

Evaluación integral de la estabilidad muscular y su vínculo con el VO₂max y la composición corporal en deportistas universitarios

Comprehensive evaluation of muscular stability and its link to VO₂max and body composition in university athletes

Orlando Santiago Moreno-Barriga¹, Jorge Homero Wilches-Visbal², Aura Margarita Polo-Llanos³, Pedro Luis Antequera-Lobo⁴, Diego Alejandro Ayala-Oviedo⁵

Resumen

Introducción. En el ámbito deportivo, la estabilidad central es crucial para mantener el equilibrio durante la ejecución de movimientos específicos. Pocos estudios han determinado la relación entre rendimiento deportivo, estabilidad y actividad muscular. **Objetivo.** Explorar la relación entre consumo máximo de oxígeno y factores como la actividad eléctrica de los músculos del core, la composición corporal y la estabilidad central en deportistas universitarios. **Materiales y Métodos.** Estudio descriptivo y correlacional de corte transversal con deportistas de catorce disciplinas deportivas. Se midieron cinco variables, incluyendo la amplitud máxima de electromiografía de los músculos del core, el área de estabilidad estática y dinámica y el porcentaje de peso muscular. Se utilizaron instrumentos como sensores inalámbricos superficiales electromiográficos, sensores inerciales 3D y equipo de ergoespirometría. Se usó el software Jamovi v 2.3.28.0 para el cálculo de las variables. **Resultados.** Hubo correlación significativa y positiva entre el porcentaje de peso muscular, la amplitud y el consumo máximos de oxígeno. Al discriminar por disciplina deportiva, se encontraron diferencias en las variables estudiadas. Se observó correlación positiva y significativa entre la amplitud máxima y el porcentaje muscular en todos los deportes, exceptuando el fútbol y el sóftbol. En rugby, se vio una correlación positiva y significativa entre el porcentaje muscular y el consumo máximo de oxígeno. No hubo correlación entre la amplitud del voltaje y la

1. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9255-7083>

2. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3649-5079>

3. Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8546-0879>

4- Facultad de ciencias de la salud, universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7086-0909>

5. Facultad de ingeniería, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6551-6573>

Correspondencia: omorenob@unimagdalena.edu.co

estabilidad en deportistas, lo que muestra que la estabilidad deportiva es más compleja que simplemente centrarse en el core. **Conclusión.** El estudio redefine la comprensión de la estabilidad y su conexión con el rendimiento deportivo, brindando perspectivas para desarrollar estrategias de entrenamiento efectivas. Es necesario considerar la composición corporal en la evaluación y planificación del entrenamiento para lograr entrenamientos más efectivos.

Palabras clave: estabilidad central, consumo máximo de oxígeno, masa muscular, deportistas universitarios, electromiografía de superficie.

Abstract

Introduction. In the sports field, core stability is crucial for maintaining balance during the execution of specific movements. Few studies have determined the relationship between sports performance, stability, and muscle activity. **Objective.** To explore the relationship between maximum oxygen consumption and factors such as electrical activity of core muscles, body composition, and core stability in university athletes. **Materials and Methods.** This descriptive and correlational cross-sectional study involved athletes from fourteen sports disciplines. Five variables were measured, including the maximum amplitude of electromyography of core muscles, the area of static and dynamic stability, and the percentage of muscle mass. Instruments such as wireless surface electromyography sensors, 3D inertial sensors, and ergoespirometry equipment were used. The software Jamovi v 2.3.28.0 was utilized for variable calculation. **Results.** There was a significant and positive correlation between the percentage of muscle mass, amplitude, and maximum oxygen consumption. When discriminated by sports discipline, differences were found in the studied variables. A positive and significant correlation was observed between maximum amplitude and muscle percentage in all sports, except football and softball. In rugby, a positive and significant correlation was found between muscle percentage and maximum oxygen consumption. No correlation was found between voltage amplitude and stability in athletes, indicating that sports stability is more complex than simply focusing on the core. **Conclusion.** The study redefines the understanding of stability and its connection to sports performance, providing insights for developing effective training strategies. It is necessary to consider body composition in the evaluation and planning of training to achieve more effective workouts.

Keywords: central stability, vo2max, muscle mass, university athletes, surface electromyography.

