



UNIVERSIDAD CAMILO JOSÉ CELA

FACULTAD DE SALUD

MÁSTER EN FISIOTERAPIA Y READAPTACIÓN EN EL DEPORTE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**VALORACIÓN DE LA MOVILIDAD Y LA FUERZA DEL COMPLEJO ARTICULAR
DEL HOMBRO Y SU RELACIÓN CON LA ESTABILIDAD CENTRAL EN SUJETOS
CON Y SIN TENDINOPATÍA DE HOMBRO QUE PRACTICAN CROSSFIT®**

Curso Académico: 2018/ 2019

Autor: Daniel Morales Aguiar

Director/Tutor: Dra. Edurne Úbeda D'Ocasar

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. METODOLOGÍA.....	8
2.1 Tipo de estudio.....	8
2.2 Características de la muestra.....	8
2.3 Procedimiento.....	8
2.4 Equipamiento.....	9
2.4.1 Fotogrametría 3D.....	9
2.4.2 Electromiografía de superficie.....	9
2.5 Tests.....	9
2.5.1 Fotogrametría 3D.....	9
2.5.2 Electromiografía de superficie.....	10
2.6 Hipótesis.....	11
2.7 Análisis estadístico.....	11
3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	11
3.1 Análisis descriptivo.....	11
3.2 Análisis de los resultados.....	12
4. DISCUSIÓN.....	14
5. CONCLUSIONES.....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18
ANEXOS.....	20

AGRADECIMIENTOS

Primero me gustaría darle las gracias a mi familia, a mis padres y a mi hermano, quienes han sido mi principal apoyo y han estado siempre para sostenerme a pesar de los kilómetros y del esfuerzo que ha supuesto para ellos mi formación.

También quiero expresar mi especial agradecimiento a Edurne, mi tutora, siempre dispuesta a resolver todas mis dudas, a pesar de estar ajetreada con mil cosas siempre sacó un hueco para ayudarme. Gracias por cuidar cada punto y coma de mi trabajo, he aprendido mucho de su profesionalidad.

A mi profesora Sofía Calvo, quien me facilitó diferentes medios para la realización del trabajo y siempre tiene un buen consejo para cuando se presentan inconvenientes.

Y por último, a todas y cada una de las personas que contactaron conmigo para participar en el estudio, especial mención a los integrantes del box CrossfitV8 donde tengo el placer de entrenar.

RESUMEN

Objetivos: Estudiar la respuesta a un estudio de valoración articular y muscular de sujetos que practican Crossfit ® con y sin tendinopatía de hombro.

Métodos: 40 atletas de Crossfit ® participaron en el estudio. A cada uno de ellos se le hizo un estudio de la movilidad a través de fotogrametría 3D y se le realizó una valoración muscular del músculo trapecio y de la musculatura del core a través de electromiografía de superficie.

Resultados: En la comparación por grupos no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, en el análisis intragrupos, los sujetos con tendinopatía mostraron déficit de activación del músculo trapecio inferior del lado afectado y también un déficit de activación en la musculatura contralateral del core al lado afectado.

Conclusiones: El estudio mostró que los sujetos que presentan tendinopatía de hombro no tienen diferencia en cuanto a movilidad y activación muscular en comparación a los sujetos sanos. El trabajo de fortalecimiento y control neuromuscular del trapecio inferior y del core son de importancia de cara a la readaptación de patología de hombro.

ABSTRACT

Objectives: To study the response to a joint and muscle assessment study of subjects who practice Crossfit ® with and without shoulder tendinopathy.

Methods: 40 Crossfit ® athletes participated in the study. Each of them was made a study of mobility through 3D photogrammetry and a muscle assessment of the trapezius muscle and the core musculature was performed through surface electromyography.

Results: In the comparison by groups no significant differences were found, however, in the intra-group analysis, the subjects with tendinopathy showed deficit of activation of the lower trapezius muscle of the affected side and also a deficit of activation in the contralateral muscles of the core to the side affected.

Conclusions: The study showed that subjects with shoulder tendinopathy have no difference in mobility and muscle activation compared to healthy subjects. But if within subjects who present injury. The work of strengthening and neuromuscular control of the lower trapezius and the core are important for the rehabilitation of shoulder pathology.

Key words/Palabras clave: overhead athletes, scapular kinematics rotator cuff tendinopathy, shoulder, muscle activity, core.

1. INTRODUCCIÓN

El dolor crónico de hombro es el problema musculoesquelético más común en atletas de deportes repetitivos con movimientos por encima de la cabeza (1). La reducción de la rotación glenohumeral, la debilidad de la rotación externa y la discinesia escapular se han identificado como factores de riesgo (2). También, una biomecánica deficiente y los enlaces débiles en la cadena cinética, colocan a esta población atlética en mayor riesgo de lesiones en el hombro (3).

El dolor de hombro se puede atribuir a una patología del manguito rotador (RC), ya sea de naturaleza traumática o atraumática (4). Una tendinopatía del manguito rotador (RC) es una de las patologías más frecuentes por sobreuso (5). Esta patología se conoce comúnmente por 'síndrome de pinzamiento'. Sin embargo, el concepto de que la irritación acromial es la causa principal de los síntomas ha perdido validez debido a que reciente bibliografía demuestra escasa relación entre el dolor y los trastornos estructurales (5,6).

