

EJERCICIOS ESCAPULARES PARA DEPORTISTAS OVERHEAD. UNA REVISIÓN NARRATIVA



AUTOR

LIC. FEDERICO WILLIAMS

federico.williamstf@gmail.com

RESUMEN

OBJETIVO

La finalidad de esta revisión narrativa es sintetizar, describir y analizar los ejercicios con foco en la escápula que se han encontrado en la literatura.

MÉTODO

Se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos de PubMed, Scielo y Lilacs desde Mayo de 2020 hasta Octubre de 2021. Se incluyeron estudios que sean ensayos clínicos aleatorizados y controlados, no aleatorizados, estudios de laboratorio que busquen determinar la activación muscular, que estén dirigidos o no a deportistas overhead, que presenten o no diskinesia escapular o dolor de hombro y en los cuales se haya utilizado un método objetivo de evaluación y medición de la activación muscular en los ejercicios analizados en cada artículo.

RESULTADOS

Se analizaron 12 artículos de los cuales evaluaron diversos ejercicios que generan una activación de los músculos periescapulares. Todos utilizaron como método de evaluación la electromiografía de superficie y solamente un artículo utilizó electromiografía intramuscular. Los músculos evaluados en la mayoría de los artículos fueron Serrato Anterior, Trapecio Superior, Trapecio Medio, Trapecio Inferior, dos evaluaron al Deltoides Anterior y Posterior, uno evaluó al Oblicuo Externo del abdomen y otro al Angular del Omoplato, Pectoral Menor y Romboides Mayor.

CONCLUSIONES

Los ejercicios analizados en los estudios de esta revisión narrativa pueden ser una buena herramienta en el tratamiento kinésico del dolor de hombro en deportistas overhead como así también para disminuir el riesgo de futuras lesiones, ya que todos analizan la activación de los músculos escapulares más importantes.

PALABRAS CLAVE

Diskinesia, dolor de hombro, terapia por ejercicio, activación muscular, atletas overhead, electromiografía.

INTRODUCCIÓN

El dolor de hombro (DH) es una afección común en deportistas overhead tanto profesionales como amateurs, ocupando en Argentina el segundo



Licenciado en Terapia Física (USAL)

Especialista en Kinesiología del deporte (Univ. Favaloro)

Kinesiólogo en Kiné - Kinesiología deportiva y funcional

“
La escápula juega un papel importante en la función del hombro del atleta durante un lanzamiento o movimiento por encima de la cabeza
”

lugar de las lesiones musculoesqueléticas más reportadas con una prevalencia del 16,3%.¹ Su abordaje kinésico es un desafío para los rehabilitadores ya que muchos de los movimientos que realizan dichos deportistas implican el posicionamiento del brazo por encima de la cabeza con cargas y/o velocidades altas sumado a un amplio rango de movimiento. A su vez, tensiones violentas impuestas sobre el hombro, como por ejemplo durante un lanzamiento por encima de la cabeza, podrían con el tiempo alterar diversas estructuras si ciertos patrones de mala adaptación no se reconocen y se abordan adecuadamente.²

La escápula juega un papel importante en la función del hombro del atleta durante un lanzamiento o movimiento por encima de la cabeza.³ Como vínculo entre el tronco y el brazo, la escápula transfiere y aumenta la energía de la extremidad inferior y puede contribuir a la patogénesis de las lesiones del hombro en el atleta overhead.³ Dentro de las variaciones de la escápula, se define a la Diskinesia Escapular (DE) como una alteración en la posición o movimiento normal de la escápula durante los movimientos escapulohumerales y los mecanismos causantes más comunes de DE pueden deberse a alteraciones en los tejidos blandos, ya sea por falta de flexibilidad o por patología muscular intrínseca.⁹

Si bien no está claro el rol de la DE en la etiopatogenia del dolor de hombro, en Argentina la mayoría de los fisioterapeutas abordan sistemáticamente la DE.⁴⁰ Kibler et al. por su parte, refiere que en muchos casos la DE no es el resultado de una lesión y no siempre está relacionado con una lesión específica⁹, debiendo ser considerado en el abordaje terapéutico. Plummer et al.¹⁰ evidenció que no hubo diferencias significativas de prevalencia de DE entre sujetos con y sin DH. A su vez, diferentes estudios en individuos con DH evidenciaron que un abordaje de ejercicios basados en el reclutamiento de los músculos periescapulares pueden mejorar la función autoreportada y el DH.

Debido al posible rol de la escápula en la génesis del DH y al impacto positivo del abordaje de la misma, seleccionar adecuadamente los ejercicios basados en la activación electromiográfica de los músculos periescapulares,⁸ podría ser beneficioso en el abordaje del atleta tanto de forma clínica como para optimizar el gesto deportivo.⁴¹

Por este motivo, la finalidad de esta revisión narrativa es describir y resumir los diversos ejercicios con foco en la escápula basados en activación de los músculos escapulares como parte del tratamiento o para disminuir el riesgo de dolor de hombro en deportistas overhead que tengan o no DE.

MATERIALES Y MÉTODOS

La confección de la pregunta de investigación de esta revisión narrativa surgió a partir de la pregunta PICO. Para desarrollar la pregunta de investigación se tuvieron en cuenta los siguientes conceptos: Población: Deportistas overhead que realizan su actividad por arriba del hombro y/o la cabeza que tengan o no Diskinesia Escapular, Intervención: Ejercicios Escapulares, Comparador: Diferentes ejercicios escapulares analizados en la literatura y Outcome o Resultado: Efectividad de los ejercicios escapulares. De esta manera, se pudieron extraer las palabras claves y plantear una estrategia

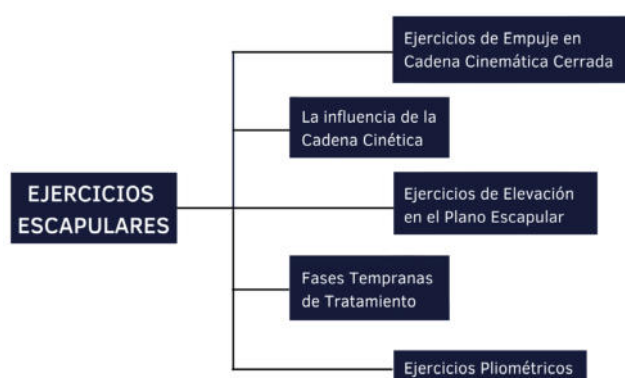
de búsqueda en las bases de datos. Por lo tanto, la pregunta de investigación que se dio a conocer es: ¿Cuál es la efectividad de los ejercicios escapulares para deportistas overhead que tengan o no diskinesia escapular?

Se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos de PubMed, Scielo y Lilacs desde Mayo de 2020 hasta Octubre de 2021. Se incluyeron trabajos que sean ensayos clínicos aleatorizados y controlados (ECAs), no aleatorizados, estudios de laboratorio que busquen determinar la activación muscular en donde los participantes sean mayores de 18 años, que estén dirigidos a deportistas overhead, que realicen su actividad por arriba del hombro o cabeza, que presenten o no diskinesia escapular o dolor de hombro y en los cuales se haya utilizado un método de evaluación y medición de la activación muscular en los ejercicios analizados en cada artículo. Criterios de exclusión: Informes breves de casos o cartas de editor. Los estudios fueron preseleccionados a partir de la lectura de títulos y abstract, suprimiendo aquellos que se encontraron duplicados, para luego seleccionar los que fueron leídos y analizados a texto completo. Se utilizaron palabras claves: "scapular dyskinesis", "shoulder pain", "rotator cuff tendinopathy", "exercise therapy", "overhead athlete", "electromyography". Las mismas fueron buscadas de forma independiente y en combinación mediante términos booleanos: ((Dyskinesia scapular) OR (Scapular dyskinesis)) AND(((rotator cuff)OR(rotator cuff injury)OR(rotator cuff tendinopathy))), ((Dyskinesia scapular) OR (Scapular dyskinesis)) AND(((shoulder injury) OR (shoulder pain)) OR((rotator cuff injury)OR(rotator cuff tendinopathy))), ((Dyskinesia scapular) OR (Scapular dyskinesis)) AND(((shoulder injury)OR (shoulder pain))AND((rotator cuff injury)OR(rotator cuff tendinopathy)))AND(overhead athlete), ((Dyskinesia scapular) OR (Scapular dyskinesis)) AND(((shoulder injury)OR (shoulder pain))AND((rotator cuff injury)OR(rotator cuff tendinopathy)))AND(treatments)).

