

REVISIÓN DE LA LITERATURA: INFLUENCIAS BIOMECÁNICAS,
ARTROCINEMÁTICAS Y DE CONTROL MOTOR SOBRE LA INESTABILIDAD Y
SINTOMATOLOGIA GLENOHUMERAL.

JUAN DIEGO CAÑAS MARULANDA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA MARÍA CANO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

PROGRAMA DE FISIOTERAPIA

MEDELLÍN

2016

REVISIÓN DE LA LITERATURA: INFLUENCIAS BIOMECANICAS,
ARTROCINEMÁTICAS Y DE CONTROL MOTOR SOBRE LA INESTABILIDAD Y
SINTOMATOLOGIA GLENOHUMERAL.

JUAN DIEGO CAÑAS MARULANDA

Asesora

FANNY VALENCIA LEGARDA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA MARÍA CANO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

PROGRAMA DE FISIOTERAPIA

MEDELLIN

2016

*A mis siete madres, mi padre y mis
Hermanos; Son un tesoro incalculable*

R.A.E. (RESUMEN ANALITICO EJECUTIVO)

TÍTULO: REVISIÓN DE LA LITERATURA: INFLUENCIAS BIOMECÁNICAS, ARTROCINEMÁTICAS Y DE CONTROL MOTOR SOBRE LA INESTABILIDAD Y SINTOMATOLOGIA GLENOHUMERAL.

AUTOR: Juan Diego Cañas Marulanda

FECHA DE SUSTENTACIÓN: – SEMESTRE X 8-16 Noviembre de 2016

TIPO DE IMPRENTA: Procesador de palabras Microsoft Word 2010, imprenta Times New Roman 12

NIVEL DE CIRCULACIÓN: Restringida

ACCESO AL DOCUMENTO: Centro de información y ayudas diagnósticas de la Fundación Universitaria María Cano. Juan Diego Cañas Marulanda

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Desarrollo Humano

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Salud y Movimiento Corporal Humano

MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO: Monografía. Revisión de la literatura

PALABRAS CLAVES: Dolor de hombro, dolor glenohumeral, inestabilidad de hombro, biomecánica glenohumeral, déficit somatosensorial.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO: El estudio pretende exponer de un modo práctico y categórico los factores más determinantes para las limitaciones funcionales y sintomatología del hombro a través de una revisión de la anatomía, función y biomecánica del complejo articular del

hombro. Además, para facilitar el análisis clínico la información es contrastada con criterios evaluativos y terapéuticos vigentes y analizada a partir de un modelo integrador de interdependencia regional, cadenas cinéticas musculares y control neuromuscular.

CONTENIDO DEL DOCUMENTO

1. Anatomía evolutiva del hombro e implicaciones sobre la función

Se hace una revisión de la transformación y cambio estructural del complejo articular del hombro a partir del desarrollo filogenético del ser humano. Se analizan, además, las modificaciones biomecánicas y artrocinemáticas que posibilitan la optimización de la función del hombro en detrimento de su estabilidad.

2 Anatomía, biomecánica y artrocinemática del complejo articular del hombro

Se desarrolla una descripción de manera categórica de las articulaciones que conforman el complejo articular del hombro, detallando para cada una de ellas sus generalidades biomecánicas, clasificación, grados de libertad, medios de unión y el comportamiento de dichas estructuras frente al movimiento.

3 Músculos escapulotorácicos

Comprende una reseña de la anatomía y función de los músculos responsables de la movilidad escapular y las relaciones sinérgicas y antagónicas entre ellos, se destaca el aporte coordinativo a la cinemática escapular en función del movimiento global del hombro. Igualmente se mencionan las posibles alteraciones que pueden presentarse con su respectiva etiología.

4 Músculos escapulohumerales

Se destaca el rol que posee el manguito rotador sobre la estabilidad glenohumeral por medio de su trabajo aislado y sus contribuciones coordinativas y sinérgicas con la musculatura implicada en el movimiento del hombro. Se analizan, basados en la actividad electromiográfica, los test

clínicos más usados para el diagnóstico de patologías y se exponen modos de valoración alternativos.

5 Músculos toracohumerales

Se expone la anatomía y función de los músculos pectoral mayor y dorsal ancho, y las limitaciones y perturbaciones a la artrocinemática que su acortamiento genera.

6 Deltoides, movilizador principal

Se describe a partir de la anatomía y función del deltoides el vector de fuerza resultante que genera un ascenso de la cabeza humeral que puede resultar nocivo. Se analizan las acciones que pueden compensarla y su implicación sobre los síntomas

7 Cápsula posteroinferior y mecanotransducción

Se revisa la estructura y función de la cápsula según su región anatómica y cuáles son los mecanismos y situaciones que pueden condicionar su rigidez; estado que compromete la artrocinemática. Además se presentan estrategias orientadoras y correctivas para su intervención adecuada.

8 Hipo-hipermovilidad compensadora y relación con columna dorsal

Se hace una revisión del concepto de interdependencia regional articular, a partir del cual se analiza la relación entre las articulaciones escapulotorácica y glenohumeral con la disposición de la columna torácica.

9 Dolor de hombro y su relación con la columna cervical

Se revisan las posibles causas de dolor de hombro a partir de compromiso vascular o nervioso generados en la zona cervical, resaltando el tipo de manifestación dolorosa. Se relaciona la disfunción con diferentes factores desencadenantes.

10 Déficit somatosensorial y control motor en relación a la estabilidad funcional

Se exponen términos de sistema sensoriomotor, control neuromuscular, control motor y propiocepción. Igualmente se establecen diferencias según su jerarquía y se reconoce la importancia terapéutica que poseen en la estabilidad funcional como complemento a la integridad estructural.

METODOLOGÍA: Se empleó un método inductivo apoyado en una descripción documental, por medio del cual se interpretaron los hallazgos proporcionados por la literatura con el fin de analizar la influencia de los factores biomecánicos y artrocinemáticos en la disfunción del complejo articular del hombro, los cuales fueron descritos y analizados para posteriormente sacar las conclusiones.

CONCLUSIONES: El hombro es una región anatómica compleja cuya función es garantizada por la interacción simultánea y coordinada de múltiples estructuras pasivas (cápsula y ligamentos), activas (músculos, tendones) y sistemas de control (Sistema Nervioso) que cooperan para asegurar su función. Dada esta complejidad anatómica la etiología de sus afecciones es multifactorial, por tanto requiere de un análisis clínico más global. En este sentido, se trata de una región compleja que se torna más incomprensible en la medida que se asuman sus molestias como trastornos regionales. Por el contrario, el campo de entendimiento clínico se amplía cuando se adquiere una noción de interdependencia, esto posibilita la detección de variaciones estructurales o funcionales poco convenientes en los diferentes eslabones de las cadenas cinéticas musculares que influyen la zona, siendo el síntoma el resultado de todo un esquema alterado. Una vez identificadas las causas primarias de la disfunción, el dolor no podría tener lugar.

NOTA DE ACEPTACIÓN: La temática es pertinente para ser desarrollada y parece mostrar valor académico para el programa y el quehacer del fisioterapeuta; presentando validez para el campo de la rehabilitación ortopédica y biomecánica.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1 TÍTULO	9
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROBLEMA	9
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 GENERAL.....	11
1.4.2 ESPECIFICOS	11
1.5 JUSTIFICACION	11
CAPITULO 2. MARCO METODOLÓGICO	13
2.1 TIPO DE ESTUDIO	13
2.2 METODO	13
2.3 ENFOQUE.....	13
2.4 DISEÑO.....	14
2.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	14
2.6 FUENTES DE INFORMACIÓN	14
2.6.1 FUENTES PRIMARIAS	14

2.6.2 FUENTES SECUNDARIAS	15
2.7 TECNICAS E INSTRUMENTOS.....	15
2.7.1 PROCEDIMIENTOS.....	15
CAPITULO 3. MARCO REFERENCIAL.....	16
3.1 MARCO CONCEPTUAL	16
3.2 MARCO HISTÓRICO.....	18
3.2.1 Anatomía evolutiva e implicaciones sobre la función	18
3.3 MARCO CONTEXTUAL	21
3.4 MARCO LEGAL.....	21
3.5 MARCO TEÓRICO.....	22
3.5.1 Anatomía, biomecánica y artrocinemática del complejo articular del hombro	22
3.5.2 Músculos escapulotorácicos.....	34
3.5.3 Músculos escapulo-humerales.....	43
3.5.4 Músculos toracohumerales.....	58
3.5.6 Deltoides, movilizador principal.....	60
3.5.7 Cápsula posteroinferior y mecanotransducción	62
3.5.8 Hipo-hipermovilidad compensadora y relación con columna dorsal	67
3.5.9 Dolor de hombro y su relación con la columna cervical	71
3.5.10 Déficit somatosensorial y control motor en relación a la estabilidad funcional	74
CAPITULO 4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y DISCUSIÓN	84

4.1 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	84
CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
5.1 CONCLUSIONES	86
5.2 RECOMENDACIONES.....	88
CAPITULO 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ANEXOS.....	89
6.1 BIBLIOGRAFÍA	89
6.2 ANEXOS	107

INTRODUCCIÓN

El dolor de hombro es una causa frecuente de consulta médica especializada y es comúnmente observado en Colombia que el tratamiento fisioterapéutico indicado sigue una línea general, protocolos estandarizados que se ofrecen como medida genérica a las molestias referidas por el usuario.

El complejo articular del hombro es caracterizado por ofrecer funciones significativas para la vida diaria gracias al trabajo conjunto de 6 articulaciones, dicha complejidad anatómica hace que las causas de dolor sean múltiples, pues gran proporción de las estructuras que contribuyen a la producción del movimiento son potencialmente nociceptivas. Sumado a esto, la conformación de las superficies articulares y la disposición y naturaleza de las estructuras de contención generan una predisposición a la inestabilidad, pudiendo de manera aislada, o en adición a otras condiciones, ser causantes de dolor regional.

Así pues, se reconoce que el único modo de suprimir los síntomas de manera absoluta es a partir de una valoración detallada, donde se de importancia clínica a los componentes miofascial, artrocinemático, muscular y somatosensorial, y a partir de las alteraciones encontradas direccionar estrategias correctivas hacia la normalización de los parámetros alterados. Los esfuerzos terapéuticos deben apuntar a acercar al usuario a un equilibrio estructural en pro de optimizar la capacidad funcional, a partir del cual se posibilite una reeducación de patrones de movimiento transferibles a la vida cotidiana.

A partir de este punto de vista, en el texto se desarrollan de manera categórica los factores más determinantes en el dolor de hombro, considerando aspectos biomecánicos, artrocinemáticos y de control motor, los cuales son complementados con criterios evaluativos y consideraciones terapéuticas.

CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Título.

REVISIÓN DE LA LITERATURA: INFLUENCIAS BIOMECANICAS,
ARTROCINEMÁTICAS Y DE CONTROL MOTOR SOBRE LA INESTABILIDAD Y
SINTOMATOLOGIA GLENOHUMERAL.

1.2 Descripción general del problema.

El complejo articular del hombro está conformado por 6 articulaciones que proporcionan, en conjunto, la posibilidad de orientación de los miembros superiores en todos los planos del espacio, favoreciendo las acciones de prehensión y manipulación que nos han permitido la evolución como especie. Es una articulación con gran cantidad de estructuras, muchas de ellas

potencialmente nociceptivas, que actúan en función de la Articulación Glenohumeral; la más móvil del cuerpo (Kapandji, 2006). Este atributo hace que sacrifique su estabilidad por la libertad de movimiento (Rockwood, 2006) lo que la hace vulnerable a tener alteraciones mecánicas y limitaciones músculofasciales y capsuloligamentarias, ampliando el espectro de posibilidades en cuanto a origen de sintomatología, por lo que requiere de un sistema de estabilización fuerte, cuya base es la coordinación intermuscular e interarticular para funcionar adecuadamente.

En el siguiente trabajo se pretende hacer una revisión bibliográfica donde se exponga de manera categórica los múltiples factores influyentes en sintomatología de hombro, haciendo especial énfasis en la Articulación Glenohumeral. Se hará un análisis a partir de conceptos biomecánicos, considerando las relaciones artrocinemáticas y alteraciones del sistema musculofascialesquelético y neuromuscular, apoyados en la noción integradora de la interdependencia regional. Además se incluirán consideraciones de valoración y tratamiento, centrándose en la identificación de las causas mecánicas de la disfunción y de la intervención terapéutica dedicada a mejorar el patrón de reclutamiento muscular y control motor.

1.3 Formulación del problema.

¿Cuáles son los factores biomecánicos, artrocinemáticos y de control motor que más influyen sobre la inestabilidad, disfunción y sintomatología glenohumeral?

1.4 Objetivos.

1.4.1 General. Establecer los factores biomecánicos, artrocinemáticos y de control motor más influyentes sobre la inestabilidad, disfunción y sintomatología glenohumeral.

1.4.2 Especificos.

- Exponer criterios evaluativos claros basados en principios biomecánicos que permitan identificar las causas primarias de la disfunción regional del complejo articular del hombro.
- Describir los limitantes miofasciales y neuromusculares más comunes en de hombro.
- Exponer las alteraciones artrocinemáticas en trastornos regionales de hombro.
- Proporcionar ideas y consideraciones de tratamiento de acuerdo a los hallazgos anteriores.

1.5 Justificación.

El complejo articular del hombro está conformado por un amplio grupo de estructuras con características estructurales muy variables, de igual forma poseen propiedades únicas que aportan a la función general del complejo a partir de su anatomía y fisiología articular. Dichas estructuras son funcionalmente interdependientes, esto implica que las posibles causas de disfunción y sintomatología sean multifactoriales y no comprometan una sola articulación, sino que pueden tener influencias a distancia.

Dadas estas condiciones, la adecuada intervención terapéutica es direccionada por una previa valoración postural y análisis del movimiento detallados, los cuales permiten orientar las

acciones en función de las demandas particulares. Con este modo de proceder, se prescribe el ejercicio correctivo a su medida, y se realizan los ajustes correspondientes en tejidos blandos, relaciones articulares y en la función muscular en el sitio que lo requiera para reestablecer el equilibrio.

Se comprende, además, que el único modo de realizar una rehabilitación exitosa es en la que el usuario refiere remisión considerable o completa de sus síntomas, donde la frecuencia de visitas a fisioterapia sea mínima, o no por las mismas causas ni con la misma intensidad. Esta solo es posible si se suprime de base el patrón de movimiento alterado y se ofrecen las condiciones miotensivas, de fuerza y de control neuromuscular adecuadas, que garanticen una buena relación interarticular e intermuscular.

Así pues, se pretenden clarificar de manera precisa conceptos biomecánicos de gran influencia, pues se considera es la base sólida sobre la cual se sustenta la fisiología articular normal. También se incluyen aspectos de equilibrio coordinativo intermuscular e interarticular y patrones complejos de movimiento, que a su vez son los pilares del movimiento corporal humano.

De igual forma, se clarifican y analizan las influencias miofasciales, pues se comprende que la fascia, esa red de tejido conectivo que envuelve, organiza, separa, protege y vincula las estructuras somáticas y viscerales del cuerpo, también actúa como vías de transmisión mecánica interarticular, pudiendo influir en la estabilidad, función y compensaciones posturales. (Paoletti, 2004; Myers, 2010; Schleip, 2012)

Para estos fines, serán tenidos en cuenta literaturas que por su evidencia científica y práctica merece la pena considerarse en procesos de análisis, valoración, diagnóstico,

tratamiento, manejo y control de disfunciones del complejo articular del hombro, especialmente glenohumerales.

CAPITULO 2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de estudio.

Retrospectivo documental: Se realizó un estudio retrospectivo documental a través del cual se describieron los principales factores biomecánicos, artrocinemáticos y de control motor que más influyen sobre la inestabilidad, disfunción y sintomatología glenohumeral.

2.2 Método.

Se utilizó la metodología inductiva por medio de la cual se interpretaron los hallazgos proporcionados por la literatura con el fin de analizar la influencia de factores biomecánicos y artrocinemáticos en la disfunción del complejo articular de hombro.

2.3 Enfoque.

A través de la descripción documental se buscó describir los elementos, situaciones, agentes y causas influyentes sobre la disfunción y sintomatología del complejo articular del hombro, basado en artículos académicos y literatura científica que aseguren la confiabilidad, vigencia y autenticidad de la información expuesta, además reconocer mérito ajeno a investigadores en el tema.

2.4 Diseño.

No experimental: Se trabajó bajo un diseño no experimental debido a que durante la realización de este proyecto no se requirió la manipulación de variables.

2.5 Población y muestra.

Se realizará una revisión bibliográfica en base de datos de ClinicalKey, Directory of open Access journals (DOAJ), EBSCOhost, Embase, Journal of the American Medical Association (JAMA), Lilacs, Panamericana, ScienceDirect, Scielo, cinalh, pubmed y el buscador Google académico con palabras claves shoulder pain, glenohumeral pain, shoulder instability, glenohumeral instability, posteroinferior capsule, cervical spine and shoulder, thoracic spine and shoulder, escapulothoracic muscles, serratus anterior, pectoralis minor, rotator cuff muscles, subescapularis muscle, supraespinatus muscle, trapezius muscle, deltoid muscle, somatosensorial system, motor control, thoracic mobility and shoulder, shoulder kinematics, scapular winning. Se realizará un rastreo de literatura desde el año 1990 hasta el 2016

2.6 Fuentes de información.

2.6.1 Fuentes primarias.

Bases de datos ClinicalKey, Directory of open Access journals (DOAJ), EBSCOhost, Embase, Journal of the American Medical Association (JAMA), Lilacs, Panamericana, ScienceDirect, Scielo, cinalh, PubMed

2.6.2 Fuentes secundarias.

Para el desarrollo de este ejercicio investigativo no se hizo uso de este tipo de fuentes de información.

2.7 Técnicas e instrumentos.

Rastreo bibliográfico: Libros, bases de datos e internet.

2.7.1 Procedimientos. Se ejecutó una búsqueda en las bases de datos de la Universidad de Antioquia y Revistas de libre acceso con las palabras claves expuestas. Se seleccionaron 160 artículos inicialmente, la mayoría en inglés, de los cuales se depuraron 48, quedando 112. Se realizó dicho filtro debido a que el año de estudio era menor a 1990, estaba escrito en un idioma diferente al inglés o español, o su valor académico era pobre para este trabajo. Se anexa una tabla con el número de artículos según la temática

TEMA	NÚMERO DE ARTÍCULOS

Cápsula glenohumeral	10
Patologías	17
Biomecánica – Artrocinemática	15
Propiocepción-Control neuromuscular	10
Test semiológicos	5
Columna cervical y torácica	4
Tratamiento	7
Otros	5
Valoración, activación, ejercicios de músculos Subescapular, Pectorales, Bíceps braquial, Trapecios, Supraespinoso, Deltoides, Rotadores externos	39
TOTAL	112

Del mismo modo se extrajo información de 43 libros, los cuales incluyen anatomía descriptiva, anatomía topográfica, biomecánica, medicina deportiva, rehabilitación del hombro, cadenas musculares y meridianos miofasciales.

CAPITULO 3. MARCO REFERENCIAL

3.1 MARCO CONCEPTUAL.

- **Inervación recíproca:** Arco reflejo mediado por husos neuromusculares, postula que cuando se contrae un músculo como resultado de una acción nerviosa, los músculos antagonistas de aquél reciben una señal simultánea que los inhibe.
- **Coordinación intermuscular:** Es la sincronía del sistema nervioso central y distintos músculos o bien grupos musculares que cooperan en un movimiento determinado
- **Coordinación intramuscular:** Es la sincronía entre el sistema nervioso central y las fibras musculares dentro de un músculo, es decir, la activación sincrónica del mayor número posible de unidades motoras.
- **Mecanotransducción:** Capacidad que posee el tejido para convertir estímulos mecánicos en procesos bioquímicos y así modificar su constitución.
- **Hiperactividad muscular:** Incremento de actividad gamma local de un músculo, el cual es mantenido en un estado de excitabilidad superior, aumentando su tono, localizando espasmos y perpetuando desequilibrios coordinativos de sus sinergistas y antagonistas por el fenómeno de inhibición recíproca.
- **Hipoactividad muscular:** Disminución de actividad gamma local de un músculo, el cual es mantenido en un estado de inhibición, disminuyendo su tono. Puede ser resultado de inhibición recíproca debido al incremento de actividad de su sinergista o antagonista o de debilidad por desuso o estiramiento prolongado.
- **Biomecánica:** Análisis formal y cuantitativo de las relaciones entre la estructura y la función de los tejidos vivos y la aplicación de sus resultados en el ser humano sano y enfermo. (Attinger, 1984). Ciencia de la coordinación de los movimientos del hombre (Bernstein, 1987)
- **Meridianos miofasciales:** Son líneas de transmisión mecánica a través de las cuales se manifiestan los desequilibrios tensiles del tejido conectivo y la subyacente actividad muscular.

- Cadena Muscular: Es una sucesión de músculos que se agrupan en función de la acción reguladora que ejercen sobre el cuerpo y por su continuidad miofascial. Es un concepto funcional que se refiere a la coordinación neuromotriz organizada en para ejecutar una acción o alcanzar un objetivo.

3.2 Marco histórico.

3.2.1 Anatomía evolutiva e implicaciones sobre la función

En períodos primitivos y durante todo el desarrollo de la evolución de la raza humana, el hombre ha gozado de una ventaja superior en relación a las demás especies gracias a su pulgar. La capacidad de hacer oposición favorece agarres más precisos y labores manipulativas más complejas que facilitaron la creación de utensilios domésticos que beneficiaron las labores de caza, alimentación, autocuidado y modificación del medio en que se desenvuelve en función de su supervivencia. Especialmente a partir del homo habilis, “hombre hábil”, “hombre que sabe trabajar” se han documentado hallazgos de utensilios realizados con destacable destreza, grabados en piedra que indican una precisión y motricidad fina, que aunque rudimentarias, están bien desarrolladas. Además de esto, el hombro es una de las regiones anatómicas que más ha diferenciado a los primates ortógrados como orangutanes, gibones, chimpancés y humanos del resto de primates pronógrados. Los ortógrados se caracterizan por una posición más dorsal de la escápula y orientación más lateral de la cavidad glenoidea (Potau, y otros, 2009), tienen la capacidad de bipedestar. Mientras los pronógrados se caracterizan por un tórax ancho dorsoventralmente (Gebo 2010) con una orientación horizontal durante la locomoción, las extremidades anteriores situadas ventralmente y las escápulas posicionadas en el plano

parasagital en la región lateral del tórax. Así, en cada período de desarrollo el agujero magno del occipital se orienta más anterior, mejorando la posición de la columna cervical, posicionándola más vertical en relación al tronco; desarrollo evolutivo indispensable para alcanzar y mantener la bipedestación como posición natural.

Cuando los primates, tanto arbóreos como terrestres dejan la cuadrupedia y adoptan la bipedestación, los miembros anteriores cuya utilidad era de soporte de peso, pasaron a ser miembros superiores, teniendo una función más dinámica al liberar el segmento de funciones posturales. La escápula adopta una posición más dorsal pasando de dorsolateral a dorsomedial, mejorando la ubicación de la cavidad glenoidea, la cual se encuentra más lateralmente para permitir movimientos humerales supracraneales más amplios en el plano escapular y rotación externa. La orientación visual hacia el horizonte favorece aún más la coordinación oculo-manual, permitiéndole trabajar en bipedestación con sus manos, teniendo objetos justo en frente.

Así, estructuralmente se logran mejores condiciones para la orientación de miembros superiores con mayor libertad de movimiento, potenciando y ampliando la gama de posibilidades para la mano. Del mismo modo, el cerebro sufre cambios en su tamaño y organización de áreas corticales y estructuras subcorticales implicadas en el complejo cognitivo y procesamiento socio-emocional. (Harvoj-Mihic, Bienvenu, Stefanacci, Muotri, & Semendeferi, 2013); de igual forma, el aumento de destreza y efectividad en la caza incrementa el suministro de proteínas que se incluyen en su dieta, sin duda fundamentales para el desarrollo del cerebro. Por tanto, el hombre realiza acciones con más sentido y propósito, direccionadas a garantizar condiciones cada vez mejores para la propia especie y se alcanzan mayores niveles de independencia. Por tal motivo, este cambio de morfología junto con la beneficiosa alteración posicional del hombro que trae consigo es, sin duda, un suceso que potencia de manera importante la función de la mano, que a

su vez, determina en gran medida el desarrollo del ser humano enriqueciendo nuestras competencias, dotándonos de suficiencia para disponer del medio y modificarlo dirigido por nuestra aparente madurez cognitiva. Somos una especie, en teoría y parte de la práctica superior, situación que se empieza a generar a partir de que somos hombres verticales pensantes.

