



Entramado
ISSN: 1900-3803
ISSN: 2539-0279
Universidad Libre de Cali

Pérez-Trejos, Luz Edith; Gómez-Salazar, Lessby; Osorio-Toro, Sonia; Pivetta-Carpes, Felipe; Fuente-Cancino, Carlos Ignacio De la
Análisis electromiográfico de la actividad muscular de tronco durante el lanzamiento de bala paralímpico*
Entramado, vol. 16, núm. 2, 2020, Julio-Diciembre, pp. 286-297
Universidad Libre de Cali

DOI: <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.6754>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265466153019>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

Análisis electromiográfico de la actividad muscular de tronco durante el lanzamiento de bala paralímpico*

Luz Edith Pérez-Trejos

Docente Universidad del Valle, Cali - Colombia.
luzpereztrejos@gmail.com

ID <https://orcid.org/0000-0002-7907-7339>

Lessby Gómez-Salazar

Docente Universidad del Valle, Cali - Colombia.
lessbygomez@correounivalle.edu.co ID <https://orcid.org/0000-0003-2338-9410>

Sonia Osorio-Toro

Profesor Asistente Universidad del Valle, Cali - Colombia.
sonia.osorio@correounivalle.edu.co ID <https://orcid.org/0000-0002-9755-2738>

Felipe Pivotto-Carpes

Docente Universidade Federal do Pampa -Campus Uruguayana, Uruguayana - Brasil.
carpes@unipampa.edu.br ID <https://orcid.org/0000-0001-8923-4855>

Carlos Ignacio De la Fuente-Cancino

Docente Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago - Chile. LIBFE, Escuela de Kinesiología, Universidad de los Andes, Santiago - Chile.
delafuente@gmail.com ID <https://orcid.org/0000-0002-2429-837X>

RESUMEN

La estabilidad de la pelvis y el tronco, dada por la actividad de los músculos de la región, representa un factor importante para la correcta ejecución de la técnica deportiva y la prevención de lesiones en lanzadores paralímpicos. El objetivo de este estudio fue analizar a través de electromiografía de superficie, la actividad muscular del recto abdominal, oblicuo externo del abdomen y erector de la columna, vientres longuísimo e iliocostal, durante el lanzamiento de bala desde silla, en 4 atletas paralímpicos (2 con lesión en miembros inferiores y 2 con lesión medular). La electromiografía evidenció variaciones en los patrones de activación, el tiempo de ejecución y la amplitud de la señal, acorde a la condición de discapacidad y el grado de afectación del tronco. Esto permitió tener un panorama más real de las acciones musculares durante el gesto deportivo y la detección de opciones de mejora para los deportistas.

PALABRAS CLAVE

Atletas; paralímpicos; lanzamiento de bala; electromiografía; músculos del tronco

Recibido: 04/12/2019 Aceptado: 28/05/2020

* Este es un artículo Open Access bajo la licencia BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Como citar este artículo: PÉREZ-TREJOS, Luz Edith; GÓMEZ-SALAZAR, Lessby; OSORIO-TORO, Sonia; PIVETTA-CARPES, Felipe; DE LA FUENTE-CANCINO, Carlos Ignacio. Análisis electromiográfico de la actividad muscular de tronco durante el lanzamiento de bala paralímpico. En: Entramado. Julio - Diciembre, 2020 vol. 16, no. 2, p. 286-297 <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.6754>



Electromyographic analysis of trunk muscle activity during the Paralympic shot put

A B S T R A C T

The stability of the pelvis and trunk, given by the activity of the muscles in the region, represents an important factor for the correct execution of the sports technique and the prevention of injuries in Paralympic throwers. The objective of this study was to analyze, through surface electromyography, the muscular activity of the rectus abdominis, external oblique of the abdomen and erector spinae, longissimus and iliocostal bellies, during the shot put from a chair; in 4 Paralympic athletes (2 with lower limb injury and 2 with spinal cord injury). Electromyography showed variations in activation patterns, execution time and amplitude of the signal, according to the disability condition and the degree of trunk involvement. This allowed to have a more realistic panorama of the muscular actions during the sport gesture and the detection of improvement options for the athletes.

KEY WORDS

Athletes; paralympics; shot put; electromyography; trunk muscles

Análise electromiográfica da actividade muscular do tronco durante o lançamento de balas paraolímpicas

R E S U M O

A estabilidade da pélvis e do tronco, dada pela actividade dos músculos da região, representa um factor importante para a correcta execução da técnica desportiva e a prevenção de lesões nos lançadores paraolímpicos. O objectivo deste estudo foi analisar, através da electromiografia de superfície, a actividade muscular do recto abdominal, oblíquo externo do abdómen e erector da coluna vertebral, barriga muito comprida e iliocostal, durante o tiroteio em 4 atletas paraolímpicos (2 com lesão nos membros inferiores e 2 com lesão na medula espinal). A electromiografia mostrou variações nos padrões de activação, tempo de execução e amplitude do sinal, de acordo com a condição de incapacidade e o grau de envolvimento do tronco. Isto permitiu-nos ter uma imagem mais real das acções musculares durante o gesto desportivo e a detecção de opções de melhoria para os atletas.

PALAVRAS-CHAVE

Atletas; paraolímpicos; lançamento de balas; electromiografia; músculos do tronco

I. Introducción

El deporte paralímpico inició como parte de procesos de rehabilitación dirigido a veteranos de la Segunda Guerra Mundial con lesión medular. Estos programas fueron propuestos por el médico inglés Sir Ludwig Guttmann en el año 1948, estableciendo actividades competitivas en diferentes disciplinas deportivas, pero solo fue hasta 1960 en Roma, donde se implementó el nombre de "Juegos Paralímpicos" (Reina, 2014; Ruiz, 2012). Entre las disciplinas deportivas paralímpicas se desarrolla el atletismo; agrupando actividades como carreras, saltos, lanzamientos, marcha y pruebas combinadas. En la modalidad de lanzamientos se aprecian estilos como martillo, disco, bala y jabalina, desde posición de pie como en silla de lanzamiento (Sant, 2005).

En los lanzamientos de bala en silla, son varios los factores que influyen en la velocidad de liberación del objeto alcanzados por los deportistas. Uno de ellos, está relacionado con la posición del tronco inclinado hacia adelante en el momento del lanzamiento, que hace que el deportista paralímpico deba esforzarse más para aumentar los ángulos y la altura de liberación de la bala, a fin de obtener mejores registros. Lo anterior, plantea la importancia de mantener una adecuada estabilidad del tronco durante el lanzamiento, para mejorar el rendimiento deportivo y prevenir lesiones (Chow et al., 2000, 2003).

El análisis de la función muscular frecuentemente se realiza de forma cualitativa, a partir de las acciones definidas como concéntricas y excéntricas, para cada uno de los músculos.

