

Article

# Comparación de Diferentes Protocolos de Rodillos de Espuma sobre el Rango de Movimiento del Tobillo, la Fuerza, la Activación Muscular y el Rendimiento del Salto

Enrico Gori Soares<sup>1</sup>, Vinícius Martins Almeida<sup>2</sup>, Christine Megumi Wakuda de Abreu Vasconcelos<sup>1</sup>, João Henrique Barbosa de Jesus<sup>1</sup> y Charles Ricardo Lopes<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Young Men's Christian Association, Sorocaba, SP - Brazil

<sup>2</sup>Center for Exact and Technological Sciences - University Center of Viçosa, MG-Brazil

<sup>3</sup>Department of Science of Human Movement, Methodist University of Piracicaba, Piracicaba, SP - Brazil; <sup>4</sup>Adventist College of Hortolândia, Hortolândia, SP - Brazil

## RESUMEN

**Antecedentes:** El rodillo de espuma (FR, Foam Rolling) se ha utilizado ampliamente como un medio para aumentar de forma aguda el rango de movimiento (ROM) antes de las actividades de fuerza y potencia. Actualmente, pocos estudios han comparado el efecto de diferentes intensidades del FR sobre los cambios en la flexibilidad y la función neuromuscular. **Propósito:** El objetivo fue comparar el efecto agudo de diferentes protocolos de FR en el rango de movimiento del tobillo, la fuerza muscular, la activación muscular y el rendimiento del salto. **Métodos:** Diez hombres entrenados recreativamente ( $28 \pm 4$  años,  $175 \pm 5$  cm,  $81 \pm 13$  kg) y diez mujeres ( $29 \pm 4$  años,  $163 \pm 5$  cm,  $66 \pm 10$  kg) realizaron dos sesiones de recolección de datos que compararon cuatro diferentes protocolos de FR: rodillo liso unilateral (US), rodillo liso bilateral (BS), rodillo de rejilla unilateral (UG) y rodillo de rejilla bilateral (BG). Durante todos los protocolos, se rodó el tríceps sural durante 2 series de 60 seg con 60 seg de descanso entre series. La clasificación del dolor percibido (RPP) después del protocolo con el rodillo; La fuerza máxima (FM) durante una contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC), la activación muscular durante una MVIC y el rendimiento de salto con caída con una sola pierna (SLDJ), se midieron antes y después de cada condición. **Resultados:** La mayor RPP se informó en la condición UG y la menor RPP se informó en la condición BS. Todas las condiciones aumentaron el ROM del tobillo en un grado similar sin un efecto posterior sobre la FM, la actividad muscular y la altura del SLDJ. La condición de UG provocó un aumento en el tiempo de contacto del SLDJ. Nuestros datos indican que el FR usando diferentes combinaciones de patrón de superficie y técnicas de balanceo aumentó el ROM del tobillo sin un efecto posterior sobre el rendimiento del salto con caída, la fuerza del tríceps sural y la activación. **Conclusión:** En conclusión, se podría alentar a los médicos a utilizar el FR con molestias leves y usar una técnica bilateral para ahorrar tiempo.

# INTRODUCCIÓN

---

El *foam rolling* (FR) se ha utilizado ampliamente en la comunidad deportiva con el objetivo de aumentar el rango de movimiento (ROM) antes de las prácticas deportivas, especialmente las actividades de fuerza y potencia [1-6]. Es probable que la presión aplicada durante la técnica provoque cambios mecánicos en la unidad musculotendinosa (UMT) y alteraciones neurofisiológicas en el tono muscular que posteriormente aumenta el ROM sin afectar el rendimiento de la fuerza y la potencia [1-4]. El nivel de presión/intensidad durante el uso de FR puede controlarse prácticamente por la superficie del rodillo [7,8], la densidad de la espuma [9,10] y la técnica empleada (es decir, carga de peso bilateral o unilateral sobre el rodillo de espuma). Aunque el tipo de rodillo puede afectar la presión ejercida [10], Cheatham y cols. [9] informaron aumentos similares en el ROM de la rodilla y el umbral de dolor por presión (PPT) del cuádriceps después de realizar una serie de rodamientos con rodillos de espuma de densidad suave, media y alta. Sin embargo, en un estudio posterior, Cheatham y cols. [7] informaron que un rodillo de superficie tipo rejilla y de multinivel causaron mayores aumentos en el ROM de la rodilla y el PPT del cuádriceps en comparación con un rodillo de superficie lisa. Se sugiere que los nódulos en el rodillo de rejilla simulen los pulgares de un masajista y así provoquen una deformación más profunda del tejido [8]. Otra estrategia práctica para manipular la presión mientras se utiliza el FR es realizar el movimiento unilateralmente (en lugar de bilateralmente) sobre el rodillo. Realizar los ejercicios unilateralmente en lugar de bilateralmente aumentaría la presión ejercida aumentando simultáneamente la fuerza y disminuyendo el área de contacto con el músculo masajeador.