En consecuencia y en función de los cambios anteriormente descritos, el hombro deja de ser una articulación que trabaja en compresión, tal y como lo hace la articulación de la cadera, para disponerse en función de su libertad de movimiento trabajando en suspensión. A partir de este suceso se originan una serie de modificaciones adaptativas acorde a las nuevas demandas mecánicas que condicionan la estabilidad de la articulación: En primer lugar, debido a las nuevas condiciones artrocinemáticas e incremento de posibilidades de movimiento la articulación se vuelve más inestable; a nivel de los centros instantáneos de rotación la distancia es mayor y los micromovimientos de deslizamiento y rodamiento son más solicitados (Kapandji, 2006). En segundo lugar, la modificación de la ubicación escapular sitúa la musculatura estabilizadora en posición horizontal, disminuyendo la influencia que tiene la gravedad sobre la actividad muscular en reposo y durante el movimiento (McClure et al., 2012; Tate et al., 2012; Kibler et al., 2013), de modo que cuenta con estabilizadores naturalmente menos activos, por tanto propioceptivamente menos eficaces.

Así, apoyados en los conceptos funcionales que la anatomía evolutiva nos ofrece, es posible concluir lo esencial de asumir la escápula como la directriz de la movilidad glenohumeral, alteraciones en su posición y movimiento modifican, perturban o potencian las características morfológicas, funcionales y biomecánicas del hombro, por tanto su estabilidad es la clave. En este sentido, el ejercicio terapéutico correctivo bien orientado estará dirigido, en

gran medida, a mejorar el control motor por medio del reclutamiento de unidades motoras y su posterior reeducación propioceptiva.

3.3 Marco contextual

Son muchos los autores que han dirigido sus esfuerzos hacia el descubrimiento y avances en la valoración y tratamiento del hombro, sin embargo, se expondrán en esta lista quienes son fueron los más representativos durante la recolección de la información por tener mayor número de estudios y proporcionar información más valiosa.

Charles A Rockwood; Frederick A Matsen; Michael A Wirth; Esteven B Lippitt; A Díez Herranz; F Ramírez Lafita; Paula M. Ludewig; Paula R. Camargo; Phadke V; Joseph B. Myers; Michael J. Decker; Andrew Pennock; Michael Cibulka; Jeremy S. Lewis; Ian Cathers; Richard Hawkins, Craig E. Boetcher, Peter Chalmers; Kevin E. Wilk, Scott M. Lephart; Jhon D. Borstad; Birgit Castelein; Barbara Cagnie; Thierry Parlevliet; Ann Cools; Bryan L Riemann.

3.4 Marco legal

LEY 528 DE 1999 Por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de fisioterapia, se dictan normas en materia de ética profesional y otras disposiciones.

TÍTULO II DEL EJERCICIO DE LA PROFESIÓN DE FISIOTERAPIA

ARTÍCULO 30: Se entiende por ejercicio de la profesión de fisioterapia la actividad desarrollada por los fisioterapeutas en materia de

- A) Diseño, ejecución y dirección de investigación científica, disciplinar o interdisciplinar, destinada a la renovación o construcción de conocimiento que contribuya a la comprensión de su objeto de estudio y al desarrollo de su quehacer profesional, desde la perspectiva de las ciencias naturales y sociales

CAPITULO V DE LA PUBLICIDAD PROFESIONAL Y LA PROPIEDAD INTELECTUAL

ARTÍCULO 52: El fisioterapeuta tiene el derecho de propiedad intelectual de los trabajos e investigaciones que realice con fundamento en sus conocimientos intelectuales, así como sobre cualesquiera otros documentos que reflejen su criterio personal o pensamiento científico, inclusive sobre las anotaciones suyas en las historias clínicas y demás registros

ARTÍCULO 54: El fisioterapeuta solo podrá publicar o auspiciar la publicación de trabajos que se ajusten estrictamente a los hechos científico-técnicos. Es antiético presentarlos en forma que induzca a error, bien sea por su contenido de fondo o por la manera como se presentan los títulos.

3.5 Marco teórico.

3.5.1 Anatomía, biomecánica y artrocinemática del complejo articular del hombro

El hombro es la articulación más móvil del cuerpo humano y constituye la articulación más proximal del miembro superior uniendo el tronco y la mano. Es multiaxial, lo que le permite orientar el miembro superior en relación a los tres planos del espacio y a tres ejes principales (Kapandji, 2006). Permite la flexo-extensión en un plano sagital y eje frontal, la abducción-aducción en un plano frontal y eje sagital, y rotación interna-externa en un plano horizontal y eje longitudinal. Tiene como función principal la ubicación de la mano en el espacio dentro del denominado “cono de circunducción”. Se trata de un cono con vértice en la articulación escápulo-humeral, y con la base formada por toda el área comprendida por la circunducción. Dentro de este cono y gracias también a la articulación del codo, la mano puede acceder a cualquier punto (Castro & Turiele, 2015), por tanto la función general del miembro superior depende de la integridad del hombro (Peat, Culham, & Wilk, 2009).

Las características de las superficies son típicas de una articulación incongruente, son asimétricas, motivo por el cual requiere de una serie de factores que garantizan la estabilización; básicamente se trata de la geometría articular, es decir, de la configuración ósea, del labrum glenoideo, la cápsula glenohumeral, la presión negativa intra-articular y el sistema neuromuscular (Peat, Culham, & Wilk, 2009)

Todo el complejo es formado por una sucesión de articulaciones que permiten, asisten, controlan y dirigen el movimiento según sus características funcionales, garantizando la calidad del gesto por medio de su trabajo coordinado, preciso y sincrónico. Comprende articulaciones verdaderas o anatómicas y falsas o funcionales. Las primeras son consideradas así por ser un vínculo directo entre dos o más huesos, con superficies de contacto recubiertas por cartílago hialino. Las segundas relacionan dos estructuras anatómicas, que no necesariamente son huesos, constituyendo mecanismos de deslizamiento y centros de rotación para mejorar la función global

del complejo articular. Diversos autores han descrito dicho complejo, por lo que algunos difieren en cuanto a su conformación y describen una articulación más, o las exponen de manera separada. Igualmente, la diversidad de sus componentes hace que la descripción sea extensa. De manera categórica y lo más organizado y claro posible se dará una descripción de cada una de ellas, presentando las concepciones de los diversos investigadores.

Las articulaciones verdaderas son la esternoclavicular, acromioclavicular, glenohumeral; (Cailliet R. , 2006) incluye en este grupo la costovertebral y esternocostal. Por otro lado (Kapandji, 2006) de manera conjunta describe la esternocostoclavicular.

La articulación esternoclavicular (EC) está formada en la parte superior y externa del esternón y por la porción proximal de la clavícula, es la única articulación esquelética entre la extremidad superior y el esqueleto axial. Es una articulación encaje recíproco o silla de montar, pero posee mayor grado de movimiento del que podría inferirse por la forma de sus superficies articulares. El pivote esternoclavicular es la garantía de la movilidad de la clavícula, siendo éste el punto de apoyo de todos los movimientos (Ricard & Sallé, 2003)

a) *Superficies articulares:* Une la escotadura esternal con la carilla articular medial de la clavícula y el cartílago de la primera costilla, ambas recubiertas por cartílago hialino. La superficie esternocostal es muy cóncava en sentido transversal; la superficie clavicular, es mayor que el esternón tanto en sentido vertical como anteroposterior (Rockwood, 2006). Por lo tanto, ambas superficies no se corresponden, por esto entre las superficies se interpone un disco fibrocartilaginoso a manera de menisco interarticular, el cual por arriba y abajo, se amolda a las carillas articulares correspondientes (Testut, 1983) Según Miralles, el disco más que tener función estabilizadora como en la rodilla, actúa como un verdadero ligamento interarticular, que impide el contacto entre los dos extremos óseos, evita el inconveniente de la movilidad biaxial de

una articulación en silla de montar y le permite un tercer movimiento, el de rotación sobre el eje de la clavícula. El disco se forma hasta los 20 años, a partir de ahí desaparece progresivamente (Cailliet R. , 2006) y las superficies se hacen más planas y uniformes (Miralles Marrero, 2007)

b) Clasificación y grados de movimiento: Estructuralmente es encaje recíproco y posee dos grados de libertad, es biaxial. Permite antepulsión-retropulsión ejecutados en un plano horizontal y eje longitudinal y de elevación-depresión realizado en un plano frontal y eje sagital. Además, cuenta con rotaciones que acompañan movimientos de elevación del hombro por lo que funcionalmente puede considerarse esferoidea y triaxial. Según Kapandji, el tercer grado de movimiento se debe a la combinación de los dos movimientos básicos, es decir, se debe a la rotación conjunta, sería el equivalente a la paradoja de Codman en la articulación glenohumeral. Si se mira la Art EC desde lateral, se observa que el movimiento de la clavícula dibuja un cono, con su punta señalando hacia el esternón y una base ligeramente ovalada de un diámetro de 10-13cm aproximadamente (Schünke, 2011). En ese cono se dan todos los movimientos que permite, los cuales tienen intervención de diferentes zonas de la articulación; mientras la elevación y la depresión tienen lugar en la articulación entre la clavícula y el disco. El movimiento anteroposterior y el de rotación tiene lugar entre el disco y el esternón (Rockwood, 2006). El rango de elevación superior es de 30°-35°, equivalente a 10 cm de elevación y 3 cm de depresión (Miralles Marrero, 2007). En sentido anteroposterior se acerca a los 35°, equivalentes a 10 cm de anteposición en el extremo distal de la clavícula, y de 3 cm de retroposición, y el de rotación es de 44° a 50°, esta se produce después de 70°-80° de elevación del brazo, en caso de hipomovilidad esternoclavicular, la flexión y abducción se limitan a 90°. Según Cailliet, solo podría elevarse 30°, por el contrario cuando se da rotación clavicular, la escápula se eleva a 60° y el rango de movilidad glenohumeral puede alcanzar los 180°.

c) *Medios de unión:* Está rodeada por la cápsula articular, la cual se encuentra reforzada por cuatro ligamentos; los capsulares anterior y posterior, sus fibras se dirigen en sentido superior desde su unión en el esternón hasta la parte superior de la clavícula. Estos ligamentos pares son finos y poco resistentes, controlan movimientos antero-posteriores, siendo el posterior más resistente, por tanto la luxación anterior más frecuente (Netter, 2004). Juntos, actúan como estabilizadores para que en la depresión de la clavícula la rotación no sea excesiva. El ligamento interclavicular se extiende entre ambos extremos supero-internos de la clavícula y se tensan en movimientos de descenso del muñón del hombro, sin embargo, hasta en el 22% de la población no existe o no es palpable (Rockwood, 2006). Finalmente el ligamento costoclavicular se extiende entre la porción inferior de la clavícula en su tercio proximal hasta la porción superior de la primera costilla y cartílago costal, está formado por dos láminas, medial y lateral, debido a la inclinación hacia atrás de la primera costilla. Es puesto en tensión en movimientos de elevación, protracción y retracción del hombro; la mecánica esternoclavicular es inversamente proporcional al movimiento del hombro, es decir, cuando se produce una antepulsión de un extremo, produce retropulsión del extremo contrario, el eje de movimiento se localiza en el ligamento costoclavicular siendo el principal estabilizador pasivo (Miralles Marrero, 2007).

La articulación acromioclavicular (AC) se encuentra entre el extremo externo de la clavícula y la parte más anterior del borde interno del acromion. Consiste en dos superficies articulares planas, por lo que es una articulación tipo artrodia, con un eje mayor articular de dirección anteroposterior (Miralles Marrero, 2007)

a) *Superficies articulares:* La Articulación AC vincula el borde más externo de la clavícula, casi plano, con la carilla más anterior del borde interno del acromion, de forma convexa. Ambas,

al tener superficies articulares planas y convexas, genera una ausencia de encajaduras que la expone en exceso a luxaciones.

Entre las dos superficies se interpone un fibrocartílago o menisco, presente en un 34% de los casos, que forma entre los dos huesos un tabique completo o incompleto (Testut, 1983). Según Cailliet, dicho menisco es formado como mecanismo fisiológico para oponerse a los desgarros y microtraumatismos generados a partir de movimientos del brazo. Inicialmente, a los dos años no existe espacio articular, ambos extremos articulares se unen mediante puentes fibrocartilagosos. Aproximadamente a los tres años aparece el espacio articular que semeja dos cavidades sinoviales, el resto de los elementos fibrosos entre las cavidades se convierte en disco. Cerca de los 20 años adquiere forma meniscoide, rara vez constituye un menisco completo, y ambas superficies articulares se hacen lisas y deslizantes, adquiriendo características de articulación sinovial.

b) *Clasificación y grados de movimiento:* Estructuralmente es una artrodia, funcionalmente es triaxial, permite movimientos de deslizamientos multidireccionales ligeros y de corta amplitud para acompañar movimientos de hombro. Básicamente, de manera accesoria y simultánea acompaña junto con la Art. EC movimientos globales de hombro generados a partir de Arts. Escapulotorácica (ET) y Glenohumeral (GH) posibilitando una báscula escapular adecuada para alcanzar el arco de movilidad completo; en caso de presentarse anquilosis a este nivel, podría elevarse el brazo solo a 160° (Rockwood, 2006). De este modo, la clavícula aporta de manera importante a la mecánica escapulohumeral por medio de su rotación axial, es ella quien determina la posición adecuada de la escápula; gracias a su dinámica, el equilibrio y función de la Art. Glenohumeral están garantizados.

c) *Medios de unión:* Ambos extremos óseos están unidos por una cápsula articular laxa, delgada y débil, reforzada por dos potentes ligamentos: El ligamento acromioclavicular superior está conformada por manojos fibrosos en dirección transversa situados en la parte superior del acromion y la clavícula. El ligamento acromioclavicular inferior, es similar al anterior aunque más delgado y en ocasiones no está presente. Ambos proporcionan estabilidad horizontal.

La articulación posee, además, dos ligamentos que unen la clavícula con la apófisis coracoides. Los ligamentos coracoclaviculares extraarticulares van desde la base de la coracoides hasta la clavícula. Algunos autores la denominan sindesmosis coracoclavicular, atribución otorgada debido al papel de fijación que posee durante la báscula escapular al actuar como fulcro o punto fijo, impidiendo la rotación coronal excesiva, dando el soporte estático a la escápula (Cailliet R. , 2006)

El primero de ellos, el ligamento trapezoide se dispone anteroexterno, tiene forma de una hoja cuadrilátera orientada en sentido sagital, se dirige a partir de la coracoides hacia arriba y hacia afuera para insertarse en la cara inferior de la clavícula. Es puesto en tensión cuando el ángulo formado entre la escápula y clavícula disminuye (Kapandji, 2006).

El segundo, el ligamento conoide es más posteroexterno, tiene forma de hoja triangular, orientada en sentido frontal. Su vértice se inserta en la coracoides y se dirige verticalmente hacia arriba, en forma de abanico para fijarse en el borde posterior de la clavícula. Es puesto en tensión cuando el ángulo entre escápula y clavícula aumenta (Kapandji, 2006).

Con los mismos fines, una vaina formada por el trapecio y deltoides complementan la acción estabilizadora de los ligamentos coracoclaviculares para aportar estabilidad vertical. (Ricard & Sallé, 2003)

Finalmente, el ligamento coracoacromial, carente de función mecánica, se extiende como una cinta fibrosa con forma triangular desde el extremo anterior del acromion hasta el borde externo de la apófisis coracoides en toda su extensión. Delimita una bóveda osteofibrosa por encima de la articulación del hombro llamada subacromial o acromiocracoidea, por donde discurren el tendón de la porción larga del bíceps, del supraespinoso y la bursa subacromial.

La articulación glenohumeral (GH) es clínicamente llamada la articulación del hombro. Está constituida por la cabeza humeral y la cavidad glenoidea de la escápula, relación articular que posibilita un gran rango de movilidad. Es la articulación esferoidea triaxial con mayor libertad de movimiento del cuerpo. Une el miembro superior con la cintura torácica, y debido a sus relaciones óseas poco congruentes requiere de un sistema estabilizador pasivo y activo complejo. Es una articulación que trabaja en suspensión, “colgando” de la escápula.

a) *Superficies articulares*: Por un lado la cabeza humeral, equivalente a un tercio de esfera cuyo radio fuese de 25 a 30 milímetros (Testut , 1983), mira oblicuamente hacia arriba, adentro y atrás, se encuentra inclinada entre 130° y 150° en relación con la diáfisis y posee un ángulo de retrotorsión de unos 30° (Rockwood, 2006). Según Kronberg (1990), existe un promedio de 33° de retroversión en el lado dominante y de 29° en el lado no dominante, ya que un mayor ángulo de retroversión favorece un mayor grado de rotación externa. La cabeza está tapizada por una cubierta cartilaginosa cuyo grosor varía de 1,5 a 2 milímetros; es más grueso por arriba que por abajo.

Por el otro lado está la cavidad glenoidea de la escápula, una concavidad pequeña y poco profunda en forma de pera, que es tres o cuatro veces menor que la cabeza humeral. Su porción superior es estrecha y la inferior ancha, está orientada hacia arriba, adelante y afuera para evitar una subluxación gravitatoria, pues con el brazo alineado con el cuerpo y en condiciones estáticas,

la gravedad y peso del miembro superior provocaría la subluxación (Cailliet, 2006). Sobre su superficie se extiende cartílago hialino, más grueso en la periferia que en el centro y más en la parte inferior que en la superior.

Por las relaciones óseas es una articulación incongruente, sólo un 30% de la cabeza humeral está en contacto con la glenoides en diferentes posiciones (McCluskey & Getz, 2000). Esta condición de incongruencia articular, donde las ambas partes son asimétricas y las superficies cóncava y convexa no son equidistantes, produce que la cápsula sea más larga en una de sus caras y no se acorte simétricamente con el movimiento, dejando la responsabilidad de estabilidad y conservar una buena artrocinemática a los músculos. En vista de esto, hay una estructura de vital importancia que compensa parcialmente la incongruencia; el rodete o labrum glenoideo.

El rodete o labrum es una estructura de colágeno triangular de 4mm a 6mm de ancho y 4mm de grueso (Taylor & O'Brien, 2016). Este, como un cordón fibroso se dispone a manera de marco circunferencial alrededor de la cavidad que amplía y hace un poco más profunda la superficie, reduciendo en un 20% la resistencia a las fuerzas de traslación anteroposteriores y superoinferiores (Rockwood, 2006). A pesar de que es comúnmente referido como una estructura fibrocartilaginosa, estudios anatómicos han demostrado que el labrum glenoideo es una estructura similar a un tendón, con tejido conectivo fibroso y denso, vacío de controcitos (Antonio & Griffith, 2007)

b) *Clasificación y grados de movimiento:* Pertenece al género de las diartrosis, es tipo esferoidea y posee tres ejes de movimiento. Dicho movimiento es complejo y compuesto e incluye la participación de Arts GH y ET principalmente, las posiciones más extremas requieren

la rotación a nivel de Arts. EC y AC. La Art GH, la más móvil del cuerpo, permite movimientos de flexión-extensión en un plano sagital y eje frontal, de abducción-aducción en un plano frontal y eje sagital y de rotaciones interna-externa en plano horizontal y eje longitudinal.

Adicionalmente el hombro realiza la circunducción, movimiento que describe un cono cuya base es dibujada por la mano teniendo como vértice la glenohumeral; es el resultado de la combinación de los movimientos anteriormente descritos.

c) *Medios de unión:* Cuenta con la capsula articular, un manguito fibroso estrecho que recubre la articulación, se origina del borde de la fosa glenoidea y se inserta en el cuello anatómico del húmero, menos en su parte inferior, que se inserta a 1cm del reborde cartilaginoso. No es lo bastante fuerte por sí misma para evitar la subluxación descendente, por lo que requiere del manguito de los rotadores. Tiene en su porción más superficial de la cara anterior engrosamientos de tejido conectivo que forman los ligamentos glenohumerales superior medio e inferior, y en la parte superior se encuentra el ligamento coracohumeral, con sus porciones troquiniana anterior y troquiteriana posterior. En conjunto, aportan soporte estático al ponerse en tensión durante movimientos globales del hombro en sus diferentes porciones.

Los primeros, los ligamentos glenohumerales superior, medio e inferior, son tres cintas fibrosas dispuestos en forma de "Z", ocupan la porción anterior de la cápsula. Los tres haces se tensan depende de la posición; con el brazo en abducción y rotación externa, los ligamentos glenohumerales se tensan y acaban por comprimir la cabeza humeral contra la glenoides, limitando la traslación anterior.

El ligamento glenohumeral (LGHS) superior o supraglenosuprahumeral nace de la parte superior del rodete glenoideo y de la superficie ósea próxima, se dirige transversalmente hacia el

cuello anatómico, entre la cabeza y el troquín; es equivalente al ligamento redondo de la cadera (Testut, 1983)

El ligamento glenohumeral medio (LGHM) o supraglenohumeral parte del rodete glenoideo a igual nivel que el anterior, se dirige hacia abajo y afuera hasta la base del troquín. Entre este y el anterior queda un espacio de forma triangular llamado el foramen oval de Weitbrecht u ojal del subescapular (Testut, 1983), es una región vulnerable de la cápsula por donde puede luxarse la cabeza humeral. Este presenta variación respecto a los demás, es inconstante y está ausente en un 27% de los casos (Miralles Marrero, 2007). Durante la abducción a 45°-90°, se tensa e impide el desplazamiento anterior de la cabeza humeral junto con el LGHI (Ferrari, 1990).

El ligamento glenohumeral inferior (LGHI) se origina en la parte anterior e inferior del reborde glenoideo y va a fijarse por el otro extremo en la parte anterior e inferior del cuello quirúrgico, entre la inserción del subescapular y redondo menor (Testut, 1983) Puede ser considerado como un complejo más que una estructura individual, está conformado por una banda anterior y una posterior a manera de hamaca, incluyendo el receso axilar; en conjunto reciben el nombre de complejo ligamentoso glenohumeral inferior. El LGHI es el más largo y fuerte de los tres, siendo el más importante para proporcionar estabilidad al hombro; este posee una capacidad de estrés del 15% en relación con la capacidad total del LCA de la rodilla (Bigliani, 1992). Los puntos más frecuentes de rotura son en la inserción de la glenoides (40%) y en la inserción humeral (25%) (Miralles Marrero, 2007)

La articulación escapulotorácica es una articulación falsa, denominada por algunos autores una pseudoarticulación, porque no posee ninguna unión ligamentosa u ósea entre las estructuras. Dada su conformación, es una articulación que tiende a perder movilidad pero presenta una serie

de ventajas en relación con articulaciones verdaderas: Al no tener cápsula no presenta luxaciones, por falta de ligamentos no presenta torsiones y al estar ausente el cartílago articular no son posibles fenómenos artrósicos. Es el punto de enlace entre la cintura escapular con el tronco. (Schünke, 2011)

a) *Superficies articulares:* Por un lado la porción posterosuperior del tórax de las costillas 2 a 9 aproximadamente, estas contactan con la cara anterior de la escápula, donde se encuentra el subescapular. Precisamente este, y el serrato anterior, cuyas fibras se dirigen medialmente hacia el borde vertebral escapular, se encuentran en medio de ambas superficies y conforman una unidad funcional de deslizamiento, que favorece la excursión escapular durante movimientos de báscula interna y externa.

b) *Clasificación y grados de movimiento:* Es una siscosis, sus relaciones anatómicas son mediadas por tejido muscular. Se considera articulación desde un punto de vista mecánico, es un conjunto de contactos que crean sistemas de deslizamiento entre el serrato mayor respecto al tórax y el serrato mayor respecto al subescapular. Es vista más como una unidad funcional más que como estructura anatómica; un mecanismo de deslizamiento (Schünke, 2011)

La movilidad escapulotorácica está dada en función de la Art. GH, cuya función mecánica es orientar la glenoides en la posición requerida por el húmero para conservar una relación articular adecuada y congruente (Cailliet, 2006). Por tanto, la base de la cinesiología del hombro es que los músculos toracoescapulares muevan la escápula correctamente para que los escapulohumerales ejerzan un control óptimo sobre el húmero y así mantener una calidad adecuada entre cavidad glenoidea y cabeza humeral (Sahrmann, 2005).

La articulación subdeltoidea es una articulación falsa conformada por dos planos complejos y estructuralmente distintos, cuya función es facilitar el deslizamiento de la cabeza

humeral sin rozamiento de estructuras durante movimientos de flexión y abducción. Está conformada por la cabeza humeral tapizada por el músculo supraespinoso y el acromion, apófisis coracoides y el ligamento coracoacromial. Entre ellos, ambas bolsas sinoviales (Subdeltoidea y subacromial) configuran la cavidad articular denominada Art. Subdeltoidea. (Schünke, 2011)

c) *Medios de unión:* La escápula se mantiene adherida a la reja costal por medio de la acción isométrica de musculatura escapulotorácica, principalmente de los trapecios, serrato y romboides.