Introducción

En el ámbito de la anatomía humana, pocas regiones desempeñan un papel tan crucial como el núcleo (conocido en inglés como core). Este grupo de músculos del tronco rodea la columna vertebral y las vísceras abdominales e incluye los músculos abdominales, glúteos, la cintura, cadera, paraespinales, entre otros, que trabajan en conjunto para proporcionar estabilidad y equilibrio al cuerpo (1), constituyendo además el epicentro de la fuerza física.

La “estabilidad central” se ha definido como la capacidad de controlar la posición y el movimiento del tronco para producir, transferir y controlar óptimamente las fuerzas desde y hacia los segmentos terminales durante las actividades de reposo y de esfuerzo físico (2). La estabilidad central se divide comúnmente en estática y dinámica (3). La estabilidad estática es la capacidad del cuerpo humano para mantener el equilibrio y resistir cambios mientras está en reposo o en una posición fija es decir la habilidad de un atleta para mantener una posición sin desplazamientos no deseados, un ejemplo de este tipo sería permanecer sostenido de un solo pie o mantener una postura específica durante un ejercicio de fuerza. Por otra parte, la estabilidad dinámica se refiere a la capacidad del cuerpo humano para mantener el equilibrio y resistir las fuerzas externas mientras se está en movimiento. En el

contexto deportivo, la estabilidad dinámica implica la habilidad de un atleta para mantener el equilibrio durante la ejecución de movimientos específicos, como cambios de dirección, saltos o giros. Por esto se le considera fundamental para la maximización de la fuerza y minimización de las cargas articulares en todo tipo de actividades (4), esto implica que exista una alta correlación entre la estabilidad dinámica y los músculos del core. Sin embargo, aunque solo se han informado pequeñas correlaciones en el rendimiento deportivo, la importancia de los músculos del tronco puede ser lógicamente inferida por la transferencia y desarrollo de energía, necesaria para el control postural (5). Los datos sugieren una activación altamente integrada de los músculos y nervios de múltiples segmentos que proporciona la generación de fuerza, estabilidad proximal para la movilidad distal y genera momentos interactivos (4).

Si bien los ejercicios de equilibrio y estabilización del core se han asociado con un mejor rendimiento de los atletas y una menor incidencia de lesiones (3), no hay evidencia suficiente sobre su impacto en el rendimiento deportivo específico y los movimientos funcionales relacionados (3). La estabilidad central requiere cambios instantáneos por parte del sistema nervioso central para provocar combinaciones e intensidades apropiadas de reclutamiento muscular para la rigidez, así como las demandas de movilidad del sistema (6).

El desarrollo de la electromiografía de superficie en los últimos años ha permitido medir patrones de activación muscular (7) y monitorear o estimar el nivel de contracción muscular o la “intensidad del ejercicio local” durante diversos movimientos humanos. Diversos estudios relacionan una mayor amplitud en la electromiografía con relación al consumo de oxígeno en las superficies de los músculos (7,8)

El presente estudio aborda la interrelación compleja entre la actividad muscular, la estabilidad y el rendimiento deportivo, centrándose en la relación entre el $VO_2\text{max}$ y factores como la actividad de los músculos del CORE y la composición corporal, un área careciente de estudios. El objetivo de este trabajo es establecer la relación entre la masa muscular, la estabilidad central y la capacidad aeróbica en deportistas universitarios con el fin de integrar los resultados y abordar la falta de información y literatura existente para proponer vías y estrategias de entrenamiento más efectivas y personalizadas que optimicen el entrenamiento y el rendimiento deportivo para llenar este vacío de conocimiento en el ámbito deportivo.

Materiales y métodos

Tipo de estudio

Estudio descriptivo y correlacional de corte transversal.