Además se realizó una búsqueda manual de estudios a partir de los artículos incluidos en la revisión y publicaciones de referentes internacionales sobre el tema de estudio.

ACTIVACIÓN MUSCULAR EN DIFERENTES EJERCICIOS ESCAPULARES

Los ejercicios de estabilización escapular demostraron ser una herramienta importante en el tratamiento de pacientes con DH al aumentar la fuerza de los músculos periescapulares y mejorar el sentido de la posición de las articulaciones del miembro superior³⁹



“
Los ejercicios de estabilización escapular demostraron ser una herramienta importante en el tratamiento de pacientes con DH al aumentar la fuerza de los músculos periescapulares y mejorar el sentido de la posición de las articulaciones del miembro superior.
”

“
El análisis de correlación entre el SA y el OE aporta elementos que refuerzan las teorías que postulan la influencia de los músculos del tronco en relación al SA
”

EJERCICIOS DE EMPUJE EN CADENA CINEMÁTICA CERRADA

Las Flexoextensiones de Brazo (FB) producen una gran activación electromiográfica (EMG) del SA.¹¹ Diversos estudios analizaron la activación de distintos grupos musculares en las FB, como así también distintas variantes del mismo, por ejemplo utilizando una superficie inestable.¹³

De Araujo et al.¹² compararon la actividad EMG de los músculos periescapulares y su relación con el Oblicuo Externo (OE) del abdomen durante la ejecución de las FB en superficies estables e inestables, en 36 voluntarios masculinos de entre 18 y 30 años físicamente activos, sin historial de trauma, cirugía o DH que se los dividió en 2 (dos) grupos (control y con DE). Evidenciaron interacciones significativas entre SA (inferior) y OE; en ambos casos, el grupo control mostró una mayor actividad EMG en la superficie inestable, y los participantes con DE tuvieron medias más altas en la estable.

El análisis de correlación entre el SA y el OE aporta elementos que refuerzan las teorías que postulan la influencia de los músculos del tronco en relación al SA. Estos resultados permiten inferir que quizás los participantes con DE presenten un deterioro de toda la cadena cinética, involucrando déficits en la capacidad de transmisión de fuerza del tronco para el miembro superior.¹²

Los resultados de EMG mostraron que la superficie inestable influyó en la actividad electromiográfica de TS, SA (superior e inferior) y OE. Con respecto a la comparación entre los grupos control y aquellos con DE, no se observaron diferencias significativas para la actividad EMG de todos los músculos evaluados.

Por su parte, Pirauá et al.¹⁵ también analizaron la actividad EMG de los músculos escapulares durante las FB en diferentes superficies y el objetivo de este estudio fue evaluar la actividad de las distintas partes del SA y Trapecio durante el ejercicio de FB. Fue realizado en 30 hombres físicamente activos con DE. Los músculos analizados fueron SA (superior e inferior), TS, TI y los niveles de ratios de: TS/TI, TS/SA(inferior), TS/SA(superior).

Los resultados que obtuvieron fue que durante la realización de las FB en superficies inestables aumentaban los valores del TS y TI, mientras que el SA (superior) y SA (inferior) mostraron un descenso de dichos valores. Los autores refieren que la superficie inestable generaba un incremento del ratio TS/SA(superior) y TS/SA(inferior), sin embargo no hubo diferencias significativas en el ratio TS/TI.¹⁵

Desde otra perspectiva, Tucker et al.¹⁸ decidieron evaluar la activación de los músculos SA, TM y TI de 28 participantes sanos mientras realizaban 10 repeticiones de FB y 10 intentos de revoluciones completas utilizando un Cuff Link (CL), el cual es un círculo de 56 cm de diámetro con una barra transversal que se extiende a lo ancho (similar a un volante). Las formas de evaluar cada uno de los ejercicios fueron las siguientes: En el CL los participantes debían realizar 10 revoluciones en posición de carga completa, cada revolución consistía en hacer contacto con el suelo con todos los bordes del CL en un movimiento en el sentido de las agujas del reloj. En las FB,

los participantes debían realizar 10 repeticiones con las manos separadas a 48 cm y partir con los codos en extensión completa (fase concéntrica) y bajar flexionando los codos hasta tocar un bloque de 7 cm del suelo (fase excéntrica). Cada fase tuvo una duración de 1 segundo y la repetición completa de 2 segundos, un metrónomo a 60 PPM controlaba la velocidad de cada repetición.

Los autores refieren que eligieron participantes sin disfunciones de hombro porque pretendían sacar conclusiones basadas en la función muscular durante estos ejercicios en hombros con funcionamiento normal.

Posterior a todo el análisis, evidenciaron una alta activación del TM y TI durante las FB en comparación con la utilización del CL y no se encontraron diferencias significativas del SA entre ambos ejercicios.

En 1992 se incluyeron las Push up Plus (PP) como ejercicio de zona media en un programa de rehabilitación basado en la alta actividad EMG de varios músculos del hombro, donde incluyeron al SA.¹⁹ Decker et al.²⁰ por su parte en 1999 reportó el promedio más alto de activación de SA durante la fase concéntrica de PP comparándolo con otros ejercicios de rehabilitación. Las modificaciones o variantes más comunes de las PP analizadas son: con rodillas apoyadas (RPP), con codos apoyados (CPP) y en pared (PPP). Se cree que estas variantes de las PP son alternativas menos exigentes para el uso clínico, generalmente recomendadas cuando los pacientes no pueden realizar varias repeticiones de PP.²¹

Las PP son las FB estándar a la que se le suma la protracción escapular después de haber realizado la extensión completa del codo al final del movimiento. Las RPP son similares a las PP pero se realizan con las rodillas apoyadas en el piso, las CPP comienzan con los codos flexionados a 90 grados con el peso de los MMSS sobre los codos con los pies apoyados en el piso y las PPP es realizado de pie con las manos en contacto con la pared. Y solo incluye la fase de protracción escapular.²¹

Por su parte, Ludewiq et al.²¹ realizaron un estudio control de laboratorio donde compararon 30 sujetos de entre 18 - 50 años, que se los dividió en 2 grupos (grupo I: 7 hombres y 12 mujeres sin dolor de hombro y grupo II: 5 hombres y 5 mujeres con dolor de hombro) y se analizó EMG a los músculos SA y TS al realizar el ejercicio de PP y su variantes (RPP, CPP y PPP).

Los participantes no referían dolor durante el reposo pero si dieron positivos en diversos tests ortopédicos provocativos. Se le pidió a cada participante que realice 5 repeticiones de cada ejercicio con un descanso de 2 minutos entre cada uno. Los datos EMG de cada músculo y participante fue promediado para cada fase en las 3 repeticiones intermedias de las 5 realizadas.

Los resultados que obtuvieron fueron que los sujetos con una disfunción en el hombro respondieron igual que aquellos que se encontraban sanos. Las PP demostraron ser un ejercicio con una alta activación del SA como así también una relación TS/SA menor durante todas las fases, las variantes CPP y RPP también demostraron un alto nivel de activación del SA y una menor relación TS/SA y por último las PPP evidenciaron una alta relación de TS/SA.

