

EVALUACION CINÉTICA EN NADADORAS

-Una prueba experimental-

Rodríguez, Juan ¹ y Cabañes Pablo ²

Universidad Nacional de Luján

natacionbiomecánica@gmail.com

Resumen:

A partir de los grandes avances en el área tecnológica, la técnica de electromiografía de superficie (EMGs) ha ganado gran protagonismo dentro del área deportiva. En el campo de la natación específicamente los trabajos de investigación se encuentran en permanente desarrollo, no solo para comprender como el sistema nervioso central (SNC) organiza las diferentes sinergias/patrones durante la ejecución de una prueba específica a los efectos de sostener la máxima performance, sino también en el suministro de información a los efectos de prevenir lesiones en situaciones de fatiga y en consecuencia evitar una lesión que haga apartar de su entrenamiento al nadador.

Para ello, se procedió a la recolección de datos cinéticos en condiciones simuladas (fuera del agua), durante la ejecución del gesto del estilo mariposa por parte de 2 nadadoras de categoría master federadas. A partir de los mismos, pudieron obtenerse datos de suma importancia (cartografiado muscular) que podrían colaborar a enriquecer la optimización de la preparación física dentro/ fuera del agua y la detección temprana por sobrecarga a los efectos de poder orientar procesos de rehabilitación.

Palabras claves: Análisis cinético, EMG en natación, Biomecánica natación, Patrones musculares

Introducción:

El conocimiento sobre la participación muscular en una prueba de natación debiera ser de suma importancia, específicamente sobre los patrones/sinergias que se generan a medida que

¹ Magister en Deporte (UNLP), docente ordinario e interino de la Universidad Nacional de Lujan en las asignaturas natación I, II y III; Gimnasia Formativa I y II; docente de la Universidad Favaloro en la Diplomatura Biomecánica Clínica. Actualmente doctorando en la Universidad Nacional de Córdoba en el Doctorado en Neurociencias. Escritor de varios artículos y libros en el campo de la natación.

² Lic. En Kinesiología y Fisiatria. Docente de la Universidad Nacional de Buenos Aires de la asignatura Biomecánica Funcional. Docente de la Universidad Favaloro en la Diplomatura Biomecánica Clínica. Biomecánico de la Selección Nacional Paralímpica

la prueba transcurre y ante la aparición de la fatiga. Medir y caracterizar los diferentes movimientos en cada fase del gesto motor es un aspecto muy relevante para la evaluación técnica de los nadadores como así también para la prevención de lesiones. En virtud de ello, la biomecánica tratará a través de diferentes estudios (cinético y cinemático) evaluar la función muscular durante la ejecución de un gesto y al mismo tiempo ayudar a comprender cómo se activan los distintos músculos en respuesta a las diferentes demandas que se requieren para el mantenimiento de una buena performance a lo largo de una prueba. Cada uno de estos estudios aporta datos específicos; respecto al estudio cinemático, identificación de parámetros de posición, velocidad y aceleración tanto lineales como angulares; utilizándose para su registro cámaras de diferentes velocidades, marcadores biomecánicos y hardware especializado. Respecto al estudio cinético, identificación de las fuerzas internas y externas actuantes en relación al gesto, recopilando información a través de electrodos que se posicionan sobre la zona muscular, denominada electromiografía de superficie. (Massó N., Romero F., Gual G, Costa L. y German A., 2010).

La electromiografía de superficie (EMGs) nos permite obtener una visión de la participación dinámica de los músculos involucrados en la propulsión del cuerpo en relación con el agua. Por otro lado, comprender, ante la aparición de la fatiga, cuales músculos comienzan a estar más o menos involucrados en las acciones gestuales, su cronología en cuanto a su participación y la existencia de patrones/sinergias tendientes a mantener el nivel de performance (Hassan, 2018).

La técnica de electromiografía de superficie (EMGs)

La electromiografía de superficie EMGs es una técnica que se utiliza para medir la actividad eléctrica de los músculos, a través de la cual se registran y analizan las señales mioeléctricas producidas por variaciones fisiológicas en el estado de las membranas de las fibras musculares, dándonos como resultado el estado funcional de la placa motora. Entre sus beneficios podemos mencionar su forma segura, fácil y no invasiva que permite la cuantificación objetiva de energía en el músculo, al mismo tiempo facilita la observación de la energía que generan los mismos tanto en estado de reposo como en el transcurso de un movimiento. Por medio de la utilización en simultáneo con varios sensores es posible observar el comportamiento de los músculos en una serie de movimientos (orden cronológico

de participación, grado y duración de contracción de cada uno). Dado que el sistema nervioso central (SNC) coordina los músculos ante el objetivo de la tarea (prueba de natación) a través del tiempo, en simultáneo, aporta información sobre la existencia de disfunción muscular, por lo cual ofrece una base para la reeducación neuromuscular y para la autorregulación posibilitando una excelente posibilidad de retroalimentación y motivación para el nadador, ya que puede contrastar los avances de manera sincrónica. Puce L., Pallecchi I., Marinelli L., Mori L., Bove M., Diotti D., Ruggeri P., Faelli E., Ctellesa F. y Trompetto C., 2021).

