



ESCUELAS UNIVERSITARIAS
GIMBERNAT-CANTABRIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO
GRADO EN FISIOTERAPIA

Relación entre dolor de hombro y fatigabilidad de rotadores
externos en nadadores competitivos: Estudio Transversal
Analítico

Relationship between shoulder pain and fatigability of
external rotators in competitive swimmers: Cross-sectional
Analytical Study

AUTOR: Pablo Villa Navarro

DIRECTOR: Oscar Vila Diéguez

FECHA DE ENTREGA: 4/10/2017

Contenido

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
MÉTODOS	7
Participantes.....	7
Procedimiento	8
Procesamiento de datos.....	12
Análisis estadístico	13
RESULTADOS	14
DISCUSIÓN.....	19
REFERENCIAS.....	22
ANEXOS	23
CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	24
CUESTIONARIO NADADORES	25

RESUMEN

Objetivo: Analizar la posible relación entre dolor de hombro y fatiga de los rotadores externos en nadadores competitivos.

Método: Se reclutan 16 nadadores activos, 12 varones y 4 mujeres, con una edad media de 19,36 años. De ellos, 8 nadadores con dolor en ambos hombros forman el grupo casos y los otros 8 nadadores sanos son el grupo control. La fatiga se mide en ambos hombros mediante la realización de rotaciones internas y externas en decúbito supino, a máxima velocidad, a lo largo de un minuto que se fracciona en cuatro tiempos para el análisis. Los datos son registrados por un acelerómetro situado en la muñeca de los sujetos y analizados posteriormente mediante un análisis de la varianza con mediciones repetidas a través del programa SPSS, partiendo de un nivel de significancia de $<0,05$.

Resultados: La aceleración disminuye de forma similar en ambos grupos, a medida que avanza por los diferentes intervalos de tiempo y al comparar los dos tipos de rotaciones. Por lo tanto, los resultados no son estadísticamente significativos ($p > 0,05$).

Discusión: A la vista de los resultados, aceptamos la hipótesis nula de que no existen diferencias en la fatiga de rotadores externos entre los nadadores con dolor de hombro y los nadadores del grupo control. No obstante, entre las limitaciones del estudio debemos destacar el escaso tamaño muestral que nos impide tener suficiente potencia como para detectar una diferencia si la hubiera, por lo que entendemos que deben realizarse más estudios con un mayor reclutamiento.

ABSTRACT

Objective: To analyze the potential relationship between shoulder pain and external rotator fatigue in competitive swimmers.

Method: 16 active swimmers are recruited, 12 men and 4 women, with a mean age of 19.36 years. Out of these, 8 swimmers with pain in both shoulders form the case group and the other 8 healthy swimmers are the control group. Fatigue is measured in both shoulders by performing internal and external rotations in supine position, at maximum speed, over a minute that is divided into four time intervals for analysis. The data is recorded by an accelerometer placed on the wrist of the subjects and analyzed later by an analysis of the variance with repeated measurements through the SPSS program, starting from a level of significance of <0.05 .

Results: Acceleration similarly decreases in both groups, as it progresses through the different time intervals and when comparing the two types of rotation. Therefore, the results are not statistically significant ($p > 0.05$).

Discussion: In view of the results, we accept the null hypothesis that there are no differences in external rotator fatigue between shoulder pain swimmers and swimmers in the control group. However, among the limitations of the study we must highlight the small sample size that prevents us from having enough power to detect a difference if there is one, so we understand that more studies should be done with a greater recruitment.

INTRODUCCIÓN

La natación es uno de los deportes más practicado en todo el mundo. Hay una amplia gama de participantes, desde los que nadan ocasionalmente hasta los que compiten a nivel nacional e internacional. El efecto flotante del agua presenta menor riesgo de lesiones entre los que participan a nivel recreativo. Sin embargo, numerosos artículos describen lesiones entre nadadores competitivos y de élite ¹.

El dolor en el hombro es la queja más común de los nadadores de cualquier nivel, y su prevalencia se encuentra entre el 40% y el 91% ². Los nadadores competitivos pueden entrenar entre 10.000 y 14.000 metros al día, seis o siete días por semana, lo que se traduce a distancias de 50-60 km que a su vez equivalen a un mínimo de 16.000 revoluciones de cada hombro por semana ³. Además, casi el 90% de la potencia que propulsa al nadador hacia delante proviene de los miembros superiores ⁴, lo que explica el alto número de lesiones en los hombros. El término "hombro del nadador" cubre un espectro de patologías consecutivas o coexistentes, siendo la afectación del manguito de los rotadores el más frecuente ⁵. La tendinopatía del manguito rotador es un trastorno común que plantea desafíos para un tratamiento eficaz. La evidencia sugiere que los factores extrínsecos, intrínsecos y los mecanismos biomecánicos juegan un papel importante. Los factores intrínsecos, como las propiedades mecánicas del tendón del manguito rotador, la composición y la vascularidad, y los factores extrínsecos, como las alteraciones de la cinemática escapular y glenohumeral que contribuyen al choque interno y externo, parecen ser factores significativos de esta tendinopatía ⁶.

En un entrenamiento exclusivo de agua, los rotadores internos de los nadadores, debido a su alta demanda concéntrica, se vuelven proporcionalmente más fuertes que

sus antagonistas. Esto genera un desarrollo asimétrico de la fuerza de los rotadores que algunos autores señalan como un factor de riesgo de lesión⁷. Esto se debe a que los músculos rotadores internos y los rotadores externos del hombro juegan un papel crítico al proporcionar estabilidad y movilidad a la articulación glenohumeral, especialmente en los atletas overhead⁸. La fase de empuje bajo el agua, que se caracteriza por movimientos de rotación interna y aducción de la articulación glenohumeral, corresponde aproximadamente al 70% del movimiento a la hora de nadar, justificando de esta manera la diferencia de fuerza en la rotación interna y externa⁸. Por otro lado, el papel de los rotadores externos es actuar de manera excéntrica para decelerar el húmero durante la brazada. Numerosos investigadores afirman que el alto trabajo excéntrico que soportan los rotadores externos puede predisponer a una fatiga crónica, dificultando el control de la articulación glenohumeral y por lo tanto facilitando la lesión⁸.

