

Alterations in plantar pressure after a protocol of neuromuscular fatigue in isoinertial machine

Alteraciones en la presión plantar posterior a un protocolo de fatiga neuromuscular en máquina isoinercial

Leonardo Rodríguez Perdomo^{1*}, Camilo Andrés Rincón Yepes², Miller Esneyder Vargas Santiago³

¹ The National Training Service (SENA), Medellín Campus, Medellín, Colombia

² Run for life, Colombia

³ CenRED, Colombia

* Correspondence: Leonardo Rodríguez Perdomo; leonardpersonal@misena.edu.com

ABSTRACT

The objective of the present study sought to establish the differences presented in the plantar footprint after applying a neuromuscular fatigue protocol. A total of 10 healthy male athletes with an approximate age of 21 years were evaluated for the morphological component, with the Tanita BC585F® equipment (variables: weight Kg, fat KG, muscle Kg and bone Kg). In the fatigue protocol, the isoinertial Squat RSP® equipment was used. For the baropodometry test, both in the pre-test and in the post-test, the EcoWalk equipment was used. R-Type® pressure variables were taken for both feet, such as mean pressure, contact surface, anterior, posterior, right lateral and left lateral distribution. No significant differences were found in the pre and post test of the baropodometry test with a $p > 0.05$. Significant correlations were found between the morphological component and the baropodometry with a $p < 0.05$.

KEYWORDS

Baropodometry; Stability; Center of mass; Contact surface; Isoinertial.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue establecer las diferencias que se presentan en la huella plantar tras aplicar un protocolo de fatiga neuromuscular. Un total de 10 deportistas varones sanos con una edad aproximada de 21 años fueron evaluados para el componente morfológico, con el equipo Tanita BC585F® (variables: kg de peso, kg de grasa, kg de músculo y kg de hueso). En el protocolo de fatiga

se utilizó el equipo isoinercial Squat RSP®. Para la prueba de baropodometría, tanto en el pre-test como en el post-test, se utilizó el equipo EcoWalk. Se tomaron variables de presión R-Type® para ambos pies, como presión media, superficie de contacto, distribución anterior, posterior, lateral derecha y lateral izquierda. No se encontraron diferencias significativas en el pre y post test de la prueba de baropodometría con una $p > 0.05$. Se encontraron correlaciones significativas entre el componente morfológico y la baropodometría con una $p < 0.05$.

PALABRAS CLAVE

Baropodometría; Estabilidad; Centro de masa; Superficie de contacto; Isoinercial.

1. INTRODUCCIÓN

La baropodometría es un método de exploración para la evaluación del comportamiento de la huella plantar, como lo reporta Baumfeld et al. (2017). Este método permite identificar todos los componentes de apoyo y niveles de presión de la carga según Machado et al. (2016). Otros autores como Nirenberg et al. (2018), Alves et al. (2018) manifiestan que la evaluación de la huella plantar puede abarcarse desde una posición erguida estática sin que esta pierda su rigurosidad, permitiendo reportar los valores dentro de los parámetros de normalidad con un alto nivel de confiabilidad como lo reporta Costa et al. (2019).

La baropodometría se ha utilizado para generar procesos de intervención terapéutica, afectando directamente la salud de los pacientes reportado en los estudios de Baumfeld et al. (2018); de la misma forma Machado et al. (2016) reporta estudios en jóvenes y adultos mayores, mostrando diferentes niveles de sensibilidad en la toma total de los puntos de apoyo del pie. En el área de la prevención de lesiones durante la carrera Mann et al. (2016) determina que la baropodometría es una herramienta válida para acciones de prevención; puesto que al identificar la posición del baricentro corporal se determina la distribución y predominancia de este, infiriendo en el hecho que una distribución no equitativa hacia alguno de los segmentos corporales afectará el desempeño en carrera y otras modalidades deportivas.

En los diferentes estudios de investigación de Fornari (2018) se ha encontrado una fuerte asociación de la presión de huella plantar y sus componentes, frente a patologías de tipo postural, hablando de equilibrio, problemas reumatológicos, rodillas, tobillos y presencia de dolor de espalda baja. No obstante, algunos autores muestran una asociación entre los factores extrínsecos como intrínsecos cuando se refiere a la modificación postural así ha sido manifestado por Mazzocchi et al.