Participantes

La población de estudio fueron deportistas de catorce disciplinas deportivas distintas (taekwondo, fútbol, baloncesto, voleibol, ultimate, tenis, tenis de mesa, karate, fútbol sala, atletismo, porrismo, patinaje, rugby y sóftbol) que se practican al interior de la Universidad del Magdalena en Santa Marta, Colombia. Los sujetos fueron evaluados según los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- Criterios de inclusión: deportistas universitarios que representan a la Universidad en los juegos nacionales universitarios ASCUN con mínimo 4 años de entrenamiento
- Criterios de exclusión: cualquier dolor, lesiones activas, alteración biomecánica en sus extremidades inferiores, trastornos de la columna, cirugía de columna, cirugía abdominal, enfermedad neural o vestibular, artritis de las extremidades inferiores y haber consumido alcohol, sedantes, analgésicos, medicamentos para el resfriado o medicamentos estimulantes en el último año

Instrumentos

Se midieron cinco variables: voltaje máximo de la señal EMG durante la contracción (V_m) en voltios (V) de los músculos del centro de gravedad: recto anterior

del abdomen (RA) oblicuo externo (OE), oblicuo interno (OI) y erectores espinales (EE), el área de estabilidad estática (AEE) y dinámica (AED) en mm², el consumo máximo de oxígeno (VO₂max) en ml/kg.min y el porcentaje de peso muscular (%PM). Se empleó electromiografía de superficie (Biomec® Newport, Reino Unido) para adquirir la señal EMG de los músculos del centro de gravedad y el software Matlab para extraer los segmentos de las contracciones y los correspondientes valores máximos de amplitud V_m; sensores inerciales 3D (optogait y Gyko, Microgate® Bolzano, Italia) para evaluar la estabilidad postural estática y dinámica, mientras que el VO₂max mediante equipo de ergoespirometría (Cosmed® K5, Roma, Italia), Entre tanto, el %PM se calculó con el equipo de bioimpedancia (InBody® 970, Seúl, Corea). Posteriormente, se tabularon los valores de las variables para cada deportista en MS Excel.

Procedimientos

Para determinar la actividad de los músculos del centro de gravedad se utilizaron los siguientes ejercicios funcionales: sentadilla búlgara inestable con pesas para RA, plancha frontal con aducción escapular e inclinación pélvica posterior para OI, prensa unilateral con mancuernas de pie para OE y peso muerto para EE (7). Estos ejercicios han mostrado la mayor actividad en los estudios utilizando electromiografía.

Los electrodos se ubican siguiendo las recomendaciones de la literatura (9,10). Se recogen los datos de las medias de los voltajes de todos los músculos para su tabulación.

En la medición de la estabilidad postural estática cada sujeto descalzo permaneció de pie lo más quieto posible durante 10 segundos con ojos cerrados ya que incrementa la actividad somatosensorial (11) manteniendo una flexión de 45 grados de la rodilla contralateral se realizaron dos mediciones para el pie dominante del deportista con periodos de descanso de 30 segundos entre cada medición; para la estabilidad dinámica con el deportista descalzo se realizan dos saltos monopodales con la pierna dominante.

Para la medición del VO₂max se utilizó test incremental en banda que inicia con un calentamiento de 3 minutos a velocidad 4,8 Kilómetros por hora (kph) e incrementos de 1,2 kph cada minuto con 3% de inclinación constante; terminados los 3 minutos de calentamiento se da inicio a la prueba a 8,2 kph con 3% de inclinación constante, con aumentos de 1,2 kph cada dos minutos hasta la máxima fatiga, luego se inicia la etapa de recuperación donde se disminuye la carga a 4,8 kph sin inclinación durante 3 minutos (12). El VO₂max. se estimó de acuerdo con los siguientes criterios: 1- Que el deportista no pueda continuar la prueba; 2- Cuando el cociente respiratorio sea mayor de 1,1; 3- El logro de una frecuencia cardiaca máxima \pm 10 latidos/min (13).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se dividió en general y particular. En el primero se incluyeron a todos los deportistas, en el segundo, solo a aquellas disciplinas que en, en la planilla de Excel, contaban con más de 10 personas.

Previo al cálculo de los descriptivos de las variables se ejecutó la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, para el análisis general, y la de Shapiro-Wilk, para el particular. Dada la naturaleza numérica de las cinco variables, estas fueron resumidas estadísticamente utilizando la media (desvío estándar: DE), para aquellas con comportamiento normal, y mediana (rango intercuartil: RIC), en otro caso.

Por último, se obtuvo la matriz de correlaciones (de Spearman para variables no normales y Pearson para normales) entre las cinco variables para conocer si existe (o no) una relación lineal entre las variables y determinar si es inversa o directa. Para el cálculo y análisis estadístico se empleó el software libre *Jamovi* versión 2.3.28.0.