Actualmente, existe una herramienta válida y precisa para la cuantificación del recuento de golpes en braza y mariposa, así como para medir la velocidad de natación que sugiere beneficios prácticos ventajosos para los nadadores y entrenadores. Se trata de acelerómetros que permiten medir la aceleración de un objeto móvil o vibrante. En el contexto de la investigación, puede medir objetivamente el comportamiento humano. Una de sus características es que se puede usar en la muñeca de un participante para registrar continuamente el movimiento, permitiendo medir la actividad motora gruesa. Posteriormente, los datos se pueden transferir a un ordenador para su análisis.

En un estudio de Ohgi⁹, cuyo fin era observar el movimiento de la extremidad superior en la natación, el autor utilizó un acelerómetro (colocado en la muñeca de los nadadores), que permitía medir la aceleración y la velocidad angular. La aceleración triaxial indicó evidencia de fatiga en los nadadores junto con una valoración de lactato muscular. Mientras que la velocidad angular triaxial, mostró información de cómo el

brazo del nadador se movía en cada fase. La determinación de las fases de la brazada, mediante los sensores inerciales, es importante porque ha proporcionado a los entrenadores una nueva forma de analizar las técnicas de natación.

Este estudio introduce la utilización de estos acelerómetros como un método más sencillo, accesible y costo-eficiente para el nadador de medida de fatiga o de determinados movimientos con respecto a una máquina de isocinéticos. La realidad es que estos segundos nos permiten realizar ejercicios más controlados, pero el alto coste hace muchas veces inviable su utilización.

La escasa evidencia en cuanto a la relación de fatiga de los rotadores del hombro con su lesión conlleva a que el propósito de este estudio, por lo tanto, sea identificar posibles diferencias en la fatiga de rotadores externos e internos mediante la utilización de un acelerómetro, situado en la muñeca, en nadadores competitivos con dolor de hombro en comparación con nadadores sanos.

La hipótesis conceptual en este estudio es que los nadadores con dolor de hombro presentan una mayor fatiga de los rotadores externos. Esto se podría relacionar con el dolor de hombro ya que son indispensables para la estabilización escapular y el control motor y, por lo tanto, su déficit podría causar una lesión de hombro. Con respecto a la rotación interna, no se espera gran variación dado que su trabajo principal en la brazada es en concéntrico para propulsión, estando más fortalecidos que los rotadores externos.

En cuanto a la hipótesis operativa, se plantea que 8 nadadores con dolor de hombro obtendrán valores de fatiga mayores hacia la rotación externa, es decir, tendrán un descenso más pronunciado en la aceleración de los movimientos, con respecto a los 8

nadadores sanos a la hora de realizar rotaciones de hombro a 45° de flexo-abducción durante un minuto.

MÉTODOS

Participantes

Basándonos en estudios previos con características similares¹⁰, calculamos el tamaño muestral a partir del programa GPower 3.1. El resultado fue de dieciséis pacientes divididos en dos grupos de ocho cada uno, en los que se estima podría haber una diferencia de 12 grados por segundo en la disminución de la velocidad de rotación y una desviación estándar media de 7,5 grados/s.

Por lo tanto, este estudio consta de un grupo control formado por ocho nadadores sin dolor de hombro, y otro grupo denominado dolor formado por ocho nadadores que habían presentado dolor en ambos hombros en los últimos tres meses. Ambas agrupaciones cuentan con seis hombres cuya media de edad es de 19,91, y dos mujeres con 18,8 años de media. Se reclutaron nadadores competitivos de varios clubes de Cantabria, en los cuales el supervisor del trabajo tiene una relación directa tanto con los entrenadores como con los nadadores. El reclutamiento se llevó a cabo gracias a un cuestionario basado en unos criterios de inclusión y exclusión. Respecto a los primeros, los entrenamientos de todos los nadadores debían traducirse en más de 15000 metros semanales y haber competido dos años o más para confirmar que los nadadores seleccionados son deportistas activos. Los nadadores del grupo de dolor tenían que haber sufrido dolor de hombro en los últimos tres meses, al menos dos veces al mes. Este dolor debía ser de fases 1 o 2 según la clasificación descrita por Neer & Welsh para el hombro del nadador, en la cual hay cuatro fases en cuanto a la gravedad del dolor:

- Fase I: el dolor aparece sólo después de entrenamientos intensos.
- Fase II: dolor (no incapacitante) durante y después de los entrenamientos.
- Fase III: dolor incapacitante durante y después de los entrenamientos que interfiere con el rendimiento del nadador.
- Fase IV: dolor en el hombro que impide la natación competitiva.

De esta forma se disminuyen las probabilidades de que los participantes experimenten dolor a la hora de realizar rotaciones de hombro a máxima velocidad. Si alguno de los requisitos anteriores no se cumplía, el nadador era excluido del estudio. Adicionalmente, también se aplicaron los siguientes criterios de exclusión:

- Haber sido sometido a cirugía de hombro en los últimos dos años.
- Aparición de dolor en la ejecución del movimiento.

Procedimiento

Una vez seleccionados los dieciséis nadadores, se comenzó con la recogida de datos. Todos los participantes realizaron un mismo ejercicio. Este consistió en hacer movimientos de rotación externa e interna a máxima velocidad durante un minuto. El paciente se encontraba en decúbito supino en una colchoneta. El hombro se colocaba a 45° de flexo-abducción y el codo debía estar flexionado 90°. Esta posición surge de artículos que muestran una mayor activación del manguito rotador del hombro en una abducción sin apoyo.