“
Las PP demostraron ser un ejercicio con una alta activación del SA como así también una relación TS/SA menor durante todas las fases, las variantes CPP y RPP también demostraron un alto nivel de activación del SA y una menor relación TS/SA y por último las PPP evidenciaron una alta relación de TS/SA
”

“
**Es importante destacar
que para pacientes con
diagnóstico de dolor de
hombro y DE las PP pue-
den ser un ejercicio ópti-
mo ya que activa de ma-
nera eficiente el SA con
poca activación del TS**
”

Es importante destacar que para pacientes con diagnóstico de dolor de hombro y DE las PP pueden ser un ejercicio óptimo ya que activa de manera eficiente el SA con poca activación del TS, otro punto importante para tener en cuenta es que aquellos pacientes que no puedan realizar inmediatamente la PP sin exacerbar sus síntomas pueden beneficiarse de la progresión de los ejercicios comenzando con PPP, seguido de CPP, RPP y finalmente FB con PP.²¹

Maenhout et al.²² por su parte, analizó la actividad EMG de los músculos TS, TM, TI y SA en los ejercicios de RPP y 6 variaciones.

Investigaron cómo influyen los cambios de 3 aspectos en el ejercicio de RPP, en la actividad EMG del SA y la relación TS/SA. Dichos cambios fueron: utilización de una tabla inestable, realizado con una mano y extensión de la pierna homolateral o heterolateral. En segundo lugar, investigaron la influencia del reclutamiento muscular en patrones diagonales durante el ejercicio de RPP en la actividad EMG en las 3 porciones del músculo trapecio y SA.

La cantidad de participantes de dicho estudio fue de 32 (16 hombres y 16 mujeres) con un promedio de edad de 22.88 (2.43 años), todos los voluntarios eran físicamente activos y gozaban de buena salud, sin antecedente de lesiones y/o cirugías de hombro y cuello.

Los participantes realizaron las RPP estándar y 6 variaciones y se utilizó un metrónomo para controlar la velocidad de los ejercicios (60 PPM). Realizaron 5 repeticiones de cada ejercicio con 5 segundos de descanso entre cada repetición, entre cada ejercicio se les brindó un descanso de 2 minutos.

Los autores evidenciaron que algunos ejercicios analizados son preferibles a otros debido a su baja relación TS/SA, por ejemplo: RPP, RPP con extensión de pierna homolateral, RPP con una superficie inestable y RPP con una sola mano.

Los ejercicios de empuje en cadena cinemática cerrada pueden ser una gran herramienta dentro de un plan de rehabilitación, pero a la hora de prescribir alguna de las variantes antes mencionadas se debería tener en cuenta en que parte del tratamiento se encuentra nuestro deportista como así también que músculo o grupos musculares deseamos activar más que otros.

LA INFLUENCIA DE LA CADENA CINÉTICA EN LA ACTIVACIÓN DE LOS MÚSCULOS ESCAPULARES.

El hombro es parte de una cadena de energía cinética, en la que el cuerpo se considera como un sistema enlazado de segmentos articulados, donde cada parte contribuye a la energía final necesaria para golpear una pelota, lanzar un objeto, levantar una carga o realizar un movimiento específico de un deporte.²⁴

Todos los segmentos (pierna, cadera, tronco, hombro, codo y muñeca) de la cadena cinética deben estar en perfecta forma para poder crear un nivel de energía suficiente para producir el movimiento. Para crear dicho movi-

miento con la máxima liberación de potencia, son necesarios los siguientes requisitos previos: función de la cadena cinética intacta, función escapular normal y estabilizadores estáticos y dinámicos del hombro intactos.²⁴

De Mey et al.²⁵ analizaron y compararon los niveles de activación de TS y TI. Donde también estudiaron cómo influyen la posición y el movimiento del tronco y las extremidades inferiores en 8 ejercicios de retracción escapular. Los participantes fueron 30 atletas overhead sanos (17 hombres y 13 mujeres) de entre 18 y 30 años que practicaban natación, voley y tenis. De los cuales 27 eran diestros y 3 eran zurdos, y se evaluó el hombro dominante. Los 8 ejercicios de alta retracción escapular se realizaron de manera aleatoria los cuales eran ejecutados enfrente de un aparato de polea a 1 metro de distancia del mismo. Se le indicó a cada voluntario que realicen 5 repeticiones de cada ejercicio, entre cada repetición se le dio 5 segundos de descanso y entre cada ejercicio 2 minutos. Cada ejercicio era ejecutado en 3 fases (concéntrica, isométrica y excéntrica) con una duración de 3 segundos cada una las cuales eran monitoreadas por un metrónomo.

Sus principales hallazgos fueron que los 8 ejercicios activan más el TI sobre el TS y todos los ejercicios pueden ser efectivos en el tratamiento de disfunciones escapulares en atletas con un control disminuido del TI y una activación excesiva del TS.

El ejercicio que generó una mayor activación del músculo Trapecio fue el ejercicio de sentadilla unipodal dinámica contralateral en comparación con el ejercicio realizado en posición de sentado, esto sugiere una participación de la cadena cinética de movimiento en los músculos del hombro.

A la hora de analizar estos resultados, se debe tener en cuenta la población que se utilizó ya que eran atletas sanos de 18 a 30 años y que solamente practicaban voley, natación y tenis. Por lo tanto, no sabemos si estos ejercicios también son efectivos y realizan los mismos niveles de activación muscular para deportistas que practiquen otros deportes o tengan DH.

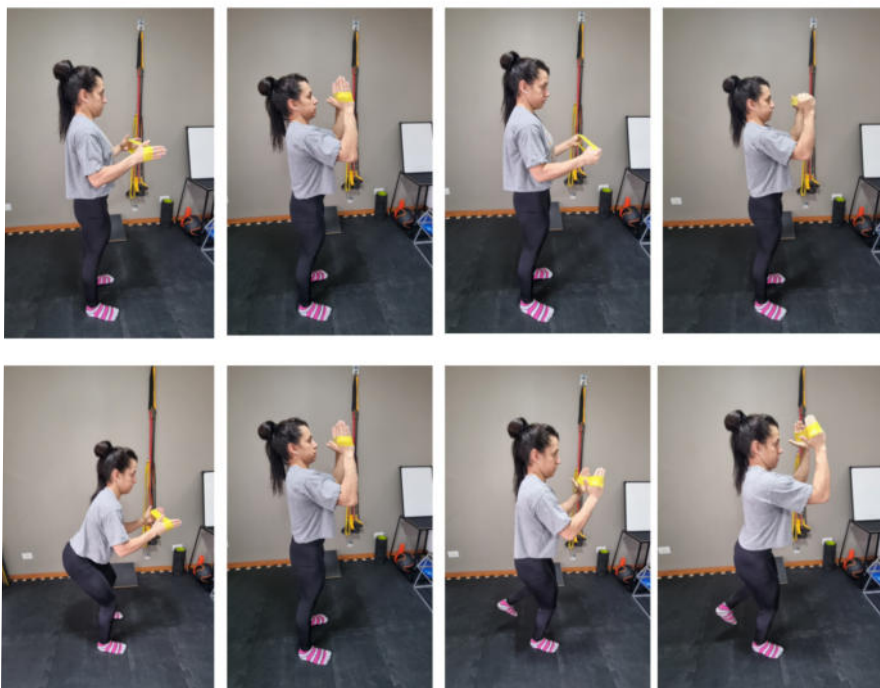
Por su parte, Borms et al.²⁶ analizaron cómo influenciaba la cadena cinética en la actividad de los músculos escapulares (TS, TM, TI y SA) en 5 ejercicios que realizaban una rotación externa del hombro con elevación bilateral (con manos cerradas, con manos abiertas, sentadilla dinámica, sentadilla unipodal estática y sentadilla unipodal dinámica con la pierna contralateral)

Figura 1.

“
El ejercicio que generó una mayor activación del músculo Trapecio fue el ejercicio de sentadilla unipodal dinámica contralateral en comparación con el ejercicio realizado en posición de sentado, esto sugiere una participación de la cadena cinética de movimiento en los músculos del hombro
”

“
La cadena cinética podría ser de gran utilidad en el tratamiento kinésico de diversas patologías del complejo del hombro en deportistas overhead, ya que la mayor parte de los gestos se realizan por arriba de la cabeza y por lo tanto requieren de una correcta transferencia de fuerza de los distintos eslabones”

FIGURA 1 Ejercicios que realizaban una rotación externa del hombro con elevación bilateral que utilizan la cadena cinética. Analizados por Borms et al²⁶.