Durante el lanzamiento de bala se ejecutan movimientos como flexión extensión, inclinaciones y rotación de tronco. Por tal motivo, de los músculos más solicitados durante la ejecución del gesto están: el recto anterior del abdomen, los oblicuos del abdomen y los eructores de la columna ([Chatain & Bustamante, 1986](#); [Latarjet & Liard, 2004](#); [Pró, 2014](#)). Sin embargo, como el deportista paralímpico presenta condiciones clínicas particulares, no siempre es posible establecer el nivel de participación que tiene cada músculo durante el movimiento, por lo que se requiere utilizar métodos más complejos de análisis, como la Electromiografía de superficie (EMG). Esta técnica mide de forma indirecta la actividad muscular, registrando el potencial eléctrico que es generado por la despolarización de la membrana externa de la fibra muscular. A través de la señal captada por los electrodos superficiales, se observan comportamientos musculares como la activación o la fatiga ([Aparicio, 2005](#); [Borges, et al., 2014](#); [Núria Massó et al., 2010](#)). La información de la EMG permite comprender cómo los atletas desarrollan su técnica, considerando el reclutamiento muscular y la coordinación. Esta información tiene uso particular no solo durante la evaluación del gesto en general, sino en las fases específicas del movimiento, con el propósito de mejorar el desempeño.

El deporte paralímpico cobra cada vez más importancia a nivel mundial debido al aumento en el número de participantes, en diferentes disciplinas ([Ruiz, 2012](#)); Sin embargo, son pocos los estudios publicados sobre el tema, específicamente en lanzamientos desde silla y en especial, son pocos los que determinan cuál es la participación real de los músculos del tronco, en la ejecución del gesto.

El objetivo de este estudio fue analizar la activación muscular en la ejecución de movimientos atléticos en deportistas paralímpicos; se espera aportar conocimiento sobre el tema a deportistas, entrenadores y personal de salud que atiende esta población, de manera que se considere el trabajo de la musculatura de tronco, dentro de los planes de entrenamiento rutinarios, para la optimización técnica y la prevención de lesiones en los deportistas.

2. Marco teórico

La técnica convencional del lanzamiento de bala se divide en 4 frases: “preparación”, en la que el lanzador se ubica para el inicio del desplazamiento, fase “construcción del momentum”, cuando el lanzador y el objeto aceleran al tiempo y se desplazan para llegar a la “fase de descarga”, en la que se produce una aceleración adicional a la bala para su descarga y finalmente, la fase de “recuperación”, donde el lanzador frena y evita un lanzamiento nulo ([Müller & Ritzdorf, 2009](#)). En el caso del lanzamiento paralímpico en silla se describen también 4 fases: preparación del movimiento,

construcción del movimiento, descarga y recuperación, pero difieren del lanzamiento convencional en que no hay fase de desplazamiento, por lo que el atleta está asegurado en una silla, dado que presenta una discapacidad que afecta miembros inferiores ([Rotawisky & Chiquito, 2017](#)). En cada una de estas fases, el tronco juega un rol importante, ya que la estabilidad se centra en su relación con la pelvis, por el amplio desplazamiento durante los movimientos de extensión, flexión, inclinaciones laterales y rotaciones, exigiendo así la activación de músculos anteriores y posteriores del tronco, para una adecuada ejecución del gesto deportivo ([Chow et al., 2000, 2003](#); [Rotawisky & Chiquito, 2017](#); [Tweedy & Vanlandewijck, 2011](#)).

Las fases del lanzamiento paralímpico en silla se describen a continuación ([Ver Figura 1](#)).

- **Preparación del movimiento:** El lanzador adopta la postura para iniciar el movimiento. El deportista está sentado, con el tronco erguido y coloca el implemento en la base de los dedos a nivel de la fosa clavicular.
- **Construcción del movimiento:** El lanzador y la bala aceleran al tiempo. El deportista realiza una Basculación de tronco hacia adelante y hacia atrás, preparándose para la siguiente fase.
- **Descarga:** Tiene como objetivo, mantener la velocidad de la bala y comenzar su aceleración. Incluye 3 posiciones:
 - **Posición de fuerza:** El tronco va hacia adelante hasta llegar hasta la posición frontal y rota hacia la izquierda, mientras la hemipelvis derecha realiza anteversión.
 - **Posición frontal:** Busca transferir velocidad del lanzador a la bala. El tronco llega a posición erguida y la pelvis queda en neutro.
 - **Lanzamiento:** Se transfiere velocidad desde el lanzador a la bala. El tronco se inclina ligeramente hacia adelante, y se rota a la izquierda. La hemipelvis izquierda está en retroversión mientras que la derecha está en anteversión. Se hace descarga de peso hacia el lado izquierdo.
- **Recuperación:** En esta fase, el lanzador estabiliza el tronco para evitar un lanzamiento nulo.

El objetivo en los lanzamientos es maximizar la distancia recorrida por el implemento. Esta distancia está determinada por tres parámetros de descarga que son: altura, velocidad y ángulo de salida ([Müller & Ritzdorf, 2009](#)). Las velocidades de liberación de la bala alcanzados por los deportistas en silla de ruedas son menores al alcanzado por los deportistas élite sin discapacidad, debido entre otras razones, a que el tronco parte de una posición inclinada hacia adelante, lo

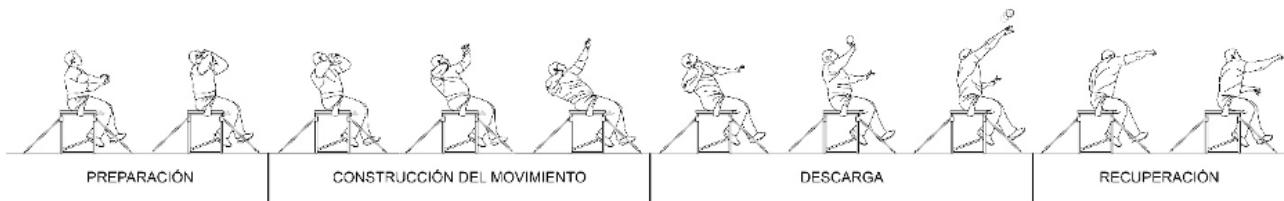


Figura 1. Fases del lanzamiento de bala paralímpico en silla.

Fuente: La investigación.

que exige un mayor esfuerzo muscular para aumentar los ángulos y la altura de liberación de la bala, y así obtener mejores resultados ([Chow et al., 2000](#)).

A través de la electromiografía de superficie, se puede estudiar el comportamiento muscular durante esas actividades de lanzamiento o cambios de postura, y conocer la relación y la coordinación de los músculos entre sí. En ella se puede analizar el tiempo de activación muscular, es decir cuando se activa o cuando se desactiva (on-off) y el comportamiento de la señal o amplitud. La activación muscular produce una señal que es captada por los electrodos, sin embargo, hay algunas señales catalogadas como ruido, producidas por factores ambientales o por el equipo de registro, o puede ser “cross talk” que sería la posibilidad de que se capte la señal de otro músculo adyacente ([Aparicio, 2005](#)).