La recogida de datos se llevó a cabo a través de un acelerómetro situado en la muñeca durante la realización del ejercicio. Se evitó colocarlo en la mano, para obviar posibles compensaciones del nadador hacia flexión palmar o dorsal. En nuestro caso, el dispositivo utilizado se llama GENEACTIV, validado por estudios como una herramienta de medición que permite clasificar la actividad física de determinados

sujetos. Se trata de un acelerómetro triaxial sumergible del tamaño de un reloj (43mm x 40mm x 13mm) y con muñequera, con una precisión de intensidad moderada en una amplia gama de actividades. Su peso es de 16 gramos sin la correa. Al mismo tiempo, este aparato permite seleccionar la frecuencia de muestreo entre 10 y 100 Hz dependiendo de la velocidad del movimiento a valorar. En este estudio la frecuencia seleccionada es de 100Hz porque se trata de un movimiento rápido.

El acelerómetro nos permite medir la aceleración de un movimiento. En nuestro caso queríamos ver la diferencia de aceleración que hay al comienzo y al final del ejercicio. De esta forma podríamos ver si hay una fatiga elevada del miembro superior valorado y analizar una posible relación con el dolor de hombro.

El movimiento medido en el ejercicio corresponde a la fase concéntrica de la musculatura a valorar. Por ejemplo, para medir la fatiga de la musculatura encargada de la rotación interna, se utilizará el tiempo que el participante necesita para ir desde la RE hasta la RI, movimiento en el cual los rotadores internos actúan de manera concéntrica. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la fatiga será fruto del trabajo tanto concéntrico como excéntrico que la musculatura está realizando en una dirección angular y en la opuesta en este movimiento de alta velocidad.

Para estandarizar la intervención, se siguió en todos los participantes, el siguiente procedimiento:

1. Lo primero que tenían que hacer los nadadores era responder el cuestionario para poder ir clasificándoles en uno de los dos grupos. También, se les pidió que rellenasen un consentimiento informado.
2. Se continuó con la explicación del ejercicio al nadador para que comprendiese perfectamente lo que tenía que hacer y en qué consistía el

movimiento y las compensaciones que debía evitar. Al mismo tiempo, se le indicó que debía hacer el movimiento a la máxima velocidad posible.

3. Posteriormente se realizó un calentamiento estandarizado de las dos extremidades superiores, que consistió en hacer primero una plancha frontal durante 30" seguida de dos planchas laterales a cada lado de 30" de duración. Continuando con ejercicios que implicaron mayor amplitud de movimiento: 10 movimientos circulares con ambos hombros, seguidos de 10 adds y abds horizontales y de 10 movimientos hacia la flexión y extensión glenohumeral. Por último, se realizaron 10 rotaciones internas y externas con cada hombro.
4. Durante el descanso, tras la finalización del calentamiento, se colocó el acelerómetro en la muñeca derecha del nadador. Para que todos lo tuviesen colocado de la misma forma, este se dispuso de tal manera que los botones del acelerómetro mirasen hacia los dedos del nadador.
5. Después se le pidió que se tumbase en decúbito supino y se le pidió colocar su hombro en una flexo-abducción de 35-45°, flexionando el codo 90°.
6. Una vez colocados en la posición de partida, el investigador mostraba al nadador cuál era su amplitud máxima hacia la rotación externa y cuál era su rotación interna máxima. Y esta segunda, coincidiría con el impacto de su mano con su abdomen.
7. Posteriormente se le indicó que no tenía que llegar a su máxima amplitud. Para ello, se le colocó de nuevo en máxima amplitud y se disminuyó esta ligeramente mostrándole aproximadamente a donde tenía que llegar. En esta posición se le explicó de nuevo el movimiento que tenía que realizar y se le recordó que lo tenía que realizar a máxima velocidad.

8. El investigador preparó el cronómetro y le explicó al nadador que le iba a avisar cuando quedasen 30” y otra vez cuando quedasen 10”. Los 30” iban acompañados de una frase: “¡Te quedan 30 segundos, sigue a tope!”. Cuando quedaban 10” el investigador decía: “¡Solo te quedan 10 segundos, sigue dando todo lo que puedas!”. Durante los 10 primeros segundos el investigador animaba constantemente al nadador.
9. Una vez realizados todos los pasos anteriores, tanto el nadador como el investigador se prepararon para el comienzo de la prueba. El investigador con un cronómetro en la mano se dirige al nadador y le pregunta por última vez si ha comprendido todo. Si el nadador respondía que sí, el investigador, antes de empezar una cuenta atrás de 5 segundos, insistía al nadador por última vez que si la prueba no la realizaba al máximo no podría ser validada.
10. Antes de empezar se realizó un simulacro de 5 segundos a modo de prueba, para ver si lo realizaba correctamente y poder corregir los posibles fallos. Seguidamente empezaba la cuenta atrás y se realizaba el ejercicio.
11. Una vez finalizado el ejercicio, se le permitió descansar y recuperar la posición de bipedestación a su ritmo.
12. Por último, se quitaba el acelerómetro de la muñeca del nadador.
13. El ejercicio se daba por finalizado.

Para la recogida de datos del hombro izquierdo el procedimiento era el mismo, pero se empezaba a partir del apartado número 4, tras un descanso como mínimo de 2-3 minutos una vez finalizada la primera prueba.

*Importante: si el nadador mostraba dolor durante la ejecución, la prueba sería invalidada.