Por lo tanto, tendinopatía de RC es el término adecuado para describir el dolor, la debilidad y el desempeño deficiente relacionado con los tendones que lo componen y los tejidos asociados, sin especificar el mecanismo subyacente o la patología del tendón (5). El manejo no quirúrgico de estas patologías atraumáticas tiene respaldo bibliográfico, y el ejercicio es la medida más aceptada (7,8).

Anatómicamente existen 4 articulaciones que forman el complejo del hombro: la articulación glenohumeral, la articulación acromioclavicular, la articulación esternoclavicular y la articulación escapulotorácica.

La articulación glenohumeral es la más móvil de todo el cuerpo (9) por lo que un movimiento efectivo se logra mediante el esfuerzo combinado de los estabilizadores escapulares, deltoides, manguito rotador (supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular) y los músculos axiohumerales (dorsal ancho y pectoral mayor) (10–13).

El patrón de movimiento normal de la escápula durante una elevación humeral activa es rotación hacia arriba, inclinación posterior y rotación externa en relación con el tórax (14), lo que proporciona una base estable para la activación muscular. Un mal

patrón de movimiento es un factor predisponente en tendinopatías del manguito rotador (15).

Más de un 50% de la energía cinética que se transfiere al tronco es a través de las piernas y el core en atletas con movimientos por encima de la cabeza (16,17). Deficiencias en la cadena cinética por donde se transfieren las fuerzas; en el core, la columna, la cadera, el rango de movimiento glenohumeral y la cinemática escapular pueden ser predisponentes a padecer patología de hombro (2,17).

Una cadena cinética atlética efectiva se caracteriza por 3 componentes: (1) anatomía optimizada (fuerza, flexibilidad y generación de energía); (2) patrones motores bien desarrollados, eficientes para tareas específicas para la activación muscular; y (3) la generación secuencial de fuerzas distribuidas apropiadamente a través de movimientos que resultan en la función atlética deseada (16).

Debido a lo expuesto anteriormente, podemos afirmar que el estudio de la cinemática del hombro y las activaciones de los diferentes componentes de esta cadena de transferencia de fuerzas es importante para trabajar en lesiones de extremidades superiores.

Esta transferencia de fuerza se da en diferentes deportes que requieren del lanzamiento de pelotas, golpes, o levantamientos de peso desde el suelo hasta por encima de la cabeza. En los últimos años existe una práctica deportiva emergente a nivel mundial conocida como Crossfit® en la que se realiza entrenamiento funcional de alta intensidad utilizando elementos de la halterofilia y gimnasia, entre otros. Y dentro de esta, las lesiones más prevalentes, se dan en la articulación del hombro (18,19). Debido a la poca literatura publicada hasta el momento, se quiere estudiar el comportamiento de esta articulación y los factores biomecánicos predisponentes a presentar una lesión en la misma.

Una vez planteados los argumentos anteriores, nos planteamos como objetivo general, estudiar la respuesta a un estudio de valoración articular y muscular de sujetos que practican Crossfit® con y sin tendinopatía de hombro, y como objetivos específicos; (1) demostrar que los atletas con patología de hombro tienen déficit en la movilidad de hombro. (2) demostrar que los atletas con patología de hombro tienen déficit de activación en el trapecio inferior. (3) demostrar que los atletas con patología de hombro tienen déficit de activación del core.

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de estudio

Observacional, transversal.

2.2 Características de la muestra

Atletas que practican crossfit con edades comprendidas entre los 18 y los 35 años, que entrenan entre 3 y 5 días a la semana con al menos 3 meses o más de experiencia en el deporte. Estos sujetos fueron reclutados de diferentes centros de entrenamiento a través de un llamamiento por redes sociales.

Los sujetos reclutados, fueron divididos en dos grupos en función de la presencia o no de tendinopatía.

Los criterios de inclusión para el grupo de tendinopatía del manguito rotador fueron: (1) presencia de dolor en el hombro en el entrenamiento durante más de tres meses, (2) tres de cinco pruebas positivas: arco doloroso, dolor o debilidad con rotación externa resistente, prueba de Neer, Kennedy - Test de Hawkins y Test de Jobe y la intensidad del dolor provocado debe ser $\geq 3/10$ en una escala analógica visual (VAS) (20). Los sujetos sometidos al cluster y que no cumplieran al menos tres de las cinco pruebas serían incluidos en el grupo sin tendinopatía o sano.

Los criterios de exclusión para todos los participantes incluyeron hombro congelado (25% de limitación del movimiento pasivo del hombro en dos o más movimientos) o inestabilidad del hombro (pruebas de aprehensión y reubicación positivas), antecedentes de fracturas de hombro, cirugía de hombro o tratamiento clínico para una lesión de hombro, síntomas referidos o relacionados con la columna vertebral, y una prueba de laxidad general positiva ($> 5/9$ puntuación de Beighton) (20).

2.3 Procedimiento

Para realizar la medición se citó a los sujetos en el laboratorio donde firmaban en primer lugar el consentimiento informado (Anexo I) para participar en el estudio. Se procedía con la anamnesis (donde aportaban datos médicos sobre diagnósticos de cualquier tipo, así como condiciones que impidieran realizar la prueba) y la valoración de las pruebas ortopédicas para determinar si cumplen los criterios de inclusión para el grupo tendinopatía o formarían parte del grupo sin tendinopatía, según se explica en el apartado características de la muestra. Los sujetos fueron citados previos a realizar cualquier tipo de actividad física. Una vez cumplido lo anterior se realizaba la prueba,

siendo en primer lugar el análisis de movimiento seguido de la electromiografía de superficie. Se explicaba cada prueba antes de realizarla.