3.5.2 Músculos escapulotorácicos

La escapula juega un rol importante en la función del hombro. Durante la elevación del brazo, un complejo movimiento de rotación superior, inclinación posterior y rotación externa es necesitado para crear una base estable para la articulación glenohumeral (Kibler and McMullen, 2003).

La musculatura escapulotorácica tiene un gran papel cualitativo al proporcionar a la escapula la fijación al tórax, garantizándole una posición adecuada y estable a partir de las cuales el hombro encuentra su sostén en condiciones estáticas y especialmente dinámicas. En este sentido, una adecuada posición y orientación escapular en relación al húmero es necesaria para facilitar la fuerza, estabilidad y rango de movimiento necesarios para actividades básicas. Dichas capacidades requieren de una relación adecuada entre la longitud-tensión de las estructuras con el objetivo de promover una actividad muscular coordinada, condición indispensable para que las Art. Escapulotorácica y Glenohumeral conserven su ritmo escapulohumeral. A partir de esto, se posibilitan tareas manipulativas en segmentos más distales por medio de la orientación del miembro superior con libertad y precisión.

Este grupo de músculos comprende el serrato anterior, romboides, angular de la escápula, pectoral menor y trapecio (TS, TM, TI), sus acciones musculares son solicitadas en diferentes momentos durante movimientos de elevación del brazo sin tener un protagonista constante. Al no haber una verdadera actividad recíproca, los músculos adquieren un papel cualitativo diferente según el movimiento, es decir, en ocasiones son agonistas, en otras antagonistas o sinergistas (Sahrmann, 2005) de ahí deriva la importancia de conservar el equilibrio longitud-tensión y garantizar adecuados patrones de participación y buen control motor, donde cada músculo tenga un papel sinérgico o protagónico, y no tengan lugar las sustituciones compensatorias.

Durante la báscula externa escapular, el serrato anterior, principalmente sus fibras inferiores (Phadke 2009) hala de la escápula desde el borde medial en sentido superior y externo y es apoyado por el trapecio superior, quien a partir de la espina de la escápula y acromion asiste y complementa la rotación superior escapular (Kapandji, 2006). Este par muscular es responsable de dicho movimiento y conserva una relación sinérgica (Sahrmann, 2005). En condiciones normales, de manera simultánea y coordinada ejecutan con igual protagonismo el movimiento, y de igual forma cumplen un papel importante en el control excéntrico durante la báscula interna (Phadke 2009). Se entiende por tanto, apoyado en el principio de inervación recíproca, que la hipoactividad de uno de ellos le supone un esfuerzo mayor a su sinergista, manteniéndolo, en consecuencia, en un estado de hiperactividad que incrementa la actividad gamma local, acorta sus fibras y probablemente localiza puntos gatillo. (Sherrington, 1997)

En sentido opuesto, durante la báscula interna escapular los romboides, cuyas fibras son oblicuas hacia adentro y arriba, traccionan en rotación inferior la escápula, simultáneamente el angular de la escápula eleva el ángulo superointerno complementando el movimiento. De este modo, actúan como antagonistas al par muscular anteriormente descrito. Como se mencionó

antes, ambos pares de fuerzas deben contar con una longitud y reclutamiento muscular equitativo y eficiente, su defecto trae como consecuencia alteraciones posicionales de la escápula y del muñón del hombro, que a su vez perturban la artrocinemática GH (Sahrmann, 2005)

En línea con lo anterior, las alteraciones en la dominancia o en la longitud de alguno de los músculos pueden comprometer el contraequilibrio muscular (Sahrmann, 2005), generando modificaciones adaptativas de la actividad del antagonista y se instauran patrones posturales característicos. Dicha situación es acentuada por el hecho de que hay un sistema de musculatura tónica, con funciones estabilizantes y posturales propenso al acortamiento y la rigidez, y un sistema de musculatura fásica, con predisposición al debilitamiento (Janda, 1986). Dada esta disposición neurofisiológica de relaciones recíprocas entre agonistas y antagonistas (Sherrington, 1997), las alteraciones de protagonismos musculares y posturales tienden a perpetuarse por la condición misma, predominando actividad de musculatura más superficial, con labores más de movimiento que de estabilización, inhibiendo recíprocamente musculatura estabilizadora profunda, perturbando la mecánica articular regional y sus posibles influencias a distancia en otros segmentos (Janda, 1986)

En vista de las múltiples sustituciones y desequilibrios por inhibición que pueden darse en la musculatura escapulotorácica, resulta conveniente hacer una descripción diferenciada exponiendo la acción muscular, función mecánica, casos de sustitución y consideraciones relevantes respecto a pares de fuerzas musculares, realizando un análisis de las relaciones de sinergia, agonismo y antagonismo en ellos presentes. A pesar de que no existen estudios que investiguen la actividad escapulotorácica de musculatura pequeña y profunda que se inserta en la escápula (pectoral menor, elevador, redondos y romboides mayor) en una población con sintomatología de hombro, se ha hipotetizado la importancia de estos músculos en su función

global (Cagnie et al., Cools et al, 2014) y se han estudiado sus tasas de activación en hombros sanos mediante electromiografía.

Entre los músculos que se insertan en la escápula, el serrato anterior tiene un rol crítico en la estabilización de la escápula al tórax (Lear and Gross, 1998; Smith et al., 2003) además de tener una contribución importante en la elevación del brazo: rotación superior, protracción y rotación externa. El serrato posee tres divisiones: Las fibras superiores se originan desde costillas 1 y 2, las medias desde costillas 2 a 4 y las inferiores desde costillas 5 a 9 (Cibulka, 2015). Las fibras inferiores y medias del serrato poseen una ventaja mecánica esencial para la rotación superior e inclinación posterior; es el único músculo escapulotorácico con ambas cualidades, por lo que han sido comúnmente descrito como movilizador primario de la rotación escapular durante elevación del brazo, destacando la contribución a la cinemática de hombro durante la elevación y reduciendo el riesgo de síntomas de pinzamiento. (Phadke, 2009)

Por otro lado, el pectoral menor se extiende desde las costillas 3, 4, 5, hasta la base medial de la apófisis coracoides de la escápula. En un 15% de los casos, se presenta una combinación del pectoral menor al húmero, glenoides, clavícula o escápula (Cibulka, 2015). Su función es la protracción escapular, rotación inferior e inclinación anterior, movimientos opuestos a los deseados durante la rotación superior e inclinación posterior durante la elevación del brazo (Phadke, 2009). Dadas sus acciones, este músculo es estirado pasivamente durante la elevación del brazo cuando la escápula rota superiormente y externo y se hace inclinación anterior (Borstad & Ludewig, 2005; Muraki et al., 2009).

En este sentido, el pectoral menor y el serrato anterior actúan como sinergistas en la protracción de la escápula y antagonistas en la báscula: SA: Rotación superior y externa – PM: Rotación inferior e interna (Castelein et al 2015). Dada la naturaleza tónica del primero y fásica

del segundo, se instaura una lucha de protagonismo muscular (Sherrington, 1997) en la que el pectoral tiene un papel superior, reduciendo su extensibilidad, influenciando la posición escapular hacia inclinación anterior y rotación interna y limitando la rotación superior que es, precisamente, la acción principal del serrato (Borstad & Ludewig, 2005). Como consecuencia se establece la posición de hombros redondeados y el ángulo inferior de la escápula es despegado del tórax debido a la inclinación anterior, inhibiendo recíprocamente las fibras inferiores fásicas del trapecio (Sahrmann, 2005).

La acción del trapecio inferior es fundamental en el control de la elevación y protracción durante movimientos de flexión y abducción del hombro, igualmente en la desaceleración durante los lanzamientos. Su hipoactividad puede generar una mecánica inadecuada y dolores potenciales del hombro (Kluemper, 2006). Coherente a esto, la acción terapéutica tiene por objetivo elongar lo que está acortado y activar y fortalecer lo que se encuentra hipoactivo y debil. Por tanto, debe hacerse una cuidadosa selección de los ejercicios de modo que active el músculo en cuestión sin activar su sinergista o antagonista.

En relación con la influencia del pectoral menor, Castelein y cols (2016) demostraron mediante datos electromiográficos aumentos significativos de su actividad durante tareas de elevación en la población sin síndrome subacromial con dolor asociado. La otra capa profunda (Romboides Mayor y Elevador) y capas superficiales no fueron encontradas diferencias significativas en los dos grupos durante tareas específicas.

El acortamiento del pectoral menor puede valorarse con el usuario de pie pegado al muro y medir la distancia desde el muro hasta el borde acromial anterior. Una asimetría mayor de 3 cm es considerada anormal. Otro método útil es con el usuario en supino, observar ambos acromion en relación con una línea horizontal que debería tocar ambos, el lado que esté más aproximado a

la camilla está corto (Sahrmann, 2005). Dicho acortamiento puede causar síntomas neuromusculares, incluyendo fatiga del brazo, dolor, sensibilidad y cianosis por oclusión de la arteria axilar (Sotta, 2016). El pectoral menor puede, además, sufrir un acortamiento adaptativo por sobreuso (Tate et al 2012), factor contribuyente al posicionamiento escapular anormal en inclinación anterior y rotación interna (Borstad J, 2008), pudiendo producir la instauración de hombros redondeados y perpetuación de disfunciones y síntomas glenohumerales (Borstad & Ludewig, 2005). Esto se da debido a que una posición más anterior de la escápula mantiene los músculos estabilizadores en una posición más alargada y esto altera la capacidad para controlar la posición de la escápula en reposo, así como durante el movimiento (McClure, 2012). Dadas estas condiciones mecánicas, se ha recomendado iniciar el proceso terapéutico con estiramientos del pectoral menor y activación del trapecio inferior buscando el reposicionamiento de la escápula (EllenBecker 2010)

Otro modo poco mencionado, pero no menos importante por el que las fibras musculares pueden debilitarse es por medio de las posiciones de alargamiento prolongado, estas producen una distensión de las fibras musculares que conlleva a la inhibición (Sahrmann, 2005). En esta situación, a nivel sarcomérico el espacio entre las líneas Z aumenta, disminuyendo la sobreposición de filamentos de actina y miosina, lo que reduce el potencial contráctil y conlleva al debilitamiento por elongación mantenida. Esto sucede especialmente durante el sueño, donde el decúbito lateral mantiene la escápula abducida y, en consecuencia, el hombro en antepulsión elongando los fijadores mediales y situando el pectoral en posición acortada.

El trapecio superior y el angular de la escápula actúan como agonistas en la elevación del hombro y antagonistas en las básculas (Sahrmann, 2005). De modo similar los romboides son agonistas de las fibras medias del trapecio, y antagonistas de las fibras superiores. El trapecio

superior contribuye al movimiento normal del hombro mediante la elevación y rotación de la escápula durante la flexión-abducción del hombro (Johnson et al 1994; Fey et al 2007). Estudios realizados mediante EMG revelan la importancia de su actividad para el movimiento escapular normal (Wickham et al 2010); sin embargo, si su acción es excesiva en relación con las fibras inferiores del mismo y del serrato anterior puede alterar la cinemática escapular y producir tendinopatía del manguito rotador (Johnson, 1994-2005; Kibler 2008; Ludewig 2010). Para confirmarlo, (Chester et al, 2010) realizaron estudios electromiográficos con el fin de medir la actividad del trapecio en personas con sintomatología de pizamiento subacromial y personas sanas, los resultados revelan un incremento del tono del trapecio en personas sintomáticas en relación con personas sanas. Este incremento de la activación del trapecio superior trae consecuencias clínicas tales como la disminución y retraso en activación del serrato anterior y trapecio inferior (Cools et al, 2003) y alteración de la cinemática con una traslación superior mayor y una rotación superior e inclinación posterior menos eficiente (Ludewig & Cook, 2000). Además de las causas mecánicas que pueden producir hiperactividad del trapecio tales como debilidad del serrato, deltoides o acortamiento de los romboides, puede ser resultado del dolor mismo; el sistema nervioso modifica su carga en el tejido doloroso para protegerlo del síntoma o lesión. Así, la actividad de músculos que producen un movimiento doloroso se reduce durante esfuerzos voluntarios, mientras que la de los antagonistas aumenta (Hodges & Tucker, 2011), de esta manera, un aumento del tono del trapecio es un mecanismo compensatorio de personas con dolor crónico para conservar el espacio subacromial. Por tanto, la hiperactividad del trapecio superior, además de ser un factor predisponente en la sintomatología glenohumeral, es un agravante, en tanto puede alterar las relaciones musculares de la mecánica escapular y perpetuar problemas coordinativos mediante su tono elevado. (Leong, 2016). Este hecho es confirmado por

(Phadke, Camargo, & Ludewig, 2009) quienes hallaron incremento de la actividad del trapecio superior en personas con patología de hombro.

De manera categórica, es posible clasificar las disfunciones escapulotorácicas en bursitis, crepitos, escapula alada y diskinesia (DeLee, 2015) Estas afecciones se presentan con más frecuencia en personas cuyas actividades incluyen movimientos repetitivos por encima de la cabeza y/o lanzamientos. Los microtraumas repetitivos producen inflamación de tejidos blandos y desarrollan patologías regionales.

En primer lugar, la escapula alada es un movimiento anormal de la escápula resultante de un número de desórdenes anatómicos que condicionan la debilidad de la musculatura. A su vez, produce limitaciones funcionales de la actividad de miembros superiores, tales como empujar, traccionar y elevar objetos pesados. Es resultado de múltiples causas que pueden ser traumáticas, iatrogénicas, congénitas, idiopáticas o por parálisis del serrato anterior, trapecio o romboides (Martin & Fish, 2008).

Las causas más frecuentes referidas al aleteo de primer grado son alteraciones neurológicas o musculares que afectan la musculatura estabilizadora:

El aleteo medial es más común debido a la disfunción del músculo serrato anterior o del nervio torácico largo (C5-C7), este puede afectarse debido neuritis (inflamación), bursitis subcoracoidea o subescapular, o a lesiones compresivas, especialmente en la ruta desde el cuello hasta el serrato, donde es especialmente vulnerable (DeLee, 2015)

El aleteo lateral tiene múltiples causas. Puede darse por déficits en el nervio accesorio espinal (par craneal XI y raíces C3-C4) y alteraciones de la actividad del músculo trapecio; la

pérdida de su función de manera aislada es rara y generalmente se da por causas iatrogénicas. También puede ser consecuencia del compromiso del nervio dorsal de la escápula (C5) o de los romboides. Puede darse en consecuencia de luxación anterior de hombro (Jerosch et al 1990), por radiculopatía C5 (kuhn et al 1995) o por tensión repetida de movimientos supracraneales (Balcom & Pappas, 1995); la causa más frecuente es el atrapamiento nervioso entre el escaleno medio (Ravindram, 2003).

El aleteo de segundo grado ocurre en consecuencia de patología glenohumeral, el cual altera el ritmo escapular normal. Se caracteriza por aleteo medial y lateral y es generado por una pérdida del mecanismo suspensorio de la escápula; afecta con mayor frecuencia a lanzadores. Sus causas también son atribuibles a diversas condiciones y sucesos traumáticos: Puede ocurrir como consecuencia de luxación de la Art. Acromioclavicular o fractura en tercio lateral de la clavícula causando ruptura de ligamentos coracoclaviculares. También sucede por miopatías y debilidad en estabilizadores escapulares o debido a lesiones del plexo braquial y alteraciones de nervio periférico (DeLee, 2015)

La disquinesia escapular se caracteriza por malposición escapular con prominencia del borde inferior o medial, dolor coracoideo y discinesia al movimiento escapular, resulta de una activación muscular alterada, pudiendo tener tres clasificaciones: En la tipo I se observa prominencia del ángulo inferomedial. En la tipo II el borde medial es prominente, ambas asociadas con patología labral. El tipo III tiene un borde superomedial prominente y se presenta en asociación con lesiones de pinzamiento subacromial. Durante el examen físico se observa simetría en ángulo inferior y borde medial, por tanto, toda alteración de la posición escapular en reposo sugiere disquinesia escapular

En síntesis, la escápula es vital para la adecuada función del miembro superior en tanto proporciona la estabilidad proximal para desarrollar una movilidad distal eficaz, múltiples son los factores que contribuyen a perturbar la posición y función adecuadas; la pérdida de la inclinación posterior escapular, rotación externa y rotación superior ha sido encontrada en numerosos casos de impingement subacromial (Timmons et al, 2012). Asimismo, las causas mecánicas comprende el acortamiento del pectoral menor, hipoactividad del trapecio inferior y medio, hiperactividad del superior, una mala coordinación entre los romboides y serrato; especialmente la debilidad de sus fibras medias e inferiores pueden conducir a disfunciones escapulotorácicas. Hipótesis apuntan que las alteraciones de control motor son responsables de dichas alteraciones; los retrasos de la actividad, inhibición y fallos en el reclutamiento o variaciones de actividad durante el rango de movimiento pueden ser algunas de sus manifestaciones (Phadke, 2009). Los demás influyentes se irán describiendo a medida que se desarrolle el texto.

3.5.3 Músculos escapulohumerales

La adecuada movilidad glenohumeral depende del hecho de que la cabeza humeral permanezca centrada en relación a la cavidad glenoidea, conservando una relación adecuada a nivel de los centros instantáneos de rotación (Sahrmann, 2005; Kapandji, 2006). Estos centros son los puntos alrededor de los que las superficies articulares rotan en determinado instante, parámetros menores de movimiento necesarios para evitar traslaciones excesivas que comprometan estructuras periarticulares y generen microtraumas repetitivos responsables de sintomatología.

El manguito rotador es un complejo musculotendinoso formado por las inserciones en la cápsula del músculo supraespinoso superiormente, el subescapular anteriormente, y el redondo menor e infraespinoso posteriormente (Wilk, 2009). Sus tendones envuelven y se mezclan con la cápsula glenohumeral excepto en su porción inferior, donde se encuentra el receso axilar o capsular inferior (DeLee, 2015); este es un pliegue de reserva necesario para favorecer la movilidad glenohumeral completa, se dispone como un espacio real con el hombro en posición neutra pero que desaparece con la flexión o abducción al tensarse la cápsula (Forriol et al, 2010). Además de los mencionados, se ha reconocido la íntima relación del tendón de la porción larga del bíceps braquial con los músculos escapulohumerales, por lo que ha sido denominado “el quinto tendón” del manguito rotador (DeLee, 2015).

Dada la conformación estructural de las superficies de contacto de la articulación glenohumeral y la predisposición a la inestabilidad que produce, requiere de un sistema estabilizador dinámico para su función (DeLee, 2015). Los rotadores producen mediante su acción conjunta un efecto coaptador que aproxima las superficies articulares y aporta estabilidad dinámica de la cabeza humeral en la fosa glenoidea durante movimientos del hombro (Lewis J. , 2015), manteniendo un fulcro estable en la articulación glenohumeral a partir del cual otros músculos del hombro realizan efectivamente el movimiento. Conforme a esta característica, (Kapandji, 2006) los ha denominado coaptadores transversales de la articulación glenohumeral, cuya función principal es estabilizar la cabeza humeral en la cavidad glenoidea, asegurando la permanencia de la misma durante movimientos amplios (Timmons et al, 2012). Este efecto beneficioso solo es posible en la medida que la musculatura presente niveles de activación y coordinación adecuados y semejantes; su participación simultánea y sinérgica en movimientos de

elevación genera un incremento de la presión negativa intraarticular, creando un efecto de succión que favorece la estabilidad.

Dicho mecanismo estabilizador está dado en función del movimiento global del hombro, motivo por el cual trabaja en sincronía con la musculatura escapulotorácica. La escápula mediante sus básculas sitúa la cavidad glenoidea en la posición requerida para la Art GH, que necesariamente deberá estar estabilizada, como se ha mencionado, mediante la actividad de la musculatura escapulohumeral; condición imprescindible para moverse libremente y de manera estable. Dicho de otro modo, este grupo de músculos son los encargados de dinamizar el complejo capsuloligamentario durante el movimiento del hombro (Cibulka et al 2015). De hecho, la lesión del manguito rotador produce una disminución considerable de la fuerza de la Art GH para elevación (Chester et al, 2010) denotando la utilidad de su participación no solo para la estabilización, sino también para la potenciación sinérgica de todo el complejo.

En línea con lo anterior, el cuerpo es un sistema biomecánico que funciona adecuadamente a partir de su alineación, que se rige además por la ley del equilibrio (Busquet, 2005), por tanto es necesario insistir en la relevancia que posee una adecuada relación entre la longitud-tensión de dicha musculatura para garantizar un funcionamiento recíproco, equitativo y eficiente de los mismos y conservar una artrocinemática adecuada, lo cual contribuye a la integridad del movimiento de todo el complejo articular del hombro (Phadke, 2009). En caso contrario, el desequilibrio de los músculos escapulohumerales constituye una situación crítica para el control óptimo del húmero en su relación con la cavidad glenoidea y la disminución del espacio subacromial (Sahrmann, 2005). Esta disminución es considerada uno de los factores más influyentes sobre el desarrollo de síndromes dolorosos de hombro, los cuales son comúnmente causados por un atrapamiento mecánico del tejido blando subacromial bajo el arco acromial

durante elevación del hombro (Cibulka, 2015), pudiendo comprometer los tendones de los rotadores, la bursa subacromial o la cabeza larga del bíceps bajo el techo del hombro (Phadke, 2009). (Neer, 1972) fue quien describió el síndrome del “impingement” o pinzamiento por primera vez, afirmando que es una de las causas más frecuentes de dolor de hombro con un 44% - 65% de los casos. Sin embargo, sus causas son multifactoriales, por lo que la valoración es la base, por tanto el examen clínico deberá centrarse en determinar si el dolor es referido o relacionado con regiones cervical, torácica, abdominal o de tejidos neurales o vasculares. Si se genera a partir de la rigidez en casos de hombro congelado y osteoartritis, si es debido a inestabilidad o irritación de tejidos blandos, o combinación de varias (Lewis J. , 2015)

El dolor de hombro debido a compromiso del manguito rotador con frecuencia es referido a la tuberosidad deltoidea o zonas adyacentes y representa limitaciones de la movilidad y función durante elevación y rotación externa del hombro. Comprende una amplia gama de afecciones que pueden encontrar sus orígenes en factores genéticos, influencias hormonales, estilos de vida, bioquímicas, patoanatómicas, de sensibilización central y periférica, cambios del córtex motor y sensorial y factores sicosociales (DeLee, 2015), además de la adaptación excesiva a cargas impuestas a los tejidos, es decir, microtraumas a repetición (Lewis J. , 2015).

Entre los factores más contribuyentes se encuentra la morfología acromial debido a que la raíz de la sintomatología con frecuencia compromete los tejidos blandos situados entre la cabeza humeral y arco acromial. Bigliani and Morrison clasificaron las formas de acromion en tres categorías. El tipo I es plano y presenta el menor riesgo de síndrome de pinzamiento y sus secuelas. El tipo II tienen una superficie más curva y el tipo III tienen una superficie muy ganchosa y prominente, este presenta la más alta correlación con síndromes de pinzamiento y

compromiso de manguito rotador. En estos casos, se sugiere realizar una acromioplastia para liberar espacio bajo su superficie. (DeLee, 2015)

Estudios realizados por Comtet y colaboradores usando modelos mecánicos, demostraron que las fuerzas depresoras del manguito son máximas en los 60° - 80° de elevación y disminuye más allá de los 120°. De modo complementario, la semiología clínica sugiere que el arco doloroso de pinzamiento subacromial abarca desde 70°-120° (Backup, 2013) adquiriendo sentido que la debilidad de los rotadores que conllevan a una insuficiencia depresora y coaptadora de la cabeza humeral, acompañado de la ausencia de actividad encontrada en dicho arco de movimiento conducen a la producción o pronunciamiento de los síntomas.

En vista de los múltiples influyentes y componentes del manguito, y con el objetivo revelar los patrones de participación normal de dicha musculatura se realizará una revisión de los niveles de actividad electromiográfica, su relación con músculos que pueden sustituirlos y la eficacia de test ortopédicos clínicos para detectar su compromiso.

La función del supraespinoso ha sido debatida, aunque las concepciones tradicionales postulan que su función es iniciar la abducción, actualmente se considera que su función primaria es ser estabilizador de la articulación glenohumeral. Su orientación a 70° del plano de la glenoides proporciona una fuerza compresiva que dirige la cabeza humeral a la cavidad glenoidea (Rudolph et al, 2015) para el mantenimiento de la congruencia articular a través de la presión negativa intraarticular. Este alcanza su actividad máxima a los 100° de abducción en el plano escapular (Dufour, 2006) .