Procesamiento de datos

Los datos obtenidos mediante el acelerómetro (100 Hz) correspondían a la aceleración registrada cada centésima de segundo sobre los ejes X, Y, Z del espacio. En nuestro caso, seleccionamos los datos correspondientes al eje Z, transversal al acelerómetro, para acercarnos lo máximo posible al vector resultante de las fuerzas generadas por el manguito rotador del hombro. De haber tenido un punto fijo de rotación, los datos hubieran sido más precisos observando la aceleración angular. Sin embargo, debido al cambio constante de posición del eje de rotación, éste nos pareció el método más adecuado. Posteriormente, seleccionando el tiempo y los datos de este eje, se generó una gráfica mediante Microsoft Excel en la que se puede ver una sucesión de picos positivos y negativos. Para eliminar el ruido de la señal obtenida por el acelerómetro, se utilizó el complemento para Microsoft Excel “Butterworth Lowpass Filter” (10 Hz), que permitía filtrar posibles errores, suavizando así la gráfica y eliminando los valores atípicos (outliers).

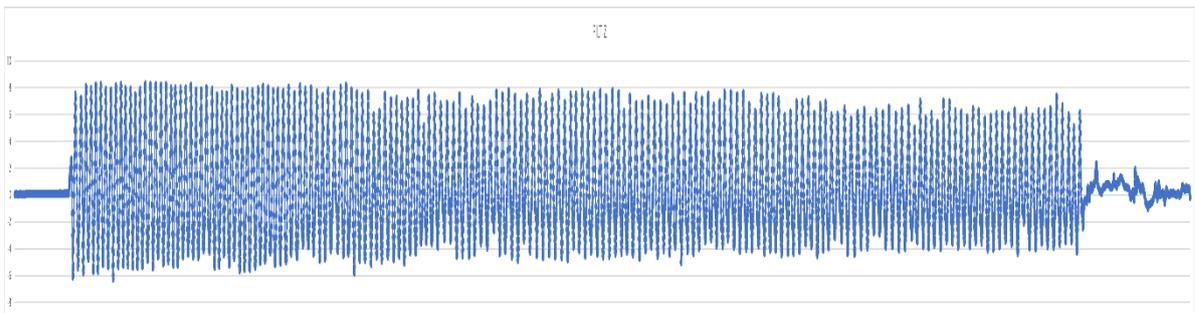


Ilustración 1

Al observar la *Ilustración 1*, podemos deducir que las líneas ascendentes, es decir, aquellas que se acercan al pico superior o positivo, equivalen al movimiento que se realiza desde el punto de rotación externa máxima del hombro hasta la rotación interna

máxima realizada por cada nadador. Por el contrario, las líneas descendentes que se dirigen al pico negativo corresponden justamente al movimiento opuesto.

Consecuentemente, los valores positivos mostrados por el acelerómetro corresponden a las rotaciones internas de hombro, mientras que los valores negativos pertenecen a las rotaciones externas de hombro.

Una vez realizado todo lo anterior, a través de Excel, se obtuvieron las medias de aceleración positiva y negativa entre los intervalos de tiempo 10''- 15'' (nivel 1), 25''- 30'' (nivel 2), 40''- 45'' (nivel 3) y 55''- 60'' (nivel 4) en cada hombro de los diferentes nadadores. Estos datos serían utilizados posteriormente para el análisis estadístico.

Análisis estadístico

El tipo de análisis estadístico que se escogió fue un análisis de la varianza con mediciones repetidas mediante el programa SPSS, partiendo de un nivel de significancia de $<0,05$. Las mediciones repetidas de los diversos análisis se realizaban en los diferentes intervalos de la variable tiempo (1 a 4) y en los dos tipos de rotación (interna y externa).

Hay dos tipos de variables:

- Independientes, es decir, aquellas que están fijadas desde el principio. Corresponden al grupo (control/dolor); el tiempo (4 intervalos o niveles; 10''- 15''/25''-30''/40''-45''/55''-60''); el tipo de rotación (interna y externa) y el lado (dominante o no dominante).
- La variable dependiente siempre es la aceleración.

En este estudio se realizaron un total de tres análisis. El primero y el segundo se centran en el hombro del grupo control con respecto al grupo de casos (dolor). El objetivo es

observar si la aceleración disminuye de la misma forma entre ambos conjuntos, teniendo en cuenta el tiempo y el tipo de rotación (interna o externa). Estos análisis están formados por dos tipos de variables; variables intrasujeto, formadas por los diferentes intervalos de tiempo y el tipo de rotación; y la variable intersujeto que en este caso es el grupo en el que se encuentran los nadadores (control/casos). La única diferencia entre los dos primeros análisis es que el primero solamente se fija en el hombro no dominante de los nadadores mientras que en el segundo se mira el hombro dominante.

Por último, en el tercer análisis, la intención es comparar la dominancia del lado de los sujetos y ver si esta influye de manera relevante a la hora de realizar las rotaciones de hombro a máxima velocidad. En un principio este análisis no se tenía pensado llevar a cabo, pero en la recogida de datos parecía tener una relevancia clara. Este análisis se realiza de la misma forma que los dos anteriores, no obstante, la variable intersujeto en este caso es el lado (dominante/no dominante), en lugar de los grupos (control/dolor). Las variables intrasujeto son las mismas que las anteriores; los cuatro niveles o intervalos del tiempo y el tipo de rotación.

RESULTADOS

En primer lugar, para poder realizar el análisis estadístico, se necesitan las medias de aceleración positiva y negativa obtenidas mediante Microsoft Excel, en los diferentes intervalos de tiempo. Las medias de aceleración positivas registradas corresponden a la media de todas las rotaciones internas que se encuentran en cada intervalo de tiempo. Por el contrario, los resultados negativos son la media de todas las rotaciones externas en cada intervalo de tiempo. En la *tabla 1*, como era de esperar debido a la fatiga, se puede observar que hay un descenso de las medias de aceleración del primer intervalo

de tiempo al cuarto en ambas rotaciones, tanto en el hombro izquierdo como en el derecho.