2.4 Equipamiento

2.4.1 Fotogrametría 3D

Estos sistemas son capaces de ofrecer datos objetivos, fiables y repetibles del movimiento humano con un error menor a un milímetro y frecuencias de muestreo hasta 250Hz (1 muestra cada 4 milisegundos). En definitiva, permiten ver alteraciones que por producirse rápidamente el ojo humano no puede ver; permite cuantificar alteraciones que de otro modo tan sólo serían catalogadas en función de la pericia del médico explorador y por último, permiten objetivar anomalías de manera que su diagnóstico es irrefutable.

Realizaremos el análisis tridimensional del movimiento mediante la utilización de 12 cámaras de infrarrojos y un conjunto de marcadores reflectantes que colocamos en puntos anatómicos específicos de acuerdo a las recomendaciones del Comité de Estandarización de la International Society of Biomechanics (ISB) (21).

2.4.2 Electromiografía de superficie

La electromiografía de superficie (EMGS) empleada, de la casa comercial Biometrics, ofrece el registro continuo de la actividad eléctrica en microvoltios de la musculatura monitorizada, es decir, los potenciales motores generados por esa musculatura específica e información relevante sobre el estado de excitación del músculo (12).

2.5 Tests

2.5.1 Fotogrametría 3D

Para el análisis biomecánico del hombro colocaremos 12 marcadores en los siguientes puntos anatómicos, en base a las recomendaciones del comité de estandarización de la International Society of Biomechanics (21); Espinosa 7º cervical (CV7), Espinosa 10º dorsal (TV10), Apófisis xifoides (SXS), Escotadura yugular (SJN), Tuberosidad acromial (RSAJ/LSAJ); bilateral, Troquíter del húmero (RHGT/LHGT); bilateral, Epicóndilo medial húmero (LHME/RHME); bilateral, Epicóndilo lateral húmero (LHLE/RHLE); bilateral.

En primer lugar se procede con una prueba estática en posición anatómica para luego proceder con la prueba dinámica. Al paciente se le solicitará la ejecución de cada uno de los movimientos del segmento a analizar y del contralateral solicitándole el máximo esfuerzo y recorrido articular posible a una velocidad constante, un total de 6 repeticiones completas, ya que así el sistema tiene suficiente información de movimiento para generar los datos de la forma más precisa posible.

Una vez que realizamos todas las captaciones necesarias, el sistema genera un modelo 3D mediante la reconstrucción de los segmentos anatómicos delimitados por los marcadores reflectantes ubicados en el paciente, y permite recrear virtualmente el movimiento ejecutado por el mismo a lo largo de los diferentes registros, así como objetivar la velocidad de ejecución con la que el paciente realiza el movimiento, el recorrido articular activo real que presenta el paciente, la coordinación intraarticular del segmento a analizar, la comparación intrínseca entre el miembro afecto y el contralateral y la homogeneidad del movimiento solicitado, en forma de gráficas y tablas, donde se recogen los datos numéricos de cada uno de los registros.

2.5.2 Electromiografía de superficie

El sistema de EMGS utilizado emplea un dispositivo Bluetooth denominado Datalog, con 6 canales que se pueden destinar a elección del examinador. En este caso vamos a realizar cuatro pruebas isométricas de diferentes grupos musculares. Las pruebas tendrán una duración de 35 segundos donde se comienza con cinco segundos de contracción máxima seguidos de cinco segundos de reposo marcados por un metrónomo para que el paciente tenga una referencia exacta en cada uno de los tempos. Se valorará la activación máxima ejercida de cada hemicuerpo.

En primer lugar se valorará la actividad del trapecio superior, colocando un electrodo en cada hemilado. Se colocará a la mitad entre el acromion y la espina de la vértebra C7. Se le pide al paciente una elevación de hombros (22). A continuación se procede a la valoración de la porción inferior del trapecio, colocando un electrodo en cada hemilado. Se colocará a 2/3 en la línea desde el borde interno de la escápula hasta la octava vértebra torácica (23). Y dos pruebas para medir la actividad del core donde se coloca un electrodo en el oblicuo de un hemilado y otro en los multifidos lumbares (a nivel de L5 2-3cm separado de la línea media) del lado contralateral para pedirle al paciente una rotación de tronco en isometría y lo mismo para el lado contrario (24).

2.6 Hipótesis

La hipótesis planteada en esta investigación es: El grupo con tendinopatía de hombro presentará valores de movilidad limitados, déficits de activación de los diferentes grupos musculares, específicamente del trapecio inferior del lado afecto y del oblicuo contralateral, provocando una mala estabilización escapular y una mala transferencia de fuerzas desde el miembro inferior.

2.7 Análisis estadístico

Se realizó con el programa “SPSS” versión 22.0. Se realizó el estudio descriptivo de cada una de las variables en tablas mediante la representación de media \pm SD para las variables cuantitativas y mediante porcentajes para las variables cualitativas.

Antes de realizar el análisis estadístico tuvimos presentes las condiciones de aplicación del mismo. Se analizó la normalidad mediante la prueba de ShapiroWilks , añadiendo también la prueba de Kolmogorov-Smirnov con corrección de la significación de Lilliefors. Cuando las variables cuantitativas cumplía criterios de normalidad, fueron analizadas con la prueba T de muestras independientes, cuando no lo cumplían con la prueba U de Man-Whitney. Las variables cualitativas fueron analizadas mediante tablas cruzadas con chi cuadrado. Las correlaciones bivariantes se analizaron mediante la correlación de Pearson o Spierman según requirieron los datos. Se estableció para una confianza del 95%, un nivel de significación $p < 0,05$, valor que se considera adecuado de forma universal en investigaciones biomédicas.