Según el conocimiento de los autores, hay un número limitado de estudios que investigan el efecto de la presión/intensidad del rodillo sobre el ROM [7-11], y sólo un estudio ha investigado los efectos sobre la fuerza, la activación muscular y el rendimiento del salto [11]. Grabow y cols. [11] compararon los efectos de la fuerza del masaje con rodillo en baja, moderada y alta en los parámetros del ROM, fuerza y salto. Las fuerzas ejercidas durante el protocolo del uso del rodillo correspondieron al 50, 70 y 90% de la tasa máxima de dolor percibido por los sujetos. Todas las intensidades aumentaron el ROM activo y pasivo de la rodilla sin afectar la fuerza máxima de flexión y extensión de la rodilla, la fuerza a 200 ms, la altura del salto con caída y el tiempo de contacto del salto con caída. Una observación importante en el estudio de Grabow y cols. [11] es que la intensidad fue controlada con precisión por un dispositivo personalizado especialmente diseñado para ejercer una fuerza constante durante el masaje con rodillos. A pesar de que este enfoque aumenta la validez interna del estudio, este puede no ser un enfoque práctico y accesible para manipular la intensidad/presión del rodillo de espuma.

Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo comparar el efecto agudo de diferentes protocolos de FR en el rango de movimiento del tobillo, la fuerza muscular, la activación muscular y el rendimiento del salto. Específicamente, comparamos cuatro combinaciones de patrón de superficie del rodillo (rodillo liso y rodillo tipo rejilla) y técnica de rodamiento (unilateral y bilateral). Con base en la literatura actual [7-11], se planteó la hipótesis de que todos los protocolos de FR aumentarían el ROM del tobillo, pero el mayor aumento podría ocurrir al usar el rodillo de rejilla. Sin embargo, no se esperó que se observaran cambios significativos en la fuerza máxima isométrica, la activación del tríceps sural y el rendimiento del salto con caída.

## MÉTODOS

---

### Enfoque experimental del problema.

Este estudio cruzado cuasialeatorio se realizó en tres sesiones separadas cada una por 48 a 72 horas. En la primera sesión se registraron los datos antropométricos de los participantes y se familiarizaron con los procedimientos experimentales. En concreto, se realizaron los mismos procedimientos realizados en la segunda y tercera sesión de recogida de datos. La única diferencia ocurrió en el protocolo de FR; cada una de las 2 series de 60" se realizaron con un *foam roller* diferente. Si la técnica FR no se consideraba satisfactoria, se realizaban series adicionales. La segunda y tercera sesión comenzaban con una entrada en calor en un cicloergómetro (5 minutos a 70-80 W con cadencia autoseleccionada) y se usaron para comparar los efectos de cuatro condiciones de masaje de FR del tríceps sural en el rango de movimiento pasivo del tobillo; altura del salto y tiempo de contacto durante un salto con caída de una sola pierna; fuerza máxima y actividad electromiográfica (gastrocnemio lateral y sóleo) durante una contracción isométrica voluntaria máxima (Figura 1). Las condiciones fueron las siguientes: rodillo liso unilateral (US), rodillo liso bilateral (BS), rodillo tipo rejilla unilateral (UG) y rodillo tipo rejilla bilateral (BG) (Figura 2B-E). El tipo de rodillo fue aleatorizado y equilibrado entre los participantes en la segunda y tercera sesión, sin embargo, la condición unilateral siempre se realizó primero y separada por 30 minutos de la condición bilateral para mantener constante el volumen del masaje con rodillo entre condiciones y evitar cualquier efecto contralateral en la pierna evaluada [12].

## Participantes

Se reclutó una muestra de conveniencia de veinte participantes entrenados en fuerza recreativamente (10 hombres, 28±4 años, 175±5 cm, 81±13 kg, y 10 mujeres, 29±4 años, 163±5 cm, 66±10 kg) para participar en este estudio. Todos los participantes tenían experiencia en entrenamiento de la fuerza durante al menos 1 año (mínimo 3 sesiones/semana) pero no reportaron usar un FR regularmente en la rutina de entrenamiento. Además, los participantes estaban libres de cualquier trastorno musculoesquelético existente; Antecedentes de lesión (con síntomas residuales de dolor o sensación de debilidad) en el tronco y miembros inferiores en el último año. Los participantes fueron informados de los riesgos y beneficios del estudio antes de cualquier recolección de datos y luego leyeron y firmaron un documento de consentimiento informado aprobado institucionalmente (Comité de Ética en Investigación de la Universidad Nove de Julho - São Paulo, Brasil - Protocolo # 2.551.060). Todos los procedimientos fueron de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