HOMBRO IZQUIERDO								
	10-15		25-30		40-45		55-60	
	RI	RE	RI	RE	RI	RE	RI	RE
GRUPO CASOS	4,1632	-3,2209	3,5433	-2,8182	3,1258	-2,5623	2,9585	-2,3744
GRUPO CONTROL	4,2997	-3,5491	3,1839	-2,8893	2,9413	-2,6007	2,8153	-2,4625

HOMBRO DERECHO								
	10-15		25-30		40-45		55-60	
	RI	RE	RI	RE	RI	RE	RI	RE
GRUPO CASOS	4,9092	-4,1595	3,7040	-3,2057	3,3547	-2,8358	2,7543	-2,5503
GRUPO CONTROL	4,6036	-3,8696	3,5123	-2,9835	3,0383	-2,6268	2,8134	-2,4801

Tabla 1. Medias de Aceleración Positivas y Negativas en los Intervalos de Tiempo Determinados.

Utilizando estas medias de aceleración positivas y negativas en el programa SPSS, obtenemos los resultados de los análisis mencionados anteriormente. En los dos primeros análisis nos centramos en los hombros del lado no dominante y dominante respectivamente, haciendo una comparación entre el grupo control y el grupo casos. En cuanto a los resultados, en ambos análisis, el tiempo es una variable que hace variar la aceleración de manera significativa, es decir, la media de aceleración de un intervalo de tiempo a otro varía de manera significativa. Respecto a la rotación, encontramos que también hay un descenso diferente de la aceleración entre la rotación interna y externa, siendo esta estadísticamente significativa. En las *Ilustraciones 2 y 3*, se puede ver como la aceleración disminuye de forma desigual en una rotación y en otra.

Cuando nos fijamos en como la aceleración desciende de un intervalo de tiempo a otro en ambos grupos, no encontramos una diferencia estadísticamente significativa. Esto quiere decir, que en un grupo y en otro se fatigan de la misma forma, excepto en el primer análisis donde en el primer intervalo de tiempo desciende de forma diferente y es estadísticamente significativo. Como se puede observar en la *Ilustración 2*, en el primer intervalo de tiempo hay un descenso más marcado de la aceleración en el grupo control. Esto probablemente se deba a que los nadadores de este grupo empiezan el ejercicio con más fuerza y por ello se fatigan más rápido que los del grupo dolor, que parecen ser más constantes en cuanto al descenso de esta aceleración. Por otro lado, el descenso de la aceleración con respecto al tipo de rotación a la hora de comparar ambos grupos no es un dato estadísticamente significativo, dado que esta disminución de la aceleración sigue un patrón similar en los dos grupos. No obstante, en el segundo análisis sí parece haber una diferencia estadísticamente significativa en el primer intervalo de tiempo en función del tipo de rotación, observándose un descenso más marcado de la aceleración en la rotación externa, pero sin diferencias entre el grupo control y el grupo casos.

Por último, el resultado que analizamos para contestar específicamente a nuestra pregunta de investigación es el de la interacción entre intervalo de tiempo, tipo de rotación y grupo en el que se encuentra cada nadador con respecto a la aceleración. En este caso, el resultado no es estadísticamente significativo, lo que puede traducirse en que la aceleración disminuye de forma similar en ambos grupos, a medida que avanza por los diferentes intervalos de tiempo y al comparar los dos tipos de rotaciones.