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1 Análisis descriptivo

Un total de 40 sujetos participaron en el estudio ($n=40$), siendo el 75% hombres y el 25% mujeres. Del total de la muestra, el 95% eran diestros. Un total de 17 sujetos formaban el grupo tendinopatía y 23 sujetos formaban el grupo con ausencia de esta. La media de edad fue de $27,63 \pm 5,486$ años, altura media de $174,15 \pm 9,540$ cm y $75,208 \pm 12,638$ kg de peso. Las variables recogidas en el estudio pueden consultarse en el anexo II, al igual que las medias y desviaciones estándar de las variables valoradas y el estudio de la normalidad, se reflejan en el anexo III.

3.2 Análisis de los resultados

En primer lugar se hizo una comparativa intergrupala, sujetos con tendinopatía de hombro y sujetos sin ella.

Se han comparado las variables de movilidad y activaciones musculares de los diferentes grupos mencionados mediante los estadísticos correspondientes, estudiando si existe diferencia entre los sujetos de la muestra. En la variable ACTIVA_CARGA_DCHA_EXT (Anexo III), que corresponde a la extensión del hombro del brazo derecho, se ha hallado diferencia significativa mediante la prueba de U de Mann Whitney ($p=0,010$). En el resto de variables de este análisis no se ha encontrado ninguna interacción significativa. Los datos del referente análisis se pueden consultar en el anexo III.

En segundo lugar, se realizó una comparación intragrupal de las variables diferencia, que corresponden a la resta de las variables movilidad o activación muscular de un hemilado respecto al otro, comparando a los sujetos, por un lado el grupo tendinopatía si ésta era derecha o izquierda, y por el otro el grupo sano por lado derecho o izquierdo.

La siguiente tabla representa los resultados obtenidos en la comparación de medias de las variables diferencia de activación muscular dentro del grupo tendinopatía, utilizando la prueba U de Mann-Whitney.

VARIABLES	DIF_TSD_TSI	DIF_TID_TII	DIF_MULD_MULI	DIF_OBLD_OBLI
U de Mann-Whitney	16,000	3,000	20,000	4,000
W de Wilcoxon	31,000	18,000	98,000	82,000
Z	-1,558	-2,882	-1,054	-2,747
Sig. asintótica (bilateral)	,119	,004	,292	,006
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,160 ^b	,002 ^b	,328 ^b	,004 ^b

Tabla 1. Prueba U-Manwhitney para sujetos con tendinopatía y variables diferencia de activaciones musculares.

Se encontró interacción significativa en la variable DIF_TID_TII que corresponde a la asimetría de activación del trapecio inferior ($p=0,002$) y la variable DIF_OBLD_OBLI que representa la asimetría en la activación de los oblicuos ($p=0,004$), a través de la prueba U de Mann-Whitney.

Es decir, los sujetos con tendinopatía derecha presentan menor activación en el trapecio inferior derecho y viceversa. En cuanto a la activación de los oblicuos, los sujetos con tendinopatía derecha presentan menor activación del oblicuo izquierdo y viceversa.

Para poder realizar una comparativa, la tabla inferior nos aporta las mismas medias pero de los sujetos sanos. En este análisis, no se halló resultado estadísticamente significativo, pudiendo consultarse en el anexo IV.

GRUPO		MEDIAS			
		ATID	ATII	AOBLD	AOBLI
TENDINOPATÍA	DERECHA	2,3199	3,0000	1,9258	1,4564
	IZQUIERDA	2,7470	2,1779	1,1762	2,0409

Tabla 2. Medias de activación de los sujetos con tendinopatía según esta fuera derecha o izquierda.

GRUPO		MEDIAS			
		ATID	ATII	AOBLD	AOBLI
SANOS	DERECHA	2,8547	2,7922	1,8988	1,9673
	IZQUIERDA	3,0000	3,0000	2,8155	2,2053

Tabla 3. Medias de activación de los sujetos sanos.

La siguiente tabla representa los resultados obtenidos en la comparación de medias de las variables diferencia de movilidad articular dentro del grupo tendinopatía. Para dicho análisis se ha empleado la prueba T-Student.

VARIABLES	Prueba T-Student
DIF_FLX_DCHA_IZQ_DESC	,564
DIF_FLX_DCHA_IZQDA_CARG	,631
DIF_RINT_DCHA_IZQDA_DESC	,322
DIF_RINT_DCHA_IZQDA_CARG	,019
DIF_EXT_DCHA_IZQDA_DESC	,775
DIF_EXT_DCHA_IZQDA_CARG	,874
DIF_REXT_DCHA_IZQDA_desc	,396
DIF_REXT_DCHA_IZQDA_carg	,430

Tabla 4. Prueba T para sujetos con tendinopatía y variables diferencia de rango de movimiento.

Se han encontrado interacción significativa en la variable DIF_RINT_DCHA_IZQDA_CARG, que corresponde a la asimetría en la rotación interna en carga, mediante la prueba T de Student ($p=0,019$). Los sujetos con tendinopatía derecha, presentan mayor rotación interna en carga en el hombro afecto, y los sujetos con afectación del hombro izquierdo presentan mayor rotación interna en carga del hombro izquierdo.