(2014), sin perder la asociación de las afectaciones posturales con la activación abdominal y comportamental reportado en el estudio de Peña & Perdomo (2018). Por otra parte Bellizzi et al. (2011) plantea que la modificación postural se debe a que la corteza cerebral envía señales a las diferentes estructuras que controlan los sentidos, como a otros lugares del cuerpo como, tendones, ligamentos, músculos, los cuales se alteran por movimientos que el cuerpo no se ha adaptado investigaciones respaldadas por los resultados reportados por Cardoso (2019).

La contracción concéntrica es manifestada cuando un músculo busca vencer y supera una fuerza al momento del acortamiento según Simmons (2016). La contracción excéntrica es manifestada cuando la resistencia externa vence al músculo, pero se puede controlar el movimiento dando como resultado una acción de alargamiento (Sinha et al., 2020). Según se evidencia en la investigación de (Hedayatpour & Falla, 2015) la contracción excéntrica es el proceso de alargamiento de la fibra muscular sometido bajo tensión, donde dicho proceso al ser observado desde varios aspectos ofrece adaptaciones y modulaciones en diferentes niveles como lo fisiológico, bioquímico y neural lo cual está ampliamente documentado bajo la literatura científica; si bien el objetivo de este artículo no es ahondar en estos procesos, es pertinente mencionar algunas de las adaptaciones más relevantes a las cuales se ve sometido el organismo producto de este tipo de contracciones en donde el organismo responde de una manera particular respecto a las contracciones concéntricas e isométricas.

En el mismo orden de ideas, las contracciones excéntricas favorecen a la eficiencia energética debido que al activar menos puentes cruzados de proteínas contráctiles entre actina y miosina y dar mayor sollicitación a la titina como proteína estabilizadora, conlleva al mismo tiempo procesos adaptativos del orden neural mejorando la frecuencia de disparo para el reclutamiento de fibras glucolíticas en comparación a las contracciones concéntricas, haciendo que el sistema nervioso central opte por mecanismos de sollicitación motora más eficientes, adaptándose así a la tarea impuesta con base a la intensidad y tipo de contracción demandada por la musculatura involucrada (Douglas et al., 2017). No obstante, el objetivo de este estudio de investigación no es profundizar en las adaptaciones que se ve sometido el organismo producto de dicha contracción muscular, pero si mencionar cómo este tipo de entrenamiento favorece en la mejora de la potencia, fuerza e hipertrofia muscular.

Por otra parte, numerosas investigaciones (Beato & Dello Iacono, 2020) reportan que el entrenamiento excéntrico es eficaz para inducir adaptaciones positivas en deportistas, desencadenando una respuesta fisiológica, neural, molecular, en el aumento del grosor muscular y síntesis proteica. (Zamparo et al., 2015) demuestra como las contracciones excéntricas tienen ventaja frente a las contracciones concéntricas e isométricas, debido a que hay una mayor producción de fuerza y ahorro de energía, generando una mayor eficiencia, debido a que se requieren menos unidades motoras para producir la

misma fuerza (Beato & Dello Iacono, 2020). Dicha metodología de entrenamiento podría inducir aumentos en la potenciación post activación para la mejora del rendimiento en esfuerzos submáximos como carreras de velocidad, salto vertical y natación, sin embargo (Beato et al., 2019), demuestran que necesitan futuras investigaciones que aclaren los mecanismos neuromusculares agudos de dicho fenómeno.

Igualmente cabe destacar que el entrenamiento excéntrico produce una mayor fatiga, la cual es la incapacidad de generar fuerza de manera eficiente y sostenida, debido a unos factores metabólicos como el aumento de hidrogeniones, lactato, fosfatos inorgánicos y especies reactivas de oxígeno, los cuales desencadenan una disminución del acoplamiento- excitación del calcio en el retículo sarcoplasmático, (Naughton et al., 2018) demuestran que las contracciones excéntricas producen más micro lesiones focales de las fibras musculares, por un aumento de la tensión mecánica, comparada con las contracciones concéntricas e isométricas, lo cual influye en un entorno de inflamación, rigidez, dolor, reducción del rango de movimiento y disminución de la función propioceptiva (Sonkodi et al., 2020).