## Protocolo del uso del rodillo

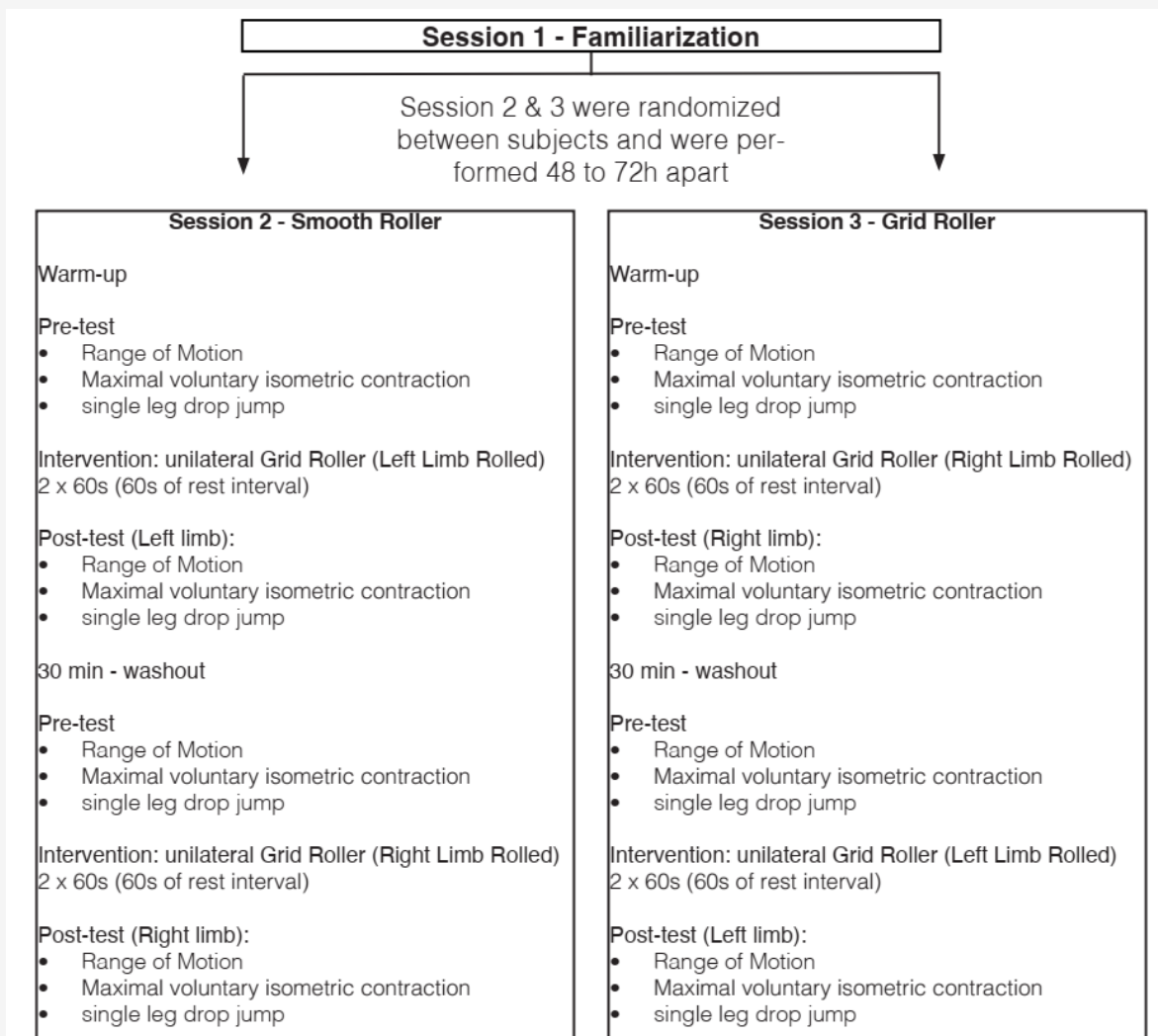
En este estudio se utilizaron dos tipos de rodillos: *Smooth Roller* (Six Plus Brasil, Modelo: Foam roller PRO 30, Dimensiones: 30x15x15cm) y *Grid Roller* (Proaction Brasil, Modelo: Deep relief, Dimensiones: 36x10x10cm) (Figura 2A). Los participantes rodaban desde la fosa poplítea hasta el tendón calcáneo en 3 etapas de 20 seg (regiones proximal, medial y distal del tríceps sural). Se realizaron dos series de 60 seg de masaje con rodillo separadas por 60 seg de reposo pasivo. La cadencia de rodamiento era autodeterminada, pero se instruyó a los participantes para que soportaran la mayor cantidad de peso posible sobre el rodillo.

## Valoración del dolor percibido (RPP)

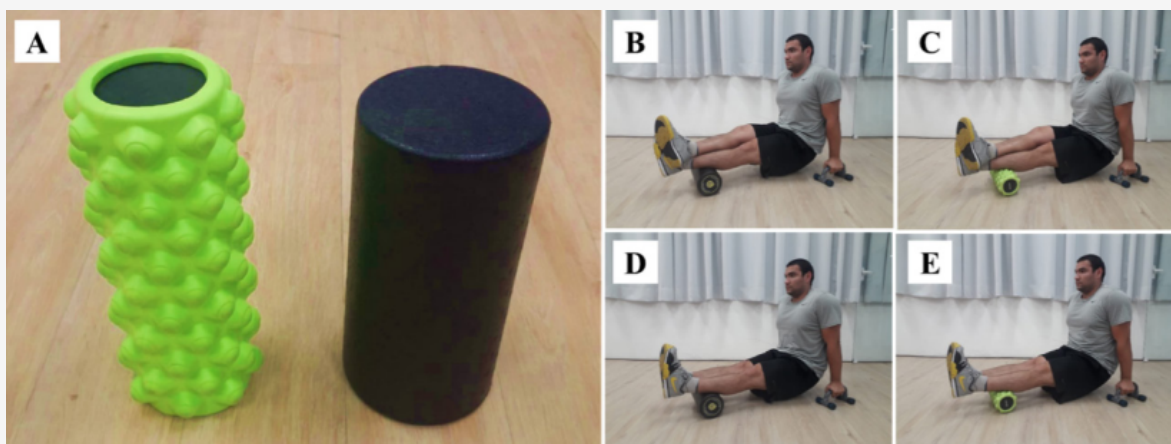
Se pidió a los sujetos que informaran sobre el dolor percibido inmediatamente después de cada protocolo con rodillo, en base a una escala imaginaria de 0 a 10, donde 0 representa ninguna molestia/dolor en absoluto, y 10 representa la máxima molestia/dolor tolerable.

