowbottom, J. R., Alfes, C. M., Zorman, C. A., & Drummond, C. K. (2019). Wearable sensors for monitoring the



- internal and external workload of the athlete. *NPJ digital medicine*, 2(1), 1-18. doi: 10.1038/s41746-019-0149-2
38. Shi, S., Mörike, K., & Klotz, U. (2008). The clinical implications of ageing for rational drug therapy. *European Journal of Clinical Pharmacology*, 64(2), 183–199. doi: 10.1007/s00228-007-0422-1
39. Sintes, P.& Caparrós, T. (2019). Proposta d'un protocol de prevenció primària de les distensions dels isquiotibials de jugadors de futbol. *Apunts Sports Medicine*, 54(201), 19-26.
40. Soares, R. N., George, M. A., Proctor, D. N., & Murias, J. M. (2018). Differences in vascular function between trained and untrained limbs assessed by near-infrared spectroscopy. *European journal of applied physiology*, 118(10), 2241-2248. doi: 10.1007/s00421-018-3955-3
41. Soares, R. N., McLay, K. M., George, M. A., & Murias, J. M. (2017). Differences in oxidative metabolism modulation induced by ischemia/reperfusion between trained and untrained individuals assessed by NIRS. *Physiological reports*, 5(19), e13384. doi: 10.14814/phy2.13384
42. Stojanovic, M. D., & Ostojic, S. M. (2011). Stretching and injury prevention in football: current perspectives. *Research in sports medicine*, 19(2),73-91. doi:10.1080/15438627.2011.556476
43. Tanaka, L. Y., Bechara, L. R. G., dos Santos, A. M., Jordão, C. P., de Sousa, L. G. O., Bartholomeu, T., ... & Ramires, P. R. (2015). Exercise improves endothelial function: a local analysis of production of nitric oxide and reactive oxygen species. *Nitric Oxide*, 45, 7-14. doi: 10.1016/j.niox.2015.01.003
44. Thumala, D., Kennedy, B. K., Calvo, E., Gonzalez-Billault, C., Zitko, P., Lillo, P, & Slachevsky, A. (2017). Aging and health policies in Chile: new agendas for research. *Health Systems & Reform*, 3(4), 253-260. doi: 10.1080/23288604.2017.1353844
45. Timmins, R. (2017). Biceps femoris architecture: the association with injury and response to training. *British Journal of Sports Medicine*, 51(6), 547–548. doi: 10.1136/bjsports-2016-097044
46. Travell, J. G., y Simons, D. G. (2004). *Dolor y Disfunción Miofascial el Manual de Los Puntos Gatillo* (Vol. 2). Ed. Médica Panamericana.
47. Van der Horst N, Smits DW, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJ. The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2015;43(6):1316-23. doi: 10.1177/0363546515574057
48. Yu, B., Liu, H., & Garrett, W. E. (2017). Mechanism of hamstring muscle strain injury in sprinting. *Journal of sport and health science*, 6(2),130. doi: 10.1016/j.jshs.2017.02.002
49. Zhou, W.-S., Lin, J.-H., Chen, S.-C., & Chien, K.-Y. (2019). Effects of Dynamic Stretching with Different Loads on Hip Joint Range of Motion in the Elderly. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(1), 52–57.