En línea con lo anterior, el manguito rotador posee un sitio especialmente vulnerable donde se dan la mayoría de cambios degenerativos, es denominado la zona crítica. El suministro

sanguíneo de los rotadores proviene de seis ramas de la arteria axilar, con contribuciones de la arteria supraescapular y arterias circunflejas humerales anterior y posterior (Rudolph et al 2015). Estas irrigan principalmente el infraespinoso y redondo menor (Peat, Culham, & Wilk, 2009). La zona crítica se encuentra entre el tendón del supraespinoso, inmediatamente proximal a la inserción en el troquíter, a 1 cm del mismo, allí convergen la arteria interósea humeral y supraescapular y constituyen un área hipovascular comprometida frecuentemente (Cailliet R. , 2006). En ocasiones también se encuentra un área hipovascular ente el tendon del infraespinoso. Rotham(1965), Rathburn(1965) y Brewer(1979), citados en (Peat, Culham, & Wilk, 2009) reportaron hipovascularización en el tendón en 63% de 72 hombros estudiados y reconocen la relación que tiene con la edad. Afirman que con la edad el área avascular también aumenta, por lo que el pronóstico de tendinopatías es mejor en jóvenes y peor en adultos. Esta región hipovascular mejora su irrigación con la abducción del brazo, así se relaja la tensión del supraespinoso y se llenan los vasos hacia el tendón.

El supraespinoso recibe la ayuda del subescapular conformando un par funcional que produce un contrabalance en el plano axial proporcionando un apoyo poderoso en la cara anterior de la articulación. Ambos conjuntamente se oponen a la fuerza ejercida superiormente por el deltoides, favoreciendo la flexión y abducción conservando el espacio subacromial (Abrams & Song, 2015). Además de esto, la ubicación estratégica del subescapular proporciona estabilidad anterior. (Townsend, Jobe, Pink, & Perry, 1991) encontraron mayor actividad del supraespinoso e infraespinoso durante la flexión y el subescapular durante la extensión. Los niveles más elevados del supraespinoso e infraespinoso ayudan a reducir la traslación anterior de la cabeza humeral durante actividades de elevación del hombro, mientras el subescapular reduce la traslación posterior durante la extensión.

Ahora bien, la acción del supraespinoso puede ser sustituida por el deltoides posterior, pudiendo resultar inhibido recíprocamente (Sherrington, 1997). Por tanto, en rehabilitación deben seleccionarse ejercicios que incrementen su actividad sin comprometer al deltoides posterior. (Worrell et al., 1992) notaron mayor actividad electromiográfica del supraespinoso en el ejercicio prone full can más que en el empty can, pero el dinamómetro muestra más fuerza en empty can. Este incremento de niveles de fuerza a pesar de la tasa de activación menor es causada por la participación parasitaria del deltoides, mientras en el prone full can se realiza una activación más analítica y aislada. Dicho patrón de reclutamiento fue estudiado antes por (Townsend, Jobe, Pink, & Perry, 1991) encontrando un 10% de incremento en la actividad del supraespinoso durante el empty can comparado con el full can. Sin embargo, ambos demuestran tener proporciones de reclutamiento semejantes, abarcando un rango del 62-67% de la MVIC (Maximal voluntary isometric contraction-Máxima contracción isométrica voluntaria), no obstante, el full can demuestra activar menos el deltoides posterior, por lo que es el ejercicio más apropiado para su activación.

El subescapular se encuentra en la porción anterior del manguito rotador, es descrito como un rotador interno del húmero (Morag et al., 2011), abductor del hombro, depresor de la cabeza humeral (Rudolph et al., 2015) y estabilizador anterior (Wickham et al., 2014). Es el más largo y poderoso de los cuatro músculos rotadores, proporcionando aproximadamente un 50% de la fuerza total del manguito (Kreating et al., 1993). Frecuentemente se describe su división en dos tercios superiores y uno inferior, siendo la inserción proximal más fuerte (Abrams & Song, 2015). Esta división hace que generen una línea de torque diferente, por tanto, tienen una acción diferenciada además de su componente rotador interno.

Se han realizado estudios electromiográficos valorando la actividad del subescapular en población sana con movimientos normales (Pearl et al., 1992), (O'Connell et al., 2006), en actividades deportivas (Digioyine et al., 1992), (Malanga et al., 1996) y en ejercicios de rehabilitación (Kadaba et al., 1992), (Ganderton & Pizzari, 2013); sin embargo, los estudios que se centren en la actividad diferenciada de ambas porciones, especialmente durante la rotación externa es escasa. Según (Kadaba et al., 1992) durante ejercicios realizados con el codo apoyado se da más protagonismo a las fibras inferiores. De igual forma (Decker et al., 2003) sugiere que sin el apoyo del codo se enfatiza más en fibras superiores. (Wickham et al., 2010) encontraron mayor activación de la porción inferior del subescapular durante la abducción, flexión y rotación interna en relación al superior; sin embargo, sigue siendo un campo poco estudiado y hay pocos papers disponibles.

El subescapular posee una acción destacable como depresor de la cabeza humeral y evitar la traslación antero-superior de la misma, por tanto su insuficiencia produce inestabilidad anterior. Dicha insuficiencia frecuentemente se presenta debido a lesión, la cual además de causas traumáticas directas se debe a una extensión de una lesión crónica, mínima y asintomática, agravada por trauma a repetición. (Gerber & Krushnell, 1991) encontraron 16 personas quienes tuvieron lesión aislada del subescapular con una rotación externa del brazo aducido; no obstante, las lesiones aisladas son poco frecuentes y a menudo se relacionan con subluxación del tendón del bíceps. En otros casos resulta comprometido el supraespinoso, estas son denominadas lesiones anterosuperiores del manguito rotador (Abrams & Song, 2015)

Este, al igual que el supraespinoso, puede sufrir inhibición recíproca debido a la acción de los potentes rotadores internos toracohumerales, principalmente el pectoral mayor (Sahrmann, 2005). Diversos autores han estudiado la actividad electromiográfica de ambas porciones del

subescapular durante los test clínicos más utilizados; (Tokish et al., 2003) encontraron que el Belly-press activa el subescapular superior en un 60.4% MVIC y el inferior 42.4 MVIC. De igual modo determinaron que el lift off activa el subescapular superior en un 41.3% MVIC y el inferior en un 34.2% MVIC. Años más tarde (Pennock, y otros, 2011) evaluaron la actividad electromiográfica del subescapular en los tres test clínicos más conocidos; Bear Hug, Belly-press y Lift-off, encontrando que el Lift off presenta no solo una mayor activación, sino también un menor reclutamiento del pectoral mayor, con un 79% MVIC del subescapular superior, 88% del subescapular inferior y tan solo 9% del pectoral mayor. Esta información es especialmente útil para el diseño de ejercicios que activen de modo significativo el subescapular en detrimento de la actividad del pectoral mayor. Así, la posición de los ejercicios es transferible a la actividad terapéutica y diseño de ejercicios; por ejemplo, el belly press sería equivalente a rotación interna con hombro aducido, el Bear Hug sería similar a rotación interna con hombro flexionado a 90° y el Lift off puede emplearse mediante contracciones isométricas en la misma posición o rotación interna con brazo en abducción de 50° - 70°. Coherente con estos datos (Greis et al., 1996) estudiaron modificaciones de test de lift off, buscando encontrar la posición en la que se recluta más; determinaron que lift off contra resistencia presenta los niveles más superiores con un 100.4% de subescapular superior y 75.8% de subescapular inferior, sin embargo, activa en un 38% el pectoral mayor, por lo que puede resultar útil aplicar TEM (técnicas de energía muscular) como RPI (Relajación post-isométrica) al pectoral mayor previo a la ejecución del ejercicio. En segundo lugar se encuentra lift off con la mano en la zona lumbar, seguido de rotación interna dinámica y por último con la mano en la zona glútea.

El papel de la cabeza larga del bíceps y su tendón proximal sobre la articulación glenohumeral permanece desconocido (Chalmers, y otros, 2014), sin embargo, algunos autores

afirman que posee un papel importante sobre la estabilidad. (Rodolsky, Harner, & Fu, 1994) demostraron que la cabeza larga del bíceps puede contribuir pasivamente a la estabilidad anterior de la articulación glenohumeral en abducción y rotación externa, además de incrementar la resistencia a fuerzas torsionales. (Warner & McMahon, 1995) sostienen que su participación es importante en la depresión humeral y en la cinemática glenohumeral en general. Estos estudios, además, enfatizan en la importancia de preservar la porción larga del bíceps en casos de patología del tendón proximal y lesión de SLAP (Chalmers, y otros, 2014).

En busca de confirmar su labor estabilizadora (Yamaguchi et al, 1997) valoraron mediante EMG la actividad de la porción larga del bíceps con la actividad del hombro, bloqueando la articulación del codo a 100° de flexión con el antebrazo neutro; los resultados revelan inactividad de la porción larga durante actividad de hombros normales, insinuando la ausencia de protagonismo que posee la cabeza larga del bíceps en la estabilización glenohumeral. Estudios realizados por (Youm et al., 2008) (Hawkes., 2011) sostienen, de igual forma, la ausencia de participación en dichas tareas. Sin embargo, más recientemente (Chalmers, y otros, 2014) valoró en personas sanas la participación de la porción larga del bíceps mediante EMG durante la flexión y abducción, encontrando incrementos de su actividad durante movimientos de la vida diaria. En este sentido, aunque las últimas evidencias científicas apoyan la idea de que si participa, la información disponible en bases de datos no es concluyente y requiere de próximos estudios.

Es aceptado generalmente que el deltoides y manguito rotador son los motores primarios de la abducción de hombro; se ha encontrado que estos músculos contribuyen igualmente en la producción del toque en planos funcionales de movimiento. Con el brazo al lado, la dirección de la fuerza del deltoides es casi vertical, entonces puede causar ascenso de la cabeza humeral

impactando contra el acromion (Peat, Culham, & Wilk, 2009) Los vectores de fuerza del infraespinoso, subescapular, y redondo menor son tales que poseen un componente compresivo al igual que una fuerza rotacional que compensan el vector de fuerza superior del deltoides (Phadke et al, 2009)

Ahora bien, con el objetivo de analizar dicha relación, merece la pena destacar dos estudios electromiográficos en los que valoraron la actividad del manguito rotador en personas con pinzamiento subacromial y sin él durante movimientos de elevación del hombro:

El primero fue realizado por (Reddy, Mohr, Pink, & Jobe, 2000) en el que compararon la actividad del deltoides medio y manguito rotador durante la abducción del brazo en el plano escapular en personas con sintomatología y sin ella. De manera general, el grupo con pinzamiento demostró tener una disminución de la actividad del deltoides y manguito rotador; fue mas pronunciado en arcos de movimiento iniciales. En el grupo con pinzamiento, el infraespinoso, subescapular y deltoides medio se demostró un descenso de actividad entre 30° - 60°. El infraespinoso fue el único músculo con un descenso constante. No se encontraron cambios de actividad de 90° - 120°.

El segundo fue realizado por (Myers, Hwang, Pasquale, Blackburn, & Lephart, 2008), quienes midieron la coactivación del supraespinoso, infraespinoso y subescapular junto con el deltoides medio durante elevación del brazo con personas sanas y con pinzamiento. Los resultados sugieren que quienes presentaron un cuadro clínico característico de pinzamiento mostraron descenso de la coactivación del manguito de 0° - 30° e incremento de la activación del deltoides medio en igual rango de elevación. También observaron un descenso en la

activación del manguito de 30° - 60° y alta coactivación del manguito rotador de 90° - 120° en comparación con el grupo control.

Con estos datos obtenidos, es posible concluir que el descenso de la actividad puede ser causado por un inadecuado descenso de la cabeza humeral o traslación progresiva. O por el contrario, la causa del inadecuado descenso de la cabeza humeral, micromovimiento requerido durante movimientos de flexión y abducción, es debido a la incompetencia de los rotadores. Esta ausencia de participación en el arco de movimiento completo genera un encuentro anticipado entre la cabeza humeral y el arco subacromial, comprimiendo las estructuras que se encuentran en medio, produciendo inflamación y dolor. (Stackhouse et al, 2013) evidenciaron un descenso de actividad electromiográfica del 23% con una correspondiente reducción del 32% de la fuerza de rotación externa como causa de hombro doloroso; es decir, insuficiencia activa de los rotadores.

Todos los componentes del manguito de los rotadores, incluida la cápsula, están revestidos por una red de tejido conectivo. La fascia los envuelve y vincula a músculos vecinos, haciéndolos interdependientes, compartiendo de esta manera características mecánicas respecto a la tolerancia a las cargas, teniendo una función propioceptiva y contráctil comparable. Esta situación de entrelazamiento del manguito rotador, cápsula y ligamentos le da al tejido una mayor resistencia ante cargas externas, pero disminuye la posibilidad de testar estructuras individuales. Además, si bien la causa del dolor puede ser debido a factores intrínsecos del tendón mismo, como inflamación, rigidez o engrosamiento, también comprende causas extrínsecas como alteraciones de las dimensiones del espacio subacromial (que pueden estar relacionadas con la morfología acromial), hipertrofia del ligamento coracoacromial o anomalías de la bursa o modificaciones capsulares como las plicas o engrosamientos (Timmons et al, 2012). Por tanto, son múltiples las estructuras que pueden resultar comprometidas; así, a pesar de que

los test diagnósticos pretenden aclarar cuál es el tejido comprometido, el resultado se limita a reproducir la localización del síntoma.

Lo dicho anteriormente adquiere relevancia al observar que la valoración clínica ortopédica ha desarrollado test para cada uno de los músculos y tendones situándolos en una posición específica y aplicando resistencia manual (Magee, 2014); sin embargo, el diseño del manguito no permite una valoración aislada de estructuras musculotendinosas. Los músculos supraespinoso e infraespinoso no son separables a nivel de su inserción, igualmente la porción muscular del redondo mayor e infraespinoso son inseparables. De un modo similar, los tendones del subescapular y supraespinoso forman, en conjunto, una vaina que rodea la porción larga del bíceps; de manera que, los tendones del manguito de los rotadores están adheridos a la cápsula glenohumeral (Phadke, 2009) teniendo puntos de anclaje tan próximos, que no son individualizables salvo en disecciones. Sin embargo (Timmons et al 2012) afirman que el subescapular es la única excepción, pudiendo ser testado individualmente.

Múltiples autores han valorado la sensibilidad (un verdadero positivo) y especificidad (habilidad de que el test sea negativo en ausencia de la patología) de test semiológicos en pro de determinar la validez diagnóstica y utilidad clínica de los mismos. Entre estos se encuentra (Park et al 2005), quien calcula que la sensibilidad del empty can test es de 44%, con una especificidad de 90%. Sin embargo, años mas tarde (Boettcher, Ginn, & Cathers, 2009), empleando electromiografía demostraron que durante el full can y empty can test, diseñados para revelar patología del supraespinoso, se activan 8 o 9 músculos con igual proporción de actividad, mientras (Timmons et al, 2012) refuerza estas afirmaciones postulando que el aislamiento del supraespinoso y el deltoides es difícil, incluso en el test de Jobe, en el cual se realiza una rotación interna para aislar el deltoides. Aunque el mismo autor propone el test lateral de Jobe como un

adicional valioso en el examen físico, el cual reporta una sensibilidad de 81% y una especificidad de 89%.

Asímismo, el Test de Neer y Hawkins-kennedy, dos de los test más utilizados para el diagnóstico de pinzamiento subacromial demuestran tener una sensibilidad de 72% -79% respectivamente, y una especificidad de 60% - 59% (Phillips, 2014). Este nivel bajo de especificidad, hace que la exploración sugiera presencia de pinzamiento subacromial por medio del desencadenamiento de los síntomas proveniente de otra región anatómica, por ejemplo, en artrosis acromioclavicular, lesiones labrales superiores, impingement interno y lesión de Bankart. (Hegedus, Goode, & Campbell, 2008)

Con base a este hecho, diversos autores se han cuestionado acerca de la relevancia que tiene detectar los factores contribuyentes de la disfunción más que establecer un diagnóstico sintomático; un enfoque destacable ya que al mismo tiempo resalta puntos críticos y marca las pautas y objetivos de tratamiento. En contraste, un examen físico regional enfocado en el desencadenamiento de los síntomas no ofrece herramientas ni criterios aplicativos para la intervención. Al respecto hay dos casos para tener en cuenta:

En primer lugar está la propuesta de (Sahrmann, 2005) quien agrupó las disfunciones en categorías diagnósticas que reciben el nombre del segmento y movimiento doloroso, dando a cada una de ellas de una serie de factores contribuyentes. Estos, a su vez, orientan las acciones terapéuticas, dado que al disminuir o suprimir dicho factor y reestablecer el control motor, las molestias presentadas no podrían tener lugar; de hecho, la propia experiencia de la autora expresada en casos clínicos así lo sugiere.

En segundo lugar, (Lewis J. , 2015) propone el SSMP (Shoulder Symptom Modification Procedure), en el cual, de modo similar al enfoque anterior, da principal valor a los factores contribuyentes y agravantes del dolor. Dicho modelo de valoración inicia con la detección de los movimientos sintomáticos y actividades o posturas que lo agravan. Valora la influencia de la cifosis torácica, posición escapular, escápula alada, y posición de la cabeza humeral; todas ellas con modificaciones manuales ejecutadas por el terapeuta que permiten detectar cuáles son los parámetros artrocinemáticos perturbados. Con este modo de proceder, y teniendo el formato diligenciado, se tienen claros los objetivos de tratamiento, basta con crear ideas y estrategias correctivas para cada uno de ellos.

Coherente con lo mencionado, los músculos escapulohumerales se comportan de manera sinérgica, de modo que uno es el motor principal durante el movimiento mientras otros ejercen control excéntrico o estabilizan isométricamente; de este modo se estabiliza la articulación mediante fuerzas opuestas a la dirección del movimiento. Este balance es biomecánicamente necesario e importante para todos los movimientos, especialmente en el deporte. Dicho equilibrio debe manifestarse a partir de la longitud misma del músculo, alteraciones marcadas de su longitud disminuyen sus cualidades propioceptivas (Busquet, 2005), y en consecuencia, la capacidad para trabajar coordinadamente con sinergistas, agonistas y antagonistas. Por tanto, devolver una longitud adecuada al músculo es hacerlo susceptible a la reeducación por medio del trabajo analítico y coordinado, mejorando el patrón de participación en función de la estabilidad glenohumeral. Asimismo, resulta conveniente fomentar la coordinación interescapular durante el trabajo de fortalecimiento de los rotadores; pues la fuerza del manguito incrementa alrededor de un 24% cuando la escápula se encuentra estabilizada y en retracción (Smith, 2006).

Con mucha frecuencia, las imágenes diagnósticas realizadas para detectar la disfunción no muestran cambios estructurales, sugiriendo que la sintomatología se debe a un déficit coordinativo y alteración del control motor. Por tanto, la intervención adecuada debe basarse en una buena valoración que determine cuáles son los factores que contribuyen a la perpetuación de la disfunción y generan alteración del movimiento; así, el ejercicio terapéutico es diseñado a partir de la identificación de la actividad asincrónica interarticular.

3.5.4 Músculos toracohumerales

La función glenohumeral normal requiere de la participación simultánea de grupos musculares con una acción especializada. Los escapulotorácicos estabilizan y posicionan la escápula acorde a las demandas del brazo. Los escapulohumerales ofrecen una fuerza compresiva al mismo tiempo que descienden la cabeza humeral para completar el arco de movimiento sin alterar la relación entre cavidad glenoidea y cabeza humeral. En contraste, la musculatura toracohumeral comprende un par de músculos grandes y potentes que además son tónicos, teniendo una gran predisposición al acortamiento: son el pectoral mayor y el dorsal ancho.

El primero, el pectoral mayor, es un músculo largo, grueso y triangular que se sitúa en la zona anterosuperior de la pared torácica. Está formado por dos grupos de fibras principales. Las claviculares se unen medialmente a la superficie anterior de la mitad medial de la clavícula y sus fibras esternales se unen a su lado correspondiente al esternón, a la superficie anterior de los siete cartílagos costales superiores y parte de la aponeurosis que recubre los abdominales (Field & Aguirre, 2004). La acción principal es la aducción y rotación interna del húmero, sus fibras

superiores o claviculares poseen contribución importante para la flexión y aducción horizontal del hombro. Cuando el pectoral es el músculo predominante en rotación interna sobre el subescapular, se produce un desplazamiento anterior de la cabeza humeral (Sahrmann, 2005), alteración artrocinemática que predispone a la inestabilidad anterior o sintomatología por distensión de estructuras capsulares anteriores.

El segundo, el dorsal ancho, es un músculo grande de forma triangular situado en la parte inferior y posterior del tronco. Transcurre hacia arriba y afuera para unirse al tercio superior del húmero en la corredera bicipital (Field & Aguirre, 2004). Posee un origen extenso en la parte inferior e incluye punto de anclaje en el ángulo inferior de la escápula. Realiza rotación medial, aducción y extensión del brazo, motivo por el cual su acortamiento puede limitar la abducción, flexión y rotación externa.

De manera conjunta ambos músculos, cuando son cortos, tienen la capacidad de alterar las condiciones artrocinemáticas: En primer lugar, su acortamiento produce descenso de la cabeza humeral y cintura escapular (Sahrmann, 2005). Según (Kapandji, 2006) a partir de los 60° se requiere de una participación de la articulación escapulotorácica para completar el rango de movilidad completo en abducción y flexión, además de una rotación externa humeral que aleja la tuberosidad mayor evitando el impacto contra el acromion. Por tanto el descenso de la escápula y fijación en rotación interna debido a limitantes pasivos producidos por dicha musculatura puede generar deficiencia en los mecanismos accesorios que impide alcanzar el final de la amplitud. En vista de estas limitantes se requiere de compensaciones para ejecutar el movimiento completo, como la inclinación del tronco o forzar la cápsula glenohumeral en un rango ajeno a su fisiología, distensión que puede generar sintomatología.

En conclusión, ambos músculos se insertan alejados del eje de rotación de la Art. Glenohumeral en relación a los rotadores mediales, motivo por el cual, a pesar de que los movimientos rotacionales les son propios, no es su acción principal ni analítica (Sahrmann, 2005). Así, la actividad toracohumeral puede crear mayores fuerzas de traslación anterior, además de disminuir la estabilidad en respuesta a la posición articular y cargas aplicadas (Konrad, Jolly, Labriola, McMahon, & Debski, 2006). Por tanto, realizar una adecuada valoración de la longitud y orientar estrategias correctivas para los parámetros alterados encontrados, pueden suponer una contribución valiosa a las acciones terapéuticas dirigidas a devolver al complejo articular del hombro a la normalidad de alineación y función.

3.5.6 Deltoides, movilizador principal

El músculo deltoides está situado en la porción superficial del hombro y es el responsable de darle contorno. Posee una forma triangular y se divide en las porciones clavicular anterior, acromial media y espinal posterior, posibilitando movimientos de flexión, abducción y extensión de hombro respectivamente, eso lo hace ser el motor principal de la movilidad del hombro (Lorente, 2007), por lo que es un músculo muy potente. Esta condición genera una actividad considerable que puede disminuir por medio de inhibición recíproca la actividad de musculatura más profunda, obteniendo como consecuencia alteraciones artrocinemáticas.

En línea con lo anterior, el músculo deltoides se origina en el tercio lateral de la clavícula en su cara anterior, acromion y espina de la escápula en su labio inferior, las tres porciones se dirigen hacia abajo y convergen en la tuberosidad deltoidea del húmero (Schünke et al., 2011). En este sentido, al tener el brazo adosado al cuerpo, el deltoides genera un vector de fuerza en

sentido craneal, pudiendo causar ascenso de la cabeza humeral impactando contra el acromion durante su actividad, por tal motivo se requiere de la actividad de el manguito de los rotadores para compensar el vector de fuerza superior (Phadke et al, 2009). Dicho efecto será menor en la medida en que la musculatura escapulohumeral conserve una adecuada relación de longitud-tensión y niveles de coactivación durante el movimiento, garantizando el efecto coaptador y depresor de la cabeza humeral en relación a la cavidad glenoidea. Esto es especialmente importante al considerar que el espacio subacromial es de tan solo 9mm (Dufour, 2006), cualquier ascenso adicional supone un factor de riesgo para comprometer tejidos blandos subacromiales.

Ahora bien, (Reinold, y otros, 2007) realizaron un estudio electromiográfico comparando la actividad del deltoides y supraespinoso durante tres de los ejercicios más usados en rehabilitación. Sus conclusiones sugieren que las acciones que producen altos niveles de actividad del deltoides en relación con el supraespinoso, pueden producir un detrimento en los pacientes con dolor de hombro, debilidad del manguito rotador y una estabilización dinámica deficiente. Este hecho se explica a partir del reconocimiento del papel del supraespinoso para deprimir la cabeza humeral al inicio de la abducción, oponiéndose al vector de fuerza resultante por la acción deltoidea (Abrams & Song, 2015) además de su participación, junto con los demás rotadores en la estabilización por medio del efecto compresivo en la glenoides (Rudolph et al., 2015)

Por otro lado, (Chen, Simonian, Wickiewicz, Otis, & Warren, 1999) sugieren que además del exceso de actividad del deltoides sin participación de los rotadores, la fatiga es una condición que contribuye a la migración de la cabeza del húmero hacia superior durante la elevación, contribuyendo al pinzamiento subacromial.