El número de participantes fue de 31(15 hombres y 16 mujeres) con una media de edad de 22.5, todos eran voluntarios sanos sin dolor ni lesiones en los MMSS, MMII o columna durante los 6 meses previos. No realizaban deportes overhead o entrenamiento de fuerza de MMSS por más de 6 horas por semana.

Se les pidió a cada voluntario que completen 5 repeticiones de cada ejercicio y cada repetición consistió en una fase de 3 segundos de elevación y de descenso de 3 segundos. Se controló el tiempo de cada fase mediante el uso de un metrónomo (60 PPM). La resistencia del movimiento de rotación externa fue suministrado por una banda elastica, la cual cambiaba de resistencia según el sexo del participante.

Los resultados que obtuvieron los autores fueron que al realizar el movimiento con las manos cerradas generaban niveles bajos de activación del TM y TI. Mientras que al incorporar los miembros inferiores aumentaba la activación del TS, en la sentadilla unipodal dinámica los niveles del TI disminuyeron y por último los mayores niveles del SA se detectaron en la posición de sentadilla unipodal estática.²⁶

La cadena cinética podría ser de gran utilidad en el tratamiento kinésico de diversas patologías del complejo del hombro en deportistas overhead, ya que la mayor parte de los gestos se realizan por arriba de la cabeza y por lo tanto requieren de una correcta transferencia de fuerza de los distintos eslabones.

EJERCICIOS DE ELEVACIÓN EN EL PLANO ESCAPULAR (SCAPTION EXERCISES)

El plano escapular ha sido sugerido como la posición para mantener una óptima congruencia de la cabeza humeral y la fosa glenoidea como así también la relación óptima de longitud-tensión de la musculatura escapulohumeral.²⁷

La hiperactividad del Deltoides Anterior (DA) ha demostrado generar una traslación superior de la cabeza del húmero durante diversos ejercicios de rehabilitación utilizados en deportistas overhead y esto podría generar una disminución del espacio subacromial.²⁸

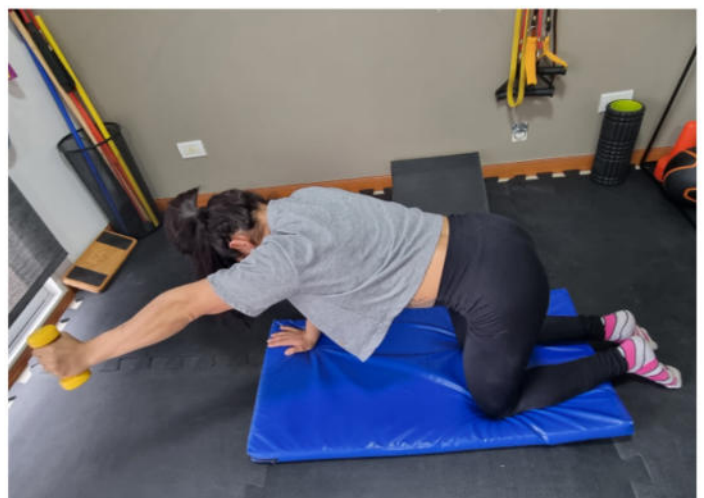
Tsuruike et al.²⁸ investigaron los niveles de activación muscular del TI y SA, durante la elevación en el plano escapular en 3 posiciones mientras se mantiene un nivel moderado de activación del DA. Un propósito secundario fue identificar la relación TS/TI durante los ejercicios de elevación en el plano escapular.

La población utilizada en este artículo fueron 14 hombres sanos que practicaban bádminton, tenían una media de edad de 20.3 ± 2.2 años. Los músculos examinados mediante EMG fueron el TS, TM, TI, SA, DA y el deltoides posterior (DP) de lado dominante.

Los ejercicios que se evaluaron fueron la elevación en el plano escapular en diferentes posiciones: parado ^{Figura 2A}, cuadrupedia ^{Figura 2B} y decúbito prono, se adicionaron 3 diferentes cargas para cada posición: 0 kg (sin peso externo), 1.8 kg y 4.1 kg.

“El plano escapular ha sido sugerido como la posición para mantener una óptima congruencia de la cabeza humeral y la fosa glenoidea como así también la relación óptima de longitud-tensión de la musculatura escapulohumeral”

FIGURA 2: A) Elevación en el plano escapular de pie. B) Elevación en el plano escapular en cuadrupedia. Analizados por Tsuruike et al.²⁸



“
La actividad EMG del DA y DP en los ejercicios evaluados demostró que en la posición de pie la activación del DA era mayor que el DP, mientras que en las posiciones de cuadrupedia y prono generaban una actividad mayor del DP
”

La velocidad de cada movimiento fue controlada por un metrónomo (1Hz = 1 Pulsación por segundo) y se le pidió a cada participante que realicen el movimiento suavemente hasta realizar la mayor abducción posible en el plano escapular durante 5 segundos a un ritmo constante.

Los hallazgos reportados por este estudio fueron que el valor medio de la actividad EMG del TI en posición de pie fue menor en todo el rango de movimiento en comparación con las posiciones de decúbito prono y cuadrupedia donde sí hubo un aumento significativo de la actividad EMG. No se observaron diferencias en los valores medios entre las posiciones de cuadrupedia y prono.

Con respecto a la actividad EMG del SA, la posición de parado fue mayor al utilizar las cargas de 1.8 kg y 4.1 kg en comparación con las posiciones de cuadrupedia y prono con las mismas cargas.

Al analizar la relación TS/TI, se demostró que dicha relación disminuye al realizar el movimiento de elevación en el plano escapular en la posición de pie, mientras que aumentaba en la posición de cuadrupedia y no se observaron diferencias de la relación TS/TI entre las posiciones de cuadrupedia y parado.

La actividad EMG del DA y DP en los ejercicios evaluados demostró que en la posición de pie la activación del DA era mayor que el DP, mientras que en las posiciones de cuadrupedia y prono generaban una actividad mayor del DP.

Los autores sugieren que la elevación en el plano escapular en posición de cuadrupedia con una carga de hasta 4.1 kg, basándose en la relación de TS/TI, puede mejorar la activación del TI y SA en atletas overhead jóvenes activos y sanos.

Estos ejercicios pueden ser una gran herramienta dentro de un plan de tratamiento kinésico pero un dato importante que se debe tener en cuenta a la hora de analizar los resultados obtenidos por Tsuruie et al.²⁸ es la población utilizada y el deporte que practican.

Castelein et al.³⁰ por su parte además de analizar la activación EMG de los músculos escapulares superficiales (TS, TM, TS y SA) también analizaron los músculos profundos (Pectoral Menor, Angular del Omoplato y Romboide Mayor) durante 3 ejercicios de elevación en el plano escapular y compararon los patrones de actividad de los músculos escapulo torácicos durante diferentes cargas.

La cantidad de participantes en este estudio fue de 21 personas (10 mujeres y 11 hombres) con una edad media de 32 años (en un rango de 21 a 55 años), todos los voluntarios eran sanos sin antecedentes de dolor de hombro o cuello y demostraron tener un rango de movimiento sin dolor en ambos hombros. No realizaban deportes overhead ni entrenamientos de fuerza de las extremidades superiores durante más de 6 horas a la semana.

Los 3 ejercicios evaluados EMG fueron: Elevación en el plano escapular, Deslizamiento con toalla en pared y Elevación con componente de rotación externa (con resistencia de una Theraband®).

Cada participante realizó los 3 ejercicios bajo 2 condiciones: sin carga externa y con carga externa, realizando primero los ejercicios sin carga. La duración de cada ejercicio consistió en una fase de elevación y descenso

de 4 segundos de duración, para estandarizar la velocidad se utilizó un metrónomo (60 PPM). Se midieron EMG 5 repeticiones de cada ejercicio con un descanso de 5 segundos entre cada repeticiones, entre cada serie de ejercicios se les otorgó un descanso de 1.5 minutos y la carga fue la misma en los 3 ejercicios.