La electromiografía ha sido utilizada y aplicada para obtener información muscular en diferentes actividades como el análisis de gestos deportivos, análisis de marcha, evaluación de la fatiga muscular, valoraciones de trastornos neuromusculares, entre otras ([Massó et al., n.d.](#)).

3. Metodología

Se realizó un estudio descriptivo, tipo estudio de casos en el que participaron 4 deportistas lanzadores de bala paralímpico, que presentaron altos logros deportivos por INDERVALLE¹ en el año 2017 y son clasificados como categoría F51 a F57. Los deportistas aceptaron participar de la investigación de manera voluntaria y firmaron el consentimiento informado. En total fueron 2 participantes de sexo masculino y 2 de sexo femenino, con edades entre los 27 y 47 años. Los mecanismos de lesión que refirieron los participantes fueron: accidente de tránsito, accidente traumático y patología congénita ([Tabla I](#)).

Materiales y método

Para obtener la información referente a la actividad eléctrica muscular durante el lanzamiento, se citó a los

deportistas al campo de entrenamiento y se le solicitó el uso de ropa cómoda. A cada uno se le preparó la piel de la región, limpiándola con alcohol para mejorar la adherencia de los electrodos. La señal muscular fue captada por el equipo de Electromiografía de superficie BTS FREE EMG Bioengineering de 4 canales, con transmisión de datos inalámbricos y una frecuencia de adquisición de 1KHz. Se utilizaron electrodos adhesivo conductores de 2 cm con conexión de clip. La ubicación de los electrodos en los puntos anatómicos correspondientes se realizó siguiendo el protocolo determinado por SENIAM (Electromiografía de Superficie para la Evaluación no Invasiva de los Músculos) y por algunos estudios de investigación ([Avellaneda, 2013](#); [Stegeman & Hermens, 2007](#); [Sternlicht & Rugg, 2003](#); [Swinnen et al., 2012](#)). Los electrodos se colocaron paralelos a las fibras musculares en los siguientes puntos anatómicos: Recto abdominal derecho: 3 centímetros arriba del ombligo y 4 centímetros laterales a la línea media. Oblicuo externo derecho: 14 centímetros laterales a la línea alba ombligo. Erector de la columna derecho (Longísimo: 2 dedos de ancho lateralmente del proceso espinoso de L1. Iliocostal: A nivel de L2, 6 centímetros lateral del proceso espinoso). El deportista se situó en la silla de lanzamiento que utiliza habitualmente para el entrenamiento, se le solicitó realizar el gesto deportivo de lanzamiento de bala 3 veces, y se escogió el de mejor señal para el análisis.

Análisis de la señal

Las señales electromiográficas fueron procesadas de modo offline siendo centradas en cero para quitar el offset en la adquisición de datos. Posteriormente, todas las señales electromiográficas fueron filtradas con un filtro pasa banda Butterworth de segundo orden entre 30 Hz y 450 Hz para atenuar la incorporación de latidos cardíacos ([Willigenburg et al., 2012](#)). Para realizar un análisis de intensidad en el dominio del tiempo se usó una ventana de raíz media cuadrática de 500 ms con 10% de sobreposición.

Para describir los patrones de activación se hizo uso de gráficos y de tablas que permitieron identificar los tiempos de activación muscular.

Tabla 1.
Caracterización demográfica y clínica de la población a estudio

SUJETO	EDAD	GÉNERO	MECANISMO DE LESIÓN	SECUELAS DE LA LESIÓN	TIEMPO DE EVOLUCIÓN (años)	CLASIFICACIÓN MÉDICO FUNCIONAL	FORMA DE LANZAMIENTO
Sujeto 1	46	Masculino	Accidente traumático	Amputación transtibial	40	F57	Sedente en dirección frontal. No usa barra de lanzamiento
Sujeto 2	27	Femenino	Patología congénita	Acortamiento de Fémur derecho (10 cm)	27	F57	Sedente en dirección diagonal, miembros inferiores en abducción. No usa barra de lanzamiento
Sujeto 3	38	Femenino	Accidente de tránsito	Trauma raquímedular nivel T11, T12	10	F55	Sedente en dirección frontal. Usa barra de lanzamiento
Sujeto 4	34	Masculino	Accidente de tránsito	Trauma raquímedular nivel T3, T4 y T5	11	F54	Sedente en dirección frontal. Usa barra de lanzamiento

Fuente: La investigación

4. Resultados

Durante el gesto deportivo, los grupos musculares analizados de los 4 deportistas registraron activación en diferentes fases del lanzamiento.

Sujeto 1

Los músculos recto abdominal y el oblicuo externo del abdomen estuvieron activos en los movimientos de las fases 2 y 3, con un comportamiento similar en cuanto a tiempo de activación, mientras que el iliocostal y el longísimo se activaron en todas las fases del gesto ([Figura 2](#)). Los músculos de la región abdominal se activaron en el tiempo comprendido entre 241 y 401 ms, alcanzando un pico máximo de activación de 0,14 mV en los 330 aproximadamente. Los músculos longísimo e iliocostal alcanzaron la máxima activación entre los 360 y 400 ms logrando alrededor de 0,07 mV. ([Figura 3](#)).

Sujeto 2

Al no presentar lesión a nivel de tronco, la estabilidad de ese segmento no se ve alterada para el desarrollo de la actividad deportiva. El sujeto se sienta de manera diagonal en la silla de lanzamiento con los miembros inferiores en abducción. En la Figura 4 se ilustra el patrón de activación muscular en cada una de las fases y se aprecia la posición corporal en algún momento de cada fase. Se observó que los músculos recto abdominal y oblicuo externo se activan en las fases 1 y 2 mientras que los vientres musculares del erector de la columna estuvieron activos en las 4 fases del gesto ([Figura 4](#)).

El músculo recto abdominal tuvo un patrón de activación diferente en cuanto a tiempo, la amplitud de la señal fue de 0,12 mV. El músculo oblicuo externo del abdomen registró amplitud aproximada de 0,17 mV a los 82 ms, siendo el registro más alto de los cuatro músculos. El músculo longísimo derecho aumenta secuencialmente la actividad a lo largo del movimiento. Sin embargo, la amplitud de la actividad es baja con relación a los músculos anteriores, alcanza máximo una RMS cercana a los 0,4 mV a los 145 ms aproximadamente ([Figura 5](#)).

Sujeto 3

El sujeto 3 tiene lesión a nivel medular T11 -T12, lo que afecta la estabilidad de tronco, por lo que debe lanzar con barra de sujetación, esto favorece la seguridad del deportista, pero limita la acción de los músculos del tronco, dependiendo en gran parte del miembro superior, que realiza el agarre la fuerza para el desplazamiento ([Figura 6](#)).