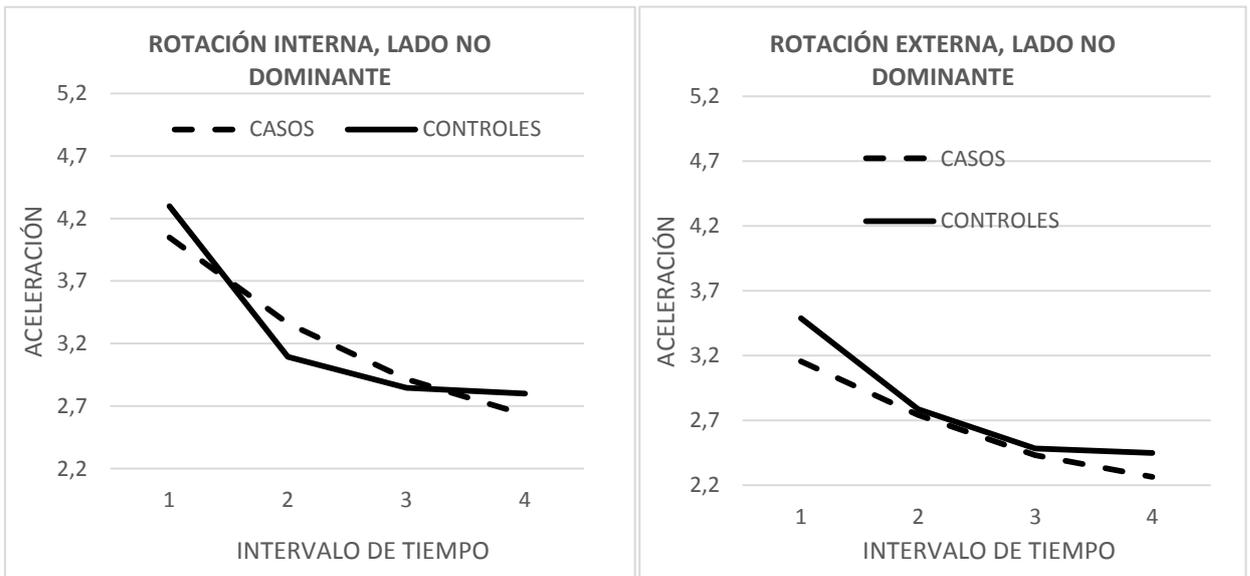


Ilustración 2: Gráficas correspondientes al primer análisis

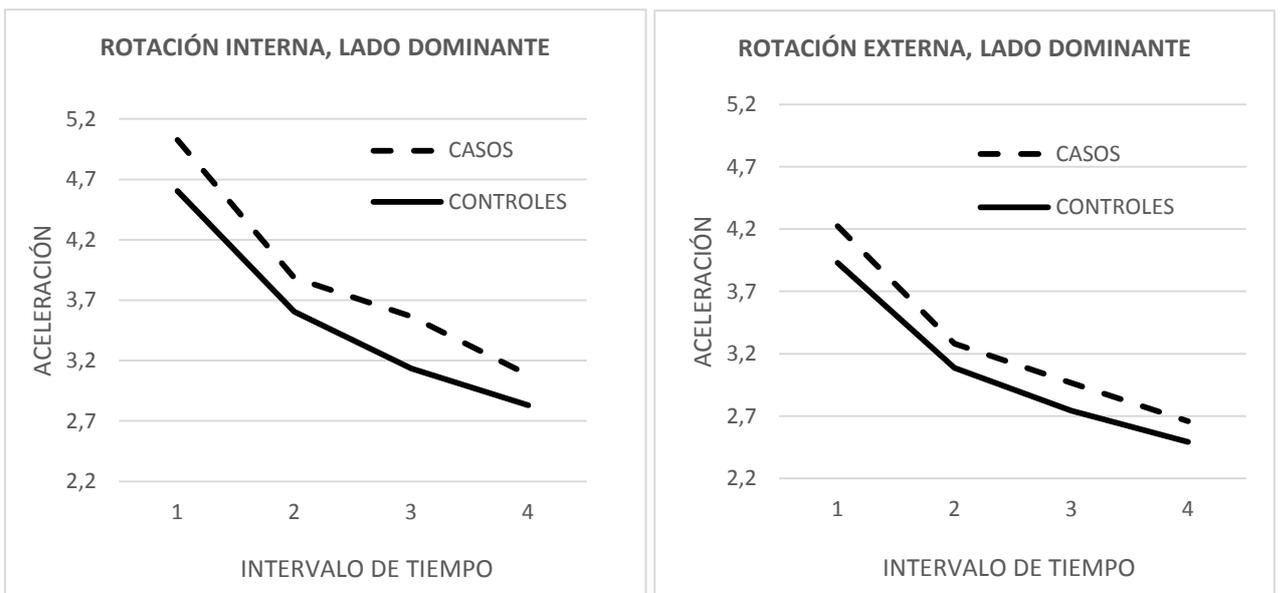


Ilustración 3: Gráficas correspondientes al segundo análisis

Los resultados del tercer análisis (*Ilustración 4*) son similares a los de los análisis anteriores, pero hay que tener en cuenta que ha cambiado la variable grupo (control/casos) por la variable lado (dominante /no dominante). En este caso, el tiempo y el tipo de rotación son variables que muestran relevancia estadísticamente

significativa con respecto a la aceleración. Es decir, la aceleración varía significativamente entre intervalos de tiempo y si comparamos las dos rotaciones entre sí. Como se puede observar, este resultado es similar a los dos análisis anteriores. También hay datos estadísticamente significativos en el cuarto intervalo de tiempo al comparar ambos lados entre sí, ya que la aceleración disminuye de diferente forma en un lado y en otro en este último intervalo.

Al igual que en los análisis anteriores, la interacción del tiempo con el tipo de rotación y en este caso, con el lado (dominante/no dominante) con respecto a la aceleración es el resultado de más relevancia. No obstante, el resultado no es estadísticamente significativo. Esto sugiere que la aceleración disminuye de forma similar al realizar las rotaciones de hombro a máxima velocidad tanto con el hombro dominante como con el hombro no dominante. Por lo tanto, la dominancia no es relevante a la hora de realizar el ejercicio. El dato más relevante de este análisis es que el hombro dominante de los nadadores de ambos grupos muestra picos de aceleración más altos, es decir, realizan más fuerza con este hombro. Sin embargo, ambos se fatigan sin diferencias estadísticas significativas.