A pesar de los datos expuestos, es necesario aclarar que la actividad del deltoides en sí misma no es nociva, por el contrario es necesaria para la precisión en el direccionamiento del miembro superior hacia el objetivo. La condición patológica se presenta como resultado de múltiples circunstancias que aportan a la irritación del tejido y perpetuación de la alteración biomecánica. Por ejemplo, si se carece de un buen grado de actividad y participación del supraespinoso y demás rotadores, y si la cápsula posteroinferior está rígida la actividad del deltoides, sin duda, podría producir un ascenso vertical que impacte la cabeza humeral contra el acromion.

Así, el vector de fuerza generado a partir de su actividad es uno de los factores que cooperan a un síndrome doloroso, en vista de que no es conveniente disminuir su actividad, si resulta efectivo incrementar la actividad coordinativa del manguito de los rotadores, especialmente supraespinoso y elongar la cápsula, devolviendo a la región las condiciones miotensivas en las que funcionan adecuadamente.

3.5.7 Cápsula posteroinferior y mecanotransducción

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, la Art GH cuenta con una cápsula articular que recubre ambas superficies asegurando su contacto en un sistema cerrado. Se inserta medialmente del margen de la fosa glenoidea más allá del labrum y lateralmente se inserta en la circunferencia del cuello anatómico. Está compuesta por células sinoviales, fibroblastos y matriz extracelular, predominantemente de colágeno tipo I (Dashottar & Borstad, 2012). Los fibroblastos se incrustan en la matriz extracelular manteniendo la homeostasis entre la síntesis de colágeno y la degradación (Wang & Thampatty, 2006). La cápsula es relativamente delgada y

puede, por si misma, contribuir un poco a la estabilidad de la articulación (Peat et al., 2009).

Posee las regiones anterior, posterior y el receso o pliegue axilar. (Katsas, 1989) describió una porción superior que junto con el ligamento glenohumeral superior son importantes en el refuerzo de la porción superior de la articulación, oponiéndose a las fuerzas gravitatorias que influyen sobre la misma.

En adición a lo mencionado previamente, la porción anterior está fortalecida por la inserción de los ligamentos glenohumerales y tendón del subescapular, la región inferior es una zona débil, muy laxa y pierde tensión con el brazo en aducción; por tanto se tensa y estira con movimientos de elevación del brazo (Como se cita en Peat, 2009). La cápsula inferior se extiende del borde medial de la glenoides hasta la porción lateral de la cabeza humeral, y desde el tendón del bíceps superiormente hasta la banda posterior del ligamento glenohumeral inferior, juntos refuerzan la cápsula posteroinferior. (Dashottar & Borstad, 2012).

Se ha observado que el patrón general de las fibras de colágeno es de manera circular y radial (Gohlke, Essigkrug, & Schmitz, 1994); las primeras se orientan en dirección superior-inferior y comprende la capa más superficial. Las fibras radiales se orientan en sentido medial-lateral, se encuentran en las hojas más profundas y son más fuertes que las fibras circulares. En la cápsula posteroinferior se observa claramente un patrón de fibras circulares orientadas a 90° más evidente a nivel del ligamento glenohumeral inferior, sugiriendo que esta región puede soportar grandes cargas tensiles, por lo que se le atribuye un papel importante en las condiciones de carga multiaxiales durante el movimiento de hombro (Dashottar & Borstad, 2012).

Estudios realizados por (Voyecheck, Rainis, McMahon, Weiss, & Debski, 2010) sugieren que las propiedades mecánicas de la cápsula son variables en hombres y mujeres.

Adicionalmente (Itoi, Grabowski, Morrey, & An, 1993) afirman que dichas propiedades capsulares son similares para las diferentes regiones en cuanto a valores de fuerza y de fallo, incluso para la cápsula posterior que es más delgada teniendo un espesor de un rango de 1.0mm a 2.5mm. A pesar de esta condición, la cápsula posterior presenta módulos de elasticidad y fuerza mayores que la anterior y superior (Dashottar & Borstad, 2012). De hecho, antiguos estudios así lo sugieren (Como se cita en Peat, Culham, & Wilk, 2009): En primer lugar, postulan que la cápsula posee mayor predisposición a estirarse que a romperse; su conformación es abundante en colágeno tipo I, un tipo especializado que posee mayor tolerancia a fuerzas de tracción, por tanto más resistente a las fuerzas tensiles a la que es sometida la cápsula. En segundo lugar, tras someter la cápsula a cargas mecánicas, se concluye que la predisposición al fallo es anteroinferiormente, confirmando que la cápsula posterior tiene propiedades especiales.

Al poseer propiedades significativas sobre la estabilidad, la alteración de sus condiciones elásticas tiene un efecto nocivo sobre la artrocinemática glenohumeral. (Harryman, Sidles, Lark, McQuade, Gibb, & Matsen, 1990) realizaron un estudio en modelos cadavéricos en el cual suturaron la cápsula posterior con 2 cm de superposición, evidenciando una restricción notable de la movilidad, con alteración de la artrocinemática. De igual forma, (Dashottar & Borstad, 2012) reconocen que la contractura de la capsula posterior puede causar alteración de la mecánica y dolor. Plantean la rigidez de estructuras posteriores como uno de los mecanismos que aportan al desarrollo del dolor de hombro, debido a que altera las translaciones de la cabeza humeral en el eje durante el movimiento, pudiendo ser responsables de contribuir a un pinzamiento secundario. Así mismo (Burkhart, Morgan, & Kibler, 2003) concluyen que la hipertrofia de la cápsula posteroinferior puede tener algunas propiedades en la estabilidad, pero también causa alteraciones cinemáticas escapulares. De manera repetitiva, la alteración puede

perturbar la relación longitud-tensión, produciendo un descenso de la fuerza y eficiencia de rotadores superiores de la escápula, incrementando el riesgo de pinzamiento. Esta rigidez o acortamiento es el resultado de la interacción de procesos celulares y mecánicos (Dashottar & Borstad, 2012). Es posible confirmar esta alteración mediante el examen físico, en el cual se evidencia una reducción del arco de movimiento en rotación interna y aducción horizontal. Este hallazgo positivo es atribuible a diversas causas, dichos mecanismos etiológicos están claros para personas que utilicen gestos de lanzamiento, sin embargo, en no lanzadores es aún desconocida.

En primer lugar, los tendones del manguito rotador se insertan en la cápsula, siendo difícil su diferenciación excepto en disecciones. Por tal motivo, un acortamiento de los rotadores puede comprometer las propiedades mecánicas de la cápsula (Sahrmann, 2005). El vínculo miofascial hace que además del enlace anatómico, posean una relación funcional, compartiendo labores de tolerancia a cargas y movimientos.

En segundo lugar, al analizar el gesto de lanzamiento, se hace evidente una fase de desaceleración, en la cual se requiere de la actividad excéntrica de los retractores escapulares, abductores horizontales y los rotadores externos, si esto se da adecuadamente la energía recibida por la cápsula será mínima (Thomas, y otros, 2011). En caso contrario, si el excéntrico de los rotadores no es suficiente para absorber la energía de desaceleración, puede incrementar la tensión de la cápsula aumentando sus requerimientos en la absorción de energía; dicha condición promueve adaptaciones fisiológicas compensatorias incluyendo la proliferación del tejido conectivo. Esta proliferación reactiva se da a partir del fenómeno de la mecanotransducción, esta es la propiedad del tejido de convertir estímulos mecánicos en procesos bioquímicos (Dunn & Olmedo, 2016). En dicho proceso a nivel celular, los cambios de carga mecánica captados por los fibroblastos alteran la expresión de las proteínas (Khan & Scott, 2009), generando como

consecuencia engrosamiento del tejido conectivo, rigidez y alteraciones mecánicas de la Art GH. Los atletas overhead presentan con frecuencia disminución de la rotación interna asociado a un aumento de la rotación externa del brazo lanzador. Este déficit se ha catalogado como GIRD (glenohumeral internal rotation deficit), autores sugieren que es el resultado de eventos repetitivos que se producen de manera adaptativa (Thomas, y otros, 2011)

En busca de encontrar una estrategia correctiva para la rigidez posterior y el GIRD, (Laudner, Spies, & Wilson, 2008) valoraron la influencia que tenía el sleeper stretch sobre la movilidad general del hombro, especialmente en rotación interna. El estiramiento se realiza con el usuario en decúbito lateral y brazo y codo inferolateral flexionados a 90°, se realiza una rotación interna llevando la palma de la mano en dirección a la superficie de la camilla, debe suprimirse compensaciones para solicitar la cápsula posterior. Los hallazgos revelan mejoras significativas en la movilidad de hombro con el uso constante de dicho estiramiento. Del mismo modo (Poser & Casonato, 2008) demostraron que el rango de movimiento mejora por medio del trabajo de flexibilización de los rotadores externos, confirmando la idea mencionada en párrafos anteriores.

En síntesis, la cápsula debe conservar un equilibrio y no exceder los límites de laxitud ni rigidez, es potencialmente nociva en caso de acortamiento, la cual puede ser una condición adaptativa a la incompetencia de los rotadores. De manera que en la medida que los rotadores posean un buen control excéntrico y se mantenga la cápsula con una buena longitud, se mantendrán los parámetros artrocinemáticos de la articulación glenohumeral, a partir del cual se construyen los pilares del movimiento eficiente y coordinado.

3.5.8 Hipo-hipermovilidad compensadora y relación con columna dorsal

Es una situación frecuente en el abordaje de afecciones musculoesqueléticas ver las causas de la disfunción de una manera muy regional, asumiendo como los factores causales de la sintomatología a estructuras periarticulares. Este enfoque ha generado que los esfuerzos ortopédicos y terapéuticos, en ocasiones, sean dirigidos al síntoma a partir de una valoración local, dejando a un lado los factores contribuyentes que subyacen la propia alteración sintomática.

Es importante reconocer que el síntoma no es más que la manifestación de una suma de circunstancias y condiciones estructurales y posicionales que generan una serie de compensaciones. Así, el sitio en el que el cuerpo no puede realizar un ajuste compensatorio, sea al inicio, recorrido o final de la cadena muscular o miofascial, generalmente es donde aparece el síntoma (Pilat, 2003) (Busquet, 2005). En este sentido el dolor debe ser visto como un sistema de alarma que indica que algo no va bien, más que como el foco de atención; hacerlo de este modo sería equivalente a desconectar el cable de la alarma que indica la detección de humo por un posible inicio de incendio. Con este modo de ver las cosas, adquiere sentido la idea de suprimir el fenómeno de sustitución desde su raíz para restablecer la armonía coordinativa, la simetría y la función adecuada.

Para estos fines deberán analizarse los componentes articular, muscular y miofascial. Al componente muscular se ha hecho alusión antes al exponer patrones de reclutamiento alterados y variaciones de protagonismo muscular, este apartado se centrará en el componente articular.

Acorde a lo anterior, (Cook, 2010) ha propuesto una forma de observar el movimiento por medio de las demandas articulares particulares; es el concepto de articulación por articulación (joint by joint). Cook afirma que el componente articular es conformado a manera de cadena,

donde cada articulación está organizada una sobre otra. Estas, además, están dispuestas de manera que una articulación con predisposición a la rigidez e hipomovilidad es seguida por una con tendencia a la inestabilidad, y este patrón se repite de manera sucesiva y alternada. Por tanto, según estas demandas específicas de las diferentes articulaciones deberán basarse las acciones terapéuticas; es decir, ofrecerle movilidad a las primeras, y estabilidad a las segundas.

En línea con el concepto citado, dicha distribución funcional conserva una relación de interdependencia, de manera que la hipomovilidad de una puede suponer la inestabilidad de su vecina al incrementar las demandas de manera compensatoria, es decir, haciéndole forzosamente hipermóvil. (Sahrmann, 2005) se refiere al respecto en términos de laxitud relativa, afirmando que el segmento menos rígido se mueve con más facilidad que los segmentos más rígidos, pudiendo incluso anteceder o acompañar simultáneamente al movimiento de la articulación principalmente involucrada en la acción.

Coherente a esto, la columna torácica y la escápula son núcleos articulares que tienden a perder movilidad, por el contrario la Art. glenohumeral pierde estabilidad. Entonces, si la Art. Glenohumeral está diseñada para ofrecer una gran movilidad, necesita ser entrenada para la estabilidad (Cook, 2010). Sin embargo, debido a su relación de interdependencia, su función no depende exclusivamente de sí misma, pudiendo ser perturbada por la hipomovilidad escapular y torácica o potenciada en caso de normalidad.

En primer lugar, los déficits de movilidad de la escápula generan una perturbación del ritmo escapulohumeral o escapula alada, factores que contribuyen a la pérdida del poder y limitación de flexión y abducción del miembro superior, pudiendo ser causante de dolor (Ludewig & Cook, 2000) (DeLee, 2015). Estos déficits de movilidad pueden ser secundarios a

alteraciones posicionales que pueden ser causadas por anomalías en la longitud y activación de musculatura escapulotorácica. Por ejemplo, una posición alterada en rotación medial puede deberse a acortamiento de romboides e insuficiencia activa del serrato anterior (Sahrman, 2005), como resultado, puede generar una báscula externa deficiente que obligue a la Art. GH a exceder los 120° de elevación que le corresponden para completar el rango en flexión y abducción (Kapandji, 2006), forzando la cápsula y, probablemente, impactando con el acromion y ligamento coracoacromial (Lewis J. , 2009). Esta rotación medial puede ser reforzada por el acortamiento o aumento de actividad del pectoral menor e inhibición del trapecio inferior (Kluemper et al., 2006), añadiendo además un componente de inclinación anterior que orienta el acromion en una posición perjudicial para la Art. GH (Borstad & Ludewig, 2005) (Borstad J., 2008) (Castelein, B. el al., 2016).

En segundo lugar, es importante recordar que el movimiento completo del hombro se genera de un modo cooperativo y a partir de la participación de diversas articulaciones que actúan en función del movimiento general del hombro. (Kapandji, 2006) sugiere que durante la abducción se da un movimiento glenohumeral aislado de 0°-60°, seguidamente de 60°-120° requiere participación de la Art. escapulotorácica y finalmente, para completar el rango de movimiento se requiere de inclinación de tronco hacia el lado opuesto. (Crawford & Jull, 1993) postulan que la flexión bilateral del hombro requiere de 15° de extensión torácica, mientras que la flexión unilateral precisa de 9° (Stewart, Jull, & Willems, 1995) demostrando una contribución al movimiento normal del hombro, que en casos de hipomovilidad, se supone podría afectar la función y condicionar parcialmente la sintomatología glenohumeral.

Ahora bien, si se observa detalladamente, la hipercifosis genera una convexidad posterior mayor, haciendo menos adaptable la superficie anterior (fosa subescapular) a la reja costal,

motivo por el cual el ángulo inferior u otra región podría no estar en contacto. De hecho, se ha hipotetizado que el aumento de la cifosis torácica puede asociarse con mayor inclinación anterior escapular (Borstad J. , 2006), mayor protracción y rotación inferior (Otoshi, y otros, 2014), influenciar y alterar la relación del manguito rotador a nivel de su inserción (Michener, McClure, & Karduna, 2003) y puede alterar la relación de longitud-tensión de los músculos insertados en la escápula (Grimsby & Gray, 1997). Estos parámetros alterados pueden ser precursores, no sólo de hipomovilidad articular, sino de alteración del patrón de reclutamiento muscular, perturbando a su vez el componente articular y muscular. Estos conjuntamente restan eficacia al estímulo somatosensorial y de retroalimentación para generar un movimiento eficaz y adecuado, se producen entonces acciones con movilidad inadecuada, sinergistas parásitarios y múltiples compensaciones que alteran el control motor e influyen la red fascial a modificar su constitución (Schleip, 2012).

En busca de establecer una relación (Yamamoto, Takagishi, Kobayashi, Shitara, Takasawa, & Shimoyama, 2015) estudiaron la prevalencia de lesiones de manguito rotador en 525 personas, las cuales tenían posturas de alineamiento ideal, cifolordótico, espalda plana y sway back. Los resultados revelan que en la postura ideal la prevalencia fue de 2.9% y en cifolordótica de 65.7%. Estos resultados permiten afirmar que los déficits de movilidad torácica pueden conservar una relación directa con la sintomatología glenohumeral en el sentido que comprometen su movilidad. Así lo confirman (Theisen, van Wagenveld, Timmensfeld, Efe, Heyse, & Fuchs-Winkelmann, 2010) quienes encontraron mayor restricción segmentaria de la columna torácica en pacientes con pinzamiento. (Kabaetse & McClure, 1999) determinaron que el rango de movilidad activa es mayor en postura erecta en comparación con la cifótica. Igualmente (Meurer, Grober, Betz, Decking, & Rompe, 2004) encontraron hipomovilidad torácica en personas con

pinzamiento. Coherente con esto (Kanlayanaphotporn, 2014) concluye que la disminución de la cifosis torácica permite mejorar la flexión, abducción y rotación externa del hombro.

A pesar de los datos expuestos, no es posible dar una conclusión definitiva acerca de la contribución de los déficits de movilidad torácica en la sintomatología del hombro. Actualmente no hay estudios que valoren los síntomas con la modificación de la cifosis torácica, así que el dolor no puede ser atribuible aisladamente a dicha condición. Sin embargo, la ausencia de conclusiones determinantes puede ser debido a debilidad metodológica que limitan los estudios, lo cierto es que si constituye uno de los factores contribuyentes del dolor de hombro que, como se ha mencionado, son multifactoriales. Por otro lado la disminución de cifosis torácica demuestra cambios significativos en la función y AMA del hombro, haciendo posible inferir de manera objetiva y práctica que posee influencia directa. Así que, además de las sobrecargas mecánicas, desordenes coordinativos, retracciones capsulares, cambios degenerativos, estilos de vida y aspectos genéticos, las manifestaciones dolorosas del complejo articular del hombro pueden verse influenciadas por la hipomovilidad escapular y torácica.

3.5.9 Dolor de hombro y su relación con la columna cervical

La columna cervical está formada por 7 vértebras y los discos que entre ellas se interponen, en conjunto forman un canal central donde se encuentra la médula espinal, y a partir de esta salen 8 raíces nerviosas, de las cuales 5 contribuyen a la formación del plexo braquial. El plexo es el resultado de una serie de anastomosis que se disponen progresivamente en raíces, troncos primarios, divisiones y fascículos o cordones terminales y son responsables de la inervación sensitivo-motora del miembro superior a través de sus ramos terminales y ramas colaterales. En

este sentido, posee capacidad para influenciar los tendones, músculos y ligamentos de toda la extremidad responsables del movimiento, por tanto puede facilitar o restringir el movimiento en función de su integridad estructural o su compromiso o daño. De igual forma, las estructuras vasculonerviosas deben atravesar la zona cervical para llegar al miembro superior a dar su suministro (Fox, Gelfand, & Rutkowski, 1994), de modo que algún sitio de compresión disminuye el suministro de sangre, lo que genera déficits de aporte de nutrientes necesarios para una actividad muscular eficiente, esta condición puede traducirse en debilidad y disminución de función.

Coherente con esto, el plexo braquial es susceptible a los atrapamientos en su excursión hacia el miembro superior, donde encuentra sus músculos diana. Los sitios más frecuentes de compresión se encuentran a nivel de los agujeros transversos, en el espacio interescalénico, en la abertura torácica superior en relación con la primera costilla o en el espacio sub pectoral menor (Gerstner & Gerstner, 2011). La presión mecánica ejercida sobre la raíz, independientemente del nivel, puede generar debilidad, déficits sensoriales y dolor en niveles inferiores a la compresión (Fox et al., 1994). En radiculopatías cervicales con frecuencia el dolor precede o es acompañado por irradiación del dolor siguiendo un patrón radicular, es decir, en el recorrido del dermatoma. Este dolor irradiado, por otro lado, puede tener origen miofascial, puntos gatillo, tensión muscular, entre otros factores. Uno de los más comunes es estrechamiento de los agujeros transversos, esta disfunción incluye condiciones agudas como hernias discales o crónicas como espondilosis y estenosis debido a cambios artrósicos (Manifold & McCann, 1999). Los cambios artrósicos son un fenómeno relativamente común, según (Boden, McCowin, & Davis, 1990) casi todas las personas mayores de 40 años tienen evidencia de degradación discal cervical, por lo cual conforme aumenta la edad se posee mayor predisposición a tener trastornos

musculoesqueléticos cervicogénicos. Así, es tal la relación que posee la región cervical con posibles manifestaciones dolorosas en el complejo articular del hombro, que 1 de cada 10 pacientes diagnosticados con radiculopatía cervical presentan además patologías de hombro (Cannon, Dillingham, & Miao, 2007)

En este sentido, los síndromes dolorosos de hombro de origen cervical que ocurren con mayor frecuencia se deben a lesiones o compromiso del nervio supraescapular, torácico largo, axilar, accesorio espinal y musculocutáneo (Safran, 2004). En caso de compromiso traumático la severidad de las manifestaciones clínicas incrementa de neuropraxia a axonotmesis y neurotmesis (Fox, Gelfand, & Rutkowski, 1994).

Existen test clínicos para confirmar o descartar la zona cervical como origen de síntomas referidos al hombro. El test de Jackson, según (Backup & Backup, 2013), también conocido como Spurling, según (Gerstner & Gerstner, 2011); consiste en que el paciente con el cuello en extensión e inclinación lateral, es aplicada una carga compresiva axial por el examinador. Es positivo si el usuario manifiesta presencia de sintomatología. (Tong, Haig, & Yamakawa, 2002) afirman que el test no es muy sensible, pero si es muy específico para radiculopatía cervical. Adicionalmente (Shah & Rajshekhar, 2004) sostienen que el Spurling test posee alta sensibilidad y especificidad para predecir y diagnosticar un prolapso lateral cervical del disco.

Además de estos test compresivos, existen test neurodinámicos, los cuales mediante posicionamiento del miembro superior ponen en tensión los nervios del segmento, facilitando, según la respuesta obtenida, la confirmación de atrapamientos nerviosos. Para no entrar en descripciones extensas que pueden tornarse poco comprensibles, se sugiere al lector recurrir a la literatura, donde se encuentran con detalle teoría y práctica de la neurodinámica (Butler, 2009)

Finalmente, además de trastornos degenerativos que pueden generar compresión de las raíces y acortamientos musculares que pueden comprometer el nervio periférico en su recorrido, (Lewis, Green, & Wright, 2005) hipotetizan que la postura puede influenciar la mecánica y sintomatología del hombro. Estudiaron 60 pacientes con pinzamiento y la relación directa con sus posturas. Tras el análisis determinaron que poseían disfunción cervicotorácica postural; esta disfunción comprende incremento de lordosis lumbar, hipercifosis y flexión de segmentos inferior y medio de la columna cervical, además de hiperextensión del segmento suboccipital. Así, por medio de esta descripción superficial y general, se exponen algunas ideas que sugieren la relación de interdependencia entre la zona cervical y hombro.

3.5.10 Déficit somatosensorial y control motor en relación a la estabilidad funcional

Cuando se presentan alteraciones de la función del complejo articular del hombro, sean producto de intervenciones quirúrgicas o sucesos traumáticos, los objetivos de tratamiento recaen sobre el restablecimiento de las condiciones mecánicas, es decir, garantizar que las estructuras adquieran una conformación lo más similar posible a estadíos previos a la lesión. Este enfoque mecánico puede reestablecer la función y ser suficiente en personas quienes sus demandas específicas son bajas, sin embargo, en personas con requerimientos más elevados, como en el deporte o frente a demandas laborales más dinámicas, se necesita de un trabajo neuromuscular complementario. Esta idea adquiere valor al comprender que posterior a períodos de inmovilización, desuso o traumas que alteren la estructura de los tejidos, estos sufren un fenómeno de desaferenciación parcial, por tanto la información sensorial proveniente de los mismos es más pobre y, en consecuencia, la respuesta eferente lo será igualmente. Así lo afirman

(Lephart & Henry, 1996), quienes realizaron una propuesta del paradigma de la estabilidad funcional del hombro. En ella se explica que la lesión de las estructuras de estabilización capsuloligamentarias y musculotendinosas causadas por mecanismos traumáticos o no traumáticos puede comprometer la estabilidad. Esto genera una disrupción de las estructuras de estabilización mecánica disminuyendo la estimulación de mecanorreceptores. Entonces la respuesta eferente es deficiente y la contribución sensoriomotora a la estabilidad también, provocando que el circuito de retroalimentación motora se vea perturbado por la relativa ineficiencia de sus componentes y produzca, de manera residual, alteraciones de la estabilidad y función debido al déficit neuroperceptivo.