El músculo recto abdominal representó actividad muscular muy baja, de 0,02 mV entre los 130 y los 140 ms, la actividad muscular es menor a la esperada, pues al no presentar alteración de la información nerviosa, su función debería estar conservada. El músculo oblicuo externo del abdomen izquierdo registró amplitud de la señal de 0,01 mV aproximadamente, lo que indica una amplitud muy baja. Los músculos longísimo e iliocostal mostraron un comportamiento similar en cuanto a amplitud de la señal y tiempo de activación, alcanzando únicamente un 0,01 mV de señal ([Figura 7](#)).

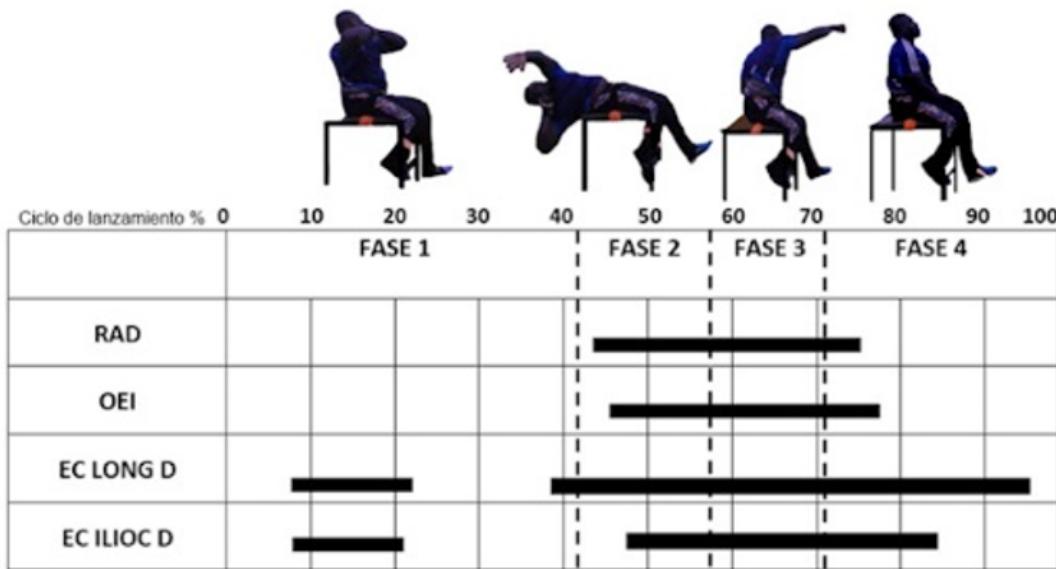


Figura 2. Fases del lanzamiento de bala paralímpico en silla. RAD: músculo recto abdominal derecho, OEI: músculo oblicuo externo izquierdo, ES LONG D: Erector de la espina longísimo derecho ES ILOIC D: Erector de la espina iliocostal derecho

Fuente: La investigación

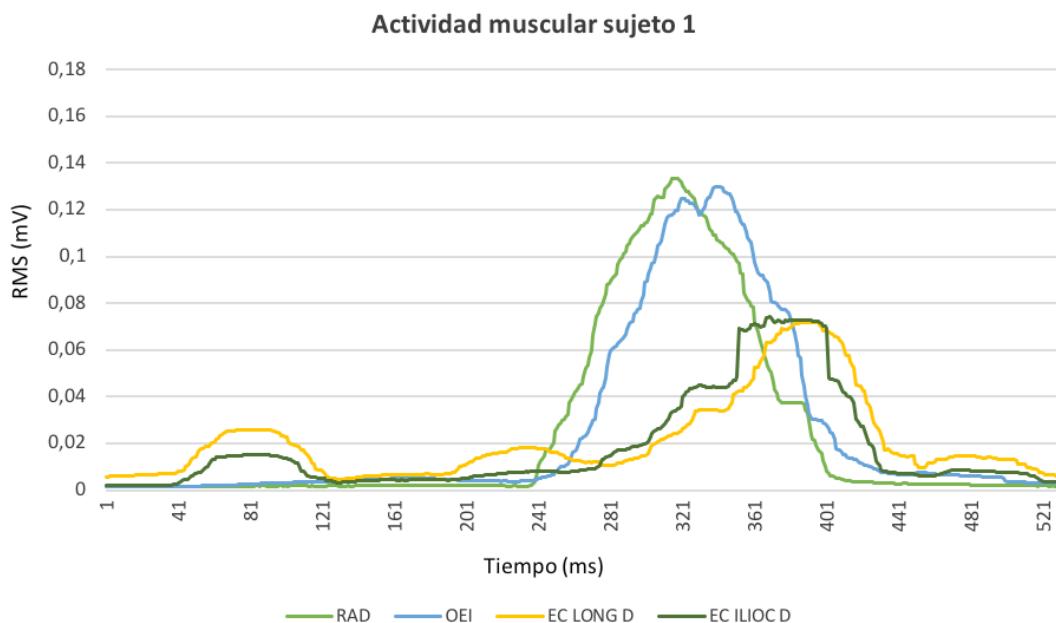


Figura 3. Actividad electromiográfica Sujeto 1. RAD: músculo recto abdominal derecho, OEI: músculo oblicuo externo izquierdo, ES LONG D: Erector de la espina longísimo derecho ES ILOIC D: Erector de la espina iliocostal derecho.