Material y Métodos

Se evaluó la actividad eléctrica de 4 regiones musculares bilateralmente mediante electromiografía de superficie en la realización del gesto técnico de mariposa fuera del agua durante un minuto de a máxima intensidad. Los músculos estudiados fueron Pectoral Mayor (PM), Dorsal Ancho (DA), Trapecio Superior (TS) y Serrato Mayor (SM).

Instrumental

Para el análisis electromiográfico se utilizó el dispositivo de electromiografía de superficie FREEEMG 1000, de 8 sondas inalámbricas. Los electrodos se posicionaron de acuerdo a las normativas SENIAM (Surface EMG for the Non-Invasive Assessment of Muscles). Para determinar los eventos (fases del nado –Subacuática y recuperación) se utilizó un acelerómetro inercial G-Sensor 2 de la Empresa BTS compuesto por un acelerómetro triaxial, un sensor magnético y giroscopio triaxial que al posicionarse en la parte superior de la espalda entre C5 y C7 permite realizar un análisis de movimiento del tronco (ascenso y descenso).

Figura N ° 2 – Ubicación de los electrodos/acelerómetro



Análisis de los datos

Los músculos fueron analizados en función de la fase de la brazada.

Fase Subacuática / Propulsión: Movimientos que se realizan dentro del agua

Fase Aérea / Recuperación: Movimientos que se realizan fuera del agua

Se adjudicó al ciclo completo de brazada el 100 %; a partir del cual se determinaron las fases y sub-fases de la siguiente manera:

Figura N° 1 – Ciclo de la brazada (100%) – Fases de la brazada		
		
de 0° a 90°	De 90° a 180°	De 180° a 360°
<i>Agarre / Tracción</i>	<i>Empuje</i>	<i>Recobro</i>
<i>Fase Sub- acuática</i>		<i>Fase Aérea</i>

Procedimientos

Los nadadores realizaron una entrada en calor de 5 minutos simulando el gesto de modo progresivo. Luego se posicionaron decúbito ventral sobre un caballete, con un punto fijo a nivel de la cadera con ambas piernas inmóviles (sujetas al mismo) dejando libre el tren superior. Con sus manos tomaron 2 lingas perteneciente a un dispositivo mecánico de tracción (poleas) una con cada mano con orientación cefalocaudal, que simularon la resistencia del agua en las fases propulsoras de la brazada (tracción y empuje). A una orden verbal de inicio, el nadador realizó los gestos característicos del estilo mariposa a máxima intensidad durante 1 minuto.

Descriptores a evaluar

1. Parámetros en % de Pico (Normalización)

Análisis estadístico

Los datos fueron normalizados por porcentajes de pico de activación. Al convertir los datos en porcentajes es posible comparar las diferentes activaciones musculares entre diferentes músculos, sujetos o condiciones (Halaki M. y Ginn K., 2012).

Aspectos bioéticos

Previamente a la convocatoria, se brindó a los participantes información detallada sobre el objetivo del estudio y los procedimientos a los que serían expuestos. Todo esto fue transcrito en un formulario, donde los/as participantes dejaron expresado fehacientemente su voluntad y libertad al momento de decidir sobre su participación. En cuanto al encuadre normativo a nivel nacional podemos mencionar las siguientes normas regulatorias para la investigación en seres humanos; Constitución Nacional Art. N ° 58 y N° 75 inc.22 y Normas de consentimiento informado promovido por el Ministerio de Salud de la Nación Resolución N ° 1.480 (2011).