Acorde a esta afirmación, la estabilidad de una articulación es proporcionada por varios factores: En primer lugar, por un lado se encuentran los factores mecánicos estáticos, este grupo es conformado por la geometría ósea, la presión negativa intra-articular, el labrum glenoideo y resistencias capsulo-ligamentarias, y por otro lado factores dinámicos como las estructuras musculo-tendinosas. Sin embargo, la acción coordinada de factores dinámicos como musculatura escapulotorácica y escapulohumeral no son suficientes para mantener la articulación secundario a una pérdida del soporte estático (Hoffman, Hughes, Riddle, & Ross, 2009). En segundo lugar, se encuentra el sistema sensoriomotor (Myers, Wassinger, & Lephart, 2009), este es el encargado de mediar la relación entre dichos factores estáticos y dinámicos por medio de mecanismos de integración central y motora, su adecuada interacción promueve condiciones neuromusculares y propioceptivas eficaces para optimizar la calidad del movimiento.

Hay un asunto importante para mencionar, y es que comúnmente se presentan confusiones en términos de sistema sensorial, control neuromuscular y propiocepción; si bien contribuyen

simultáneamente para lograr mejorar la calidad de movimiento, no son sinónimos. En busca de clarificar su naturaleza y función se revisarán las diversas concepciones:

El sistema sensoriomotor es un sistema biológico complejo que controla las contribuciones de los receptores periféricos, sistemas visual y auditivo para lograr la estabilidad funcional articular (Riemann & Lephart, 2002). Dicha información aferente es procesada en centros nerviosos superiores, generando respuestas y modificaciones en los mencionados factores estáticos y dinámicos, proporcionando y manteniendo unas condiciones articulares adecuadas. Para tales fines, el cuerpo cuenta con dos formas de sistemas de control que funcionan a partir de la información visual y auditiva recibida; son el feedback o retroalimentación y feedforward o anteroalimentación.

El control de retroalimentación o feedback es caracterizado por un procesamiento continuo de información aferente, este proporciona un control de la respuesta sobre una base de momento a momento (Kandel, Schwartz, & Jessell, 1991). Dicho de otro modo, este sistema describe las acciones que ocurren en respuesta a una detección sensorial o efectos directos sobre la llegada de eventos o estímulos al sistema sensorial (Collins & De Luca, 1993) de esta forma y como resultado, ejecuta una respuesta correctiva luego de la detección sensorial. Por el contrario, la información aferente durante el control de feedforward es usado de manera intermitente mientras el control de feedback ha iniciado (Kandel et al., 1991), describen acciones que ocurren una vez la identificación o inicio de evento o estímulo, es decir, son acciones anticipatorias después de la detección sensorial. Ambos sistemas coinciden en que se nutren, igualmente, de los sistemas visual, auditivo y somatosensorial para optimizar el control motor durante actividades, sin embargo, los métodos de información se procesan diferente (Ghez, 1991). Lo cierto, es que dichos mecanismos reflejos cumplen un papel fundamental para compensar la inestabilidad a

partir del procesamiento de la información desde y a partir del estímulo de los mecanorreceptores, transmisión neural, integración de señales eferentes por el SNC, la activación muscular y producción de fuerza (Riemann & Lephart, 2002). De hecho, el daño en la estabilidad del hombro puede causar disminución o ausencia de información de retroalimentación o feedback, el resultado es una inhabilidad para percibir el sentido de posición durante actividades.

Coherente con esto Smith y Brunolli (Como se cita en Paine & Hariri, 2015) observaron déficits en la cinestesia del hombro y posición articular en sujetos con inestabilidad recurrente del hombro. (Collins & De Luca, 1993) sugieren que ambos mecanismos coexisten durante el mantenimiento de la postura, a pesar de que no hay estudios disponibles para valorar los dos sistemas en otras actividades, es razonable inferir que en tareas más complejas también lo están, incluso en mayor proporción.

El control neuromuscular ha sido relacionado frecuentemente con el control motor, es la activación inconsciente de resistencias dinámicas ocurridas en preparación y respuesta al movimiento articular y cargas aplicadas para el mantenimiento y restablecimiento de la estabilidad articular funcional (Riemann & Lephart, 2002). Este subyace las actividades de control motor y actúa de manera contributiva, por tanto no es una tarea sencilla separarlas; deben trabajar sinérgicamente para lograr el objetivo. Así, el control motor es un movimiento involuntario, organizado subcorticalmente que resulta en habilidades bien aprendidas ejecutadas de manera inconsciente (Como se cita en Hoffman, Hughes, Riddle, & Ross, 2009)

La propiocepción es la información aferente que proviene de los segmentos más periféricos del cuerpo que contribuyen a la estabilidad articular, control postural y control motor (Myers et al., 2009). Esta se da a partir de los mecanorreceptores y neuronas periféricas aferentes presentes en tendones, músculos, fascias, cápsula articular, ligamentos, y los exteroceptores de la piel que

recubre la articulación. Según (Sherrington, 1906) la propiocepción comprende la restauración de la estabilidad del cuerpo completo o de segmentos, denominándolas estabilidad postural y estabilidad articular respectivamente. Este efecto es beneficiado por la información captada por sus tres modalidades: La sensación de movimiento (cinestesia), el sentido de posición articular y la sensación de resistencia (fuerza), dichos estímulos son procesados en diferentes niveles. El primer nivel es la médula espinal, la información aferente viaja desde la periferia a través de ella e igualmente transmite la respuesta descendente para regular el sistema motor gamma, este es fundamental en la actividad muscular refleja y rigidez. Esta rigidez es la resistencia generada por el tejido, articulación o miembro frente a cargas o cambios de posición, constituye la primera línea de defensa para la estabilidad cuando se aplican cargas a la articulación y puede disminuir el tiempo de latencia de la respuesta frente a la perturbación (Riemann & Lephart, 2002). El segundo nivel es alcanzado a través de tractos medulares espinocerebelosos ventral y dorsal. El cerebelo procesa información de posición articular, cambios de movimiento, tensión muscular, y fuerzas que actúan sobre el sistema musculoesquelético (Dye, 2000). De este modo, mediante sus circuitos de retroalimentación el cerebelo produce patrones de movimiento más eficientes como resultado del mejoramiento de previos errores. Finalmente, el tercer nivel de integración corresponde al córtex motor, es el sitio donde los estímulos captados por los receptores se hacen conscientes. Una vez hechos conscientes, el nivel cortical planifica, modula e inicia comandos motores por medio de tractos corticoespinales para producir el movimiento. Si estos circuitos funcionan adecuadamente en contribución a la estabilidad articular, el resultado serán respuestas reflejas rápidas de la musculatura periarticular que compensen de inmediato el movimiento excesivo entre las superficies articulares.

Acorde con lo mencionado, las contribuciones propioceptivas en el control motor pueden ser separada en dos categorías: La primera hace alusión al medio externo. Los programas motores deben ser ajustados ante perturbaciones o cambios del medio externo, frecuentemente se ha sugerido que dichos cambios se deben a entradas visuales, pero hay circunstancias en que la entrada propioceptiva es más rápida y precisa (Rienmann & Lephart, 2002). La visión tiene la utilidad destacable de proporcionar una imagen del ambiente para que el sistema propioceptivo ajuste y haga posible el movimiento, apoyado en los sistemas de feedback y feedforward. La segunda corresponde al papel de la información propioceptiva en la planificación y modificación de comandos motores generados internamente (Rienmann & Lephart, 2002). En este sentido el control motor es un proceso dinámico y cambiante, es plástico. Por tanto, a partir de las entradas sensoriales y su integración se generan modificaciones constantes que se traducen en comandos eferentes motores que modifican y mejoran los movimientos resultantes.

Así pues, el movimiento coordinado, eficiente, preciso y estable se construye a partir de un adecuado control motor, y este a su vez depende de la información somatosensorial recibida a partir de receptores periféricos. Este término somatosensorial es más global, hace alusión a los sentidos y abarca la información de los mecanorreceptores, termorreceptores y dolor provenientes de la periferia. (Sherrington, 1906) fue el pionero al referirse a la propiocepción, y reconoció desde sus inicios que esta se nutre, además de la información captada por mecanorreceptores como se ha mencionado, de los sistemas vestibular y visual. Así, la propiocepción hace parte de la información somatosensorial y está dada como consecuencia y en función de la misma. De este modo, en la medida que se tenga una mejor percepción del propio cuerpo mejor será la calidad del movimiento, por lo que además de requerir una buena

sensibilidad articular consciente se requiere de la discriminación de estímulos táctiles, térmicos y dolorosos que en definitiva, amplían la representación consciente del propio cuerpo.

En relación con lo mencionado, los mecanorreceptores son receptores sensoriales especializados responsables de percibir eventos mecánicos ocurridos en los tejidos y convertirlos en señales nerviosas (Riemann & Lephart, 2002). Estos juegan un papel fundamental en la regulación del tono muscular por medio de su influencia sobre el huso neuromuscular (Johansson, 1991). Esta idea es reafirmada por (Solomonow, Guanche, & Wink, 1996), quienes demostraron la presencia de reflejos presentes entre la cápsula y la musculatura periarticular en la Art. Glenohumeral de los felinos, deduciendo que los reflejos musculares pueden jugar un rol importante en la estabilización del hombro. Luego (Brindle & Shapiro, 1999) demostraron que existen arcos reflejos similares entre cápsula, deltoides, trapecio, pectoral mayor y manguito rotador en humanos, trazando una línea de investigación al respecto. Posteriormente (Riemann & Lephart, 2002) afirman que para darse una estabilización efectiva se requiere un tiempo de latencia menor, cerca de 75mseg ante sucesos traumáticos; se ha registrado ineficiencia de dichos sistemas con respuestas reflejas cortas y lentas de 110 mseg. Dichas conclusiones permiten afirmar que las acciones de estabilización tienen un carácter reflejo, por consiguiente, una articulación será más estable en la medida que el umbral de activación de su musculatura periarticular sea menor.

En concordancia con lo anterior, la lesión de las estructuras del complejo musculotendinoso y capsuloligamentario disminuye la estimulación de sus receptores, generando una disminución cualitativa aferencial que se traduce en respuestas lentas e insuficientes para labores de estabilización e inicia una cadena de sucesos perjudiciales: Primero, la inestabilidad altera el sentido de posición y sensación de movimiento (Riemann & Lephart,

2002), esta inestabilidad por si misma puede ser causa de dolor, además contribuir a la perpetuación del déficit propioceptivo y atracciones en la coactivación de musculatura coaptadora. Segundo, el dolor puede afectar mas aún la propiocepción. (Safran, Borsa, & Lephart, 2001) confirman este hecho en jugadores de baseball con dolor de hombro, quienes disminuyeron la propiocepción debido al incremento de actividad nociceptiva. Igualmente (Machner, Merk, Becker, Rohkohl K, & Pap, 2003) indican descenso de la sensación de movimiento en personas con pinzamiento grado II. Del mismo modo, (Myers, Hwang, Pasquale, Rodosky, YY, & Lephart, 2003) encontraron menor coactivación del subescapular-infraespinoso, supraespinoso-subescapular y supraespinoso-infraespinoso en personas con pinzamiento. Estos datos nos sugieren que la estabilidad funcional está dada por integridad estructural de factores mecánicos, pero posee un componente sensoriomotor altamente protagonista, que cuanto más deficiente, más evidente se hace la disminución de la función y estabilidad.

En este sentido la lesión produce, además del déficit de las resistencias mecánicas, alteración en los mecanorreceptores y alteraciones de la propiocepción. Consecutivamente se presentan trastornos de control neuromuscular y déficits funcionales de factores dinámicos; el resultado es la inestabilidad funcional (Myers et al., 2009). Así pues, la integridad estructural es la base pero requiere, además, de condiciones neuromusculares adecuadas que garanticen tasas de activación rápidas para hacer frente a las demandas impuestas por cargas externas aplicadas. Esta condición de coordinación intermuscular es absolutamente necesaria y entrenable.

A pesar de que actualmente no se cuenta con métodos de valoración directa para aislar la actividad de altos centros de integración de los centros de procesamiento, se ha empleado la EMG para determinar el tiempo de latencia en respuesta a perturbaciones articulares. Además, se han diseñado test para valorar cada uno de los componentes de la propiocepción (Rienmann, Myers,

& Lephart, 2002): En primer lugar, el sentido de posición articular se valora midiendo la exactitud de imitación de una posición propuesta por el examinador, esta puede ser ejecutada activa o pasivamente y en cadena cinética abierta o cerrada. En segundo lugar, la cinestesia o sensación de movimiento es testeada por medio de la medida del umbral de detección del movimiento pasivo y la dirección de dicho movimiento. Cuando este se mide a una velocidad angular lenta (entre 0,5 y 2,5° por segundo) se considera que estimula e forma selectiva los mecanorreceptores de Ruffini o Golgi (Prentice, 2009); estos proporcionan información de posición articular, presión negativa-intraarticular, detectan límites articulares y amplitud y velocidad de rotación articular (Myers et al., 2009). Además se cree que al realizar la prueba de forma pasiva, estimula al máximo los receptores de la articulación y a mínimo los receptores musculares (Prentice, 2009) adquiriendo especial valor para valorar actividad eferente posterior a una patología de ligamento. Finalmente, el sentido de tensión o percepción de fuerzas aplicadas se mide mediante la comparación de la capacidad de los sujetos para contrarrestar cargas impuestas por músculos en condiciones variables.

Ahora bien, la inestabilidad dinámica del hombro es el resultado de una mala flexibilidad, disminución o ausencia de la propiocepción y debilidad muscular (Hoffman, Hughes, Riddle, & Ross, 2009), por tanto los ejercicios terapéuticos direccionados a mejorar la estabilidad están dirigidos al refuerzo y normalización de dichos aspectos. Por otro lado, los ejercicios de reeducación neuromuscular deben tener un papel protagónico en el programa de rehabilitación, los objetivos a alcanzar son ganar estabilidad proximal por medio del fomento escapular, mejorar control glenohumeral en posiciones y ángulos funcionales, realizar fortalecimiento excéntrico de rotadores externos, fortalecer mecanismos de aceleración y desaceleración, incluir cargas progresivas y lograr una adecuada flexibilidad de la cápsula. Los ejercicios de estabilización

pueden hacerse en cadenas cinéticas tanto abiertas (CCA) como cerradas (CCC); la CCA facilita el control dinámico y sensibilidad cinestésica, mientras la CCC mejora la estabilidad estática y facilita la compresión de la cápsula estimulando propioceptores neuromusculares para el control estático (Hoffman et al., 2009).

Con los mismos fines y de manera conjunta, se ha evidenciado que el empleo de técnicas de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva(FNP), como la estabilización rítmica, ofrecen una herramienta valiosa para lograr coactivaciones que reduzcan el tiempo de respuesta bioeléctrico del músculo frente a perturbaciones. Se sugiere, por ejemplo, aplicar resistencia manual utilizando co contracciones de rotadores externos e internos empleando inversión de antagonistas, inversiones de estabilización o estabilización rítmica. Adicionalmente pueden hacerse con brazo a 30° de abducción (posición de loose packed) y a 100° de elevación y 10° de abducción horizontal, rango beneficioso porque el vector de fuerza resultante del manguito rotador y deltoides producen compresión de la cabeza humeral (NK & Walker, 1978). También debe considerarse promover la coordinación interescapular como objetivo relevante, realizando trabajos coordinativos y conjuntos entre ambos hemicuerpos favoreciendo patrones de movimiento más funcionales. En este punto es útil considerar los sistemas cruzados del tronco y su continuidad anatómica y funcional con los miembros inferiores, a partir de esto el diseño de ejercicios adquiere un enfoque más integrador y más interdependiente donde se prioriza en la potenciación sinérgica de la musculatura responsable de la estabilidad regional.

En conclusión, la estabilidad articular no es una propiedad que depende exclusivamente del componente capsuloligamentario o musculotendinoso, más bien, es el resultado de la función sinérgica de receptores sensoriales en función del sistema sensoriomotor, control neuromuscular y propiocepción para garantizar la homeostasis articular. Es destacable la relevancia que posee

una buena detección periférica por parte de los mecanorreceptores para la percepción de modificaciones de la tensión, presión y longitud de tejidos articulares y musculares, aferencias sensitivas que aportan a ampliar la experiencia sensoriomotora. Es este sistema somatosensorial quien administra, coordina y dirige procesos de estabilización a partir de las condiciones estructurales que se poseen de base. De este modo, la integridad estructural no es sinónimo de una función eficaz y son las apropiadas condiciones neuromusculares la esencia que subyace la estabilidad funcional.

CAPITULO 4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y DISCUSIÓN

4.1 Discusión de los resultados.

- El dolor regional de hombro es un indicativo de que el equilibrio coordinativo de musculatura toracoescapular, escapulohumeral y las relaciones articulares de una parte o todo el complejo están perturbadas.
- Los déficits de movilidad pueden incrementar las demandas mecánicas de otras estructuras contráctiles o de soporte pasivo de manera compensatoria.
- Reestablecer los déficits de movilidad favorece una mayor estimulación de los mecanorreceptores periféricos, enriqueciendo igualmente las respuestas eferentes y optimizando la calidad del movimiento.

- Una posición alterada de la escápula genera cambios en la actividad muscular que puede crear demandas mecánicas a tejidos y estructuras que no le corresponden, pudiendo irritarlas.
- Los músculos actúan por pares de fuerzas, donde cada cual debe desempeñarse en su labor, su actividad reducida genera fenómenos compensatorios que alteran las relaciones de agonistas-antagonistas y sinergistas.
- El acortamiento del pectoral menor y mayor, dorsal ancho y la cápsula posterior poseen una influencia alta para la generación y perpetuación de síntomas glenohumerales.
- La hipoactividad del trapecio inferior y medio, romboides, serrato anterior, supraespinoso, subescapular, infraespinoso y redondo menor restan eficacia al mecanismo de estabilización activo y depresor de la cabeza humeral, por lo que aumenta el riesgo de lesión y sintomatología.
- La hiperactividad del pectoral mayor puede inhibir recíprocamente al subescapular.
- La hiperactividad del pectoral menor puede inhibir recíprocamente al trapecio inferior
- La hiperactividad del deltoides posterior puede inhibir recíprocamente al supraespinoso
- La hiperactividad del trapecio superior puede inhibir recíprocamente al serrato anterior
- Los limitantes miofasciales generan restricciones de movimiento y reducen el estímulo propioceptivo.
- El cuerpo obedece a las leyes de economía, equilibrio y no dolor, por tanto realizará los ajustes compensatorios necesarios para la supresión del síntoma a expensas del equilibrio estructural.
- El equilibrio estructural no es garantía de buena función si no es respaldada por un buen control motor

- El pilar fundamental para direccionar un proceso de rehabilitación adecuado es la valoración de sistemas miofascial, articular, muscular y sensoriomotor.
- La valoración debe revelar cuáles son los factores contribuyentes de la disfunción para neutralizarlos.
- Parte de la valoración es indagar qué actividades de la vida diaria son responsables de la instauración de alteraciones posturales o hábitos que actúen como contribuyentes o agravantes.
- El mejor modo de ofrecer resultados duraderos es proporcionar al usuario la oportunidad de mejorar su calidad de movimiento a través de reeducación somatosensorial.
- Los fenómenos de compensación siguen la lógica de un efecto dominó, donde de manera sucesiva y progresiva, se desordena el equilibrio coordinativo a lo largo de las cadenas musculares.
- De manera secundaria a la instauración de patrones de movimiento alterados, sobreviene modificación de la red fascial limitando cualidades propioceptivas.
- El proceso terapéutico debe fomentar patrones coordinativos en coactivación con musculatura de tronco y miembros inferiores.
- El proceso terapéutico debe implementar estrategias que promuevan una adecuada coordinación interescapular.

CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- Los principales aspectos clínicos que permiten identificar las causas primarias de la disfunción regional del complejo articular del hombro son la observación, el examen postural, la identificación de alteraciones posicionales de la escápula y las estructuras responsables, los test de longitud para músculos biarticulares, test de longitud y fuerza para músculos estabilizadores, conocimiento de gestos nocivos en vida laboral, cotidiana y durante el sueño, pruebas de sensibilidad y déficit propioceptivo y valoración de columna cervical en casos de dolor referido.
- Los factores biomecánicos más relevantes en la inestabilidad, disfunción y sintomatología glenohumeral son el déficit de rotación interna, desequilibrio entre el serrato anterior y el romboides, entre el trapecio inferior y trapecio superior, la incompetencia o acortamiento de los rotadores externos de hombro, la dominancia del pectoral mayor sobre el subescapular, el acortamiento del pectoral menor, dominancia del deltoides posterior sobre el supraespinoso, descoordinación de los sistemas cruzados del tronco, hipercifosis dorsal e hipomovilidad rotacional, malos hábitos posturales y de movimiento.
- Los factores artrocinemáticos más relevantes en la inestabilidad, disfunción y sintomatología glenohumeral incluyen la retracción de la cápsula posterior, alteración de los desplazamientos de los centros instantáneos de rotación debido al acortamiento de músculos toracohumerales, debilidad y déficit coordinativo de los estabilizadores y pobre control propioceptivo.

- Los factores de control motor más relevantes en la inestabilidad, disfunción y sintomatología glenohumeral comprenden déficits de movilidad torácica, glenohumeral y escapular, pobre estímulo sensitivo y uso efectivo de mecanismos feedback y feedforward, además de sustituciones musculares parasitarias que no permiten realizar movimientos eficientes.

5.2 Recomendaciones.

- No asumir el hombro como una región cuyas alteraciones son unicasales, más bien, interesarse por valorar todo el complejo articular e identificar el foco de disfunción.
- Considerar que las disfunciones pueden ser de origen miofascial, articular, muscular, neural o coordinativas.
- Tener en cuenta los factores contribuyentes para la programación de las sesiones de tratamiento.
- Direccionar las secciones siguiendo una línea de objetivos correctivos establecidos en función de devolver el equilibrio al usuario.
- Considerar la individualidad del usuario y respetar los tiempos de cicatrización, inmovilidad y avances particulares.
- Indagar sobre los hábitos, estado psicoemocional e historia del paciente.
- Es importante considerar que las demandas varían según el entorno, por tanto el movimiento y los generadores del mismo se adaptan en función quehacer diario. Así, al ser distinto el entorno colombiano y nuestro biotipo, se requiere igualmente estudios en nuestra población para comprender los agentes causales y ofrecer una estrategia efectiva para compensarlos.

CAPITULO 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ANEXOS

6.1 Bibliografía.

Abrams, J., & Song, F. (2015). Subscapularis Injury. En J. C. DeLee, *Orthopaedic sports medicine: Principles and practice* (págs. 602-613).

Antonio, G., & Griffith, J. (2007). First-time shoulder dislocation: High prevalence of labral injury and age-related differences revealed by MR arthrography. *J Magn Reson Imaging*, 983.

Backup, K., & Backup, J. (2013). *Pruebas clinicas para patologia ósea, articular y muscular: Exploración, signos y síntomas*. Ámsterdam: Elsevier Masson.

Balcom, W., & Pappas, A. (1995). *Musculotendinous sport injuries of the shoulder: Upper extremity injuries in the athlete*. New York: Chirchill Livingstone.

Bigliani, L., Pollock, R., Soslowsky, L., & al, e. (1992). Tensile properties of the inferior glenohumeral ligament. *J Orthop Res*, 187.

Boden, S., McCowin, P., & Davis, D. (1990). Abnormal magnetic-resonance scans of the cervical spine in asymptomatic subjects. S prospective investigation. *J Bone Joint Surg Am*, 1178-1990.

Boettcher, C., Ginn, K., & Cathers, I. (2009). The "empty can" and "ful can" test do not selective activate supraespinatus. *J Sci Med Sports*, 435-439.

- Borstad, D. J., & Ludewig, P. (2005). The effect of Long Versus Short Pectoralis Minor Resting Length on Kinematics in Healthy Individuals. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 206.
- Borstad, J. (2006). Resting position variables at the shoulder: evidence to support a posture impairment association. *Physical Therapy*, 549-557.
- Borstad, J. (2008). Measurement of pectoralis minor muscle length: validation and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther*, 169-174.
- Brindle, T., & Shapiro, R. (1999). Shoulder proprioception: Latent muscle reaction times. *Med Sci Sport*, 1394-1398.
- Burkhart, S., Morgan, C., & Kibler, W. (2003). The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy*, 641-661.
- Busquet, L. (2005). *Las cadenas musculares*. Barcelona: Paidotribo.
- Butler, D. (2009). *Movilización Del Sistema Nervioso*. Mexico: Paidotribo.
- Cailliet, R. (2006). *Anatomía funcional, biomecánica*. Madrid: Marbán Libros.
- Cailliet, R. (2006). *Función Articular*. Madrid: Marbán.
- Cannon, D., Dillingham, T., & Miao, H. (2007). Musculoskeletal disorders in referrals for suspected cervical radiculopathy. *Arch Phys Med Rehabil*, 1256-1259.
- Castelein, B., Cagnie, B., Parlevliet, T., & Cools, A. (2015). Serratus anterior or pectoralis minor: Which muscle has the upper hand during protraction exercises? *Manual Therapy*, 158-164.