## Rango de movimiento del tobillo (ROM)

Para acceder al ROM de la dorsiflexión del tobillo se utilizó la prueba de estocadas con carga siguiendo las recomendaciones de Konor y cols. [13]. Brevemente, los participantes se pararon descalzos con las manos colocadas en la pared separadas al ancho de los hombros. Se les indicó que se lanzaran hacia adelante hasta que la rótula tocara la pared. Los pies comenzaban a 10 cm de la pared y se indicaba al participante que se alejara progresivamente hasta que no pudiera tocar la pared sin levantar el talón del suelo. El ROM de dorsiflexión se midió utilizando un teléfono inteligente (Samsung J6) colocado en la tuberosidad tibial utilizando la aplicación móvil Climometer + Bubble Level (Plain Code, Inc.). Se realizaron tres intentos, separados por 1 min, para cada condición/momento y un valor de la media se utilizó en el análisis estadístico. El coeficiente de correlación intraclase (CCI) test-retest evaluado en la sesión de familiarización fue de 0.989.



**Figura 1.** Diseño experimental. ROM: rango de movimiento, MVIC: contracción isométrica voluntaria máxima, SLDJ: salto con caída con una sola pierna.



**Figura 2.** Rodillo tipo rejilla (izquierda) y rodillo liso (derecha) (A), rodillo liso unilateral (B), rodillo tipo rejilla unilateral (C), rodillo liso bilateral (D) y rodillo tipo rejilla bilateral (E).

## **Contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC)**

Los participantes se colocaron en un dispositivo de elevación de pantorrillas sentado (Pórtico Brasil, modelo: BD1009) con la articulación de la rodilla y el tobillo de la extremidad a evaluar flexionada a 90 grados. Se fijó una celda de carga de muestreo a 2000 Hz (EMG832C, sistema EMG Brasil, Brasil) al soporte de peso del dispositivo de elevación de la pantorrilla desde sentado. Para evitar movimientos extraños de la parte superior del cuerpo, se indicó a los participantes que mantuvieran los brazos cruzados frente al pecho. Se instruyó a los participantes para que generaran fuerza lo más rápido posible y mantuvieran una MVIC durante 5 seg. Se dio un fuerte estímulo verbal durante la MVIC. Se realizaron tres pruebas separadas por 1 min de intervalo de descanso. Los datos de fuerza-tiempo se analizaron con una rutina Matlab personalizada (MathWorks Inc., Massachusetts, EE. UU.). Los datos de fuerza-tiempo se filtraron en paso bajo a 10 Hz utilizando un filtro Butterworth de cuarto orden con retraso cero, luego, la fuerza máxima (FM) se definió como el valor más alto en el rango de 1-4 seg. La FM se cuantificó en kilogramo-fuerza (kgf). El valor medio de tres intentos de MVIC se utilizó en los análisis posteriores. El coeficiente de correlación intraclase (CCI) test-retest evaluado en la sesión de familiarización fue de 0.981.

## **Electromiografía integrada (iEMG)**

Se registraron señales electromiográficas de superficie (sEMG) del gastrocnemio lateral y el sóleo durante la prueba de MVIC. La piel de los participantes se preparó antes de colocar los electrodos sEMG. Se afeitó el bello en el sitio de colocación de los electrodos, se raspó y se limpió la piel con alcohol. Se usaron electrodos instantáneos duales desechables activos bipolares Ag/AgCl que tenían 1 cm de diámetro para cada área conductora circular con una separación de centro a centro de 2 cm. La colocación de los electrodos se orientó de acuerdo con las directrices de Electromiografía de superficie para la evaluación no invasiva de los músculos (SENIAM) [14]. Para el gastrocnemio lateral, el par de electrodos se colocaron a un tercio de distancia de la cabeza del peroné y la inserción del tendón de Aquiles, orientados en la dirección de la línea entre la cabeza del peroné y la inserción del tendón de Aquiles. Para el sóleo, el par de electrodos se colocaron a dos tercios de distancia entre el cóndilo medial del fémur y el maléolo medial, orientados en la dirección de la línea entre el cóndilo medial y el maléolo medial. Se colocó un electrodo de referencia en la clavícula del lado derecho. La colocación de los electrodos se marcó con tinta semipermanente para evitar diferencias en la colocación de los electrodos entre sesiones. Las señales sEMG fueron registradas por un sistema de adquisición electromiográfica (EMG832C, EMG system Brazil, Brasil) con una frecuencia de muestreo de 2000 Hz utilizando un software de diseño comercial (EMG System Brazil, São José dos Campos, Brasil). Se amplificó la actividad de sEMG (amplificador diferencial bipolar, impedancia de entrada = 2 M $\Omega$ , relación de rechazo de modo común > 100 dB min (60 Hz), ganancia x 20, ruido > 5  $\mu$ V) y conversión de analógico a digital (12 bits).

Los datos de sEMG se analizaron con una rutina Matlab personalizada (MathWorks Inc., Massachusetts, EE. UU.). Los datos de sEMG digitalizados se procesaron de acuerdo con el siguiente orden: el sEMG se filtró con paso de banda a 20-400 Hz utilizando un filtro Butterworth de cuarto orden con un retraso cero. Para el análisis del dominio del tiempo de la activación muscular, se calculó el RMS (ventana móvil de 200 ms) en el rango de 1-4 seg para evitar los efectos de los ajustes corporales y la fatiga. Luego, se integraron los datos sEMG (iEMG) en cada condición. El valor medio de tres ensayos de MVIC se utilizó para un análisis estadístico adicional. El coeficiente de correlación intraclase (CCI) test-retest evaluado en la sesión de familiarización fue de 0.944 para el gastrocnemio lateral y de 0.960 para el sóleo.