Aspectos éticos

El presente estudio fue conducido de conformidad con la Declaración de Helsinki (14) y la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia (15). Todos los participantes fueron informados previamente de la investigación. Los datos

de los participantes fueron custodiados y anonimizados. Todos firmaron el consentimiento informado. La propuesta de investigación fue presentada al Comité de Ética de la Universidad del Magdalena otorgándole el aval según acta No 002 de 2022.

Resultados

Del total de deportistas (111), 18 (16,3%) pertenecían a la disciplina del atletismo, 6 (5,4%) al baloncesto, 17 (15,3%) al fútbol, 3 (2,7%) a fútbol sala, 5 (4,5%) a karate, 1 (0,9%) a patinaje, 9 (8,1%) a porrismo, 11 (9,9%) a rugby, 12 (10,8%) a sóftbol, 1 (0,9%) a tenis, 3 (2,7%) a tenis de mesa, 9 (8,1%) a ultimate, 14 (12,6%) a voleibol y 2 (1,8%) a taekwondo.

La media del VO₂max de los 112 deportistas fue de 48,7 (7,67) ml/kg.min y la mediana del %PM fue de 48,2 (5,34). La mediana de la AEE fue poco más del doble que la de la AED y la del voltaje máximo fue 1,15 (1,11) V (Tabla1).

Tabla 1. Descriptivos de las variables de estudio teniendo en cuenta a todos los deportistas.

	Vm	AEE	AED	VO2max	% PM
Media	1,45	31818	12652	48,7	47,8
Mediana	1,15	14895	7230	48,6	48,2
DE	1,11	58336	15887	7,67	4,22
RIC	1,11	20446	10600	11,0	5,34
Mínimo	0,270	108	540	30,3	32,6
Máximo	6,51	474780	95860	72,4	57,5

Al explorar la relación entre las variables, solo se observó correlación significativa y positiva entre el %PM y el Vm y el VO2max (Tabla 2).

Tabla 2. Matriz de correlación de las variables de estudio teniendo en cuenta a todos los deportistas.

	AEE	AED	% PM	Vm	VO2max
AEE	—				
AED	0,008	—			
%PM	0,002	-0,101	—		
Vm	-0,013	-0,033	0,488***	—	
VO2max	-0,143	0,039	0,321***	0,201*	—

Al discriminar los resultados por disciplina deportiva, el mayor valor de la mediana del Vm, AEE y AED se presentó en el voleibol. Entre tanto, el mayor valor de la media del %PM y del VO2max se vio en el atletismo (Tabla 3).

Tabla 3. Descriptivos de las variables de estudio por deportes*

Disciplina	Estadísticos	Vm	%PM	AEE	AED	VO2max
<i>Atletismo</i>	Media	1,70	49,9	33776	13567	52,0
	Mediana	1,13	49,5	14566	7970	52,9
	DE	1,42	3,14	68510	16749	7,45
	RIC	1,33	3,50	14152	14488	8,09

Disciplina	Estadísticos	Vm	%PM	AEE	AED	VO2max
<i>Voleibol</i>	Media	1,83	47,9	65578	9899	48,2
	Mediana	1,29	48,2	22833	8645	48,4
	DE	1,54	2,63	125547	8732	6,42
	RIC	2,07	4,05	22019	8670	4,95
<i>Fútbol</i>	Media	1,50	49,6	29259	6273	47,2
	Mediana	1,17	50,7	20591	3930	46,1
	DE	1,03	3,97	25296	5395	7,25
	RIC	1,19	5,79	44395	5090	10,9
<i>Sóftbol</i>	Media	0,856	43,8	21579	8793	41,0
	Mediana	0,755	43,8	12854	5605	38,8
	DE	0,403	3,38	22968	8088	6,30
	RIC	0,292	4,99	23990	7755	10,3
<i>Rugby</i>	Media	1,14	46,6	39380	14877	48,2
	Mediana	0,980	47,5	17577	6930	46,0
	DE	1,11	5,30	47361	19625	10,2
	RIC	0,695	8,12	37738	8905	13,1

*Se consideraron solo a aquellos deportes con 10 o más participantes.