Comparándolo con los sujetos sanos, en la tabla inferior, podemos observar, que no se encuentran estas similitudes, pudiendo consultarse el análisis completo en el anexo V.

GRUPO		MEDIAS	
		ACTIVA_CARG_DCHA_RINT	ACTIVA_CARG_IZQDA_RINT
TENDINOPATÍA	DERECHA	47,7000	45,3780
	IZQUIERDA	45,5148	48,9252

Tabla 5. Medias rotaciones internas en carga sujetos con tendinopatía según si es derecha o izquierda.

GRUPO		MEDIAS	
		ACTIVA_CARG_DCHA_RINT	ACTIVA_CARG_IZQDA_RINT
SANOS	DERECHA	51,0886	54,7833
	IZQUIERDA	61,7800	65,9150

Tabla 6. Medias rotaciones internas en carga sujetos sanos.

4. DISCUSIÓN

En este estudio, principalmente estábamos interesados en comparar dos grupos de sujetos y determinar si alguna diferencia entre ellos dependía de la movilidad o de la sinergia muscular.

Ningún dato obtenido en el análisis fue estadísticamente significativo para concluir que los sujetos con tendinopatía presenten diferencia en cuanto a movilidad o activación muscular con los sujetos sin presencia de la misma ($p>0,05$). Diferentes fueron los resultados en los análisis intragrupos, los cuales si presentaron diferencias significativas en la asimetría de activación del músculo trapecio inferior, del músculo oblicuo y en la rotación interna en carga ($p<0,05$).

Con respecto a la movilidad articular del hombro, un déficit en los grados de libertad en la rotación interna de un hombro respecto al otro, sumado a un acortamiento del pectoral menor es contribuyente a una mala cinemática de la escápula y a un potencial desarrollo de tendinopatía del manguito rotador (1,25,26). En nuestro estudio se ha encontrado que los sujetos con tendinopatía, comparando según el hombro afectado, presentan mayor rotación interna en carga en el hombro afectado, relacionándolo con el mal control de la musculatura estabilizadora de la articulación. Sin embargo, en el lado no afectado, apenas cambia los grados de libertad al ser sometido a una pequeña carga.

En el resto de movimientos analizados en el presente estudio, como la flexión, la extensión y la rotación externa en descarga y en carga, no presentó diferencias significativas. Es necesaria más investigación en este sentido, pero por los resultados obtenidos, la movilidad de la articulación no parece predisponer a padecer tendinopatía del manguito rotador en atletas de fuerza.

El ritmo escápulo-humeral anormal o la disminución de la rotación externa de la escápula durante la elevación humeral, se ha relacionado con desequilibrios en la producción de fuerza de las porciones superiores e inferiores del músculo trapecio y el músculo serrato anterior (15,22,27,28). En particular, según la observación clínica, anticipamos un aumento de la activación del músculo trapecio superior en pacientes con tendinopatía de hombro. Los resultados de la investigación proporcionan apoyo para esta premisa. En estudios como el de Ludwig y col (29), encuentran activaciones aumentadas de la porción superior del músculo trapecio, debido a que se realizó con una muestra de sujetos sedentarios, que en el caso de este estudio, al ser atletas de fuerza, los hallazgos tendían más a asimetrías por déficit de activación en el trapecio inferior del hombro afectado.

En cuanto a futuras líneas de investigación, según la observación clínica, existen otros factores dentro de la activación muscular como es el control de la misma, y el ejercer la fuerza de manera constante. En la obtención de los datos, se encontraron sujetos con altos picos de activación pero que no presentaban un buen control motor observado en la gráfica proporcionada por el electromiógrafo. Esto podría predisponer a presentar inestabilidad escapular en carga y derivar en una posible lesión, también, dentro de la muestra total, los que presentaban molestia en el resto de articulaciones

del miembro superior (codo o muñeca), se observó clínicamente, que presentaban menor rotación externa de hombro en el lado afecto.

Una cadena cinética es una secuencia coordinada de activación, movilización y estabilización de segmentos corporales para producir una actividad dinámica (16,30). Muchas cadenas cinéticas exhiben actividad de cadena tanto abierta como cerrada. El concepto de desarrollo de fuerza secuencial a lo largo de los segmentos de una cadena cinética es el mejor marco para comprender las actividades dinámicas involucradas en las actividades atléticas (16). La mayor parte de la fuerza necesaria para elevar una barra por encima de la cabeza se desarrolla utilizando una biomecánica de cadena cinética cerrada en las piernas y el tronco (3,16,17), y se canaliza a través del complejo escápulo humeral utilizando biomecánica de cadena cinética cerrada y se transfiere a los brazos (31). Los déficits de la cadena cinética en los movimientos deportivos por encima de la cabeza, conducirán a lesiones debido a la mala transferencia de energía desde las extremidades inferiores a las extremidades superiores (3).

En el presente estudio, los sujetos con tendinopatía presentaron una asimetría en las activaciones del core, teniendo los sujetos con tendinopatía en hombro derecho un déficit en el oblicuo izquierdo, y los sujetos con tendinopatía en hombro izquierdo un déficit en el oblicuo derecho. Si comparamos estos resultados con los sujetos sanos, estos, no presentaban dicha asimetría. Por lo expuesto en párrafos anteriores, estos déficits en la musculatura del core suponen un impedimento en el correcto funcionamiento de la cadena cinética que transfiere las fuerzas desde el miembro inferior hasta los brazos.