## **Salto con caída con una sola pierna (SLDJ)**

Los participantes se paraban en una plataforma de 20 cm y recibían instrucciones de caer y saltar sólo con la extremidad a evaluar. Para minimizar el efecto de la extremidad superior, se instruyó a los participantes para que mantuvieran las manos en la cintura. Se instruyó a los participantes para que rebotaran lo más "rápido y alto" posible al tocar el suelo. Se realizaron tres intentos separados por 1 min de descanso. La altura del salto y el tiempo de contacto se evaluaron utilizando una alfombra de contacto (Hidrofit Brasil, Modelo: Jump System). El valor medio de tres intentos se utilizó para un análisis estadístico adicional. El coeficiente de correlación intraclase (CCI) test-retest evaluado en la sesión de familiarización fue de 0.988 para la altura del salto y de 0.951 para el tiempo de contacto.

## **Análisis estadístico**

La normalidad y homogeneidad de las varianzas se verificaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Se calcularon la media, la desviación estándar (SD) y los intervalos de confianza (IC) del 95% cuando se confirmaba la normalidad de los datos. Se utilizó un análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA) para comparar el efecto de la condición y el tiempo en RPP, ROM, altura SLDJ, tiempo de contacto SLDJ, fuerza máxima, iEMG del gastrocnemio lateral y IEMG del sóleo. Las comparaciones *post hoc* se realizaron con la corrección de Bonferroni. Los supuestos de esfericidad se evaluaron mediante la prueba de Mauchly. Cuando se violaba la esfericidad ( $p < 0.05$ ), se aplicaba el factor de corrección de Greenhouse-Geisser. Además, los tamaños del efecto (ES) en ANOVA se evaluaron

utilizando *eta* cuadrado parcial ( $\eta^2p$ ), con  $<0.06$ ,  $0.06 - 0.14$  y  $>0.14$  indicando un efecto pequeño, mediano y grande, respectivamente. La fiabilidad test-retest de cada variable dependiente se evaluó calculando el coeficiente de correlación intraclase (CCI) en la sesión de familiarización. Todos los análisis se realizaron con el software SPSS-22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.). Se utilizó un nivel alfa del 5% para determinar la significación estadística. Las figuras se realizaron con el software GraphPad Prism versión 7.0 (La Jolla, CA, EE. UU.).

## RESULTADOS

### Calificación del dolor percibido (RPP)

La figura 3 muestra el RPP en las cuatro condiciones de uso del rodillo. El ANOVA de medidas repetidas reveló un efecto significativo de la condición ( $F_{1,512} = 28.728$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2p = 0.491$ ). La condición de BS causó menos RPP que las otras condiciones (BS vs US:  $p < 0.001$ , 95% IC [0.84, 2.35]; BS vs BG:  $p = 0.025$ , 95% IC [0.17, 3.62]; BS vs UG:  $p < 0.001$ , 95% IC [1.73, 5.36]). La condición UG provocó un mayor RPP que las otras condiciones (UG vs US:  $p = 0.007$ , 95% IC [0.44, 3.45]; UG vs BG:  $p < 0.001$ , 95% IC [0.77, 2.51]). No hubo diferencias significativas entre las condiciones de US y BG ( $p = 1.000$ , IC del 95% [-1.78, 1.18]).

### Rango de movimiento (ROM)

El ANOVA de medidas repetidas reveló un efecto significativo del tiempo ( $F_{1,19} = 41.412$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2p = 0.728$ ) pero no de la condición\*tiempo ( $F_{1,773} = 33.687$ ,  $p = 0.699$ ,  $\eta^2p = 0.017$ ) sobre el ROM. El ROM aumentó de antes a después de la prueba en la condición de BS ( $p = 0.004$ , IC del 95% [0.41, 1.93]), condición de US ( $p < 0.001$ , IC del 95% [0.82, 1.57]), condición de BG ( $p = 0.034$ , IC del 95% [0.07, 1.68]), y condición de UG ( $p = 0.029$ , IC del 95% [0.09, 1.54]) (Tabla 1).

### Fuerza máxima (FM)

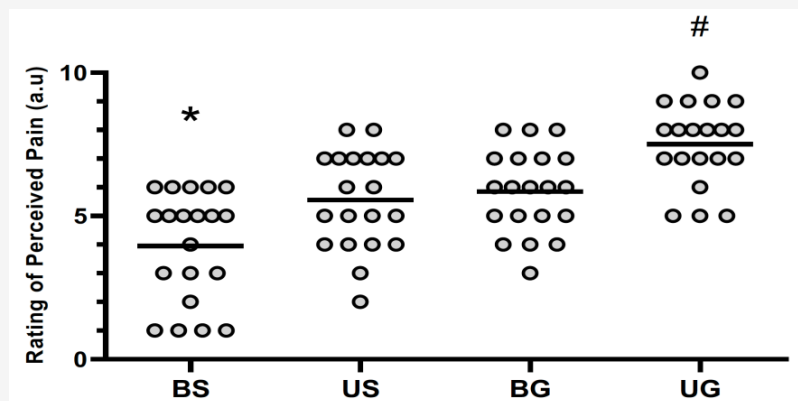
El ANOVA de medidas repetidas no reveló ningún efecto significativo del tiempo ( $F_{1,19} = 4.618$ ,  $p = 0.065$ ,  $\eta^2p = 0.196$ ) y condición\*tiempo ( $F_{3,57} = 0.424$ ,  $p = 0.737$ ,  $\eta^2p = 0.196$ ) sobre la FM (Tabla 1).