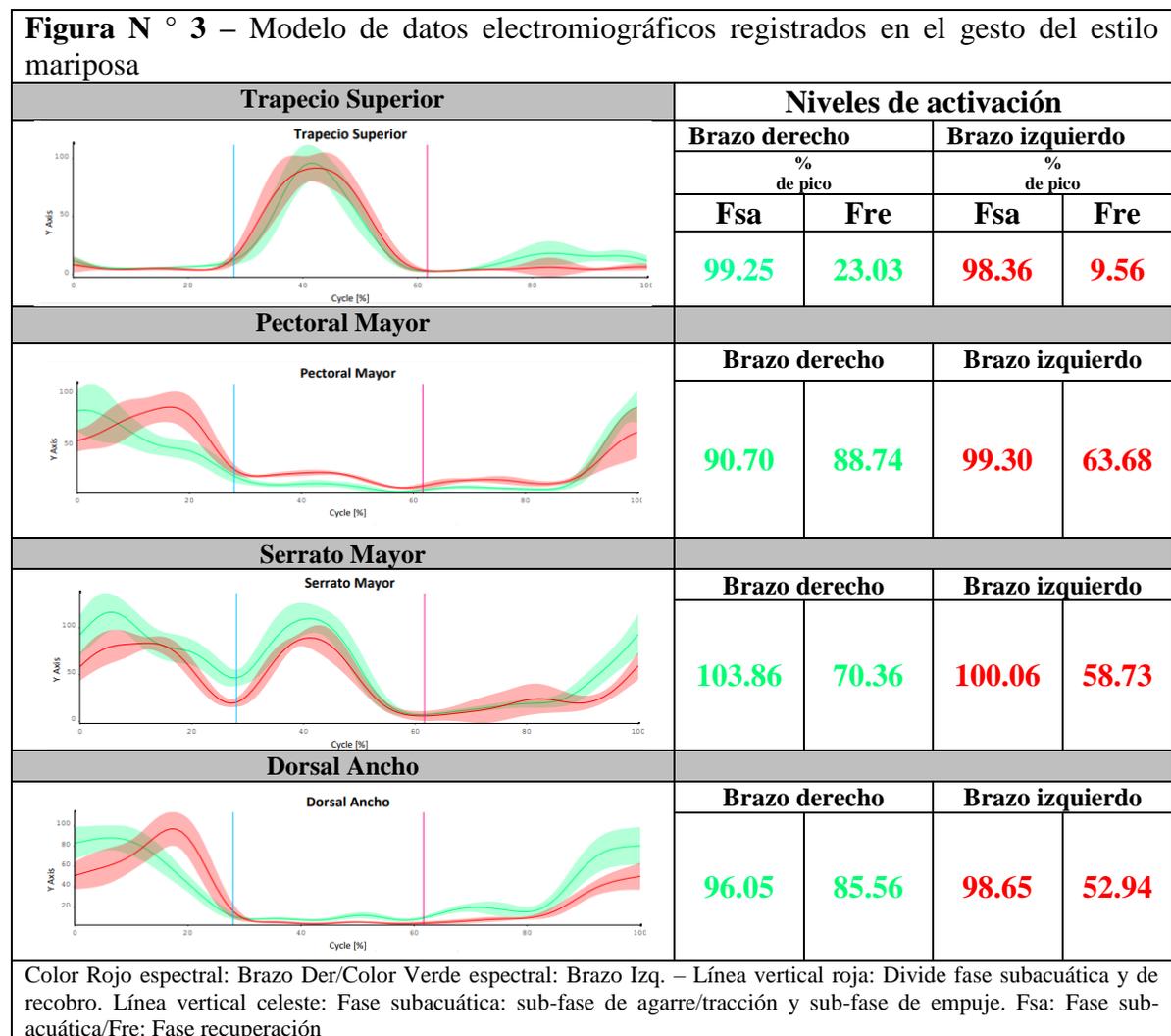
Resultados:

A partir del registro de las muestras se obtuvieron los siguientes datos; preliminarmente solo nos focalizamos en el porcentaje de picos de activación (promedio de todos los picos) en cada fase (Fase sub-acuática y Fase de recobro).

Como puede observarse en la Figura N ° 3, del lado izquierdo se pueden advertir los 4 músculos seleccionados superponiendo los registros espectrales de BD (Brazo derecho) y BI (Brazo izquierdo) a lo largo de la prueba. Del lado derecho de la figura se encuentran los datos numéricos de activación por cada musculo en cada fase. En el **trapecio superior** (TS) los picos de activación en ambos brazos se produjeron en la fase subacuática, específicamente en la sub-fase de empuje siendo para el BD del 99.25 % y BI del 98.36 %, ya en su fase de recobro el grado de activación del BD fue de 23.06 % y de BI de 9.56 %. En el **pectoral mayor** (PM) puede observarse que su pico de activación se produjo en la Fase sub-acuática, sub fase agarre/tracción en donde el pico de activación estuvo en niveles del BD de 90.70 % y de 99.30 % en su BI. Respecto a la Fase de recobro la activación estuvo al final del mismo con valores en su BD de 88.74 % y BI en los 63.68 %. En el **serrato mayor** (SM) los valores obtenidos en su fase subacuática BD fue de 103.86 % y BI en 100.06 %; en su fase de recobro el BD registro un pico de 70.06 % y BI de 58.73 %.

Para finalizar en el musculo **dorsal ancho** (DA) el pico de activación se produjo en la fase sub-acuática de BD con picos de activación de 96.05 % y BI en los 98.65 %, por su lado en

la fase de recobro se encontraron valores de activación en BD de 85.56 % y BI en valores de 52.94 %.



Bibliografía:

1. Halaki M. y Ginn K. (2012). Normalization of EMG signal: To normalize or not to normalize and what to normalize to? Computational Intelligence in electromyography analysis. The University of Sidney. Australia
2. Hassan M., Kadone H., Ueno T., Hada Y., Sankai Y. y Suzuki K. (2018). Feasibility of Synergy-Based Exoskeleton Robot Control in Hemiplegia. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. Jun;26(6):1233-1242
3. Massó N., Rey F., Romero D., Gual G., Costa L. y German A. (2010). Surface electromyographic applications in the sport. Facultat de Ciències de la Salut Blanquerna, Universitat Ramon Llull, Barcelona. España

4. Puce L., Pallecchi I., Marinelli L., Mori L., Bove M., Diotti D., Ruggeri P., Faelli E., Ctellesa F. y Trompetto C. (2021). Surface Electromyography Spectral Parameters for the Study of Muscle Fatigue in Swimming. *Frontiers Sports and Active Living*. V. 3. University of Genoa. Italia