- Castelein, B., Cagnie, B., Parlevliet, T., & Cools, A. (2016). Serratus anterior or pectoralis minor: Which muscle has the upper hand during protraction exercises. *Manual Therapy*, 158-164.
- Castro, A., & Turiele, S. (2015). *Introducción al movimiento*. Uruguay: Psicolibros.
- Chalmers, P., Cip, J., Trombley, R., Cole, B., Wimmer, M., Romeo, M., y otros. (2014). Glenohumeral Function of the Long Head of the Biceps Muscle. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*.
- Chen, S., Simonian, P., Wickiewicz, T., Otis, J., & Warren, R. (1999). Radiographic evaluation of glenohumeral kinematics: a muscle fatigue model. *J Shoulder Elbow Surg*, 49-52.
- Chester, R., Smith, T., Hopper, L., & Dixon, J. (2010). The impact of subacromial impingement syndrome on muscle activity patterns of the shoulder complex: A systematic review of electromyographic studies. *BMC Musculoskel Disord*, 45-57.
- Cibulka, M., Enders, G., & Jackson, A. (2015). The relationship between passive glenohumeral total rotation and the strength of the internal and external rotator muscles, a preliminary study. *Int J Sports Phys Ther*, 434-440.
- Collins, J., & De Luca, C. (1993). Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Exp Brain Res*, 308-318.
- Cook, G. (2010). *Movement: Functional movement systems: screening, assessment, and corrective strategies*. Aptos, CA: On Target Publications.

- Cools, A., Wityrouw, E., Declercq, G., Danneels, L., & Cambier, D. (2003). Scapular muscle recruitment patterns: Trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. *J Sports Med*, 542-549.
- Crawford, H., & Jull, G. (1993). The influence of thoracic posture and movement on range of arm elevation. *Physiotherapy Theory Practice*, 143-148.
- Dashottar, A., & Borstad, J. (2012). Posterior glenohumeral joint capsule contracture. *Shoulder Elbow*.
- Decker, M., Hintermeister, R., Faber, K., & Hawkins, R. (1999). Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *American Journal of Sports Medicine*, 784-791.
- Decker, M., Tokish, J., Ellis, H., Torry, M., & Hawkins, R. (2003). Subscapularis Muscle Activity during Selected Rehabilitation Exercises. *The American Journal of Sports Medicine*.
- DeLee, J. C. (2015). *Orthopaedic sports medicine: Principles and practice*. Pa: Saunders.
- Digioyine, N., Jobe, F., & Perry, J. (1992). The electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *J Shoulder Elbow Surg*, 15-25.
- Dufour, M. (2006). *Biomecánica funcional: Miembros, cabeza, tronco*. Barcelona: Masson.
- Dunn, S., & Olmedo, M. (2016). Mechanotransduction: Relevance to physical therapist Practice- Understanding Our Ability to Affect Genetic Expression Through Mechanical Forces. *Phys Ther*, 712-721.

- Dye, S. (2000). Functional anatomy of the cerebellum. En S. Lephart, & F. Fu, *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability* (págs. 31-36). Champaign, IL: Human Kinetics.
- EllenBecker, T., & Cools, A. (2010). Rehabilitation of shoulder impingement syndrome and rotator cuff injuries: an evidence-based review. *Br J Sports Med*, 44.
- Ferrari, D. (1990). Capsular ligaments of the shoulder. Anatomical and functional study of the anterior superior capsule. *Am J Sports Med*, 20-24.
- Fey, A., Dorn, V., Busch, B., Laux, L., Hasset, D., & Ludewig, P. (2007). Potential torque capabilities of the trapezius. *J Orthop Sports Phys Ther*, 44.
- Field, D., & Aguirre, A. (2004). *Anatomía: Palpación y localización superficial*. Barcelona: Paidotribo.
- Forriol, C., Marco, M., Vaquero, M., Carranza, B., & Traumatología, S. E. (2010). Manual de cirugía ortopédica y traumatología. En C. Forriol, M. Marco, M. Vaquero, & B. Carranza, *Manual de cirugía ortopédica y traumatología* (pág. 761). Madrid: Médica Panamericana.
- Fox, M., Gelfand, B., & Rutkowski, S. (1994). Cervicogenic shoulder pain. En K. Wilk, & J. Andrews, *The athlete shoulder* (págs. 351-361). New York: Churchill livingstone Elsevier.
- Ganderton, C., & Pizzari, T. (2013). A systematic literature review of the resistance exercises that promote maximal muscle activity of the rotator cuff in normal shoulders. *Shoulder Elbow Surg*, 120-135.

- Gerber, C., & Krushnell, R. (1991). Isolated rupture of the tendon of the subscapularis muscle. *J Bone Joint Surg*, 384-391.
- Gerstner, J., & Gerstner, J. (2011). *Semiología del aparato locomotor*. Bogotá: Librería Medica Celsus.
- Ghez, C. (1991). The control of movement. En E. Kandel, J. Schwartz, & T. Jesell, *Principles of Neural Science* (págs. 533-547). New York: Elsevier Science.
- Gohlke, F., Essigkrug, B., & Schmitz, F. (1994). The pattern of the collagen fiber bundles of the capsule of the glenohumeral joint. *J Shoulder Elbow Surg*, 111-128.
- Greis, P., Kuhn, J., Schultheis, J., Hintermeister, R., & Hawkins, R. (1996). Validation of the Lift-Off test and Analysis of Subscapularis Activity During Maximal Internal Rotation. *American Journal of Sports Medicine*.
- Grimsby, O., & Gray, J. (1997). Interrelation of the spine to the shoulder girdle. En R. Donatelli, *Physical therapy of the shoulder* (págs. 95-129). New York: Churchill Livingstone.
- Hadwick, D., Beebe, J., Mc Donell, M., & Lang, C. (2006). A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercises and other traditional exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*, 903-910.
- Harryman, D., Sidles, J., Lark, J., McQuade, K., Gibb, T., & Matsen, F. (1990). Translation of the humeral head on the glenoid with passive glenohumeral motion. *J Bone Surg Arm*, 1334-1343.

- Harvoj-Mihic, B., Bienvenu, T., Stefanacci, L., Muotri, A. R., & Semendeferi, K. (2013). Evolution, development, and plasticity of the human brain: from molecules to bones. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7,707.
- Hawkes, D. A., Fisher, A., Kemp, G., Roebuck, M., & Frostick, S. (2001). Normal shoulder muscular activation and co-ordination during a shoulder elevation task based on activities of daily living: an electromyographic study. *J Orthop Res*, 53-60.
- Hegedus, E., Goode, A., & Campbell, S. (2008). Physical examination tests of the shoulder: a systematic review with meta-analysis of individual tests. *Br J Sports Med*, 80-92.
- Hodges, P., & Tucker, K. (2011). Moving differently in pain: A new theory to explain the adaptation to pain. *Pain*, 90-98.
- Hoffman, S., Hughes, C., Riddle, G., & Ross, O. (2009). Neuromuscular Control Exercise for Shoulder Instability. En K. Wilk, M. Reinold, & J. Andrews, *The athlete's shoulder* (págs. 627-638). Philadelphia: Churchill Livingstone/Elsevier.
- Inman, V., Saunders, J., & Abott, L. (s.f.).
- Itoi, E., Grabowski, J., Morrey, B., & An, K. (1993). Capsular properties of the shoulder. *Tohoku J Exp Med*, 203-210.
- Jerosch, J., Castro, W., & Geske, B. (1990). Damage of the long thoracic and dorsal scapular nerve after traumatic shoulder dislocation: case report and review of the literature. *Acta Orthop Belg*, 625-627.
- Jhonson, G., Bogduk, N., & Nowitzke, A. (1994). Anatomy and actions of the trapezius muscle. *Clin Biomech*, 44-50.

- Johansson, H. (1991). Role of the knee ligaments in proprioception and regulation of muscle stiffness. *Electromyogr Kinesiol*, 158-179.
- Johnson, G., & Pandyan, A. (2005). The activity in the three regions of the trapezius under controlled loading conditions- and experimental and modelling study. *Clin Biomech*, 155-161.
- Johnson, G., Bogduk, N., Nowitzke, A., & House, D. (1994). Anatomy and actions of the trapezius muscle. *Clin Biomech*, 44-50.
- Kabaetse, M., & McClure, P. (1999). Thoracic position effect on shoulder range of motion, strenght, and three dimensional scapular kinematics. *Arch Phys Med Rehabil*, 945-950.
- Kadaba, M., Cole, A., Wooten, M., Mccann, P., Reid, M., & Mulford, G. (1992). Intramuscular wire electromyography of the subscapularis. *J Orthop Res*, 394-397.
- Kadaba, Mccann, P., Cordasco, F., & Ticker, J. (1994). An anatomic study of the subscapular nerves: a guide for the electromyographic analysis of the subscapularis muscle. *J Shoulder Elbow Surg*, 94-99.
- Kandel, E., Schwartz, J., & Jessell, T. (1991). The control of movement. En E. Kandel, J. Schwartz, & T. Jessell, *Principles of Neural Science* (págs. 533-547). New York: Elsevier Science.
- Kanlayanaphotporn, R. (2014). Changes in sitting posture a effect shoulder range of motion. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 239-243.
- Kapandji, I. A. (2006). *Fisiología articular: Esquemas comentados de mecánica humana*. Madrid: Panamericana.

- Khan, K., & Scott, A. (2009). Mechanotherapy: how physical therapists' prescription of exercise promotes tissue repair. *Br J Sports Med*, 247-251.
- Kibler, W. B., Sciascia, A. D., & Cunningham, T. (2008). Electromyographic analysis of specific exercises for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation. *Am J Sports Med*, 1789-1798.
- Kluemper, M., Uhl, T., & Hazelrigg, H. (2006). Effects of stretching and strenghtening shoulder muscles on forward shoulder posture in competitive swimmers. *J Sport Rehabil*, 58-70.
- Konrad, G., Jolly, J., Labriola, J., McMahon, P., & Debski, R. (2006). Thoracohumeral muscle activity alters glenohumeral joint biomechanics during active abduction. *J Orthop Res*, 748-756.
- Kreating, J., Waterworth, P., & Shaw-Dunn, J. (1993). The relative strengths of the rotator cuff muscles: A cadaver study. *J Bone Joint Surg*, 137-140.
- Kronberg, M., LA, B., & V, S. (1990). Retroversion of the humeral head in the normal shoulder and its relationship to the normal range of motion. *Clin Orthop Relat Res*, 112-117.
- kuhn, J., Plancher, K., & Hawkins, R. (1995). Scapular winging. *J Am Acad Orthop Surg*, 319-325.
- Laudner, K., Spies, R., & Wilson, J. (2008). The acute effects of sleeper streches on shoulder range of motion. *J Athl Train*, 359-363.
- Leong, H., Hug, F., & Fu, S. (2016). Increased upper trapezius muscle stiffness in overhead athletes with rotator cuff tendinopathy. *PLoS ONE*.

- Lephart, S., & Henry, T. (1996). The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *J Sport Rehabil*, 71-87.
- Lewis, J. (2009). Rotator cuff tendinopathy/subacromial impingement syndrome: is time for a new method of assessment? *Br J Sports Med*, 259-264.
- Lewis, J. (2015). Rotator cuff related shoulder pain: Assessment, management and uncertainties. *Manual Therapy*, 57-68.
- Lewis, J., Green, A., & Wright, C. (2005). Subacromial impingement syndrome: The role of postura and muscle imbalance. *J Shoulder Elbow Surg*, 385-392.
- Lorente, G. (2007). *Manual de miología: Descripción, función y palpación de las extremidades*. Amsterdam: Elsevier Masson.
- Ludewig, P., & Braman, J. (2010). Shoulder impingement: Biomechanical considerations in rehabilitation. *Manual Therapy*, 33-39.
- Ludewig, P., & Cook, T. (2000). Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther*, 276-291.
- Ludewig, P., Osowski, E., Meschke, S., & Rundquist, P. (2004). Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *Am J Sports Med*, 32:484e93.
- Machner, A., Merk, H., Becker, R., Rohkohl, K. W. H., & Pap, G. (2003). Kinesthetic sense of the shoulder in patients with impingement syndrome. *Acta Orthop Scand*, 85-88.
- Malanga, G., Jenp, Y., Growney, E., & An, K. (1996). EMG analysis of shoulder positioning in testing and strengthening the supraspinatus. *Med Sci Sports Exerc*, 661-664.

- Manifold, S., & McCann, P. (1999). Cervical radiculitis and shoulder disorders. *Clin Orthop Relat Res*, 105-113.
- Martin, R., & Fish, D. (2008). scapular winging: anatomical review, diagnosis and treatment. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 1-11.
- Matsen, F., Harryman, D., & Didles, J. (1991). *Mechanics of glenohumeral instability. Clinics in Sports Medicine: Basic Science and Clinical application in the Athlete's Shoulder*. Philadelphia: WB Saunders.
- McClure, P. e. (2012). Evaluation and managment of scapular dysfunction. *Sport Med Arthrosc Rev*, 20;39e48.
- McCluskey, G. M., & Getz, B. A. (2000). Pathophysiology of anterior shoulder instability. *J Athl Train*, 268-272.
- Meurer, A., Grober, J., Betz, U., Decking, J., & Rompe, J. (2004). BWS-mobility in the patients with an impingement syndrome compared to healty participants, and inclinometric study. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 142-144.
- Michener, L., McClure, P., & Karduna, A. (2003). Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clinical Biomechanics*, 369-379.
- Miralles Marrero, R., & Millares Rull, I. (2007). *Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor*. Barcelona: Masson.
- Morag, Y., Jamadar, D., Miller, B., & Jacobson. (2011). The subscapularis: anatomy, injury and imaging. *Skeletal Radiol*, 255-269.

- Moseley, J. J., Jobe, F., Pink, M., Perry, J., & J, T. (1992). EMG analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. *Am J Sports Med*, 128-134.
- Myers, J., Hwang, J., Pasquale, M., Blackburn, J., & Lephart, S. (2008). Rotator cuff coactivation ratios in participants with subacromial impingement syndrome. *J Sci Med Sport*.
- Myers, J., Hwang, J., Pasquale, M., Rodosky, YY, J., & Lephart, S. (2003). Shoulder muscle coactivation alterations in patients with subacromial impingement. *American College of Sports Medicine Annual Meeting*, 28-31.
- Myers, J., Wassinger, C., & Lephart, S. (2009). Sensorimotor Contribution to Shoulder Joint Stability. En K. E. Wilk, *The Athlete's Shoulder*.
- Netter, F. H., & Thompson, J. C. (2004). *Atlas práctico de anatomía ortopédica*. Barcelona: Masson.
- NK, P., & Walker, P. (1978). Forces at the glenohumeral joint in abduction. *Clin Orthop Res*, 165-170.
- O'Connell, N., Cowan, J., & Christopher, T. (2006). An investigation into EMG activity in the upper and lower portions of the subscapularis muscle during normal shoulder motion. *Physiother Res Int*, 248-151.
- Otoshi, Takegami, M., Sekiguchi, M., Onishi, Y., Yamazaki, S., Otani, K., y otros. (2014). Association between kyphosis and subacromial impingement. *Shoulder Elbow Surg*.

- Paine, R., & Hariri, T. (2015). Proprioception and joint dysfunction. En J. DeLee, & D. Drez, *Orthopaedic sports medicine: Principles and practice* (págs. 410-416). Philadelphia, PA : Elsevier/Saunders.
- Park, H., Yokota, A., Gill, H., El Rassi, G., & McFarland, E. (2005). Diagnostic accuracy of clinical tests for the different degrees of subacromial impingement syndrome. *J Bone Joint Surg AM*, 1446-1455.
- Pearl, M., Perry, J., Torburn, L., & Gordon, L. (1992). An electromyographic analysis of the shoulder during cones and planes of arm motion. *Clin Orthop Relat Res*, 116-127.
- Peat, M., Culham, E., & Wilk, K. (2009). Functional Anatomy of the Shoulder Complex. En K. Wilk, M. Reinold, & J. Andrews, *The Athlete's Shoulder* (págs. 1-14). Philadelphia: Churchill Livingstone/Elsevier.
- Pennock, A., Pennington, W., Torry, M., Decker, M., Vaishnav, S., Provencher, M., y otros. (2011). The influence of arm and shoulder position on the bear-hug, belly-press, and lift-off test: An electromyographic study. *Am J Sports Med*.
- Phadke, V., Camargo, P., & Ludewig, P. (2009). Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Rev Bras Fisioter*, 1-9.
- Phillips, N. (2014). Tests for diagnosing subacromial impingement syndrome and rotator cuff disease. *Shoulder & Elbow*, 215-221.
- Pilat, A. (2003). *Terapias miofasciales: Inducción miofascial*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

- Piraua, A., Pitangui, A., Silva, J., Pereira dos Passos, M., Alves de Oliveira, V., Batista Lda, S., y otros. (2014). 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*, 675-681.
- Poser, A., & Casonato, O. (2008). Posterior glenohumeral stiffness: capsular or muscular problem? A case report. *Man Ther*, 165-170.
- Potau, J., Bardina, X., Ciurana, N., Camprubí, D., Pastor, J., de Paz, F., y otros. (2009). Quantitative Analysis of the Deltoid and Rotator Cuff Muscles in Humans and Great Apes. *Int J Primatol*, 697-708.
- Prentice, W. (2009). *Técnicas de Rehabilitación en Medicina Deportiva*. Barcelona: Paidotribo.
- Ratcliffe, E., Pickering, S., & McLean, S. (2014). Is there a relationship between subacromial impingement syndrome and scapular orientation? A systematic review. *Br J Sports Med*.
- Ravindram, M. (2003). Two cases of supraescapular neuropathy in a family. *Br J Sports Med*, 539-541.
- Reddy, A., Mohr, K., Pink, M., & Jobe, F. (2000). Electromyographic analysis of the deltoid and rotator cuff muscles in persons with subacromial impingement. *J Shoulder Elbow Surg*, 519-523.
- Reinold, M., Macrina, L., Wilk, K., Fleisig, G., Shouchen, D., Barrentine, S., y otros. (2007). Electromyographic Analysis of the Supraespinatus and Deltoid Muscles During 3 Common Rehabilitation Exercises. *Journal of Athletic Training*, 464-469.
- Ricard, F., & Sallé, J. L. (2003). *Tratado de Osteopatía*. Madrid: Médica Panamericana.

- Riemann, B., & Lephart, S. (2002). The Sensoriomotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 71-79.
- Rienmann, B., & Lephart, S. (2002). The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 80-84.
- Rienmann, B., Myers, J., & Lephart, S. (2002). Sensoriomotor System Measurement Techniques. *Journal of Athletic Training*, 85-98.
- Rockwood, C. A. (2006). *Hombro*. Madrid: Marbán Libros.
- Rodolsky, M., Harner, C., & Fu, F. (1994). The role of the long head of the biceps muscle and superior glenoid labrum in anterior stability of the shoulder. *Am J Sport Med*, 121-130.
- Rudolph, G. H., Moen, T., Garofalo, R., & Krishnan, S. (2015). Rotator cuff and impingement lesions. En J. C. DeLee, *Orthopaedic sports medicine: Principles and practice* (págs. 585-605).
- Safran, M. (2004). Nerve injury about the shoulder in athletes, part 2: Long thoracic nerve, spinalaccessory nerve, burners/stingers, thoracic outlet syndrome. *Am J Sports Med*, 1063-1076.
- Safran, M. (2004). Nerve injury about the shoulder in athletes, part I: Supraescapular nerve and axillary nerve. *Am J Sports Med*, 803-819.
- Safran, M., Borsa, P., & Lephart, S. (2001). Shoulder proprioception in baseball pitchers. *J Shoulder Elbow Surg*, 438-444.

- Sahrmann, S. (2005). *Diagnóstico y tratamiento de las alteraciones del movimiento*. Badalona: Paidotribo.
- Schleip, R. (2012). Training principles for fascial connective tissues: Scientific foundation and suggested practical applications. *Journal of Bodywork & Movement therapies*.
- Schünke, M., Schulte, E., & Schumacher, U. (2011). *Prometheus: texto y atlas de anatomía*. Madrid: Panamericana.
- Shah, K., & Rajshekhar, V. (2004). Reliability of diagnosis of soft cervical disc prolapse using Spurling's test. *Br J Neurosurg*, 480-483.
- Sherrington, C. (1906). *The Integrative Action of the Nervous System*. New York.
- Sherrington, C. (1997). Strychnine and reflex inhibition of skeletal muscle. *J Physiol*, 36: 185 e 204.
- Smith, J., Dietrich, C., Kotajarvi, B., & Kaufman, K. (2006). The effect of scapular protraction on isometric shoulder rotation strength in normal subjects. *J Shoulder Elbow Surg*, 339-349.
- Solomonow, M., Guanche, C., & Wink, C. (1996). Shoulder capsule reflex arc in the feline shoulder. *J Shoulder Elbow Surg*, 139-146.
- Sotta, R. (2016). Vascular problems in the proximal upper extremity. *Clin Sports Med*, 78-90.
- Stackhouse, S., Eisennagel, A., & Eisennagel, J. (2013). Experimental pain inhibits infraespinatus activation during isometric external rotation. *J Shoulder Elbow Surg*, 478-484.

- Stewart, S., Jull, G., & Willems, J. (1995). An initial analysis of thoracic spine movement during unilateral arm elevation. *J Man Manip Ther*, 15-20.
- Tate, A., Turner, G., Knab, S., Jorgensen, C., Strittmatter, A., & Michener, L. (2012). Risk factors associated with shoulder pain and disability across de lifespan of competitive swimmers. *J Athl Train*, 49-58.
- Taylor, S., & O'Brien. (2016). Anatomy and biomechanics of the proximal biceps. *Clin Sports Med*, 1-18.
- Testut, L., & Latarjet, A. (1983). *Compendio de anatomía descriptiva*. Barcelona: Salvat.
- Theisen, C., van Wagensveld, A., Timmensfeld, N., Efe, T., Heyse, T., & Fuchs-Winkelmann. (2010). Co-ocurrence of outlet impingement syndrome of the shoulder and restricted range of motion in the thoracic spined a prospective study with ultrasound-base motion analysis. *BMC Musculoskelet Disord*, 11.
- Thomas, S., Swanik, C., Higginson, J., Kaminski, T., Swanik, K., Bartolozzi, A., y otros. (2011). A bilateral comparison of posterior capsule thickness and its correlation with glenohumeral range of motion and scapular upward rotation in collegiate baseball players. *J Shoulder Elbow Surg*, 708-716.
- Timmons, M., Thigpen, C., Seitz, A., Karduna, A., Arnold, B., & Michener, L. (2012). Scapular Kinematics and subacromial impingement-syndrome: A Meta-Analysis. *Journal of Sport Rehabilitation*, 354-370.

- Tokish, J., Decker, M., Ellis, H., Torry, M., & Hawkins, R. (2003). The belly-press test for the physical examination of the subscapularis muscle: Electromyographic validation and comparison to the lift off-test. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*.
- Tong, H., Haig, A., & Yamakawa, K. (2002). The Spurling test and cervical radiculopathy . *Spine*, 156-159.
- Townsend, H., Jobe, F., Pink, M., & Perry, J. (1991). Hiectromyographic analysis of the glenohumeral muscles during a baseball rehabilitation program. *Am J Sports Med*, 264-267.
- Voyecheck, C., Rainis, E., McMahon, P., Weiss, J., & Debski, R. (2010). Effects of region and sex on the mechanical properties of the glenohumeral capsule during uniaxial extension. *J Appl Physiol*, 1711-1718.
- Wang, J., & Thampatty, B. (2006). An introductory review of cell mechanobiology . *Biomech Model Mechanobiol*, 1-16.
- Warner, J., & McMahon, P. (1995). The role of the long head of the biceps brachii in superior stability of the glenohumeral joint. *J Bone Joint Surg Arm*, 366-372.
- Wickham, J., Pizzari, T., & Balster, S. (2014). The variable roles of the upper and lower subscapularis during shoulder motion. *Clinical Biomechanics*, 885-891.
- Wickham, J., Pizzari, T., Stansfeld, K., Burnside, A., & Watson, L. (2010). Quantifying "normal" shoulder muscle activity during abduction. *J Electromyogr Kinesiol*, 212-222.
- Wilk, K. (2009). *The Athlete's Shoulder*.

Worrell, T., Corey, B., York, S., & Santiestaban, J. (1992). An analysis of supraespinatus EMG activity and shoulder isometric force development. *Med Sci Sports Exerc*, 744-748.

Yamaguchi, K. (1997). Biceps activity during shoulder motion: an electromyographic analysis. *Clin Orthop Relat Res*, 122-129.

Yamamoto, A., Takagishi, K., Kobayashi, T., Shitara, H., Takasawa, E., & Shimoyama, D. (2015). The impact of faulty posture on rotator cuff tears with and without symptoms. *J Shoulder Elbow Surg*, 446-452.