### Electromiografía integrada (iEMG)

El ANOVA de medidas repetidas no reveló ningún efecto significativo del tiempo ( $F_{1,19} = 0.222$ ,  $p = 0.643$ ,  $\eta^2p = 0.012$ ) ni de la condición\*tiempo ( $F_{3,57} = 0.830$ ,  $p = 0.483$ ,  $\eta^2p = 0.042$ ) sobre la iEMG del gastrocnemio lateral. Además, el ANOVA de medidas repetidas no reveló ningún efecto significativo del tiempo ( $F_{1,19} = 0.998$ ,  $p = 0.330$ ,  $\eta^2p = 0.050$ ) y condición\*tiempo ( $F_{3,57} = 0.435$ ,  $p = 0.615$ ,  $\eta^2p = 0.022$ ) en la iEMG del sóleo (Tabla 1).

### Salto con caída con una sola pierna (SLDJ)

El ANOVA de medidas repetidas no reveló ningún efecto significativo del tiempo ( $F_{1,19} = 3.249$ ,  $p = 0.090$ ,  $\eta^2p = 0.144$ ) y condición\*tiempo ( $F_{1,19} = 0.880$ ,  $p = 0.457$ ,  $\eta^2p = 0.044$ ) sobre la altura del salto. El ANOVA de medidas repetidas reveló un efecto significativo del tiempo ( $F_{1,19} = 7.585$ ,  $p = 0.013$ ,  $\eta^2p = 0.285$ ) pero no de la condición\*tiempo ( $F_{3,57} = 1.214$ ,  $p = 0.313$ ,  $\eta^2p = 0.060$ ) sobre el tiempo de contacto. El análisis *post-hoc* reveló que el tiempo de contacto aumentó desde antes hasta después de la prueba sólo en la condición UG ( $p = 0.018$ , IC del 95% [4.71, 44.92]) (Tabla 1).



**Figura 3.** Valores medios e individuales de la calificación del dolor percibido. \* Significativamente menor que las otras condiciones ( $p < 0.05$ ), # Significativamente mayor que las otras condiciones ( $p < 0.05$ ), US - rodillo liso unilateral, BS - rodillo liso bilateral, UG - rodillo tipo rejilla unilateral y BG - rodillo tipo rejilla bilateral.

**Tabla 1.** Media  $\pm$ SD de las medidas. US - rodillo liso unilateral, BS - rodillo liso bilateral, UG - rodillo tipo rejilla unilateral y BG - rodillo tipo rejilla bilateral.

\* Diferencia significativa del pre al post-test ( $p < 0.05$ ).

Variables	Pre-Test	Post-Test	MD (95% CI)	Time p	Time*Group p
<b>Range of motion (<math>^{\circ}</math>)</b>					
BS	50 $\pm$ 6	51 $\pm$ 6*	1.1 (0.411-1.932)	>0.001	0.699
US	50 $\pm$ 7	51 $\pm$ 8*	1.1 (0.820-1.577)	0.004	
BG	50 $\pm$ 7	51 $\pm$ 7*	0.9 (0.074-1.683)	0.034	
UG	50 $\pm$ 6	51 $\pm$ 7*	0.8 (0.96-1.547)	0.029	
<b>Peak force (kgf)</b>					
BS	36.2 $\pm$ 13.5	35.8 $\pm$ 13.3	0.35 (-1.896-1.194)	0.640	0.737
US	35.2 $\pm$ 12.5	33.5 $\pm$ 12.3	1.72 (-0.192-3.634)	0.075	
BG	38.1 $\pm$ 14.6	37.3 $\pm$ 15.4	0.73 (-1.023-2.487)	0.393	
UG	36.5 $\pm$ 12.6	35.7 $\pm$ 12.5	0.78 (-1.323-2.890)	0.446	
<b>Gastrocnemius lateralis IEMG (V.s)</b>					
BS	0.75 $\pm$ 0.26	0.76 $\pm$ 0.27	0.009 (-0.041-0.022)	0.546	0.483
US	0.67 $\pm$ 0.21	0.65 $\pm$ 0.22	0.016 (-0.023-0.055)	0.397	
BG	0.71 $\pm$ 0.23	0.71 $\pm$ 0.25	0.002 (-0.033-0.029)	0.906	
UG	0.72 $\pm$ 0.27	0.74 $\pm$ 0.29	0.020 (-0.055-0.015)	0.252	
<b>Soleus IEMG (V.s)</b>					
BS	0.62 $\pm$ 0.19	0.65 $\pm$ 0.31	0.030 (-0.114-0.055)	0.470	0.615
US	0.65 $\pm$ 0.24	0.69 $\pm$ 0.36	0.044 (-0.117-0.089)	0.498	
BG	0.66 $\pm$ 0.26	0.64 $\pm$ 0.27	0.016 (-0.019-0.051)	0.345	
UG	0.59 $\pm$ 0.20	0.61 $\pm$ 0.20	0.019 (0.037-0.002)	0.340	
<b>Single-leg drop jump height (cm)</b>					
BS	13.0 $\pm$ 5.7	12.5 $\pm$ 4.9	0.49 (-0.100-1.083)	0.098	0.457
US	11.8 $\pm$ 4.4	11.8 $\pm$ 4.3	0.13 (-0.562-0.589)	0.962	
BG	12.2 $\pm$ 5.4	11.8 $\pm$ 5.3	0.39 (-0.085-0.872)	0.102	
UG	12.2 $\pm$ 4.2	11.9 $\pm$ 4.0	0.24 (-0.668-0.185)	0.250	
<b>Single-leg drop jump contact time (ms)</b>					
BS	383 $\pm$ 82	399 $\pm$ 77	15 (-2.549-33.082)	0.089	0.313
US	375 $\pm$ 73	385 $\pm$ 66	9 (-5.520-23.753)	0.208	
BG	383 $\pm$ 97	392 $\pm$ 89	8 (-4.743-21.337)	0.198	
UG	369 $\pm$ 78	394 $\pm$ 88*	24 (4.713-44.921)	0.018	

## DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue comparar el efecto agudo de diferentes protocolos del uso de FR sobre el rango de movimiento del tobillo, la fuerza muscular, la activación muscular y el rendimiento del salto. Específicamente, comparamos cuatro combinaciones de patrón de superficie del rodillo (rodillo liso y rodillo tipo rejilla) y técnica de rodamiento (unilateral y bilateral). A pesar de las diferencias en la tasa de dolor percibido ( $GU > GB \approx US > SB$ ), todas las condiciones aumentaron de manera similar el ROM del tobillo sin un efecto posterior en la fuerza máxima, la activación muscular y la altura del salto.

El ROM del tobillo aumentó en una medida similar ( $\sim 1^\circ$ ) después de todas las condiciones de rodamiento, a pesar de las diferencias en la técnica de dicho rodamiento, el patrón de la superficie y la tasa de dolor percibido. Estudios previos también han informado un aumento pequeño pero significativo en el ROM del tobillo después de turnos de FR [12,15-17] y masajeador con rodillos [18]. Aparentemente, el músculo tríceps sural es menos susceptible a los efectos agudos del uso de FR [19]. En el metanálisis de Wilk y cols. [19] observaron un efecto más fuerte del FR de los isquiotibiales en comparación con los músculos tríceps sural en pruebas de ROM específicas para las articulaciones. Los estudios mencionados anteriormente [12,15,18] informaron aumentos medios en el ROM en la estocada con carga de peso que oscilaron entre 0.4 cm y 1.2 cm. Tal aumento puede considerarse pequeño/trivial para la población sana, pero podría considerarse clínicamente relevante para las personas con un ROM de tobillo limitado (por ej., al hacer sentadillas) [20] y en un entorno de rehabilitación.

Además, el aumento en el ROM parece ser similar cuando se utilizan diferentes intensidades del masajeador de rodillos [11] y diferentes densidades de rodillo de espuma [9]. Grabow y cols. [11] usaron un dispositivo hecho a medida para aplicar presión constantemente durante el masajeador de rodillos. Observaron un aumento similar en el ROM de la rodilla (prueba de estocada de rodillas) después de tres series de 60 seg de masaje con rodillos del cuádriceps a intensidades correspondientes a  $3.9/10 \pm 0.64$  (baja),  $6.2/10 \pm 0.64$  (moderada) y  $8.2/10 \pm 0.44$  (alta) del RPP de los sujetos. Además, observaron pequeñas correlaciones entre el RPP de los sujetos y el aumento del ROM ( $0.29 < r < 0.321$ ). Cheatham y Stull [9] observaron un aumento similar en el ROM de la rodilla (prueba de flexión de la rodilla en decúbito prono) después de dos minutos de rodillo de espuma sobre el cuádriceps con tres rodillos de espuma de diferente densidad (blando, medio y duro). Sin embargo, en el siguiente estudio que utilizó procedimientos similares (tiempo de rodamiento y prueba de ROM) Cheatham y Stull [7] observaron un mayor aumento en el ROM de la rodilla cuando el rodamiento se realizó con un rodillo tipo rejilla ( $+5.9^\circ$ ) y uno con espuma multinivel ( $+5.5^\circ$ ) que con un rodillo liso ( $+2.9^\circ$ ). Por el contrario, el presente estudio observó un aumento similar en el ROM independientemente del tipo de superficie del rodillo de espuma. En conjunto, el presente y los estudios anteriores indican que el ROM aumenta después de un turno de rodillo de espuma o masajeador de rodillos, sin embargo, la manipulación de la intensidad del rodillo mediante diferentes estrategias (es decir, fuerza de rodamiento, densidad del rodillo y superficie del rodillo) debe investigarse más a fondo.

El aumento agudo en el ROM después de un ejercicio de rodillo de espuma generalmente se explica por una combinación de procesos mecánicos y neurofisiológicos [2-5,21]. Al principio, el rodillo de espuma se describió en la literatura como una práctica de "liberación auto-miofascial" [5,15,21-23]. Estudios previos han observado una disminución en la rigidez de la unidad musculotendinosa (MTU) [24,25] y el módulo elástico [26]. Por ejemplo, Chang y cols. [25] observaron un aumento en el ROM de la dorsiflexión del tobillo y una disminución en la rigidez del complejo del tendón de Aquiles-gastrocnemio siguiendo un protocolo de rodamiento similar (3 series de 1 min de FR unilateral con superficie tipo rejilla) al presente estudio. Por otro lado, otros estudios indican que la rigidez de la MTU [27] y la longitud del fascículo de la MTU no se ven afectadas [28] después de un turno de FR. Por lo tanto, es posible que el término "autoliberación miofascial" sea engañoso [2]. Una explicación más aceptada para el aumento agudo del ROM después de una serie de uso de rodillos de espuma es un aumento global en la tolerancia al estiramiento/dolor combinado con una reducción global en el tono muscular [2-4].