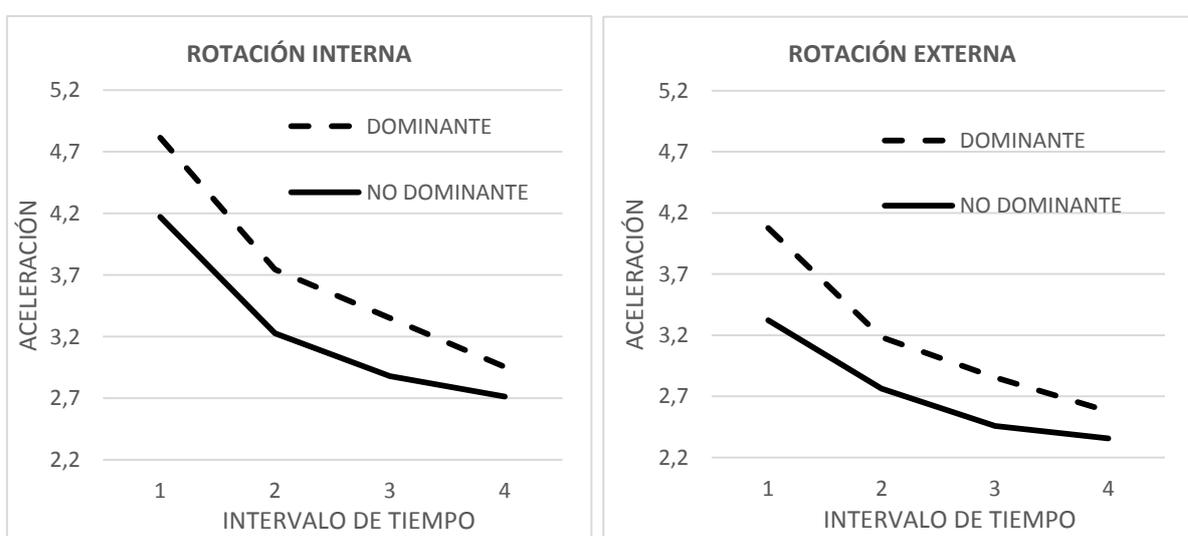


Ilustración 4: Gráficas del tercer análisis

ANÁLISIS	SIGNIFICATIVO (p<0.05)	NO SIGNIFICATIVO (p>0.05)
Hombro No dominante	Tiempo Tiempo-Grupo (Int 1 y 2) Rotación Tiempo-Rotación	Tiempo-grupo Rotación-Grupo Tiempo-Rotación-Grupo
Hombro Dominante	Tiempo Rotación Rotación-Grupo (Int 1 y 2) Tiempo-Rotación	Tiempo-grupo Rotación-Grupo Tiempo-Rotación-Grupo
Dominancia independientemente del grupo en el que se encuentren	Tiempo Tiempo-Lado (Int 3-4) Rotación Tiempo-Rotación	Rotación-Lado Tiempo-Rotación-Lado

Tabla 2. Resumen de resultados

DISCUSIÓN

En los nadadores con dolor de hombro en los últimos tres meses se esperaría encontrar una mayor fatiga especialmente de los rotadores externos respecto a nadadores que no han tenido episodios de dolor en estos meses. Ciertos estudios¹¹ sugieren que nadadores con una resistencia menor de los abductores del hombro y de los rotadores externos a velocidades altas son más propensos a tener dolor de hombro.

Sin embargo, en nuestro estudio no encontramos diferencias entre ambos grupos al realizar un ejercicio que implica hacer rotaciones internas y externas a máxima velocidad. El descenso de aceleración mostrado en los resultados es similar en los dos grupos. No obstante, las gráficas sugieren que los sujetos muestran una fuerza asimétrica en sus hombros, siendo su brazo dominante el que alcanza una aceleración más elevada tanto para la rotación interna como para la externa con respecto al otro hombro y el que a su vez, se fatiga menos. Este resultado ya ha sido contemplado en otros estudios¹².

Este estudio cuenta con varias limitaciones; entre ellas hay que decir que el acelerómetro solo medía hasta un cierto límite de aceleración, es decir, al formarse las gráficas en el procesamiento de los datos, había parte de estos que se perdían, sobre todo al comienzo del ejercicio porque no registraba por encima de una determinada aceleración. Esta es una limitación que no esperábamos encontrar, pero aparece a la hora de realizar el análisis de datos. Sin embargo, la pérdida de datos se produjo para todos los participantes en el primer intervalo de tiempo. Otra limitación bastante importante del estudio es el escaso tamaño muestral.

En conclusión, los resultados obtenidos no parecen responder a nuestra hipótesis inicial de que los rotadores externos del hombro se fatigan más en nadadores con dolor de hombro. Ambos grupos de nadadores parecen fatigarse de manera similar a la hora de realizar rotaciones de hombro a máxima velocidad. Por lo tanto, a priori y en base a este estudio, no puede afirmarse que la fatiga de rotadores externos guarde una relación con el dolor de hombro en nadadores.

Por otro lado, los acelerómetros junto con los giroscopios o los MEMS están siendo utilizados en la natación por entrenadores y los propios nadadores ya que permiten un mejor análisis de la mecánica de la carrera, el rendimiento y el gasto energético. Este

estudio intenta proponer la utilización de los acelerómetros como una medida objetiva de la fatiga. Las máquinas isocinéticas dan información valiosa sobre varios parámetros biomecánicos pero son muy costosas para muchos equipos actuales por lo que entendemos que el acelerómetro sería una forma más barata, rápida y sencilla de medir los niveles de fatiga, de interés para entrenadores y los propios deportistas, orientativo para sus programas de entrenamiento, objetivando además un parámetro de seguimiento y monitorización individual que podría ser necesario completar con estudios más exhaustivos y específicos.

Creemos a la vista de los resultados que son necesarios estudios futuros, con un mayor tamaño muestral que dote al estudio de la potencia necesaria para detectar diferencias si las hubiera. Este aumento del tamaño muestral permitiría a su vez enfocar el estudio en un nuevo nivel que compararía el hombro con dolor frente al hombro sin dolor en un mismo nadador, ya que en nuestra encuesta la mayoría de los participantes tienen dolor en ambos hombros y no permite esta distinción.

REFERENCIAS

1. Gaunt T, Maffulli N. Soothing suffering swimmers: A systematic review of the epidemiology, diagnosis, treatment and rehabilitation of musculoskeletal injuries in competitive swimmers. *Br Med Bull.* 2011;ldr039.
2. Wanivenhaus F, Fox AJ, Chaudhury S, Rodeo SA. Epidemiology of injuries and prevention strategies in competitive swimmers. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach.* 2012;4(3):246-251.
3. Hibberd EE, Oyama S, Spang JT, Prentice W, Myers JB. Effect of a 6-week strengthening program on shoulder and scapular-stabilizer strength and scapular kinematics in division I collegiate swimmers. *J Sport Rehab.* 2012;21(3):253.
4. Heinlein SA, Cosgarea AJ. Biomechanical considerations in the competitive swimmer's shoulder. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach.* 2010;2(6):519-525.
5. Bak K. The practical management of swimmer's painful shoulder: Etiology, diagnosis, and treatment. *Clinical Journal of Sport Medicine.* 2010;20(5):386-390.
6. Seitz AL, McClure PW, Finucane S, Boardman ND, Michener LA. Mechanisms of rotator cuff tendinopathy: Intrinsic, extrinsic, or both? *Clin Biomech.* 2011;26(1):1-12.
7. Batalha N, Marmeleira J, Garrido N, Silva AJ. Does a water-training macrocycle really create imbalances in swimmers' shoulder rotator muscles? *European journal of sport science.* 2015;15(2):167-172.
8. Straub S, Mattacola C. Shoulder-rotator strength of high school swimmers over the course of a competitive season. *J Sport Rehab.* 2004:9.