Youm, T., Tibone, J., ElAttrache, N., McGary, M., & Lee, T. (2008). Simulated type II superior labral anterior posterior lesions do not alter the path of glenohumeral articulation: a cadaveric biomechanical study. *Arm J Sports Med*, 767-774.

6.2 Anexos.

Número	Nombre del documento/Editorial	Autores	Revista/Libro	Año
1	Subescapularis injury	Abrams, J. Song, F	Libro: Orthopaedic sports medicine: Principles and practice	2015
2	First-time shoulder dislocation: High	Antonio, G. Griffith, J	Journal of Magnetic Resonance Imaging	2007

	prevalence of labral injury and age-related differences revealed by MR arthrography			
3	Elsevier Masson	Backup, K. Backup, J.	Libro: Pruebas clínicas para patología ósea, articular y muscular: Exploración, signos y síntomas	2013
4	Churchill Livingstone	Balcom, W Pappas, A	Libro: Musculotendinous sport injuries of the shoulder: Upper extremity injuries in the athlete	1995
5	Tensile properties of the inferior glenohumeral ligament	Bigliani, L Pollock, R Soslowsky, L	Journal of Orthopedic Research	1992
6	Abnormal magnetic-resonance scans of the cervical spine in asymptomatic subjects. A	Boden, S McCowin, P Davis, D	Journal of Bone & Joint Surgery	1990

	prospective investigation			
7	The “empty can” and “full can” test do not selectively activate supraspinatus	Boettcher, C Ginn, K Cathers, I	Journal of Science and Medical Sports	2009
8	The effect of Long Versus Short Pectoralis Minor Resting Length on Kinematics in Healthy Individuals	Borstad, D Ludewig, P	Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy	2005
9	Resting position variables at the shoulder: evidence to support a posture impairment association	Borstad, J	Physical Therapy	2006
10	Measurement of pectoralis minor muscle length: validation and clinical application	Borstad, J	The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy	2008
12	Shoulder proprioception: Latent muscle reaction times	Brindle, T Shapiro, R	Medical Science Sports	1999
13	The disabled throwing shoulder: spectrum of	Burkhart, S Morgan, C	Arthroscopy	2003

	pathology Part III: The SICK scapula, scapular diskinesis, the kinetic chain and rehabilitation	Kibler, W		
14	Paidotribo	Busquet, L	Libro: Las cadenas musculares	2005
15	Paidotribo	Butler, D	Libro: Movilización Del Sistema Nervioso	2009
16	Marbán	Cailliet, R	Libro: Anatomía funcional, biomecánica	2006
17	Marbán	Cailliet, R	Libro: Función Articular	2006
18	Musculoskeletal disorders in referrals for suspected cervical radiculopathy	Cannon, D Dillingham	Archives of Physical Medicine and Rehabilitation	2007
19	Serratus anterior or pectoralis minor: Which muscle has the upper hand during protraction exercises?	Castelein, B Cagnie, B Parlevliet, T Cools, A	Manual Therapy	2016

20	Psicolibros	Castro, A Turiele, S	Libro: Introducción al movimiento	2015
21	Glenohumeral Function of the Long Head of the Biceps Muscle	Chalmers, P Trombley, R Cole, B Wimmer, M Romeo, M	Orthopaedic Journal of Sports Medicine	2014
22	Radiographic evaluation of glenohumeral kinematics: a muscle fatigue model.	Chen, S Sinomian, P Wickiewicz, T Otis, J Warren, R	Journal of Shoulder and Elbow surgery	1999
23	The impact of subacromial impingement syndrome on muscle activity patterns of shoulder complex: A systematic review of electromyographic studies	Chester, R Smith, T Hopper, L Dixon, J	BMC musculoskeletal disorders	2010
24	The relationship between passive glenohumeral total rotation and the strength of the internal	Cibulka, M Enders, G Jackson, A	International Journal of Sports Physical Therapy	2015

	and external rotator muscles, a preliminary study			
25	Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center of pressure trajectories	Collins, J De Luca, C	Experimental Brain Research	1993
26	Aptos, CA: On Target Publications	Cook, G	Movement: Functional movement systems: screening, assessment, and corrective strategies	2010
27	Scapular muscle recruitment patterns: Trapezius muscle latency with and without impingement symptoms	Cools, A Wityrouw, E Declercq, G Danneels, L Cambier, D	Journal of Sports Medicine	2003
28	The influence of thoracic posture and movement on range of arm elevation	Crawford, H Jull, G	Physiotherapy Theory Practice	1993
29	Posterior glenohumeral	Dashottar, A	Shoulder Elbow	2012

	joint capsule contracture	Borstad, J		
30	Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises	Decker, M Hintermeister, R Faber, K Hawkins, R	American Journal of Sports Medicine	1999
31	Subscapularis Muscle Activity during Selected Rehabilitation Exercises	Decker, M Tokish, J Ellis, H Torry, M Hawkins, R	The American Journal of Sports Medicine	2003
32	Saunders	DeLee, J.C	Libro: Orthopaedic Sports Medicine: Principles and practice	2015
33	The electromyographic analysis of the upper extremity pitching	Digiogyne, N Jobe, F Perry, J	Journal of Shoulder and Elbow Surgery	2015
34	Masson	Dufour, M	Libro: Biomecánica funcional: Miembros, cabeza, tronco	2006
35	Mechanotransduction: Relevance to physical	Dunn, S Olmedo, M	Physical Therapy	2016

	therapist Practice- Understanding Our Ability to Affect Genetic Expression Through Mechanical Forces			
36	Campaign, Human Kinetics	Lephart, S Fu, F Dye, S	Libro: Proprioception and neuromuscular control in joint stability. Cap Functional anatomy of cerebellum	2000
37	Rehabilitation of shoulder impingement síndrome and rotator cuff injuries: an evidence-basedreview	EllenBecker, T Cools, A	British Journal of Sports Medicine	2010
38	Capsular ligaments of the shoulder. Anatomical and functional study of the anterior superior capsule	Ferrari, D	American Journal of Sports Medicine	1990
39	Potential torque capabilities of the trapezius	Fey, A Dorn, V Busch, B	Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy	2007

		Laux, L Hasset, D Ludewig, P		
40	Paidotribo	Field, D Aguirre, A	Libro: Anatomía: Palpación y localización superficial	2004
41	Panamericana	Forriol, C Marco, M Vaquero, M Carranza, B	Manual de cirugía ortopédica y traumatología	2010
42	Churchill Livingstone. Elsevier	Fox, M Gelfand, B Rutkowski, S	The athlete shoulder Cervicogenic Shoulder Pain	1994
43	A systematic literature review of the resistance exercises that promote maximal muscle activity of the rotator cuff in normal shoulders	Ganderton, C Pizzari, T	Journal of Shoulder Elbow Surgery	2013
44	Isolated rupture of the tendon of the subscapularis muscle	Gerber, C Krushnell, R	Journal of Bone and Joint Surgery	1991

45	Elsevier science	Ghez, C en Kandel, J Schwartz Jesell	Pirinciples of Neural Science. Cap The control of movement	1991
46	The pattern of the collagen fiber bundles of the capsule of the glenohumeral joint	Gohlke, F Essigkrug, B Schmitz, F	Journal of Shoulder and Elbow Surgery	1994
47	Validation of the Lift-Off test and Analysis of Subscapularis Activity During Maximal Internal Rotation	Greis, P Kuhn, J Schultheis, J Hintermeister, R Hawkins, R	American Journal of Sports Medicine	1996
48	Churchill Livingstone	Grimsby, O Gray, J	Libro: Physical Therapy of the shoulder. Cap: Interrelation of the spine to the shoulder girdle	1997
49	A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other	Hadwick, D Beebe, J McDonell, M Lang, C	Journal of Sports Physical Therapy	2006

	traditional exercises			
50	Translation of the humeral head on the glenoid with the passive glenohumeral motion	Harryman, D Sidles, J Iark, J McQuade, K Gibb, T Matsen, F	Journal of Bone Surgery and Arm	1990
51	Evolution, development and plasticity of the human brain: from molecules to bones	Harvoj-Mihic, B Bienvenu, T Stefanacci, L Muotri, A.R Semendeferi, K	Frontiers in Human Neuroscience	2013
52	Normal shoulder muscular activation and co-ordination during a shoulder elevation task based on activities of daily living: an electromyographic study	Hawkes, D.A Fisher, A Kemp, G Roebuck, M Frostick, S	Journal of Orthopaedic Research	2001
53	Physical examination test of the shoulder: a systematic review with meta-analysis of	Hegedus, E Goode, A Campbell, S	British Journal of Sports Medicine	2008

	individual tests			
54	Moving differently in pain: A new theory to explain the adaptation to pain	Hodges, P Tucker, K	Pain	2011
55	Churchill Livingstone/Elsevier	Hoffman, S Hughes, C Riddle, G Ross, O	The athlete's shoulder. Cap: Neuromuscular Control Exercise for Shoulder Instability	2009
56	Capsular properties of the shoulder	Itoi, E Grabowski, J Morrey, B An, K	The Tohoku Journal of Experimental Medicine	1993
57	Damage of the long thoracic and dorsal scapular nerve after traumatic shoulder dislocation: Case report and review of the literature	Jerosch, J Castro, W Geske, B	Acta Orthopædica Belgica	1990
58	Anatomy and actions of the trapezius muscle	Jhonson, G Bogduk, N	Clinical Biomechanics	1994

		Nowitzke, A		
59	Role of the knee ligaments in proprioception and regulation of muscle stiffness	Johansson, H	Journal of Electromyography and Kinesiology	1991
60	The activity in the three regions of the trapezius under controlled loading conditions-and experimental and modelling study	Johnson, G Pandyan, A	Clinical Biomechanics	2005
61	Anatomy and actions of the trapezius muscle	Johnson, G Bogduk, N Nowitzke, A House, D	Clinical Biomechanics	1994
62	Thoracic position effect on shoulder range of motion strength, and three dimensional scapular kinematics	Kabaetse, M McClure, P	Archives of Physical Medical Rehabilitation	1999
63	Intramuscular wire electromyographic of the	Kadaba, M Cole, A	Journal of Orthopaedic	1992

	subscapularis	Wooten, M Mccann, P Reid, M Mulford, G	Research	
64	An anatomic study of the subscapular nerves: a guide for the electromyographic analysis of the subscapularis muscle	Kadaba Mccann, P Cordasco, F Ticker, J	Journal of Shoulder and Elbow Surgery	1994
65	Elsevier Science	Kandel, E Schwartz, J Jesell, T	Principles of Neural Science. Cap: The control of movement	1991
66	Changes in sitting posture an effect shoulder range of motion	Kanlayanaphotporn, R	Journal of Bodywork & Movement Therapies	2014
67	Panamericana	Kapandji, I A	Libro: Fisiología articular: Esquemas comentados de mecánica humana	2006
68	Mechanotherapy: How physical therapists'	Khan, K Scott, A	British Journal of Sports Medicine	2009

	prescription of exercise promotes tissue repair			
69	Electromyographic analysis of specific exercise for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation	Kibler, W B Sciascia, AD Cunningham, T	American Journal of Sports Medicine	2008
70	Effects of stretching and strengthening shoulder muscles on forward shoulder posture in competitive swimmers	Klumper, M Uhl, T Hazelrigg, H	Journal of Sports Rehabilitation	2006
71	Thoracohumeral muscle activity alters glenohumeral joint biomechanics during active abduction	Konrad, G Jolly, J Labriola, J McMahon, P Debski, R	Journal of Orthopaedics Research	2006
72	The relative strengths of the rotator cuff muscles: A cadaver study	Kreating, J Waterworth, P Schaw-Dunn, J	Journal of Bone and Joint Surgery	1993
73	Retroversion of the humeral head in the normal shoulder and its	Kronberg, M LA, B V, S	Clinical Orthopaedic and Related Research	1990

	relationship to the normal range of motion			
74	Scapular winging	Kuhn, J Plancher, K Hawkins, R	Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons	1995
75	The acute effects of sleeper stretches on shoulder range of motion	Laudner, K Spies, R Wilson, J	Journal of Athletic Training	2008
76	Increased upper trapezius muscle stiffness in overhead athletes with rotator cuff tendinopathy	Leong, H Hug, F Fu, S	Plos One	2016
77	The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity	Lephart, S Henry, T	Journal of Sports Rehabilitation	1996
78	Rotator cuff tendinopathy/subacromial impingement syndrome: is time for a new method of	Lewis, J	British Journal of Sports Medicine	2015

	assessment?			
79	Rotator cuff related shoulder pain: Assessment, management and uncertainties	Lewis, J	Manual Therapy	2015
80	Subacromial impingement syndrome: The role of posture and muscle imbalance	Lewis, J Green, A Wright, C	Journal of Shoulder and Elbow Surgery	2005
81	Elsevier Masson	Lorente, G	Libro: Manual de miología: Descripción, función y palpación de las extremidades	2007
82	Shoulder impingement: Biomechanical considerations in rehabilitation	Ludewig, P Braman, J	Manual Therapy	2010
83	Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement	Ludewig, P Cook, T	Physical Therapy	2000

84	Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises	Ludewig, P Osowski, E Meschke, S Rundquist, P	Journal of Sports Medicine	2004
85	Kinesthetic sense of the shoulder in patients with impingement syndrome	Machner, A Merk, H Becker, R Rohkohl, K Pap, G	Acta Orthopaedica Scandinavica	2003
86	EMG analysis of shoulder positioning in testing and strengthening the supraspinatus	Malanga, G Jenp, Y Growney, E An, K	Medicine & Science in Sports & Exercise	1996
87	Cervical radiculitis and shoulder disorders	Mainfols, S McCann, P	Journal of Orthopaedic Clinical Related Research	1999
88	Scapular winging: anatomical review, diagnosis and treatment	Martin, R Fish, D	Current Reviews of Musculoskeletal Medicine	2008
89	Philadelphia: WB Saunders	Matsen, F Harryman, D Didles, J	Libro: Mechanics of glenohumeral instability. Clinics in	1991

			the Sports Medicine: Basic Science and Clinical application in the Athlete's Shoulder	
90	Evaluation and managment of scapular dysfunction	McClure	Sport Medicine and Arthroscopy Review	2012
91	Pathophysiology of anterior shoulder instability	McCluskey, GM Getz, BA	Journal of Athletic Training	2000
92	BWS-mobility in patients with and impingement síndrome compared to healty participants, and inclinometric study	Meurer, A Grober, J Betz, U Decking, J Rompe, J	Z Orthop Ihre Grenzgeb	2004
93	Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome	Michener, L McClure, P Karduna, A	Clinical Biomechanics	2003
94	Masson	Miralles Marrero, R Millares Rull, I	Libro: Biomecánica clínica de las	2007

			patologías del aparato locomotor	
95	The subscapularis: anatomy, injury and imaging	Morag, Y Jamadar, D Miller, B Jacobson	Skeletal Radiology	2011
96	EMG analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program	Moseley, JJ Jobe, F Pink, M Perry, J J, T	American Journal of Sports Medicine	1992
97	Rotator cuff coactivation rations in participants with subacromial impingement síndrome	Myers, J Hwang, J Pasquale, M Blackburn, J Lephart, S	Journal of Science and Medicine in Sport	2008
98	Shoulder muscle coactivation alteratins in patients with subacromial impingement	Myers, J Hwang, J Pasquale, M Rodosky, YY Lephart, S	American College of Sports Medicine Annual Meeting	2003
99	Sensoriomotor Contribution to Shoulder	Myers, J Wassinger, C	The Athlete's Shoulder	2009

	Joint Stability	Lephart, S		
100	Masson	Netter, F H Walker, P	Libro: Atlas práctico de anatomía ortopédica	2004
101	An investigation into EMG activity in the upper and lower portions of the subscapularis muscle during normal shoulder motion	O'Connell, N Cowan, J Christopher, T	Physiotherapy Research International	2006
102	Association between kyphosis and subacromial impingement	Otoshi Takegami Sekiguchi Onishi Tamazaki Otani	Shoulder and Elbow Surgery	2014
103	Elsevier/Saunders	Paine, R Hariri, T. En Delee&D.Drez	Libro: Proprioception and joint dysfunction	2015
104	Diagnostic accuracy o f clinical tests for the different degrees of subacromial impingement	Park, H Yokota, A Gill, H El Rassi, G	Journal of Bone & Joint Surgery	2005

	syndrome	McFarland		
105	An electromyographic analysis of the shoulder during cones and planes of arm motion	Pearl, M Perry, J Torburn, L Gordo, L	Clinical Orthopaedic Related Research	1992
106	Churchill Livingstone/Elsevier	Peat, M Culham, E Wilk, K	Libro: The Athlete's Shoulder. Cap: Functional anatomy of the shoulder complex	2009
107	The influence of arm and shoulder position on the bear-hug, belly-press, and lift-off test: An electromyographic study	Pennock, A Pennington, W Torry, M Decker, M Vaishnav, S Provencher, M	American Journal of Sports Med	2011
108	Scarpular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement	Phadke, V Camargo, P Ludewig, P	Revista Brasileira de Fisioterapia	2009
109	Test for diagnosing	Phillips, N	Shoulder & Elbow	2014

	subacromial impingement syndrome and rotator cuff disease			
110	McGraw-Hill Interamericana	Pilat, A	Inducción miofascial	22003
111	Electromyographic analysis of the serratus anterior and trapezius muscles during push-ups on stable and unstable bases in subjects with scapular dyskinesis	Piraua, A Pitangui, A Silva, J Pereira dos Passos, M Alves de Oliveira Batista Lda, S	Journal of Electromyography and Kinesiology	2014
112	Quantitative Analysis of the Deltoid and Rotator Cuff Muscles in Humans and Great Apes	Potau, J Bardina, X Ciurana, N Camprubí, D Pastor, J De Paz, F	International Journal of Primatology	2009
113	Paidotribo	Prentice, W	Libro: Técnicas de rehabilitación en Medicina Deportiva	2009
114	Is there a relationship between subacromial	Ratchliffe, E Pickering, S	British Journal of Sports Medicine	2014

	impingement syndrome and scapular orientation? A systematic review	McLean, S		
115	Two cases of supraescapular neuropathy in a family	Revindram, M	British Journal of Sports Medicine	2003
116	Electromyographic analysis of the deltoid and rotator cuff muscles in persons with subacromial impingement	Reddy, A Mohr, K Pink, M Jobe, F	Journal of Shoulder and Elbow Surgery	2000
117	Electromyographic analysis of the Supraespinatus and Deltoid Muscles During 3 Common Rehabilitation Exercises	Reinold, M Macrina, L Wilk, K Fleisig, G Shouchen, D Barrentine, S	Journal of Athletic Training	2007
118	Panamericana	Ricard, F Sallé, J L	Libro: Tratado de Osteopatía	2002
119	The Sensoriomotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability	Riemann, B Lephart, S	Journal of Athletic Training	2002

120	The Sensoriomotor System, Part II: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability	Riemann, B Lephart, S	Journal of Athletic Training	2002
121	Sensoriomotor System Measurement Techniques	Rienmann, B Myers, J Lephart, S	Journal of Athletic Training	2002
122	Marbán	Rockwood, C A	Libro: Hombro	2006
123	The role of the long head of the biceps muscle and superior glenoid labrum in anterior stability of the shoulder	Rodolsky, M Harner, C Fu, F	American Journal of Sports Medicine	1994
124		Rudolph, G H Moen, T Garofalo, R Krishnan, S	Libro: Orthopaedic sports medicine: Principles and practice. Cap: Rotator cuff and impingement lessions	2015
125	Nerve injury about the shoulder in athletes, part I: Supraescapular nerve	Safran, M	American Journal of Sports Medicine	2004

	and axillary nerve			
126	Nerve injury about the shoulder in athletes, part II: Long thoracic nerve, spinalaccessory nerve, burners/stringers, thoracic outlet syndrome	Safran, M	American Journal of Sports Medicine	2004
127	Shoulder proprioception in baseball pitchers	Safran, M Borsa, P Lephart, S	Shoulder and Elbow Surgery	2001
128	Paidotribo	Sahrmann, S	Libro: Diagnóstico y tratamiento de las alteraciones del movimiento	2005
129	Training principles for a fascial connective tissues: Scientific foundation and suggested practical applications	Schleip, R	Journal of Bodywork & Movement therapies	2012
1130	Panamericana	Schünke, M Schulte, E Schumacher, U	Libro: Prometheus: Texto y atlas de anatomía	2011
131	Reliability of diagnosis of	Shah, K	British Journal of	2004

	soft cervical disc prolapse using Spurling's test	Rajshekhhar, V	Neurosurgery	
132	The Integrative Action of the Nervous System	Sherrington, C	Journal of Physiology	1906
133	Strychnine and reflex inhibition of skeletal muscle	Sherrington, C	Journal of Physiology	1997
134	The effect of scapular protraction on isometric shoulder rotation strength in normal subjects	Smith, J Dietrich, C Katajarvi, B Kaufman, K	Journal of Shoulder and Elbow Surgery	2006
135	Vascular problems in the proximal upper extremity	Sotta, R	Clinical Sports Medicine	2016
136	Experimental pain inhabits infraespinatus activation during isometric external rotation	Stackhouse, S Eisennagel, A Eisennagel, J	Journal of Shoulder and Elbow Surgery	2013
137	An initial analysis of thoracic spine movement during unilateral arm elevation	Stewart, S Jull, G Willems, J	Journal of Manual Manipulation Therapy	1995
138	Risk factors associated	Tate, A	Journal of Athletic	2012

	with shoulder pain and disability across lifespan of competitive swimmers	Turner, G Knab, S Jorgensen, C Stritmatter, A Michener, L	Training	
139	Anatomy and Biomechanics of the proximal biceps	Taylor, S O'Brien	Libro: Clinical Sports Medicine	2016
140	Salvat	Testut, L Latarjet, A	Compendio de anatomía descriptiva	1983
141	Co-occurrence of outlet impingement syndrome of the shoulder and restricted range of motion in the thoracic spined a prospective study with ultrasound-base motion analysis	Theisen, C Van Wagenveld, A Timmensfeld, N Efe, T Heyse, T Fuchs-Winkelmann	BMC Musculoskeletal Disorders	2010
142	A bilateral comparison of posterior capsule thickness and its correlation with glenohumral range of	Thomas, S Swanik, C Higginson, J Kaminski, T Swanik, K	Journal of Shoulder and Elbow Surgery	2011

	motion and scapular upward rotation in collegiate baseball players	Bartolozzi, A		
143	Scapular Kinematics and subacromial impingement-syndrome: A Meta-Analysis	Timmons, M Thigpen, C Seitz, A Karduna, A Arnold, B Michener, L	Journal of Sport Rehabilitation	2012
144	The belly-press test for the physical examination of the subscapularis muscle: Electromyographic validation and comparison to the lift-off test	Tokish, J Decker, M Ellis, H Torry, M Hawkins, R	Journal of Shoulder and Elbow Surgery	2003
145	The Spurling test and cervical radiculopathy	Tong, H Haig, A Yamakawa, K	Spine	2002
146	Hiectromyographic analysis of the	Townsend, H Jobe, F	American Journal of Sport Medicine	1991

	glenohumeral muscles during a baseball rehabilitation program	Pink, M Perry, J		
147	Effects of region and sex on the mechanical properties of the glenohumeral capsule during uniaxial extension	Voyecheck, C Rainis, E McMahon, P Weiss, J Debski, R	Journal of Applied Physiology	2010
148	An introductory review of cell mechanobiology	Wang, J Thampatty, B	Biomechanics and Modeling in Mechanobiology	2006
149	The role of the long head of the biceps brachii in superior stability of the glenohumeral joint	Warner, J McMahon, P	Journal of Bone and Joint Surgery	1995
150	The variable roles of the upper and lower subscapularis during shoulder motion	Wickham, J Pizzari, T Balster, S	Clinical Biomechanics	2014
151	Quantifying “normal” shoulder muscle activity during abduction	Wickham, J Pizzari, T Stansfeld, K Burnside, A	Journal of Electromyography and Kinesiology	2010

		Watson, L		
152	An analysis of supraspinatus EMG activity and shoulder isometric force development	Worrell, T Corey, B York, S Santiestabam, J	Medical Science Sports Exercise	1992
153	Biceps activity during shoulder motion: an electromyographic analysis	Yamaguchi, K	Clinical and Orthopaedics Related Research	1997
154	The impact of faulty posture on rotator cuff tears with and without symptoms	Yamamoto, A Takagishi, K Kobayashi, T Shitara, H Takasawa, E Shimoyama, D	Journal of Shoulder and Elbow Surgery	2015
155	Simulated Type II superior labral anterior posterior lesions do not affect the path of glenohumeral articulation: a cadaveric biomechanical study	Youm, T Tibone, J ElAttrache, N McGary, M Lee, T	American Journal of Sports Medicine	2008