Los resultados que obtuvieron los autores fueron una activación más significativa del TS en el ejercicio de elevación en el plano escapular en comparación con los otros 2 ejercicios, no se encontraron diferencias en la activación del SA en los 3 diferentes ejercicios y durante condiciones de carga, la actividad del TS y SA mostraron un incremento de la actividad de manera significativa.

Los ejercicios sin carga adicional, generaron en el TM y TI una mayor actividad durante la elevación con rotación externa en comparación con la elevación en el plano escapular y el deslizamiento con toalla en pared. Al adicionar una carga externa, el patrón cambió y los ejercicios de elevación en el plano escapular y con rotación externa mostraron un aumento significativo del TM y TI en comparación con el deslizamiento con toalla en pared. Entonces al comparar ejercicios con y sin carga, este artículo demostró una mayor actividad de los músculos TM y TI en los ejercicios con carga externa.

Los ejercicios sin carga adicional, generaron en el TM y TI una mayor actividad durante la elevación con rotación externa en comparación con la elevación en el plano escapular y el deslizamiento con toalla en pared. Al adicionar una carga externa, el patrón cambió y los ejercicios de elevación en el plano escapular y con rotación externa mostraron un aumento significativo del TM y TI en comparación con el deslizamiento con toalla en pared. Entonces al comparar ejercicios con y sin carga, este artículo demostró una mayor actividad de los músculos TM y TI en los ejercicios con carga externa.

Con respecto a la actividad de los músculos AO, Pm y RM los autores evidenciaron: Un aumento de la actividad del AO en el ejercicio, sin carga adicional, de elevación con rotación externa y no se encontraron diferencias significativas en este músculo entre los ejercicios de elevación en el plano escapular y deslizamiento con toalla en pared.

Tanto para Pm como para RM, los autores no encontraron interacción, pero sí obtuvieron un efecto significativo entre el ejercicio y la carga. La actividad del Pm fue más alta en el deslizamiento con toalla en pared que en la elevación en el plano escapular y en la elevación con rotación externa. Mientras que la actividad del RM fue más alta durante la elevación en el plano escapular y elevación con rotación externa en comparación con el deslizamiento en toalla. Al sumarle una carga externa ambos músculos aumentaron significativamente su actividad.

Por último, Hardwick et al.³¹ investigó de qué manera el ejercicio de deslizamiento en pared activaba al SA, hace referencia a que dicho ejercicio es utilizado menos que el PP y sus variantes²¹ y que un potencial, según los autores, que tiene este ejercicio es que requiere una elevación del húmero por encima de la posición de 90 grados utilizada en el ejercicio de push

“
La actividad del Pm fue más alta en el deslizamiento con toalla en pared que en la elevación en el plano escapular y en la elevación con rotación externa
”

“
La selección de un ejercicio apropiado en la rehabilitación de los músculos escapulares depende de la fuerza real de los músculos, pero también de la fuerza relativa de un músculo en relación con otro
”

up plus. Por lo tanto, compararon la activación del SA durante el deslizamiento en pared con la fase concéntrica del push up plus en pared y con la elevación en el plano escapular. Además de analizar EMG al SA también analizaron al Dorsal Ancho (DA), TS y TI.

La población utilizada fue de 20 sujetos sanos (10 hombres y 10 mujeres) con dominancia derecha sin antecedentes de problemas ortopédicos y/o neurológicos en los MMSS, con un rango de edad de entre 23-41 años.

Los 3 ejercicios realizados fueron: Elevación de hombro en el plano escapular, deslizamiento en pared y PP en pared. Un dato que se debe tener en cuenta a la hora de analizar los resultados es que en todos los ejercicios no se controlaron las velocidades de los movimientos, porque según los autores quisieron recrear las condiciones bajo las cuales están sometidos estos ejercicios en la clínica diaria, se los dejó practicar 1 o 2 veces a cada participante y después se analizaron 3 repeticiones de cada ejercicio.

Este estudio demostró que durante el ejercicio de elevación en el plano escapular se activó el SA y TS en el inicio del movimiento y posteriormente se generó una activación del TI. A medida que aumentaba el ángulo de elevación del húmero aumentaba la activación del SA.

Mientras que en el ejercicio de deslizamiento en pared, el SA se activaba de igual manera que el TS y TI.

En el ejercicio de push up plus en pared, el SA se activó de la misma manera que los otros 2 ejercicios. El TS solo se activó al principio del movimiento y el TI no generó una activación significativa. El DA en los 3 ejercicios se mostró relativamente inactivo.

El principal hallazgo que encontraron los autores fue que la actividad de SA no fue significativa en los 3 ejercicios al realizar una elevación de 90 grados al igual que el artículo de Castelein et al.³⁰ y el TS generó una mayor activación a los 120 grados de elevación en comparación a los 90 grados del deslizamiento en pared pero no así en la elevación del plano escapular. En cambio la activación de TI no fue significativa en los 3 ejercicios, se genera un aumento de su actividad al aumentar los ángulos de elevación del húmero pero no así en los deslizamientos en pared y su mejor activación se generó a los 140 grados en la elevación del hombro en el plano escapular. El SA según Hardwick et al.³¹ no generó una actividad significativa diferente entre cada uno de los 3 movimientos a 90 grados de elevación humeral. Por esta razón sostienen que el ejercicio de deslizamiento en pared es igual de eficiente que la fase concéntrica del PP realizado en la pared en la activación del SA.

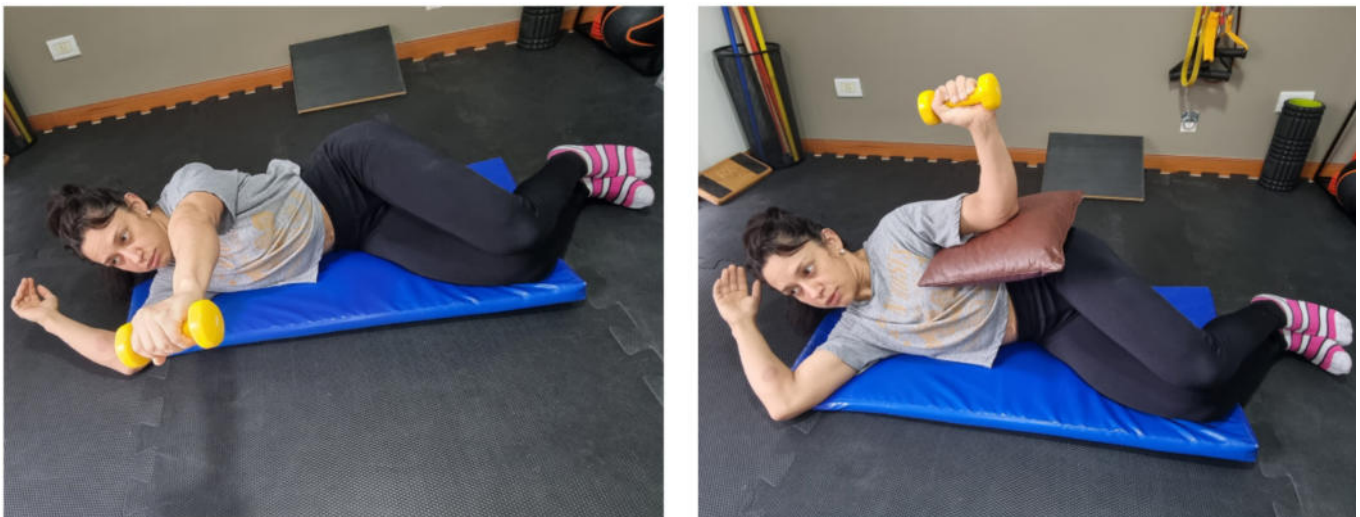
Cools et al.²³ sostiene que la selección de un ejercicio apropiado en la rehabilitación de los músculos escapulares depende de la fuerza real de los músculos, pero también de la fuerza relativa de un músculo en relación con otro. Ludewiq et al.²² por ejemplo, describió la relación TS/SA solamente en el ejercicio de flexoextensiones de brazo.