Una posible respuesta a esta adaptación 'cruzada', la podemos encontrar en el autor Thomas W. Myers, según el cual, existen cadenas miofasciales que tienen diferentes funciones en nuestro cuerpo. Una de ellas es la línea espiral, la cual recorre el cuerpo en una doble hélice, uniendo cada parte del cráneo a través de la parte superior de la espalda hasta el hombro opuesto, como podemos apreciar en la figura 1 (32). La funcionalidad de esta cadena es ofrecer un balance entre todos los vectores de movimiento (32). Esta



Figura 1. Cadena espiral

adaptación debe tenerse en cuenta en futuras líneas de investigación, sobre todo en deportes de lanzamiento donde puede ser mayor.

En cuanto a las limitaciones del estudio, la repetitividad de los datos electromiográficos está establecida para muchos ejercicios isométricos, conociendo menos la fiabilidad de este método para ejercicios dinámicos, especialmente en movimientos balísticos, donde ha sido menos utilizada por la incomodidad de los cables. Esto, claramente, no representa la mayoría de movimientos deportivos.

En algunas acciones dinámicas puede haber desplazamiento y modificación del volumen del músculo que está siendo analizado por el acortamiento muscular. Un cambio en la posición relativa del músculo en relación con el electrodo significa que no se mantiene la misma relación espacial entre ellos, lo cual afecta a la intensidad de la señal que se registra. Debido a esto, las mejores condiciones para llevar a cabo la EMGs, dependiendo del uso y de la aplicación requerida, son aquellas similares a que se necesita en un estudio de tipo isométrico; pero como decimos, no representan la mayoría de los movimientos deportivos.

Es cierto que algunos músculos profundos son imposibles de medir con EMG de superficie y requieren EMG integrada o de aguja (iEMG). Pese a ello, no se debería desterrar la información general que la EMGs nos aporta en cuanto a activación muscular. Numerosos estudios han demostrado que, como era de esperar, EMGs tiene una correlación positiva con iEMG para los músculos esqueléticos más grandes como glúteo mayor, glúteo medio, cuádriceps, isquios o pared abdominal (33).

Por lo expuesto en el trabajo, los hallazgos podrían tenerse tanto de cara a una readaptación, como para un trabajo de prevención siempre teniendo en cuenta el principio de individualización.

5. CONCLUSIONES

- Los sujetos que presentan tendinopatía de hombro, no tienen menos movilidad que los sujetos sanos.
- Existen déficits de activación del trapecio inferior dentro del grupo de sujetos con tendinopatía de hombro.
- Los sujetos con tendinopatía de hombro, tienen un déficit de activación del core, más concretamente de la musculatura contralateral al hombro afectado.

- El trabajo de fuerza y control neuromuscular del trapecio inferior y del core es de importancia en la readaptación de patología de hombro.

BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. Andersson SH, Bahr R, Clarsen B, Myklebust G. Preventing overuse shoulder injuries among throwing athletes: A cluster-randomised controlled trial in 660 elite handball players. *Br J Sports Med.* 2017;51(14):1073–80.
3. J.L. Z, J.G. W, H.K. V. Mechanisms and treatments for shoulder injuries in overhead throwing athletes. *Curr Sports Med Rep.* 2017;16(3):179–88.
4. Bleichert S, Renaud G, MacDermid J, Watson L, Faber K, Lenssen R, et al. Rehabilitation of symptomatic atraumatic degenerative rotator cuff tears: A clinical commentary on assessment and management. *J Hand Ther.* 2017;30(2):125–35.
5. Lewis J, McCreesh K, Roy J-S, Ginn K. Rotator Cuff Tendinopathy: Navigating the Diagnosis-Management Conundrum. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2015;45(11):923–37.
6. Carey JL, Kuhn JE, Poddar SK, Dunn WR, Marx RG, Ma CB, et al. Symptoms of Pain Do Not Correlate with Rotator Cuff Tear Severity. *J Bone Jt Surg.* 2014;96(10):793–800.
7. Kuhn JE, Dunn WR, Sanders R, An Q, Baumgarten KM, Bishop JY, et al. Effectiveness of physical therapy in treating atraumatic full-thickness rotator cuff tears: A multicenter prospective cohort study. *J Shoulder Elb Surg.* 2013;22(10):1371–9.
8. Kukkonen J, Joukainen A, Lehtinen J, Mattila KT, Tuominen EKJ, Kauko T, et al. Treatment of non-traumatic rotator cuff tears: A randomised controlled trial with one-year clinical results. *Bone Jt J.* 2014;96 B(1):75–81.
9. Weiss LJ, Wang D, Hendel M, Buzzerio P, Rodeo SA. Management of Rotator Cuff Injuries in the Elite Athlete. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2018;11(1):102–12.
10. Wickham J, Pizzari T, Balster S, Ganderton C, Watson L. The variable roles of the upper and lower subscapularis during shoulder motion. *Clin Biomech.* 2014;29(8):885–91.
11. Boettcher CE, Cathers I, Ginn KA. The role of shoulder muscles is task specific. *J Sci Med Sport.* 2010;13(6):651–6.
12. Boettcher CE, Ginn KA, Cathers I. Standard maximum isometric voluntary contraction tests for normalizing shoulder muscle EMG. *J Orthop Res.* 2008;26(12):1591–7.
13. Wickham J, Pizzari T, Stansfeld K, Burnside A, Watson L. Quantifying “normal” shoulder muscle activity during abduction. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20(2):212–22.
14. McClure PW, Michener LA, Sennett BJ, Karduna AR. Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. *J Shoulder Elb Surg.* 2001;10(3):269–77.
15. Leong HT, Ng GY, Chan SC, Fu SN. Rotator cuff tendinopathy alters the muscle activity onset and kinematics of scapula. *J Electromyogr Kinesiol.* 2017;35:40–6.
16. Kibler W Ben, Wilkes T, Sciascia A. Mechanics and pathomechanics in the overhead athlete. *Clin Sports Med.* 2013;32(4):637–51.
17. Chu SK, Jayabalan P, Kibler W Ben, Press J. The Kinetic Chain Revisited: New