El orden de reclutamiento de unidades motoras a través del sistema nervioso central es mayor en las contracciones máximas excéntricas vs concéntricas douglas et al. (2017), debido a que tiene patrones motores únicos, mayor grado de dificultad como un mecanismo de reducción de riesgo de lesiones Walker et al. (2016), o en el tratamiento de tendinopatías en los procesos de rehabilitación deportiva, también se ha evidenciado que dichas acciones excéntricas ayudan a prevenir múltiples riesgos en las distensiones de los isquiotibiales debido a factores como déficit de fuerza, pérdida del rango de movilidad articular, alteraciones en la postura (Beatty et al., 2017) .Por otro lado, en un meta análisis Jalal et al. (2016) reporto la activación muscular isoinercial y elástica con el fin de comparar los dos modos de entrenamiento de fuerza, donde concluyeron que las adaptaciones musculares son relativamente similares si se emplea las mismas cargas de resistencia, también Lima et al. (2018) demostró un comportamiento similar en adultos mayor.

Basado en lo anterior se busca establecer las modificaciones en la huella plantar estática con un Pre y post-Test, mediante la intervención de un protocolo de fatiga periférica neuromuscular, buscando encontrar modificaciones significativas que permitan entender como la fatiga genera algunas alteraciones o imbalances en la presión plantar estática con relación a la postura de algunos sujetos de estudio en una acción deportiva que cumpla con estos parámetros.

2. MÉTODOS

El presente, un estudio transversal descriptivo (cross-sectional transversal), orientado a determinar las diferencias presentes en un pre-post test de baropodometría con un protocolo de fatiga neuromuscular en equipo isoinercial.

2.1. Participantes

Como criterio de inclusión y selección de la muestra se realizó por convocatoria abierta voluntaria en una universidad de la ciudad de Bogotá, se tomaron como muestra final diez hombres, con edades comprendidas entre los 21 y 24 años de edad, sujetos aparentemente sanos, mayores de edad, que realizan entrenamiento dirigido al fútbol continuo, mínimo tres veces por semana. Como criterios de exclusión se verificó que la población no presentara ninguna lesión de tipo músculo esquelético, articular o que allá reportado lesiones que a un no se hallan tratado, afectaciones de tipo cognitivo, amputación de alguna extremidad y afectaciones posturales diagnosticadas por área médica especialista, patología metabólica y cardiovascular.

Posteriormente se aplicó un consentimiento informado, con el fin de que se cumplieran todas las normas de investigación según la carta de Helsinki (Stewart & Reider, 2016).

2.2. Procedimiento

Los sujetos fueron citados en horas de la mañana, antes del inicio de las pruebas se le interrogaba frente al cumplimiento de los parámetros requerido para presentar los test, debían haber dormido 7 a 8 horas, no haber realizado ningún tipo de actividad física en las últimas 24 horas, no haber consumido ningún estimulante que produzca alteraciones del sistema nervioso, se prohibió consumo de tabaco, café o energizante. Las pruebas se dividieron en dos, pruebas de composición corporal y pruebas funcionales en equipos de alta tecnología. Solo se midieron los sujetos que cumplieron con los parámetros requeridos del protocolo anteriormente mencionado.

2.3. Instrumentos

Las pruebas de composición corporal se realizaron con una Tanita BC585F operación estadística respalda por Rodríguez et al. (2020). Se sacaron resultados de Peso, Talla, Porcentaje de grasa, Masa Muscular en Kilogramos y Grasa Visceral. Las pruebas funcionales aplicadas buscaban evaluar la presión plantar de forma estática con el uso de equipo EcoWalk modelo R-Type®, equipos utilizado en el estudio de Rey et al. (2018), las pruebas se tomaron en posición natural erguida, sin

influnciar en la postura natural de cada uno de los sujetos de estudio, Posteriormente se realizó un calentamiento general cardiovascular que consistía en realizar un trote progresivo en banda sin fin durante 8 minutos en un escala de esfuerzo (5), luego se realizaron una serie de ejercicios de miembros inferiores como sentadilla, tijeras y ejercicios de pliometría de bajo impacto sin llegar al fallo muscular, con el objetivo de activar fibras musculares tipo II, después se realizó (1) serie de aproximación de (15) repeticiones en el equipo isoinercial *Rsp Squat Sport*® Vitoria (2018), sin ninguna masa de inercia 374,68kg /cm² con el fin de que el sujeto se adaptara a la ejecución técnica con el dispositivo; después se aplicó el protocolo de fatiga neuromuscular en miembros inferiores el cual consistía en realizar (3) series de quince (15) repeticiones, con una masa de inercia de 524,55 Kg/cm² con tiempos de recuperación entre series de 45 seg, generando una recuperación incompleta llegando al fallo muscular, luego se volvió a evaluar la presión plantar estática en el equipo EcoWalk modelo R-Type.