Fuente: La investigación

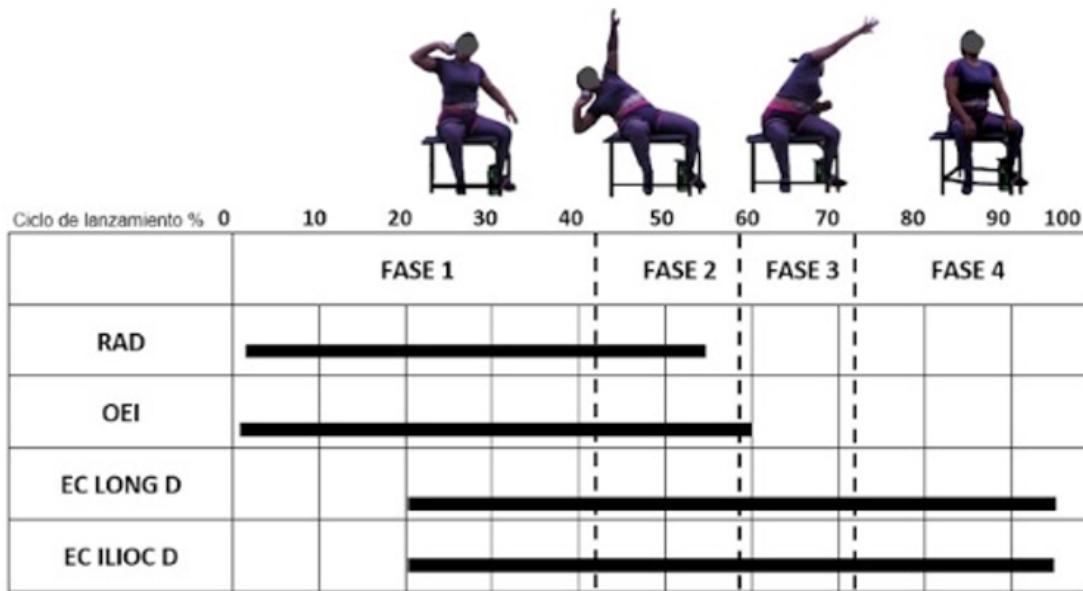


Figura 4. Fases del lanzamiento de bala paralímpico en silla. RAD: músculo recto abdominal derecho, OEI: músculo oblicuo externo izquierdo, ES LONG D: Erector de la espina longísimo derecho ES ILOC D: Erector de la espina iliocostal derecho.

Fuente: La investigación.

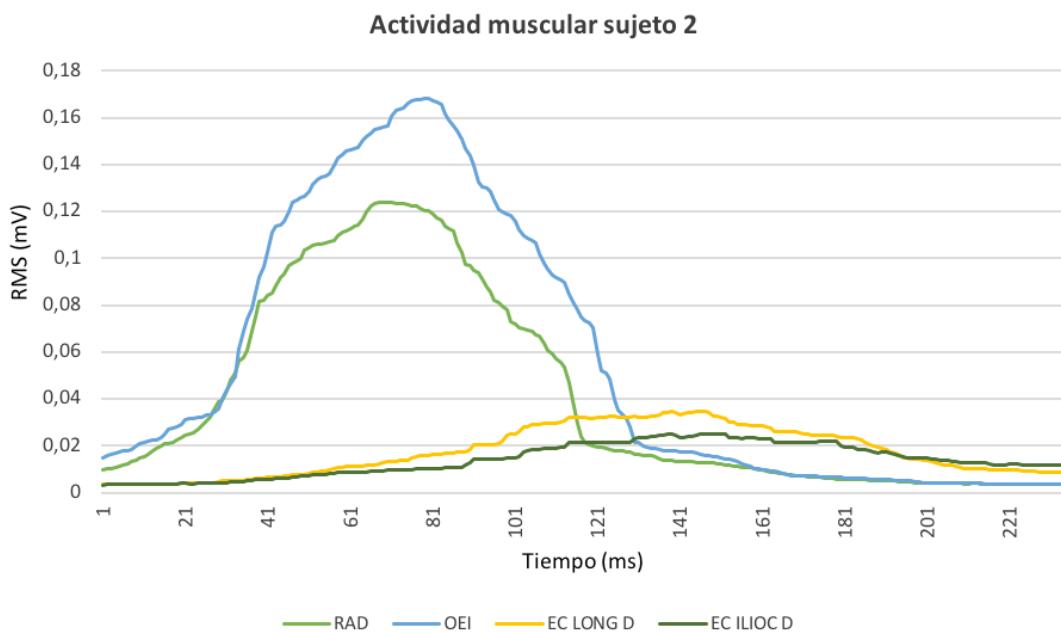


Figura 5. Actividad electromiográfica Sujeto 2. RAD: músculo recto abdominal derecho, OEI: músculo oblicuo externo izquierdo, ES LONG D: Erector de la espina longísimo derecho ES ILOC D: Erector de la espina iliocostal derecho.

Fuente: La investigación.

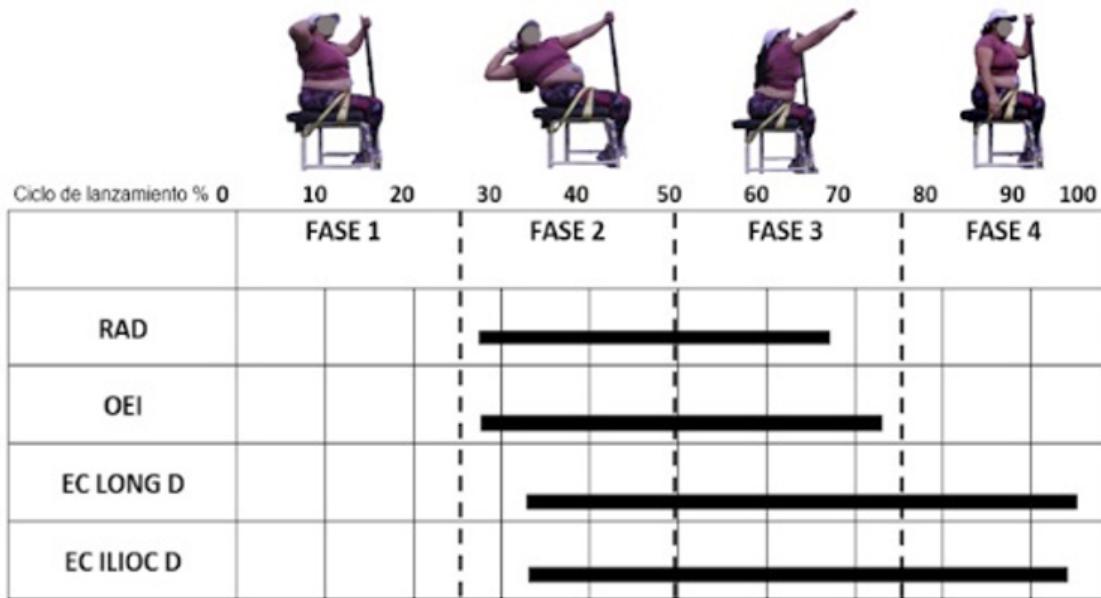


Figura 6. Fases del lanzamiento de bala paralímpico en silla. RAD: músculo recto abdominal derecho, OEI: músculo oblicuo externo izquierdo, ES LONG D: Erector de la espina longísimo derecho ES ILOC D: Erector de la espina iliocostal derecho.

Fuente: La investigación.