El objetivo de Cools et al.²³ fue determinar la relación no solo del TS/SA sino también TS/TM y TS/SA en 12 ejercicios comunes de fortalecimiento y así poder determinar cuáles son los ejercicios más apropiados para un óptimo balance de los músculos escapulares.

Los voluntarios en el estudio de Cools et al.²³ fueron un total de 45 (20 hombres y 25 mujeres), la media de edad fue de 20.7 ± 1.7 , el criterio de exclusión fue haber tenido lesiones cervicales o de hombro, participar en deportes overhead de nivel competitivo y entrenamiento de MMSS de más de 5 horas por semana.

Los ejercicios que generaron una baja relación TS/TI más relevante fueron: flexión hacia adelante en decúbito lateral ^{Figura 3A}, rotación externa en decúbito lateral ^{Figura 3B} y la abducción horizontal con rotación externa en decúbito prono. Con respecto a una baja relación TS/TM los ejercicios que tuvieron mayor relevancia fueron: flexión de hombro en decúbito lateral, rotación externa en decúbito lateral y la abducción horizontal con rotación externa en decúbito prono.

FIGURA 3: A) Flexión hacia adelante en decúbito lateral y B) Rotación externa en decúbito lateral. Analizados por Cools et al.²³.



En la relación TS/SA ningún ejercicio cumplió los criterios de la categoría 1 (relación menor al 60%) por lo tanto ninguno de los ejercicios evaluados evidenció que generan un fortalecimiento del SA con inhibición del TS, solamente el remo alto cumplió con los criterios de la categoría 2 (relación entre un 60% a 80%). Los ejercicios de elevación en el plano escapular con rotación externa fueron seleccionados como parte de los 3 mejores ejercicios pero con una precisión más moderada.

El equilibrio muscular entre TS y SA también fue examinado por Ludewiq et al.²², y consideraron que las FB era el ejercicio que generó una mejor activación del SA. Al comparar los ejercicios analizados por Cools et al.²³ todos los ejercicios tuvieron una relación TS/SA más alta.

EJERCICIOS ESCAPULARES ESPECÍFICOS PARA FASES TEMPRANAS DE TRATAMIENTO

Muchos de los estudios antes analizados,^{12,13,15,22,31} evalúan ejercicios que

“
Los niveles de activación muscular fueron bajos en los ejercicios evaluados, por esto probablemente los ejercicios evaluados sean los más adecuados para las fases temprana y media de la rehabilitación del hombro para ayudar a iniciar la activación de los músculos estabilizadores de la escápula.
”

requieren diversos movimientos (elevación, rotaciones, flexión anterior, etc.) que pueden ser difíciles de realizar en fases tempranas de un tratamiento kinésico.

Kibler et al.³² analiza la amplitud y secuencia de activación muscular en diversos ejercicios de estabilidad escapular que pueden realizarse en etapas tempranas de rehabilitación en pacientes con dolor y sin dolor de hombro. Los objetivos fueron comparar los efectos de los ejercicios entre los diversos grupos, evaluar el efecto de los ejercicios y determinar si las amplitudes estaban en niveles considerados significativos para el fortalecimiento muscular.

La población analizada fue de 39 sujetos de una edad media de 29.62 años, de los cuales 18 (9 mujeres y 9 hombres) eran asintomáticos para el dolor de hombro y tampoco tuvieron antecedentes de restricción de actividades ni presentaban DE. Mientras que 21 voluntarios (13 hombres y 8 mujeres) presentaban síntomas de dolor de hombro, con diversos diagnósticos médicos: impingement (9 sujetos), lesiones labrales (5 sujetos), tendinopatía del manguito rotador (7 sujetos) y demostraron tener DE.

Los 3 músculos escapulares elegidos para su análisis fueron el TS, TM y TI por ser considerados los más importantes en la cupla de fuerza y control del movimiento escapular. También evaluaron al músculo deltoides (anterior y posterior) por reflejar el movimiento del brazo.³²

Los 4 ejercicios donde analizaron dichos músculos fueron el Deslizamiento Inferior (DI) (paciente sentado con el miembro superior en abducción de 90° con el puño cerrado sobre una superficie firme y se le pide que realice una presión inferior.), Remo Bajo (Rb) (paciente coloca su mano en el borde anterior de una superficie con la palma hacia atrás y se le indica que genere una extensión del tronco, presionando su mano contra la superficie en dirección a la extensión de hombro y que genere una retracción escapular), Cortacesped (Cd) (paciente comienza en una posición inicial con el tronco flexionado y rotado hacia el lado contralateral con la mano en dirección a la rótula contraria y realiza una rotación del tronco hasta el brazo analizado generando una extensión de cadera y tronco hasta que el brazo analizado esté al nivel de la cintura mientras genera una retracción escapular) y Robbery (RB) (posición inicial parado/a con el tronco flexionado aproximadamente 45°-50° con los brazos flexionados hacia adelante y las palmas de las manos frente a los muslos, mientras mantiene los codos pegados al cuerpo, el sujeto realiza un movimiento del tronco y los brazos hacia la extensión y flexiona el codo).

Cada participante realizó 8 repeticiones con una duración de 3 segundos cada uno, que era controlada por un examinador quien realizaba un feedback verbal para mantener una técnica correcta de los ejercicios mientras que otro examinador se encargaba de contar en voz alta el tiempo de duración del ejercicio, previamente fijado.

Los niveles de activación muscular fueron bajos en los ejercicios evaluados, por esto probablemente los ejercicios evaluados sean los más adecuados para las fases temprana y media de la rehabilitación del hombro para ayudar a iniciar la activación de los músculos estabilizadores de la escápula.

Los ejercicios DI y Rb son ejercicios de cadena cerrada, estos tipos de ejercicios son considerados seguros para las fases tempranas de rehabilitación porque poseen un rango corto de movimiento y un control de las cargas articulares.³³ El SA tuvo una baja activación en ambos ejercicios y el TI generó una activación de baja amplitud en el DI.

La mayor activación del Deltoides Posterior (DP) se generó en el Rb y la activación del SA fue significativamente mayor que el TS durante este mismo ejercicio.

Los ejercicios dinámicos (Cd y RB) activaron a los 3 músculos escapulares de manera similar pero no activaron de manera analítica un músculo en particular y la activación de los músculos escapulares fue mayor que la activación del DA. Por esta razón, estos ejercicios pueden ser utilizados en la fase media del tratamiento ya que generan una activación similar a los niveles de uso cotidiano de movimientos por arriba de la cabeza.

ACTIVACIÓN DE LOS MÚSCULOS ESCAPULARES EN EJERCICIOS PLIOMÉTRICOS

Los ejercicios pliométricos combinan la fuerza con la velocidad del movimiento de la articulación glenohumeral, lo cual es bastante desafiante para la estabilidad escapular.³⁴ Este tipo de ejercicios se utiliza en el entrenamiento específico de diversos deportes y en la fase de rehabilitación de retorno al juego en atletas overhead con lesión en el hombro.³⁵ Diversos programas de ejercicios pliométricos demostraron que mejoran la velocidad 36 y distancia de lanzamientos como así también la propiocepción y la sinestesia.³⁷

Maenhout et al.³⁸ evaluaron la actividad de los músculos escapulares en diversos ejercicios pliométricos con diferentes posiciones del cuerpo, cargas y posiciones del hombro. Además, el objetivo fue observar la actividad de los músculos escapulares de manera analítica en el movimiento hacia anterior y posterior de cada ejercicio.

Se analizaron a 32 sujetos sanos (14 Hombres y 18 Mujeres) de entre 18 y 35 años (edad media de 23.33 años) sin dolor de hombro y/o cuello, ni antecedentes de cirugías o fracturas de MMSS y no realizan más de 6 horas por semana de ejercicios por arriba de la cabeza. Los músculos evaluados EMG fueron TS, TM, TI y SA del hombro dominante.