2.4. Análisis Estadístico

Los Resultados se registraron en una hoja del Software Excel de Microsoft®. Los datos se exportaron al programa estadístico SPSS® versión 25 Pacheco et al. (2020). Se presentaron los datos descriptivos en medias, desviación estándar y niveles de normalidad, para describir y caracterizar la población de estudio.

3. RESULTADOS

El análisis estadístico se realizó con el software SPSS, versión 21 (Chicago, IL, USA). Se presentaron pruebas de normalidad y descriptivos en medias, desviación estándar, mínimo y máximo. Se aplicó una prueba de T-Student para muestras relacionadas método estadístico usado por Hurtado et al. (2012).

La Tabla 1 presenta los resultados como valor estadístico $p > 0.05$ y descriptivos del componente morfológico, peso Kg (16,26±7,00), grasa % (12,6±6,27), agua (60,6±4,31), músculo Kg (58,8±9,30) y hueso Kg (3,1±0,44). Las variables de edad en años y la grasa visceral no presentan normalidad $p > 0,05$.

Tabla 1. Descriptivos y Prueba de Normalidad Para el Componente Morfológico

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	p=>0,05
Edad años	18	37	23,4	7,00	0,026
Peso (Kg)	54,6	98,5	71,8	16,26	,200*
Grasa %	5,7	25,4	12,6	6,27	,200*
Agua	54,2	65,9	60,6	4,31	,200*
Músculo (Kg)	48,0	76,5	58,8	9,30	,200*
Hueso (kg)	2,6	3,9	3,1	0,44	,200*
Grasa visceral	1	8	2,7	2,6	0,009

Se presentan pruebas de normalidad y descriptivos método para reportar resultados según Domínguez (2018) en medias, desviación estándar, mínimo y máximo, de los resultados del pre-test de la prueba de baropodometría, con resultados estadísticos $p > 0.05$, en las variables de presión para pie derecho e izquierdo, superficie de contacto pie derecho e izquierdo, distribución anterior, distribución posterior, distribución lateral derecha y distribución lateral izquierda Tabla 2.

Tabla 2. Descriptivos y Prueba de Normalidad del Pre-Test

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	p=>0,05
Pre - PD. Presión (kPa)	42,0	218,6	111,5	50,9	,200*
Pre -PD: superficie de contacto (cm2)	45	207	99,70	52,7	0,07
Pre - PI: Presión media (kPa)	55,4	152,8	96,02	38,5	0,13
Pre - PI: superficie de contacto (cm2)	39	205	94,50	56,4	0,03
Pre -Distribución Anterior %	50,7	78,6	66,26	8,7	,200*
Pre -Distribución Posterior%	21,4	49,3	33,74	8,7	,200*
Pre -Distribución lateral derecho%	32,3	68,2	57,42	12,2	0,16
Pre -Distribución lateral izquierdo%	31,8	67,7	42,56	12,1	0,16

La Tabla 3 presenta pruebas de normalidad y descriptivos Cabrera et al. (2017), en medias, desviación estándar, mínimo y máximo, de los resultados del post-test de la prueba de baropodometría, con resultados estadísticos $p > 0.05$, en las variables de presión para pie derecho e izquierdo, superficie de contacto pie derecho e izquierdo, distribución anterior, distribución posterior, distribución lateral derecha y distribución lateral izquierda.