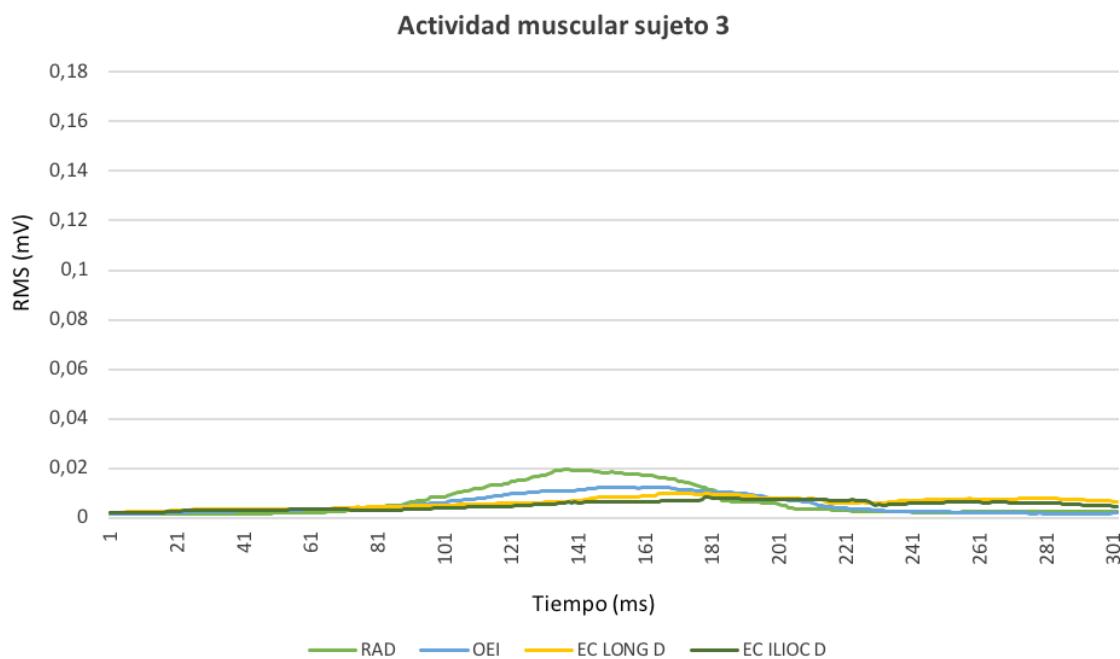


Figura 7. Actividad electromiográfica Sujeto 3. RAD: músculo recto abdominal derecho, OEI: músculo oblicuo externo izquierdo, ES LONG D: Erector de la espina longísimo derecho ES ILOC D: Erector de la espina iliocostal derecho.

Fuente: La investigación.

Sujeto 4

Por el nivel de lesión medular del deportista (nivel T3, T4 y T5), la inervación dorsolumbar y abdominal están comprometidas, por lo que es necesario que el deportista haga uso de la barra auxiliar de sujeción para mantener el tronco erguido y compensar la falta de control motor durante los desplazamientos requeridos en el gesto ([Figura 8](#)).

Los músculos recto abdominal y oblicuo externo del abdomen mostraron una amplitud muy baja (menor a 0,01). Los músculos longísimo e iliocostal reflejaron mayor actividad, ya que intervinieron en casi todas las fases del gesto, y alcanzaron una activación mayor que la de los músculos abdominales (0,02 mV) ([Figura 9](#)).

5. Discusión

En este estudio el objetivo fue analizar la activación muscular en la ejecución de movimientos atléticos en deportistas paralímpicos. Considerando los datos grabados en campo utilizando EMG, se presenta el análisis descriptivo de los músculos activados, considerando las características particulares de cada atleta evaluado. Estudios realizados por diversos autores ([Hirashima et al., 2002](#); [Pink et al., 1993](#); [Waters & Morris, 1972](#); [Watkins et al., 1996](#)) dejan notar la importancia de los músculos del tronco durante actividades deportivas y cotidianas en personas sin alteraciones físicas. En el caso del atleta con discapacidad, una buena

condición de la musculatura del tronco es indispensable, para el desarrollo de las acomodaciones posturales durante el desarrollo de la práctica deportiva. De allí que algunos atletas con lesiones medulares, según sea su nivel, deben valerse de una barra de sujeción, para compensar las limitaciones funcionales derivadas de la pobre o ausente inervación de la musculatura del tronco.

En el gesto deportivo del lanzamiento de bala paralímpico, aunque se establecen de forma teórica unas fases con una secuencia de movimientos del tronco ([Müller & Ritzdorf, 2009](#); [Rotawisky & Chiquito, 2017](#)), estas acciones musculares pueden verse afectadas, no solo por la condición clínica particular del deportista, sino por la existencia de una técnica propia de lanzamiento. Tal es el caso del sujeto 1 y el sujeto 2, quienes evidenciaron importantes diferencias en el patrón de activación muscular, aunque no presentan alteración en el tronco, sino de miembros inferiores. El sujeto 1 realiza de forma amplia y coordinada todos los movimientos de la técnica según lo planteado en la teoría del gesto, mientras que el sujeto 2 omite el movimiento de la primera fase. Por su parte, los sujetos 3 y 4, que presentaban alteración funcional de tronco, muestran una restricción y modificación del movimiento, dado que lanzan con barra auxiliar. Las características individuales en la ejecución del gesto se evidenciaron en los resultados de la electromiografía de superficie.

En todos los sujetos de este estudio, los mayores picos de activación muscular se presentaron durante las acciones

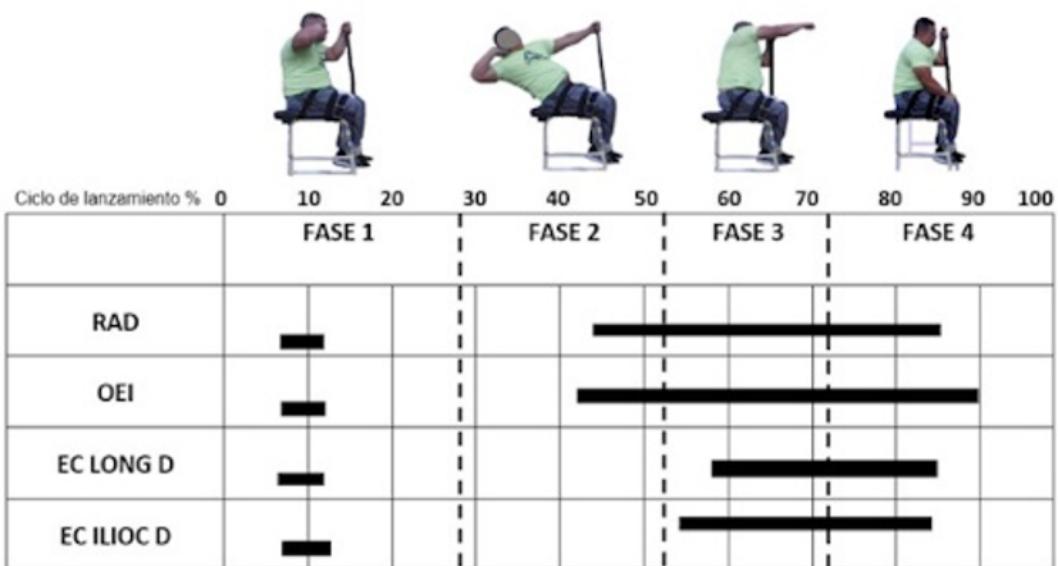


Figura 8. Fases del lanzamiento de bala paralímpico en silla. RAD: músculo recto abdominal derecho, OEI: músculo oblicuo externo izquierdo, ES LONG D: Erector de la espina longísimo derecho ES ILOC D: Erector de la espina iliocostal derecho.