Los menores valores de la mediana del Vm y AEE correspondieron al sóftbol, mientras que la mediana de la AED con menor valor se mostró en el fútbol. Los valores mínimos de la media del Vm y VO2max se vieron también en el sóftbol (Tabla 3).

Por otro lado, se observó la existencia de correlación positiva y significativa entre el Vm y el %PM en todos los deportes, exceptuando el fútbol y el sóftbol. En el rugby se vio, además, que el %PM y el VO2max se correlacionaron positiva y significativamente (Tabla 4).

Tabla 4. Matriz de correlaciones significativas entre las variables de estudio por disciplina.

Disciplina	Correlación [‡]		
	Vm - %PM	VO2m - %PM	VO2max - AED
<i>Atletismo</i>	0,647**	0,0108	-0,232
<i>Voleibol</i>	0,634*	-0,042	-0,244
<i>Fútbol</i>	0,365	0,084	-0,007
<i>Sóftbol</i>	0,214	0,126	-0,692*
<i>Rugby</i>	0,661*	0,811*	0,31

[‡]Las correlaciones entre las demás variables no fueron significativas ($p \geq 0,05$).
** $p < 0,01$, * $p < 0,05$.

El sóftbol fue la única disciplina en la que se observó correlación significativa entre el VO2max y una de las áreas de estabilidad. En el fútbol no se encontró ninguna correlación entre las variables.

Discusion

En consonancia con los resultados que revelaron la falta de correlación entre la amplitud del voltaje y la estabilidad dinámica y estática en los deportistas evaluados, es imperativo profundizar en los matices y dimensiones adicionales de este fenómeno. El entendimiento contemporáneo de la estabilidad en el contexto deportivo va más allá de una simple asociación con la actividad de los músculos del core; más bien, se trata de una sinfonía coordinada de factores periféricos y neuromusculares que convergen para mantener el equilibrio y la postura.

La participación de músculos periféricos y la influencia de propioceptores en las extremidades, así como los estímulos sensoriales frecuentes durante la actividad deportiva, emergen como componentes clave en la estabilidad estática y dinámica. Nuestro estudio resalta la necesidad de considerar no solo la actividad del core sino también la interacción compleja entre diversos grupos musculares, propiocepción y la respuesta sensorial durante la ejecución de movimientos deportivos específicos. Además, la presencia de mecanismos compensatorios, es-

pecialmente los “anticipatorios posturales”, arroja luz sobre la capacidad del sistema neuromuscular para adaptarse y minimizar los cambios en el equilibrio asociados con la actividad deportiva (16).

La comparación con un estudio en ciclistas, donde se observó un aumento proporcional en la actividad de los músculos del core con una carga incremental, destaca la necesidad de contextualizar los resultados. La disparidad puede atribuirse a las diferencias en las condiciones de evaluación, subrayando la importancia de la posición corporal durante las mediciones. Establecer una distinción entre la estabilidad evaluada en posición de pie y la medición de la actividad del core en ciclistas durante la prueba en bicicleta arroja luz sobre la variabilidad de las respuestas musculares según el contexto deportivo específico.

El análisis de la influencia del entrenamiento del core en el movimiento funcional, en línea con el estudio de Okada y colaboradores (17), subraya la importancia de considerar la dinámica del entrenamiento. Aunque se corrobora la limitación de las contracciones isométricas del core como predictor del movimiento funcional dinámico, se destaca que el entrenamiento del core sigue siendo esencial para la prevención de lesiones. Este enfoque no solo fortalece los músculos sino también mejora la capacidad del sistema neuromuscular para responder a demandas específicas durante la actividad deportiva.

Nuestro estudio también revela la asociación proporcional entre el VO₂max, porcentaje muscular y la actividad de los músculos del core. El vínculo propuesto entre un mayor porcentaje muscular, potencia aeróbica y actividad del core agrega una dimensión interesante al debate. La propuesta de mejorar el porcentaje muscular para estimular mayores demandas de actividad en los músculos del core y, por ende, aumentar el VO₂ máximo, sugiere una relación compleja entre la masa muscular, la estabilidad central y el rendimiento periférico. Este planteamiento resalta la importancia de considerar la estabilidad como un componente integral del rendimiento deportivo y sugiere estrategias de entrenamiento más personalizadas para optimizar la relación entre masa muscular y capacidad aeróbica.