Tabla 3. Descriptivos y Prueba de Normalidad del Post-Test

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	p=>0,05
Post -PD. Presión media (kPa)	42,0	217,6	84,4	52,5	0,03
Post -PD. superficie de contacto (cm ²)	55	220	100,1	53,8	0,10
Post-PI. Presión media (kPa)	12,8	112,8	71,5	27,7	,200*
Post-PI. superficie de contacto (cm ²)	46	217	89,3	57,0	0,00
post-Distribución Anterior%	45,5	78,6	64,8	13,6	0,16
Post-Distribución Posterior%	21,4	55,7	35,7	14,3	0,18
Post-Distribución lateral derecho%	31,3	7,7	50,7	1,8	,200*
Post-Distribución lateral izquierdo%	26,3	7,7	4,6	14,0	,200*

La Tabla 4 se muestra correlaciones significativas $p < 0,05$ entre el pre test y post test, en la variable Pre-Post test PD. Presión Media (kPa) (sig 0,79 r 0,007), Pre-Post test PD: superficie de contacto (cm²) (sig 0,95 r 0,000), Pre-Post test PI: superficie de contacto (cm²) (sig 0,91 r 0,000), Pre-Post test Distribución Anterior % (sig 0,70 r 0,024), Pre-Post test Distribución Posterior % (sig 0,68 r 0,030). El resultado de la prueba de T-Student de muestras relacionadas (Carter et al., 2017), para los resultados entre el Pre – Post Test de la prueba de baropodometría, con un grado de significancia $p < 0,05$, los resultados muestran que no existe una diferencia significativa entre el pre test y post test en las variables de variables de presión para pie derecho e izquierdo, superficie de contacto pie derecho e izquierdo, distribución anterior, distribución posterior, distribución lateral derecha y distribución lateral izquierda.

La Tabla 5 presenta los niveles de correlación de Spearman, entre las variables de composición corporal de peso Kg, grasa corporal Kg, músculo Kg y hueso Kg y grasa visceral, frente a las variables del pre-test, presión media PD, superficie de contacto PD, presión media PI, superficie de contacto PI, distribución lateral derecha, distribución lateral izquierda, post-test superficie de contacto PD, superficie de contacto PI, distribución lateral izquierdo, se encontraron correlaciones lineales altas y moderadas positivas, así mismo correlaciones altas y moderadas negativas método estadístico usado por Jiarpakdee et al. (2019).

Tabla 4. Correlaciones Significativas entre Pre- Post Test

	Correlación	R
Pre-Post test PD. Presión Media (kPa)	0,79	0,007
Pre-Post test PD: superficie de contacto (cm2)	0,95	0,000
Pre-Post test PI: superficie de contacto (cm2)	0,91	0,000
Pre-Post test Distribución Anterior %	0,70	0,024
Pre-Post test Distribución Posterior%	0,68	0,030

Prueba T para Variables Pre-Post		
	Media	Sig
Pre - PD. Presión Media (kPa) Post -PD. Presión Media kPa)	27,1	0,032

Tabla 5. Correlación de Spermán Componente Morfológico y Pre-Post Test Baropodometría

		Pre - PD. Presión Media (kPa)	Pre -PD: superficie de contacto (cm2)	Pre - PI: Presión media (kPa)	Pre - PI: superficie de contacto (cm2)	Pre - Distribución lateral derecho%	Pre - Distribución lateral izquierdo%	Post -PD. superficie de contacto (cm2)	Post-PI. superficie de contacto (cm2)	Post- Distribución lateral izquierdo%
Peso (Kg)	<i>R</i> Sig.					,942** 0,000	-,942** 0,000			
Grasa %	<i>R</i> Sig.			-,721* 0,019		,960** 0,000	-,960** 0,000			
Agua	<i>R</i> Sig.			,745* 0,013		-,906** 0,000	,906** 0,000			,632* 0,050
Músculo (Kg)	<i>R</i> Sig.	,697* 0,025	,632* 0,050		,669* 0,035	,930** 0,000	-,930** 0,000	,661* 0,038	,661* 0,038	
Hueso (kg)	<i>R</i> Sig.	,713* 0,021	0,630 0,051		,667* 0,035	,939** 0,000	-,939** 0,000	,640* 0,046	,665* 0,036	
Grasa visceral	<i>R</i> Sig.			-,817** 0,004		,817** 0,004	-,817** 0,004			

*. La correlación 0,05

**. La correlación 0,01

4. DISCUSIÓN

Se aplicaron pruebas de normalidad en las variables de composición corporal, compuestas por el peso Kg, masa muscular Kg, hueso Kg, masa grasa Kg con niveles $p > 0,05$, en las variables del pre-test y post-test, presión, contacto, lateral derecho, lateral izquierdo, distribución anterior y distribución posterior, del pie derecho e izquierdo presentan resultado estadístico $p > 0,05$.