Cada participante realizó 10 ejercicios, los cuales fueron seleccionados en base a su uso frecuente en la rehabilitación de atletas overhead. Todos los ejercicios evaluados fueron de carácter pliométricos, esto quiere decir que generaban el ciclo de estiramiento acortamiento y todos los músculos actuaban a gran velocidad alternando contracciones concéntricas y excéntricas requeridas para la aceleración y desaceleración de cada ejercicio. Las cadenas de movimientos fueron tanto abiertas como cerradas y diversos materiales fueron utilizados (Bosu®, Theraband® de baja tensión y Xco® Trainer), tanto la carga utilizada (0,5 kg hasta 3 kg) y el Xco®Trainer (tubo de aluminio en cuyo interior se encuentra una masa móvil) fue elegida para que los participantes calificaran a los ejercicios entre 12 y 18 en la escala

“
Los ejercicios dinámicos (Cd y RB) activaron a los 3 músculos escapulares de manera similar pero no activaron de manera analítica un músculo en particular y la activación de los músculos escapulares fue mayor que la activación del DA
”

“
Los ejercicios analizados en los estudios de esta revisión narrativa pueden ser una buena herramienta en el tratamiento kinésico del dolor de hombro en deportistas overhead que tengan o no diskinesia escapular
”

de 20 de Borg, que es considerado el esfuerzo necesario para entrenar la fuerza.³³

La actividad muscular fue analizada en todos los ejercicios con la misma cantidad de tiempo (30 segundos), 30 repeticiones fueron realizadas a un ritmo de 1 repetición por segundo (controlada por metrónomo) a excepción de los ejercicios ejecutados con Xco® Trainer que eran realizados a una doble velocidad para obtener una contracción pliométrica plena (60 repeticiones).

El ejercicio con mayor activación del SA fueron aquellos que utilizaron el Xco® Trainer y las flexo extensiones de brazos con Bosu®, mientras que la menor activación del TS fue en los ejercicios pliométricos de decúbito lateral y las flexo extensiones pliométricas con Bosu®.

Los ejercicios que demostraron una mayor actividad del TM y TI fueron los dos realizados en decúbito prono con una carga liviana (90/90 de rotación externa y flexión anterior). Por su parte el SA mostró una mayor activación en los ejercicios de parado con Xco® Trainer (90/90 de rotación externa y flexión anterior) y en las flexo extensiones de brazos con Bosu®.

La activación más baja del TS se registró en los ejercicios pliométricos en decúbito lateral y en las flexo extensiones pliométricas con Bosu®, este resultado es el mismo obtenido por Ludewiq et al.²¹, Maenhout et al.²² y Cools et al.²³

Durante los ejercicios con cargas livianas, las 3 partes del Trapecio se activan principalmente en los movimientos hacia atrás en ambos decúbito como en lateral, el SA de la mano contralateral trabaja más durante el movimiento hacia adelante. Sin embargo esto cambia en el movimiento de flexión hacia adelante.

En los ejercicios que utilizan el Xco® Trainer, el músculo Trapecio tiene una activación alta en las fases hacia posterior. Al realizar una flexión hacia anterior se vuelve a producir una activación alta del SA para asistir la rotación hacia adelante.

En los ejercicios de cadena cerrada, el SA muestra tener más activación en la fase de empujar hacia atrás al compararlo con el aterrizaje hacia adelante.

CONCLUSIÓN

Los ejercicios analizados en los estudios de esta revisión narrativa pueden ser una buena herramienta en el tratamiento kinésico del dolor de hombro en deportistas overhead que tengan o no diskinesia escapular como así también para disminuir el riesgo de futuras lesiones, ya que todos analizan el movimiento escapular y la activación de los músculos escapulares más importantes. La cantidad de repeticiones, series, cargas u otros ejercicios podrían ser motivo de futuras investigaciones y de esta manera tener una evidencia más precisa y confiable a la hora de rehabilitar a un atleta que realiza su deporte por arriba de la cabeza.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pierobon, A., Policastro, P., Ponce Amorín, M., Navarro, E., Mendez, D., & Raguzzi, I. (2020). Epidemiología de sujetos con afecciones músculo-esqueléticas que acuden a un consultorio privado de kinesiología en Argentina. *Argentinian Journal of Respiratory & Physical Therapy*, 2(2), 28-35.
2. Kibler WB, Sciascia A, Wilkes T. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder injury. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012 Jun;20(6):364-72. doi: 10.5435/JAAOS-20-06-364. PMID: 22661566.
3. Kibler WB, Wilkes T, Sciascia A. Mechanics and pathomechanics in the overhead athletes. *Clin Sports Med*. 2013;32(4):637-651
4. Burkart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology, part III: the SICK scapula, scapula dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy*. 2003;19(6):641-661.
5. Cools AM, Struyf F, De Mey K, Maenhout A, Castelein B, Cagnie B. Rehabilitation of scapular dyskinesis: from the office worker to the elite overhead athlete. *Br J Sports Med*. 2014 Apr;48(8):692-7. doi: 10.1136/bjsports-2013-092148. Epub 2013 May 18. PMID: 23687006.
6. Cools AM, Declercq GA, Cambier DC, Mahieu NN, Witvrouw EE. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. *Scand J Med Sci Sports*. 2007 Feb;17(1):25-33. doi: 10.1111/j.1600-0838.2006.00570.x. Epub 2006 Jun 15. PMID: 16774650.
7. Borms D, Maenhout A, Cools AM. Incorporation of the Kinetic Chain Into Shoulder-Elevation Exercises: Does It Affect Scapular Muscle Activity? *J Athl Train*. 2020 Apr;55(4):343-349. doi: 10.4085/1062-6050-136-19. Epub 2020 Mar 11. PMID: 32160060; PMCID: PMC7164558.
8. Kibler WB, Sciascia A. Current concepts: scapular dyskinesis. *Br J Sports Med*. 2010 Apr;44(5):300-5. doi: 10.1136/bjsm.2009.058834. Epub 2009 Dec 8. PMID: 19996329.
9. Kibler WB, Sciascia A, Wilkes T. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder injury. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012 Jun;20(6):364-72. doi: 10.5435/JAAOS-20-06-364. PMID: 22661566.
10. Plummer HA, Sum JC, Pozzi F, Varghese R, Michener LA. Observational Scapular Dyskinesis: Known-Groups Validity in Patients With and Without Shoulder Pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2017 Aug;47(8):530-537. doi: 10.2519/jospt.2017.7268. Epub 2017 Jul 6. PMID: 28683230.
11. Decker MJ, Hintermeister RA, Faber KJ, Hawkins RJ. Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med*. 1999 Nov-Dec;27(6):784-91. doi: 10.1177/03635465990270061601. PMID: 10569366.
12. De Araújo RC, Pirauá ALT, Beltrão NB, Pitangui ACR. Activity of periscapular muscles and its correlation with external oblique during push-up: Does scapular dyskinesis change the electromyographic response? *J Sports Sci*. 2018 Mar;36(5):571-577. doi: 10.1080/02640414.2017.1324205. Epub 2017 May 24. PMID: 28537843.
13. Pirauá AL, Pitangui AC, Silva JP, Pereira dos Passos MH, Alves de Oliveira VM, Batista Lda S, Cappato de Araújo R. Electromyographic analysis of the serratus anterior and trapezius muscles during push-ups on stable and unstable bases in subjects with scapular dyskinesis. *J Electromyogr Kinesiol*. 2014 Oct;24(5):675-81. doi: 10.1016/j.jelekin.2014.05.009. Epub 2014 Jun 12. PMID: 24997890.
14. Weon JH, Kwon OY, Cynn HS, Lee WH, Kim TH, Yi CH. Real-time visual feedback can be used to activate scapular upward rotators in people with scapular winging: an experimental study. *J Physiother*. 2011;57(2):101-7. doi: 10.1016/S1836-9553(11)70020-0. PMID: 21684491.
15. Pirauá AL, Pitangui AC, Silva JP, Pereira dos Passos MH, Alves de Oliveira VM, Batista Lda S, Cappato de Araújo R. Electromyographic analysis of the serratus anterior and trapezius muscles during push-ups on stable and unstable bases in subjects with scapular dyskinesis. *J Electromyogr Kinesiol*. 2014 Oct;24(5):675-81. doi: 10.1016/j.jelekin.2014.05.009. Epub 2014 Jun 12. PMID: 24997890.
16. Kibler WB, Uhl TL, Maddux JW, Brooks PV, Zeller B, McMullen J. Qualitative clinical evaluation of scapular dysfunction: a reliability study. *J Shoulder Elbow Surg*. 2002 Nov-Dec;11(6):550-6. doi: 10.1067/mse.2002.126766. PMID: 12469078.
17. Ekstrom RA, Soderberg GL, Donatelli RA. Normalization procedures using maximum volun-