La conexión entre la fatiga del deportista, la actividad de los músculos del core y el rendimiento, respaldada por los resultados de Tomas K. Tong y cols (18), brinda una perspectiva valiosa sobre la interacción entre la estabilidad y la eficiencia de los movimientos. La mayor actividad de los músculos del core, al proporcionar mayor estabilidad, no solo limita la fatiga, sino que también influye en el VO₂ máximo, destacando la interconexión entre la capacidad respiratoria y la estabilidad central.

La asociación inversa entre el porcentaje de grasa y el VO₂ máximo, respaldada por estudios adicionales (19), añade evidencia de

la complejidad de los determinantes del rendimiento. A pesar de que el gasto cardíaco se mantiene como el determinante principal del VO₂ máximo, se enfatiza la contribución crítica pero modesta del músculo esquelético, especialmente a través de sus adaptaciones metabólicas (20). La discusión se enriquece al explorar la relación entre la masa mitocondrial, la densidad capilar y la extracción de oxígeno (21), resaltando la importancia de la capacidad periférica para optimizar la eficiencia en la extracción de oxígeno durante la actividad muscular; además la mayor masa muscular supone mayor densidad capilar que por sí misma no aumenta el flujo sanguíneo por área muscular sino que más bien mantiene por más tiempo el tránsito de la sangre a los músculos implicados (22); incluso en estudios experimentales donde la fracción inspirada de oxígeno es menor, la extracción de oxígeno por parte de la mitocondria es mayor (demostrado por una menor presión venosa de Oxígeno) a pesar de la baja presión de oxígeno del lado arterial capilar y del bajo pico de VO₂ en test de carga incremental (23) realzando la importancia de la capacidad periférica (muscular) para la extracción de oxígeno es decir de la capacidad del musculo en extraer oxígeno del capilar que podría estar relacionada con una mayor masa muscular.

El estudio en futbolistas jóvenes (24) refuerza la idea de que la masa muscular, especialmente la masa libre de grasa desempeña un papel fundamental en los

parámetros de rendimiento deportivo. Esta asociación destaca la necesidad de considerar la composición corporal en la evaluación de atletas y resalta la importancia de la masa muscular como un determinante clave de éxito en el rendimiento deportivo.

En conclusión, esta discusión expandida integra los resultados actuales con una perspectiva más amplia de la literatura existente y sugiere caminos prometedores para futuras investigaciones. La complejidad de la relación entre la actividad muscular, la estabilidad y el rendimiento deportivo a través del VO2max exige un enfoque holístico y la consideración de una variedad de factores para desarrollar estrategias de entrenamiento más efectivas y personalizadas.

Conclusión

Este estudio redefine la comprensión de la estabilidad y su conexión con el rendimiento deportivo, brindando perspectivas cruciales para desarrollar estrategias de entrenamiento efectivas:

- **Enfoque Integral:** La estabilidad no se limita al core; considerar la interacción compleja entre diversos grupos musculares, propiocepción y respuestas sensoriales es esencial para entrenamientos más efectivos.

- **Contextualización del Entrenamiento del Core:** Aunque las contracciones isométricas del core pueden no predecir el movimiento funcional, se sugiere que el entrenamiento del core sigue siendo vital para prevenir lesiones y mejorar la capacidad neuromuscular específica.
- **Personalización del Entrenamiento:** La proporción entre masa muscular, estabilidad central y VO2max sugiere la necesidad de programas de entrenamiento personalizados de estas tres variables para optimizar la relación entre fuerza, estabilidad y aeróbica.
- **Énfasis en Composición Corporal:** La masa muscular, desempeña un papel crucial en el rendimiento deportivo. Considerar la composición corporal en la evaluación y planificación del entrenamiento es esencial para entrenamientos más efectivos

Agradecimientos: Especial agradecimiento al director del centro SportSci (Centro de alto rendimiento y estudios Biomédicos) de la universidad del Magdalena: Laionel Polo, ya que facilito toda la tecnología disponible del centro para la realización las mediciones las variables del presente artículo.

Conflicto de interés

Los autores manifiestan que no hay conflicto de interés.

Financiación

Ninguna.