- Concepts on Throwing Mechanics and Injury. *PM R.* 2016;8(3):S69–77.
18. Summitt RJ, Cotton RA, Kays AC, Slaven EJ. Shoulder Injuries in Individuals Who Participate in CrossFit Training. *Sports Health.* 2016;8(6):541–6.
 19. Feito Y, Burrows EK, Tabb LP. A 4-Year Analysis of the Incidence of Injuries Among CrossFit-Trained Participants. *Orthop J Sport Med.* 2018;6(10):1–8.
 20. Leong HT, Tsui SSM, Ng GY fat, Fu SN. Reduction of the subacromial space in athletes with and without rotator cuff tendinopathy and its association with the strength of scapular muscles. *J Sci Med Sport.* 2016;19(12):970–4.
 21. ISB. Home - International Society of Biomechanics [Internet]. 2015 [cited 2019 Jun 16]. Available from: <https://isbweb.org/>
 22. Park SY, Yoo WG. Activation of the serratus anterior and upper trapezius in a population with winged and tipped scapulae during push-up-plus and diagonal shoulder-elevation. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2015;28(1):7–12.
 23. Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, Danneels LA, Cambier DC. Scap mm recruitment.pdf. 2003;31(4):542–9.
 24. Krause DA, Dueffert LG, Postma JL, Vogler ET, Walsh AJ, Hollman JH. Influence of Body Position on Shoulder and Trunk Muscle Activation During Resisted Isometric Shoulder External Rotation. *Sports Health.* 2018;10(4):355–60.
 25. Borich MR, Bright JM, Lorello DJ, Cieminski CJ, Buisman T, Ludewig PM. Scapular Angular Positioning at End Range Internal Rotation in Cases of Glenohumeral Internal Rotation Deficit. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2006;36(12):926–34.
 26. Borstad JD, Ludewig PM. Posterosuperior and anterosuperior impingement of the shoulder in overhead athletes—evolving concepts. *Int Orthop.* 2002;34(7):650–9.
 27. Rabin A, Chechik O, Dolkart O, Goldstein Y, Maman E. A positive scapular assistance test is equally present in various shoulder disorders but more commonly found among patients with scapular dyskinesis. *Phys Ther Sport.* 2018;34:129–35.
 28. Andersen CHA, Ebis MEKZ, Aervoll CHS, Undstrup EMILS, Akobsen MADJ, Jøgaard GIS, et al. Scapular muscle activity from selected strengthening exercises. *J Strength Cond Res.* 2012;26(9):2408–16.
 29. Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther.* 2000;80(3):276–91.
 30. Elliott BC, Marshall RN, Noffal GJ. Contributions of upper limb segment rotations during the power serve in tennis. *J Appl Biomech.* 1995;11(4):433–42.
 31. Veeger HEJ, van der Helm FCT. Shoulder function: The perfect compromise between mobility and stability. *J Biomech.* 2007;40(10):2119–29.
 32. Wotfaard S, Black S, Larking S. *Anatomy Trains: Myofascial Meridians for Manual and Movement Therapists.* Second edi. 2009.
 33. Neyroud D, Kayser B, Place N. Commentaries on Viewpoint: Inappropriate interpretation of surface EMG signals and muscle fiber characteristics impedes understanding of the control of neuromuscular function. *J Appl Physiol.* 2015;119(12):1519.

ANEXOS

ANEXO I. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Declaro que he leído la Hoja de Información al Participante sobre el estudio citado.

He leído la Hoja de Información al Participante y el Consentimiento Informado. Se me han explicado las características y el objetivo del estudio, así como los posibles beneficios y riesgos del mismo.

He contado con el tiempo y la oportunidad para realizar preguntas y plantear las dudas que poseía. Todas las preguntas fueron respondidas a mi entera satisfacción.

Se me ha asegurado que se mantendrá la confidencialidad de mis datos.

El consentimiento lo otorgo de manera voluntaria y sé que soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento del mismo, por cualquier razón y sin que tenga ningún efecto futuro.

Doy mi consentimiento para la participación en el estudio propuesto.

Firmo por duplicado, quedándome con una copia.

Fecha _____ Firma del participante _____

Cumplimentar en caso de renuncia a la participación en el estudio

Mediante el presente escrito, comunico mi decisión de abandonar el proyecto de investigación en el que estaba participando y que se indica en la parte superior de este documento.