Fuente: La investigación.

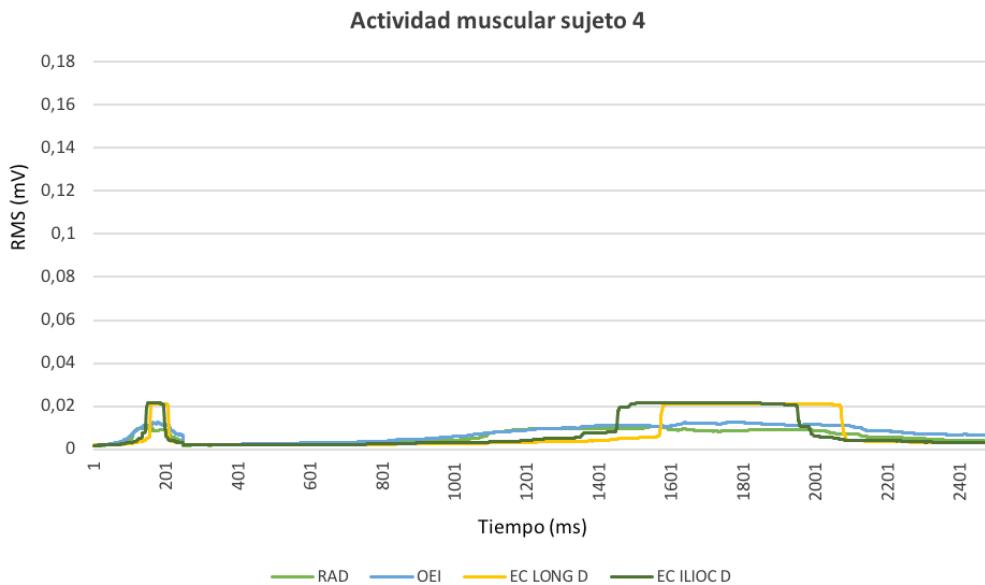


Figura 9. Actividad electromiográfica Sujeto 4. RAD: músculo recto abdominal derecho, OEI: músculo oblicuo externo izquierdo, ES LONG D: Erector de la espina longísimo derecho, ES ILIOC D: Erector de la espina iliocostal derecho.

Fuente: La investigación.

contrarias a las establecidas como funcionales por la dirección de la fibra muscular, corroborando estudios ([Newham et al., 1983; Roig et al., 2009](#)) que sugieren que en las acciones excéntricas, los músculos realizan mayor trabajo y activación.

En el análisis individual de los músculos del sujeto 2, la actividad electromiográfica evidenció activación de los músculos recto abdominal y oblicuo externo del abdomen en la fase inicial. Sin embargo, debido a que en esta fase se lleva el tronco a una posición erguida, se esperaría que los eructores de la columna se activaran primero ([Müller & Ritzdorf, 2009; Rotawisky & Chiquito, 2017](#)). Sin embargo, dado que omite la fase I de lanzamiento (verificado por video), se encontró una mayor activación de los músculos de la región abdominal.

En el sujeto 3 con lesión medular nivel T11 - T12, se evidenció que la señal electromiográfica de los 4 músculos evaluados fue muy baja. Sin embargo, dado que los músculos abdominales se inervan a partir de T6 a T12, existe la posibilidad de que estos músculos estuvieran realizando una acción significativa durante el gesto, lo cual es corroborado por un estudio realizado por [Bjerkefors et al. \(2015\)](#) quienes concluyeron que personas con lesión medular completa por encima de T6 pueden activar los músculos abdominales en respuesta a estímulos y durante contracciones máximas voluntarias (o intentadas). Lo

anterior supone para éste deportista, un potencial de mejora de su condición de tronco y su actividad deportiva a partir de un plan de trabajo orientado al reforzamiento muscular.

El sujeto 4 presenta mayor compromiso a nivel del tronco (lesión medular nivel T3, T4 y T5), y es de suponerse según su condición clínica, la lesión impide la llegada de la señal eléctrica a los músculos abdominales y parte de los músculos del dorso ([Chatain & Bustamante, 1986; Latarjet & Liard, 2004; Moore & Dalley, 2009](#)). Sin embargo, al analizar los registros electromiográficos llama la atención que se registra actividad de los 4 músculos evaluados, que aunque no es muy amplia, sí se presenta en la secuencia de ejecución del gesto. Lo anterior podría llevar a pensar que la lesión medular podría no ser completa, o que la práctica deportiva regular permitió reforzar las conexiones restantes, favoreciendo algún grado de activación, ya que la recuperación medular puede prolongarse durante un año después de la lesión ([Harvey, 2008](#)). Lo anterior concuerda con una investigación realizada en una persona con lesión medular clasificada clínicamente como completa nivel T3 ([Bjerkefors et al., 2009](#)), a quien evaluaron con electromiografía de alambre fino y de superficie los músculos de tronco, midiendo activaciones musculares voluntarias y en respuesta a perturbaciones del equilibrio. Los autores hallaron actividad en todos los músculos evaluados incluso por debajo del nivel de lesión tanto en movimientos

voluntarios como en las perturbaciones del equilibrio, concluyendo entre otras cosas que, la lesión medular estaba incompleta y que las inervaciones aún presentes podrían haberse reforzado durante la rehabilitación, ya que la mayor parte de la recuperación neurológica se produce en los 2 primeros meses después de la lesión ([Bjerkefors et al., 2009](#); [Harvey, 2008](#)).

6. Conclusiones

La electromiografía, es un método que se utiliza cada vez más para evaluaciones de actividades funcionales y deportivas. En este estudio, la EMG permitió evidenciar diferencias en los deportistas paralímpicos acordes a su condición física y a su técnica de lanzamiento. Además, facilitó la detección de opciones de mejora en el rendimiento deportivo y la disminución de probabilidad de lesiones de tronco. Lo anterior lleva a recomendar que este tipo de análisis sea utilizado en el proceso de entrenamiento deportivo, a fin de orientar trabajos personalizados de reforzamiento muscular e higiene postural.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Notas

- I. Instituto del Deporte, la Educación física y la Recreación del Valle del Cauca, Cali – Colombia.