Estudios publicados por Gómez et al. (2018) donde muestra el uso de la prueba de baropodometría como una medida técnica para la valoración del comportamiento del pie, influenciando en criterios de ergonomía y confort del sujeto, resalta la importancia de las variables de distribución lateral tanto izquierda como derecha, así como se manifiesta en los resultados de correlación en los resultados de estudio.

Otros estudio como el de Baumfeld et al. (2017) reportan que pese a que la fuerza del tendón de Aquiles genera una mayor carga del ante pie, no reportan variaciones significativas en las distribuciones de la presión plantar, así se allá generado una fatiga en el tendón de Aquiles y los músculos posteriores, así como se manifiesta en los resultados del estudio, donde se reporta que no existe un cambio significativo sin importar una intervención de fatiga muscular.

Es así, que es de suma importancia comprender los diferentes tipos de contracción, donde la influencia de diferentes parámetros neurales, fisiológicos y mecánicos que se manifiestan en cada contracción se pueden modificar a través de un estímulo externo mediante los dispositivos isoinerciales (Tesch et al., 2017).

De acuerdo a lo anterior, algunas de las adaptaciones fisiológicas dadas por los movimientos excéntricos se observan en las alteraciones estructurales dentro de la fibra muscular producto del alargamiento y la tensión que se ejerce sobre esta, dando inicio a un proceso de inflamación y reestructuración que conlleva dentro de si la activación de vías de señalización génicas, que se encargan de la síntesis de nuevas proteínas conllevando al crecimiento del tejido muscular como lo menciona Boppart & Mahmassani, (2019). Es importante resaltar como este tipo contracción es una herramienta útil en los procesos de ganancia muscular; debido a que la tensión mecánica desencadena procesos de mecanotransducción, que favorecen a la activación de estas vías de señalización alterando la integridad homeostática de los mecanosensores ubicados en el citoesqueleto de la membrana denominadas integrinas, capaces de censar la tensión mecánica e iniciar los procesos anteriormente mencionados (Schoenfeld, 2010).

Se recomienda interpretar con precaución los resultados de estudio y la toma de decisiones frente al resultado, ya que los sujetos de estudio presentan unas características muy homogéneas, así como se recomienda ampliar la muestra de estudio según resultados (Alves et al., 2018).

5. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que después de una prueba de fatiga en equipo isoinercial, no afecta de forma significativa el test de baropodometría, en esta población de estudio. Sin embargo, se encuentran algunos resultados interesantes frente a las correlaciones de composición corporal y los resultados de la baropodometría, sobre saliendo las distribuciones laterales tanto derecha e izquierda frente a peso total en kilogramos ($r 0,92 \text{ sig } 0,00$), frente al porcentaje graso ($r 0,96 \text{ sig } 0,00$) muestra una mayor incidencia lo cual hay que tener en consideración cuando hablamos del componente morfológico en cada una de sus variables, ya que muestra que aun elevado porcentaje graso, así mismo se aumenta las distribuciones para ambos lados. Para las distribuciones frente a la masa muscular en kilogramos encontramos ($r 0,93 \text{ sig } 0,00$), lo cual sabemos que es la masa activa y debería tenerse como consideración en el momento de halar del eso total del deportista. Basado en lo anterior se concluye que debería controlarse el porcentaje graso del deportista para no aumentar las presiones plantares y así disminuir los posibles riesgos de fatiga en pie, sobre todo en deportes de media y larga duración.