Fecha _____ Firma del participante _____

ANEXO II. TABLA DE RECOGIDA DE VARIABLES PARA EL ESTUDIO

VARIABLES DEL ESTUDIO			
VARIABLES INDEPENDIENTES			
Nombre variable	Abreviatura	Tipo	Unidad de medida
Grupo 1 Sano Grupo 2 Tendinopatía	Grupo1 Grupo2	Cualitativa normal	
VARIABLES PERSONALES			
Nombre variable	Abreviatura	Tipo	Unidad de medida
Edad	Edad	Cuantitativa discreta	Años
Altura	Altura	Cuantitativa continua	Cm
Peso	Peso	Cuantitativa continua	Kg
Sexo	Sexo	Nominal	
Dominancia	Dominancia	Nominal	
Hombro afectado	Hombro afectado	Nominal	
Rotación interna	RINT	Cuantitativa continua	Grados
Rotación externa	REXT	Cuantitativa continua	Grados
Flexión	FLX	Cuantitativa continua	Grados
Activación trapecio superior	ATS	Cuantitativa continua	Microvoltios
Activación trapecio inferior	ATI	Cuantitativa continua	Microvoltios
Activación oblicuo	AOBL	Cuantitativa continua	Microvoltios
Activación multífidos	AMUL	Cuantitativa continua	Microvoltios

ANEXO III. ESTUDIO DE LA NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD

	GRUPO	MEDIA	SD	SIG.SW	T-STUDENT
ACTIVA_CARG_IZQDA_RINT	TENDINOPATIA	47,882	11,546	0,846	0,058
	SANO	55,751	13,274		
ACTIVA_DESC_DCHA_RINT	TENDINOPATIA	46,334	10,681	0,445	0,176
	SANO	51,280	11,591		
ACTIVA_DESC_DCHA_REXT	TENDINOPATIA	80,268	11,553	0,884	0,939
	SANO	80,574	12,999		
ACTIVA_DESC_DCHA_FLX	TENDINOPATIA	152,802	6,869	0,892	0,117
	SANO	158,151	12,373		
ACTIVA_DESC_DCHA_EXT	TENDINOPATIA	45,669	7,128	0,339	0,145
	SANO	41,903	8,448		
ACTIVA_CARG_DCHA_RINT	TENDINOPATIA	46,158	11,665	0,790	0,118
	SANO	52,279	12,154		
ACTIVA_CARG_DCHA_REXT	TENDINOPATIA	82,161	12,726	0,567	0,382
	SANO	85,865	13,360		
ACTIVA_CARG_DCHA_FLX	TENDINOPATIA	152,764	10,749	0,872	0,239
	SANO	157,460	13,267		
ACTIVA_CARG_DCHA_EXT	TENDINOPATIA	46,311	10,199	0,342	0,010
	SANO	37,938	9,271		
ACTIVA_DESC_IZQDA_RINT	TENDINOPATIA	47,256	12,345	0,371	0,086

	GRUPO	MEDIA	SD	SIG.SW	U-MANWHITNEY
ATSD	TENDINOPATIA	2,428	0,907	0,000	0,588
	SANO	2,631	0,776		
ATID	TENDINOPATIA	2,621	0,569	0,000	0,254
	SANO	2,867	0,300		
AMULD	TENDINOPATIA	1,302	1,132	0,026	0,329
	SANO	1,616	0,954		
AOBLD	TENDINOPATIA	1,397	1,035	0,000	0,058
	SANO	1,979	0,983		
ATSI	TENDINOPATIA	2,535	0,912	0,000	0,705
	SANO	2,584	0,846		
ATII	TENDINOPATIA	2,420	0,741	0,001	0,101
	SANO	2,810	0,444		
AMULI	TENDINOPATIA	1,276	1,073	0,022	0,416
	SANO	1,446	0,811		
AOBLI	TENDINOPATIA	1,869	1,104	0,014	0,914
	SANO	1,988	0,906		

ANEXO IV. PRUEBA U DE MANN-WHITNEY PARA VARIABLES DIFERENCIA DE ACTIVACIÓN MUSCULAR EN SUJETOS SANOS

	DIF_TSD_TS I	DIF_TID_TII	DIF_MULD_MUL I	DIF_OBLD_OBL I
U de Mann-Whitney	21,000	20,000	13,500	10,000
W de Wilcoxon	24,000	23,000	244,500	241,000
Z	0,000	-,134	-,819	-1,203
Sig. asintótica (bilateral)	1,000	,893	,413	,229
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	1,000 ^b	,957 ^b	,443 ^b	,285 ^b

**ANEXO V. PRUEBA T-STUDENT PARA VARIABLES DIFERENCIA DE
MOVILIDAD EN SUJETOS SANOS**

	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
DIF_FLX_DCHA_IZQ_DESC	,383	,543	-,330	21	,744
			-,236	1,090	,850
DIF_FLX_DCHA_IZQDA_CARG	,053	,820	-,215	21	,832
			-,179	1,129	,885
DIF_RINT_DCHA_IZQDA_DESC	,488	,493	- 1,932	21	,067
			- 1,342	1,084	,395
DIF_RINT_DCHA_IZQDA_CARG	,441	,514	-,468	21	,645
			-,667	1,488	,593
DIF_EXT_DCHA_IZQDA_DESC	,147	,706	1,184	21	,250
			1,458	1,333	,336
DIF_EXT_DCHA_IZQDA_CARG	,173	,682	,374	21	,712
			,626	1,776	,602
DIF_REXT_DCHA_IZQDA_desc	2,430	,134	-,882	21	,388
			- 2,394	7,621	,045
DIF_REXT_DCHA_IZQDA_carg	2,287	,145	,078	21	,939
			,228	13,033	,824