Referencias

1. Akuthota, Venu; Ferreiro, Andrea; Moore, Tamara; Fredericson, Michael. Core Stability Exercise Principles. *Current Sports Medicine Reports*. 2008; 7(1): p 39-44. | DOI: 10.1097/01.CSMR.0000308663.13278.69
2. Silfies SP, Ebaugh D, Pontillo M, Butowicz CM. Critical review of the impact of core stability on upper extremity athletic injury and performance. *Braz J Phys Ther*. 2015;19(5):360-368. doi:10.1590/bjpt-rbf.2014.0108
3. Zemková E, Zapletalová L. The Role of Neuromuscular Control of Postural and Core Stability in Functional Movement and Athlete Performance. *Front Physiol*. 2022;13:(796097):1-21 doi:10.3389/fphys.2022.796097
4. Wirth K, Hartmann H, Mickel C, Szilvas E, Keiner M, Sander A. Core Stability in Athletes: A Critical Analysis of Current Guidelines. *Sports Medicine*. 2017 1;47(3):401-14.
5. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med*. 2006;36(3):189-198. doi:10.2165/00007256-200636030-00001
6. Huxel Bliven KC, Anderson BE. Core Stability Training for Injury Prevention. *Sports Health*. 2013;5(6):514-22.
7. Oliva-Lozano JM, Muyor JM. Core Muscle Activity During Physical Fitness Exercises: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(12):2-38. doi:10.3390/ijerph17124306
8. Watanabe K, Narouei S. Association between oxygen consumption and surface electromyographic amplitude and its variation within individual calf muscles during walking at various speeds. *Sensors*. 2021; 21(5):1-10.
9. García-Vaquero MP, Moreside JM, Brontons-Gil E, Peco-González N, Vera-García FJ. Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2012;22(3):398-406.
10. Boccia G, Rainoldi A. Innervation zones location and optimal electrodes position of obliquus internus and obliquus externus abdominis muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2014;24(1):25-30.
11. Tsai LC, Yu B, Mercer VS, Gross MT. Comparison of Different Structural Foot Types for Measures of Standing Postural Control. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2006;36(12):942-53.
12. Marcos MA, Koulla PM, Anthos ZI. Preseason Maximal Aerobic Power in Professional Soccer Players Among Different Divisions. *J Strength Cond Res*. 2018;32(2):356-63.
13. Hung KC, Chung HW, Yu CCW, Lai HC, Sun FH. Effects of 8-week core training on core endurance and running economy. *Alway SE*. 2019;14(3):e0213158.
14. Asociación Médica Mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Helsinki, Finlandia; 2017 p. 4.
15. Ministerio de Salud. Resolución 8430 de 1993. Bogotá, Colombia; 1993.
16. Şahin FN, Ceylan L, Küçük H, Ceylan T, Arıkan G, Yiğit S, et al. Examining the Relationship between Pes Planus Degree, Balance and Jump Performances in Athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(18):1-7.
17. Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. *J Strength Cond Res*. 2011;25(1):252-261. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b22b3e
18. Tong TK, Wu S, Nie J, Baker JS, Lin H. The occurrence of core muscle fatigue during high-intensity running exercise and its limitation to performance: the role of respiratory work. *J Sports Sci Med*. 2014;13(2):244-251.
19. Shete AN, Bute SS, Deshmukh PR. A Study of VO2 Max and Body Fat Percentage in Female Athletes. *J Clin Diagn Res*. 2014;8(12):BC01-BC3. doi:10.7860/JCDR/2014/10896.5329.

20. Bassett DR Jr, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(1):70-84. doi:10.1097/00005768-200001000-00012
21. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1984;56(4):831-838. doi:10.1152/jappl.1984.56.4.831
22. Saltin B. Hemodynamic adaptations to exercise. *Am J Cardiol.* 1985;55(10):42D-47D. doi:10.1016/0002-9149(85)91054-9.
23. Wagner PD. Determinants of maximal oxygen consumption. *J Muscle Res Cell Motil.* 2023;44(2):73-88.
24. Moreno B, Atencio Garcia L. Correlation Between Muscle Mass and Muscle Power in Youth Soccer Players. *Biostat Biom Open Access J.* 2023;11(3):1-5.