- tary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005 Aug;15(4):418-28. doi: 10.1016/j.jelekin.2004.09.006. Epub 2004 Dec 25. PMID: 15811612.
18. Tucker WS, Campbell BM, Swartz EE, Armstrong CW. Electromyography of 3 scapular muscles: a comparative analysis of the cuff link device and a standard push-up. *J Athl Train.* 2008 Sep-Oct;43(5):464-9. doi: 10.4085/1062-6050-43.5.464. PMID: 18833308; PMCID: PMC2547865.
19. Moseley JB Jr, Jobe FW, Pink M, Perry J, Tibone J. EMG analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. *Am J Sports Med.* 1992 Mar-Apr;20(2):128-34. doi: 10.1177/036354659202000206. PMID: 1558238
20. Decker MJ, Hintermeister RA, Faber KJ, Hawkins RJ. Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med.* 1999 Nov-Dec;27(6):784-91. doi: 10.1177/03635465990270061601. PMID: 10569366.
21. Ludewiq PM, Hoff MS, Osowski EE, Meschke SA, Rundquist PJ. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *Am J Sports Med.* 2004 Mar;32(2):484-93. doi: 10.1177/0363546503258911. PMID: 14977678.
22. Maenhout A, Van Praet K, Pizzi L, Van Herzele M, Cools A. Electromyographic analysis of knee push up plus variations: what is the influence of the kinetic chain on scapular muscle activity? *Br J Sports Med.* 2010 Nov;44(14):1010-5. doi: 10.1136/bjsm.2009.062810. Epub 2009 Sep 14. PMID: 19752153.
23. Cools AM, Dewitte V, Lanszweert F, Notebaert D, Roets A, Soetens B, Cagnie B, Witvrouw EE. Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises to prescribe? *Am J Sports Med.* 2007 Oct;35(10):1744-51. doi: 10.1177/0363546507303560. Epub 2007 Jul 2. PMID: 17606671.
24. van der Hoeven H, Kibler WB. Shoulder injuries in tennis players. *Br J Sports Med.* 2006 May;40(5):435-40; discussion 440. doi: 10.1136/bjsm.2005.023218. PMID: 16632575; PMCID: PMC2577490.
25. De Mey K, Danneels L, Cagnie B, Van den Bosch L, Flier J, Cools AM. Kinetic chain influences on upper and lower trapezius muscle activation during eight variations of a scapular retraction exercise in overhead athletes. *J Sci Med Sport.* 2013 Jan;16(1):65-70. doi: 10.1016/j.jsams.2012.04.008. Epub 2012 May 31. PMID: 22658589.
26. Borms D, Maenhout A, Cools AM. Incorporation of the Kinetic Chain Into Shoulder-Elevation Exercises: Does It Affect Scapular Muscle Activity? *J Athl Train.* 2020 Apr;55(4):343-349. doi: 10.4085/1062-6050-136-19. Epub 2020 Mar 11. PMID: 32160060; PMCID: PMC7164558.
27. Ellenbecker TS, Davies GJ. The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *J Athl Train.* 2000 Jul;35(3):338-50. PMID: 16558647; PMCID: PMC1323396.
28. Tsuruie M, Ellenbecker TS. Scapular muscle electromyographic activity during abduction exercises in the scapular plane in three positions. *Int J Sports Phys Ther.* 2019 Dec;14(6):935-944. PMID: 31803526; PMCID: PMC6878867.
29. Digiovine NM, Jobe FW, Pink M, Perry J. An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *J Shoulder Elbow Surg.* 1992 Jan;1(1):15-25. doi: 10.1016/S1058-2746(09)80011-6. Epub 2009 Feb 2. PMID: 22958966.
30. Castelein B, Cagnie B, Parlevliet T, Cools A. Superficial and Deep Scapulothoracic Muscle Electromyographic Activity During Elevation Exercises in the Scapular Plane. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2016 Mar;46(3):184-93. doi: 10.2519/jospt.2016.5927. Epub 2016 Feb 11. PMID: 26868896.
31. Hardwick DH, Beebe JA, McDonnell MK, Lang CE. A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006 Dec;36(12):903-10. doi: 10.2519/jospt.2006.2306. PMID: 17193867.
32. Kibler WB, Sciascia AD, Uhl TL, Tambay N, Cunningham T. Electromyographic analysis of specific exercises for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation. *Am J Sports Med.* 2008 Sep;36(9):1789-98. doi: 10.1177/0363546508316281. Epub 2008 May 9. PMID: 18469224.
33. Andersen LL, Andersen CH, Mortensen OS, Poulsen OM, Bjørnlund IB, Zebis MK. Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises: comparison of dumbbells

- and elastic resistance. *Phys Ther.* 2010;90(4):538–549.
34. Chu D. *Jumping into plyometrics*. Champaign, IL; Leisure Press, 1992.
35. Reinold MM, Gill TJ, Wilk KE, Andrews JR. Current concepts in the evaluation and treatment of the shoulder in overhead throwing athletes, part 2: injury prevention and treatment. *Sports Health.* 2010 Mar;2(2):101-15. doi: 10.1177/1941738110362518. PMID: 23015928; PMCID: PMC3445082.
36. Carter AB, Kaminski TW, Douex AT Jr, Knight CA, Richards JG. Effects of high volume upper extremity plyometric training on throwing velocity and functional strength ratios of the shoulder rotators in collegiate baseball players. *J Strength Cond Res.* 2007 Feb;21(1):208-15. doi: 10.1519/00124278-200702000-00038. PMID: 17313281.
37. Swanik KA, Thomas SJ, Struminger AH, Bliven KC, Kelly JD, Swanik CB. The Effect of Shoulder Plyometric Training on Amortization Time and Upper-Extremity Kinematics. *J Sport Rehabil.* 2016 Dec;25(4):315-323. doi: 10.1123/jsr.2015-0005. Epub 2016 Aug 24. PMID: 27632848.
38. Maenhout A, Benzoer M, Werin M, Cools A. Scapular muscle activity in a variety of plyometric exercises. *J Electromyogr Kinesiol.* 2016 Apr;27:39-45. doi: 10.1016/j.jelekin.2016.01.003. Epub 2016 Jan 28. PMID: 26894494.
39. Başkurt Z, Başkurt F, Gelecek N, Özkan MH. The effectiveness of scapular stabilization exercise in the patients with subacromial impingement syndrome. *J Back Musculoskeletal Rehabil.* 2011;24(3):173-9. doi: 10.3233/BMR-2011-0291. PMID: 21849731.
40. Policastro, P., Navarro, E., & Novoa, G. A. (2020). Primera encuesta online sobre el abordaje kinésico de las afecciones de hombro en Argentina. *Argentinian Journal of Respiratory & Physical Therapy*, 1(1), 11-20.
41. Hickey D, Solvig V, Cavalheri V, Harrold M, McKenna L. Scapular dyskinesis increases the risk of future shoulder pain by 43% in asymptomatic athletes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018 Jan;52(2):102-110. doi: 10.1136/bjsports-2017-097559. Epub 2017 Jul 22. PMID: 28735288