Ninguna de las técnicas de uso de FR utilizadas en el presente estudio afectó la altura del salto con caída, la fuerza máxima de flexión plantar y la activación del tríceps sural. La única diferencia observada en el presente estudio fue un aumento en el tiempo de contacto del salto con caída después de la condición de UG. Sin embargo, no hubo diferencias significativas dentro de las condiciones en el mismo punto de tiempo ni efecto de la condición de UG sobre la altura del salto. Los resultados son similares a los de estudios previos que no observaron cambios significativos en las medidas de fuerza, activación muscular y rendimiento del salto después de una sesión de rodillos de espuma [1,6,8,29,30]. Jones y cols. [29], Baumgart y cols. [31], y Smith y cols. [32] no observaron cambios en el rendimiento del salto con contramovimiento después de una, dos y tres series de 30 seg de FR en los músculos principales de las extremidades inferiores, respectivamente. Behara y Jacobson [8] no encontraron diferencias significativas en el torque isométrico pico y promedio de extensión de piernas luego de 1 min de uso de FR para los isquiotibiales, cuádriceps, glúteos e isquiotibiales. MacDonald y cols. [33] no encontraron diferencias significativas en la fuerza máxima de extensión isométrica de la pierna, la tasa de desarrollo de la fuerza y la actividad del recto femoral después de 2 series de 1 min de uso de FR para los



cuádriceps. Finalmente, de manera similar a los hallazgos del presente estudio, Grabow y cols. [11] tampoco observaron deterioros en el rendimiento de la fuerza y del salto después de tres series de 60 seg de masaje con FR en diferentes niveles de percepción del dolor. Por otro lado, el uso de FR puede disminuir la resistencia a la fuerza cuando se realiza entre series de entrenamiento de la fuerza. Monteiro y Corrêa Neto [34] observaron una disminución en el número máximo de repeticiones realizadas en la máquina de extensión de rodilla sentado cuando se realizaron turnos de FR entre series. Por lo tanto, el uso de FR puede ejercer una mayor influencia en las tareas de resistencia a la fuerza, como las repeticiones hasta el fallo, que las tareas máximas únicas, como la MVIC y los saltos. Esta hipótesis necesita un análisis más detenido.

La generalización de los hallazgos del presente estudio debe dar cuenta de sus principales limitaciones y delimitaciones. Existe la posibilidad de un efecto cruzado/no local de la condición unilateral en el resultado de la condición bilateral [12,16,31,35]. Sin embargo, se seleccionó el diseño cruzado cuasialeatorio para reducir el tiempo y el costo del estudio [36]; además, el período de "lavado" de 30 min se consideró suficiente teniendo en cuenta que el efecto cruzado del uso de FR en el ROM de la extremidad contralateral aparentemente se disipa en 10-15 min [12]. Las personas de diferentes edades, condiciones de salud y niveles de entrenamiento pueden responder de manera diferente a las que componen nuestra muestra (adultos sanos entrenados en fuerza). Finalmente, la evaluación sEMG, las pruebas isométricas y el SLDJ se realizaron en puntos anatómicos específicos, posiciones articulares y alturas de caída. Posiblemente, los resultados divergirían si se seleccionaran diferentes ubicaciones de electrodos o si se probaran diferentes posiciones de articulaciones y de alturas de caída.

## CONCLUSIÓN

---

En conclusión, el FR usando diferentes combinaciones de patrón de superficie y técnicas de rodamiento aumenta el ROM del tobillo en una medida similar sin un efecto posterior sobre el rendimiento del salto con caída, la fuerza y la activación del tríceps sural. Por lo tanto, es razonable animar a los profesionales a utilizar el FR bilateralmente y con un rodillo liso para disminuir la incomodidad y ahorrar tiempo.

## RECOMENDACIONES FUTURAS

---

Los estudios futuros pueden examinar los efectos prolongados y crónicos del uso de FR (en lugar de inmediatamente después del uso de FR) sobre el ROM, la fuerza y el rendimiento de potencia. Además, sería interesante investigar los efectos de diferentes combinaciones de volumen e intensidad del uso de FR (por ej., mayor intensidad con menor duración del FR y viceversa).

## AGRADECIMIENTOS

---

Los autores agradecen el esfuerzo y la disponibilidad de los participantes inscriptos en el proyecto. También agradecemos a la Asociación Cristiana de Hombres Jóvenes (YMCA-Sorocaba) por brindarnos el espacio para llevar a cabo este estudio.

## REFERENCIAS

---

1. Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original (Comparison of Different Foam Rolling Protocols on Ankle Range of Motion, Strength, Muscle Activation, and Jump Performance. International Journal of Strength and Conditioning). <https://doi.org/10.47206/ijsc.v2i1.97>.

### Cita Original

Soares, E. G., Almeida, V. M., Vasconcelos, C. M. W. A., Jesus, J. H. B., Lopes, C. R. (2022). Comparison of Different Foam Rolling Protocols on Ankle Range of Motion, Strength, Muscle Activation, and Jump Performance. International Journal of