9. Ohgi Y. Microcomputer-based acceleration sensor device for sports biomechanics-stroke evaluation by using swimmer's wrist acceleration. . 2002;1:699-704.
10. Alonso-Cortés Fradejas B, Alvear-Órdenes I, Ramírez-García C, García-Isla FJ, González-Gallego J, Seco Calvo J. Valoración isocinética del hombro en jóvenes nadadores mediante un patrón diagonal. *Fisioterapia*. 2006;28(6):298-307.
11. Beach ML, Whitney SL, Dickoff-Hoffman S. Relationship of shoulder flexibility, strength, and endurance to shoulder pain in competitive swimmers. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 1992;16(6):262-268.
12. Gozlan G, Bensoussan L, Coudreuse J-, et al. Isokinetic dynamometer measurement of shoulder rotational strength in healthy elite athletes (swimming, volley-ball, tennis): Comparison between dominant and nondominant shoulder. *Annales de readaptation et de medecine physique*. 2006;49(1):8. doi: 10.1016/j.annrmp.2005.07.001.

ANEXOS

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del estudio: Diferencias en la fatiga del manguito rotador entre nadadores con y sin dolor de hombro. Estudio de casos y controles

Participación en el estudio

Su participación en este estudio es totalmente voluntaria y si durante el transcurso del estudio usted decide retirarse, puede hacerlo libremente en el momento en que lo considere oportuno, sin ninguna necesidad de dar explicaciones y sin que por este hecho deba verse alterada su relación con el/la investigador/a principal, los/las investigadores/as colaboradores/as, los/las monitores/as o el patrocinador del estudio.

Confidencialidad de los datos

Los resultados de las diversas pruebas realizadas, así como toda la documentación referente a su persona son anónimas. Todas las medidas de seguridad necesarias para que los/las participantes en el estudio no sean identificados y las medidas de confidencialidad en todos los casos serán completas, de acuerdo con la Ley Orgánica sobre protección de datos de carácter personal (Ley 15/1999 de 13 de diciembre).

Publicación de los resultados

El promotor del estudio reconoce la importancia y trascendencia del estudio y, por tanto, está dispuesto a publicar los resultados en una revista, publicación o reunión científica a determinar en el momento oportuno y de común acuerdo con los investigadores. Si usted lo desea, el investigador responsable del estudio, podrá informarle de los resultados, así como de cualquier otro dato relevante que se conozca durante el estudio.

Investigador/a responsable del estudio

El Sr. Pablo Villa, en calidad de investigador/a responsable del estudio es la persona que le ha informado sobre los diferentes aspectos del estudio. Si usted desea formular cualquier pregunta sobre lo que se le ha expuesto o si desea alguna aclaración de cualquier duda, puede manifestárselo en cualquier momento.

Si usted decide participar en este estudio, debe hacerlo otorgando su consentimiento con total libertad. Los promotores del estudio y el/la investigador/a principal le agradecen su inestimable colaboración.

Yo,.....con D.N.I. nº....., me declaro mayor de 18 años, (y autorizo a en calidad de tutor legal) y declaro que he sido informado/a de manera amplia y satisfactoria, de manera oral y he leído y entendido la información previa y estoy de acuerdo con las explicaciones del procedimiento.

He tenido la oportunidad de hacer todas las preguntas que he deseado sobre el estudio a (Nombre del/de la investigador/a que ha dado la información).....

Comprendo que mi participación es en todo momento voluntaria y puedo retirarme en el momento en que así lo quiera, sin tener que dar ninguna explicación, y sin que este hecho tenga que repercutir en mi relación con los/las investigadores/as ni promotores del estudio. Así pues, presto libremente mi conformidad para participar en este estudio.

Nombre y apellidos del/de la participante:

Firma participante:

Firma investigador:

Fecha:

.....

.....

CUESTIONARIO NADADORES

1. FECHA DE NACIMIENTO:
2. SEXO:
3. CONTACTO:
 - a. Email:
 - b. Teléfono (opcional):

4. ¿CUÁNTOS AÑOS LLEVAS COMPITIENDO?
 - a. Menos de 1 año
 - b. Entre 2-4 años
 - c. Más de 5 años

5. MEDIA DE METROS ENTRENADOS POR SEMANA
 - a. 12000-13000
 - b. 13000-14000
 - c. 14000-15000

6. ¿REALIZAS OTRAS ACTIVIDADES QUE IMPLIQUEN MOVIMIENTO REPETIDO DEL HOMBRO POR ENCIMA DE TU CABEZA? (por ejemplo, en el trabajo)

7. ¿HAS SUFRIDO ALGUNA LESIÓN? ¿CUÁL/CUÁLES?

8. ¿HAS TENIDO UNA CIRUGÍA DE HOMBRO EN LOS DOS ÚLTIMOS AÑOS?
 - a. Sí
 - b. No

9. ¿HAS TENIDO DOLOR EN EL HOMBRO A LO LARGO DE TU CARRERA?
 - a. No
 - b. Si, en ambos
 - c. Si, en el derecho
 - d. Si, en el izquierdo

Responde a las siguientes preguntas sólo si has respondido Sí en la pregunta anterior. Si no, finaliza el cuestionario haciendo "click" en el botón "Listo" al final de la página.

10. ¿HAS TENIDO DOLOR DE HOMBRO EN LOS ÚLTIMOS DOS AÑOS?
 - a. Sí
 - b. No

11. EL DOLOR ACTUALMENTE:
 - a. Está presente de manera continua
 - b. Es ocasional
 - c. No hay dolor de hombro