6. REFERENCIAS

1. Alves, R., Borel, W. P., Rossi, B. P., Vicente, E. J. D., Chagas, P. S. de C., & Felício, D. C. (2018). Test-retest reliability of baropodometry in young asymptomatic individuals during semi static and dynamic analysis. *Fisioterapia em Movimento*, 31.
2. Baumfeld, D., Baumfeld, T., da Rocha, R. L., Macedo, B., Raduan, F., Zambelli, R., Alves Silva, T. A., & Nery, C. (2017). Reliability of baropodometry on the evaluation of plantar load distribution: A transversal study. *BioMed research international*, 2017.
3. Baumfeld, T., Baumfeld, D., Prats Dias, C. G., & Nery, C. (2018). Advances of Baropodometry in Human Health. *Ann Musc Disord*, 2(2), 1011.
4. Beato, M., & Dello Iacono, A. (2020). Implementing Flywheel (Isoinertial) Exercise in Strength Training: Current Evidence, Practical Recommendations, and Future Directions. *Frontiers in Physiology*, 11, 569.
5. Beato, M., Madruga-Parera, M., Piqueras-Sanchiz, F., Moreno-Pérez, V., & Romero-Rodríguez, D. (2019). Acute Effect of Eccentric Overload Exercises on Change of Direction Performance and Lower-Limb Muscle Contractile Function. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
6. Beatty, N. R., Félix, I., Hettler, J., Moley, P. J., & Wyss, J. F. (2017). Rehabilitation and prevention of proximal hamstring tendinopathy. *Current Sports Medicine Reports*, 16(3), 162–171.

7. Bellizzi, M., Rizzo, G., Bellizzi, G., Ranieri, M., Fanelli, M., Megna, G., & Procoli, U. (2011). Electronic baropodometry in patients affected by ocular torticollis. *Strabismus*, 19(1), 21-25. <https://doi.org/10.3109/09273972.2010.545469>
8. Boppart, M. D., & Mahmassani, Z. S. (2019). Integrin signaling: Linking mechanical stimulation to skeletal muscle hypertrophy. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 317(4), C629-C641. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00009.2019>
9. Cabrera, G., Zanazzi, J. F., Zanazzi, J. L., & Boaglio, L. (2017). Comparación de potencias en pruebas estadísticas de normalidad, con datos escasos. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 4(2), 47.
10. Cardoso, P. P. (2019). Avaliação da distribuição de pressão plantar e da estabilidade postural em mulheres jovens saudáveis e sua associação com parâmetros antropométricos.
11. Carter, A. V., Schnepel, K. T., & Steigerwald, D. G. (2017). Asymptotic behavior of at-test robust to cluster heterogeneity. *Review of Economics and Statistics*, 99(4), 698–709.
12. Costa, R. M., da Silva, J. L. V., Marconato, G., de Moraes, S. C. D., & Rocha, M. T. B. (2019). Static electronic baropodometry in patients with metatarsalgia. *Scientific Journal of the Foot & Ankle*, 13(2).
13. de Vitoria, F. (2018). 4.3 Comunicaciones Orales/Oral Presentations. XI Simposio Internacional de Actualizaciones en Entrenamiento de la Fuerza - XI International Symposium in Strength Training, 52.
14. Dominguez-Lara, S. (2018). Magnitud del efecto para pruebas de normalidad en investigación en salud. *Investigación en educación médica*, 7(27), 92–93.
15. Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Eccentric exercise: Physiological characteristics and acute responses. *Sports Medicine*, 47(4), 663–675.
16. Fornari, M. C. S. (2018). Biomechanics of Postural Control in Young Adult and Elderly [PhD Thesis]. Universidade do Porto.
17. Gómez Echeverry, L. L., Velásquez Restrepo, S. M., Castaño Rivera, P., Valderrama Mejía, S., & Ruiz Molina, M. A. (2018). La antropometría y la baropodometría como técnicas de caracterización del pie y herramientas que proporcionan criterios de ergonomía y confort en el diseño y fabricación de calzado: Una revisión sistemática. *Prospectiva*, 16(1), 7–17.
18. Hedayatpour, N., & Falla, D. (2015). Physiological and neural adaptations to eccentric exercise: Mechanisms and considerations for training. *BioMed research international*, 2015.
19. Hurtado, M. J. R., & Silvente, V. B. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *Reire*, 5(2), 83–100.
20. Jalal, S., Page, P. A., & George, D. (2016). Clinical Biomechanics Muscle activation comparisons between elastic and isoinertial resistance: A meta-analysis. *JCLB*, 39, 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.09.008>
21. Jiarpakdee, J., Tantithamthavorn, C., & Hassan, A. E. (2019). The impact of correlated metrics on the interpretation of defect models. *IEEE Transactions on Software Engineering*.
22. Lima, F. F., Camillo, C. A., Gobbo, L. A., Trevisan, I. B., Nascimento, W. B., Silva, B. S., Lima, M. C., Ramos, D., & Ramos, E. M. (2018). Resistance training using low cost elastic tubing is equally effective to conventional weight machines in middle-aged to older healthy adults: A quasi-randomized controlled clinical trial. *Journal of sports science & medicine*, 17(1), 153.
23. Machado, Á. S., Bombach, G. D., Duysens, J., & Carpes, F. P. (2016). Differences in foot sensitivity and plantar pressure between young adults and elderly. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 63, 67-71. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2015.11.005>
24. Mann, R., Malisoux, L., Urhausen, A., Meijer, K., & Theisen, D. (2016). Plantar pressure measurements and running-related injury: A systematic review of methods and possible associations. *Gait and Posture*, 47, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.03.016>