Referencias bibliográficas

- APARICIO, M. Electromiografía cinesiológica. En: Rehabilitación. 2005. vol. 39, no.6,p. 255–264. [https://doi.org/10.1016/S0048-7120\(05\)74359-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7120(05)74359-0)
- AVELLANEDA, Ana. Análisis electromiográfico de la musculatura abdominal y paravertebral durante la realización de ejercicios basados en el Método Pilates. Universidad de Murcia. Tesis Doctoral Universidad de Murcia. 2013.
- BJERKEFORS, Anna; CARPENTER, Mark; CRESSWELL, Andrew; THORSTENSSON, Alft. Trunk muscle activation in a person with clinically complete thoracic spinal cord injury. In: Journal of Rehabilitation Medicine. 2009. vol.41, no.5, p. 390-392. <https://doi.org/10.2340/16501977-0336>
- BJERKEFORS, Anna; SQUAIR, Jordan; CHUA, Romero; LAM, Tania; CHEN, Zhen; CARPENTER, Mark. Assessment of abdominal muscle function in individuals with motor-complete spinal cord injury above T6 in response to transcranial magnetic stimulation. In: Journal of Rehabilitation Medicine. 2015. vol. 47, no.2, p. 138–146. <https://doi.org/10.2340/16501977-1901>
- BORGES, Michelle; SOUSA, Elys; REGO, Jeferson; MEDEIROS, Radames; SPINA, Murillo; CABRAL, Breno; DANTAS, Paulo. Electromyographic analysis of bench press in paralympic athletes. En: Medicina Sportiva. 2014. Vol. 10, no.4, p. 2452–2456. https://www.medicinasportiva.ro/SRoMS/english/Journal/No.40/Electromyographic_bench_press_paralympic_athletes.html
- CHOW, John; W., CHAE, Woen; CRAWFORD, Michael. Kinematic analysis of shot-putting performed by wheelchair athletes of different medical classes. In: Journal of Sports Sciences. 2000. vol. 18, no.5, p. 321–330. <https://doi.org/10.1080/026404100402386>
- CHOW, John; KUENSTER, Ann; LIM, Young. Kinematic analysis of javelin throw performed by wheelchair athletes of different functional classes. In: Journal of Sports Science & Medicine. 2003. vol. 2, no.2,p. 36-45. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3938047/>
- HARVEY, Lisa. Management of Spinal Cord Injuries E-Book: A Guide for Physiotherapists. Elsevier Health Sciences. 2008.
- HIRASHIMA, Masaya; KADOTA, Hiroshi; SAKURAI, Shizuka; KUDO, Katuzoshi; OHTSUKI, Tatsuyuki. Sequential muscle activity and its functional role in the upper extremity and trunk during overarm throwing. In: Journal of Sports Sciences. 2002. vol. 20,no. 4,p. 301–310. <https://doi.org/10.1080/026404102753576071>
- CHATAIN, Ives; Bustamante, Jairo. Anatomía macroscópica funcional y clínica. Addison-Wesley Iberoamericana. 1986.
- LATARJET, M.; LIARD, A. R. Anatomía humana (Vol. 2). Ed. Médica Panamericana. 2004.
- MASSÓ, Núria; REY, Ferran; ROMERO, Dani; GUAL, Gbriel; COSTA, Lluís; GERMAN, Ana. Surface electromyography applications in the sport. In: Apunts Med Esport. April - June, 2010. vol. 45 no. 166, p. 127-136. https://www.researchgate.net/publication/291051010_Surface_electromyography_applications_in_the_sport
- MOORE, K; DALLEY,A. Anatomía con orientación clínica. Ed. Médica Panamericana. 2009.
- MÜLLER, H; RITZDORF, W.; Correr!; Saltar!; Lanzar!. Guía oficial IAAF para la enseñanza del atletismo. Santa Fé, Argentina: Imprenta Lux. 2009
- NEWHAM, D.J; McPhail, G; Mills, K; Edwards. Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. In: Journal of the Neurological Sciences. 1983. vol. 61, no.1, p. 109–122. [https://doi.org/10.1016/0022-510X\(83\)90058-8](https://doi.org/10.1016/0022-510X(83)90058-8)
- PINK, Marilyn; PERRY, Jacqueline; Jobe, Frank. Electromyographic analysis of the trunk in golfers. In: The American Journal of Sports Medicine. 1993. vol. 21, no. 3, p. 385–388. <https://doi.org/10.1177/036354659302100310>
- PRÓ, E. Anatomía clínica. Panamericana Buenos Aires. 2014
- REINA, R. Inclusión en deporte adaptado: dos caras de una misma moneda. 2014.
- ROIG, M; O'BRIEN, K; KIRK, G; MURRAY, R; MCKINNON, P; SHADGAN, B; REID, W. The effects of eccentric versus concentric

- resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. In: British Journal of Sports Medicine. 2009. vol. 43. no.8, p, 556–568. <https://dx.doi.org/10.1136/bjsm.2008.051417>
20. ROTAWISKY, Daniela; CHIQUITO, D. Análisis cinematográfico del tronco y miembros superiores en el lanzamiento de bala y jabalina en atletas paralímpicos del valle del cauca. Universidad del Valle. 2017
21. RUIZ, Stevens. Deporte paralímpico: una mirada hacia el futuro. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica. 2012. vol. 15, p. 97–104.
22. SANT, J. R. Metodología y técnicas de atletismo. Editorial Paidotribo. 2005
23. STEGEMAN,D;HERMENS,H. Standards for surface electromyography: The European project Surface EMG for non-invasive assessment of muscles (SENIAM). Enschede: Roessingh Research and Development. 2007, p. 108–112.
24. STERNLICHT, Erick; RUGG, Stuart. Electromyographic analysis of abdominal muscle activity using portable abdominal exercise devices and a traditional crunch. In: The Journal of Strength & Conditioning Research. 2003. vol. 17. no.3. p. 463–468.
25. SWINNEN, Eva; BAEYENS, Jean; Meeusen, Romain; KERCKHOFS, Erick. Methodology of electromyographic analysis of the trunk muscles during walking in healthy subjects: a literature review. En: Journal of Electromyography and Kinesiology. 2012. vol. 22. no.1, p. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.04.005>
26. TWEEDY, Sean; VAN LANDEWIJCK, Yves. () International Paralympic Committee position stand—background and scientific principles of classification in Paralympic sport. In: British Journal of Sports Medicine. 2011. vol. 45. no.4, p. 259–269. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.065060>
27. WATERS, R; MORRIS, J. Electrical activity of muscles of the trunk during walking. Journal of Anatomy. 1972. vol.111, p. 191.199.
28. WATKINS, Robert; Uppal, Gurvinder; Perry, Jacqueline; Pink, Marilyn; Dinsay, Joclyne. Dynamic electromyographic analysis of trunk musculature in professional golfers. En: The American Journal of Sports Medicine. 1996. vol. 24. no.4, p. 535–538. <https://doi.org/10.1177/036354659602400420>.
29. WILLIGENBURG, Nienke; DAFFERTSHOFER, Andreas; KINGMA, Idsart; VAN DIEËN, Jaap. Removing ECG contamination from EMG recordings: A comparison of ICA-based and other filtering procedures. In: Journal of Electromyography and Kinesiology. 2012. vol.22. no.3, p. 485–493. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.01.001>