25. Mazzocchi, M., Dessy, L. A., Di Ronza, S., Iodice, P., Saggini, R., & Scuderi, N. (2014). A study of postural changes after abdominal rectus plication abdominoplasty. *Hernia*, 18(4), 473-480. <https://doi.org/10.1007/s10029-012-1015-1>
26. Naughton, M., Miller, J., & Slater, G. J. (2018). Impact-induced muscle damage and contact sports: Etiology, effects on neuromuscular function and recovery, and the modulating effects of adaptation and recovery strategies. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(8), 962–969.
27. Nirenberg, M., Vernon, W., & Birch, I. (2018). A review of the historical use and criticisms of gait analysis evidence. *Science & Justice*, 58(4), 292–298.
28. Pacheco, J. L. R., Argüello, M. V. B., & Suárez, A. I. D. L. H. (2020). Análisis general del spss y su utilidad en la estadística. *E-IDEA Journal of Business Sciences*, 2(4), 17–25.
29. Peña, J. R., & Perdomo, L. R. (2018). Determinación de la fuerza abdominolumbar y las alteraciones de la postura en sujetos adultos. *Expomotricidad*.
30. Rey, E. A., Pico, J. S., & Luengas, L. A. (2018). Plataforma baropodométrica PIPLAB. *Revista vínculos*, 15(2), 139–149.
31. Rodríguez, M. J. P., Santisteban, M. E. R., & Martínez, F. A. (2020). Efectos de un programa de entrenamiento concurrente sobre el perfil antropométrico y la fuerza muscular en un grupo de jóvenes universitarios. *Revista digital: Actividad Física y Deporte*, 6(1), 14–31.
32. Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2857–2872.
33. Simmons, S. J. (2016). Differences in Skeletal Muscle Growth by Concentric, Eccentric, and Isometric Contractions [PhD Thesis]. Kalamazoo, Mich.: Kalamazoo College.
34. Sinha, U., Malis, V., Csapo, R., Narici, M., & Sinha, S. (2020). Magnetic resonance imaging based muscle strain rate mapping during eccentric contraction to study effects of unloading induced by unilateral limb suspension. *European Journal of Translational Myology*, 30(1), 139–143.
35. Sonkodi, B., Berkes, I., & Koltai, E. (2020). Have We Looked in the Wrong Direction for More Than 100 Years? Delayed Onset Muscle Soreness Is, in Fact, Neural Microdamage Rather Than Muscle Damage. *Antioxidants*, 9(3), 212.
36. Stewart, R. J., & Reider, B. (2016). The Ethics of Sports Medicine Research. *Clinics in sports medicine*, 35(2), 303–314.
37. Tesch, P. A., Fernandez-Gonzalo, R., & Lundberg, T. R. (2017). Clinical applications of iso-inertial, eccentric-overload (YoYo™) resistance exercise. *Frontiers in physiology*, 8, 241.
38. Walker, S., Blazevich, A. J., Haff, G. G., Tufano, J. J., Newton, R. U., & Häkkinen, K. (2016). Greater strength gains after training with accentuated eccentric than traditional isoinertial loads in already strength-trained men. *Frontiers in physiology*, 7, 149.
39. Zamparo, P., Bolomini, F., Nardello, F., & Beato, M. (2015). Energetics (and kinematics) of short shuttle runs. *European journal of applied physiology*, 115(9), 1985–1994.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors listed have made a substantial, direct and intellectual contribution to the work, and approved it for publication.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

This research received no external funding.

COPYRIGHT

© Copyright 2021: Publication Service of the University of Murcia, Murcia, Spain.