



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA
SECRETARIA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACION
ESPECIALIDAD EN:

MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTIVA

“RELACIÓN DEL PICO DE TORQUE DE ADUCCIÓN / ABDUCCIÓN
Y RIESGO DE LESIÓN DE HOMBRO EN NADADORES
INFANTILES Y JUVENILES”

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE
MÉDICO ESPECIALISTA EN

MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTIVA

P R E S E N T A:

DR. ODIN VITE ASENSIO

PROFESOR TITULAR: DR. J. CLEMENTE IBARRA PONCE DE LEÓN

ASESORES: DR. J. GILBERTO FRANCO SÁNCHEZ
M en C. ANDREA PEGUEROS PÉREZ
DR. JAIME H. GUADARRAMA BECERRIL



MÉXICO, D.F.

OCTUBRE 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DRA. MATILDE L. ENRIQUEZ SANDOVAL
DIRECTORA DE ENSEÑANZA

DRA. XOCHIQUETZAL HERNÁNDEZ LÓPEZ
SUBDIRECTORA DE ENSEÑANZA MÉDICA Y
EDUCACIÓN CONTINUA

DR. LUIS GÓMEZ VELÁZQUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ENSEÑANZA MÉDICA

DR. JOSE CLEMENTE IBARRA PONCE DE LEÓN
PROFESOR TITULAR

DR. JOSÉ GILBERTO FRANCO SÁNCHEZ
PROFESOR ADJUNTO Y ASESOR CLÍNICO

M en C. ANDREA PEGUEROS PÉREZ
ASESOR METODOLÓGICO

DR. JAIME H. GUADARRAMA BECERRIL
ASESOR CLÍNICO

DEDICATORIA

A mi abuelo Joaquín

**“Por tu ejemplo cuando estuviste
y constante presencia a partir de que te fuiste”**

A mi esposa Eunice

“Por ser mi luz, mi motivo y mi razón”

A mi mamá Libertad

“Por tu amor, tu fuerza y tu paciencia”

A mi papá Carlos

“Por tu apoyo incondicional”

A mi hermana Freya

“Por que siempre me acompañas”

AGRADECIMIENTOS

A todo el personal de Medicina del Deporte del Instituto Nacional de Rehabilitación, en especial al Dr. J. Gilberto Franco Sánchez por su dedicación y ejemplo en mi proceso formativo como Médico Especialista.

A la M. en C. Andrea Pegueros Pérez por su interés, paciencia y tiempo dedicado a la realización de este trabajo.

Al Dr. Jaime Guadarrama Becerril y al Dr. Héctor Rafael Puig Hernández por sus enseñanzas y su amistad.

A los integrantes del jurado por el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

Figuras, gráficos y tablas	i
Resumen	1
1. Antecedentes	2
1.1 Introducción	2
1.2 Epidemiología	5
1.3 Síndrome del hombro del nadador	6
1.3.1 Definición	6
1.3.2 Cuadro Clínico	7
1.3.3 Tratamiento	8
1.4 Anatomía del hombro	8
1.4.1 Estabilizadores pasivos	9
1.4.2 Estabilizadores activos	11
1.4.3 Vascularización arterial	17
1.5 Biomecánica del hombro en la natación	17
1.5.1 Estilo de crawl	17
1.5.2 Estilo de mariposa	18
1.5.3 Estilo de dorso	18
1.5.4 Estilo de pecho	19
1.6 Evaluación de la fuerza mediante isocinesia	19
1.6.1 Características del ejercicio isocinético	20
1.6.2 Contraindicaciones de las sesiones isocinéticas	21
1.6.2.1 Contraindicaciones absolutas	21
1.6.2.2 Contraindicaciones relativas	21
1.6.3 Determinación de la velocidad en la evaluación isocinética	21
1.6.4 Reglas generales en los protocolos de evaluación	22
1.6.5 Evaluación isocinética de abducción-aducción vertical Del hombro.....	22

2. Planteamiento del problema	25
3. Objetivo general	26
3.1 Objetivos específicos	26
4. Hipótesis	27
5. Diseño experimental	28
5.1 Sujetos y métodos	28
5.1.1 Sujetos	28
5.1.2 Método	28
5.2 Análisis estadístico	29
6. Resultados	30
6.1 Descripción de la población de estudio	30
6.2. Descripción de las fuerzas musculares determinadas por isocinesia, Distribución de la lesión de hombro y cálculo de riesgo relativo	31
7. Discusión	37
8. Conclusiones	41
9. Referencias	42

FIGURAS, GRÁFICOS Y TABLAS

Figuras

Figura 1.	Articulación esternocostoclavicular	9
Figura 2.	Escápula y húmero	9
Figura 3.	Cápsula articular	10
Figura 4.	Articulaciones y ligamentos del hombro	11
Figura 5.	Músculos estabilizadores y rotadores de la escápula ...	13
Figura 6.	Músculos extrínsecos del hombro	15
Figura 7.	Músculos del manguito rotador del hombro	16
Figura 8.	Representación esquemática de la curva de isocinesia.	24

Gráficos

Gráfico 1.	Distribución de los nadadores afiliados a la FMN por asociación a la que representan	2
Gráfico 2.	Distribución por sexo de los nadadores afiliados	3
Gráfico 3.	Distribución de la población de acuerdo al sexo	30
Gráfico 4.	Características generales de la población estudiada	31
Gráfico 5.	Distribución de la lesión en la población general	33
Gráfico 6.	Distribución de la lesión en el sexo femenino	33
Gráfico 7.	Distribución de la lesión en el sexo masculino	34

Tablas

Tabla 1.	Distribución de los nadadores afiliados por categoría ...	3
Tabla 2.	Músculos estabilizadores y rotadores de la escápula	12
Tabla 3.	Músculos extrínsecos del hombro	13
Tabla 4.	Músculos del manguito rotador	16
Tabla 5.	Picos de torque, relación ADD/ABD y lesión de hombro en la población general	32
Tabla 6.	Relación de pico de torque en la población general	34
Tabla 7.	Relación de pico de torque en el sexo masculino	35
Tabla 8.	Relación de pico de torque en el sexo femenino	35
Tabla 9.	Comparación del valor de la relación de pico de torque de aductores / abductores entre sujetos nadadores con y sin lesión de hombro	36
Tabla 10.	Cálculo de riesgo relativo de lesión de hombro en el grupo de nadadores estudiado	36

RESUMEN

La natación es un deporte en el que se concentra una gran proporción de deportistas, y que es ampliamente practicado en todo el país; sin embargo, a nivel mundial son muy pocos los nadadores que llegan a sobresalir.

Considerando el aspecto físico, un nadador, a lo largo de su vida activa en este deporte se encuentra expuesto a diferentes lesiones y enfermedades relacionadas a la actividad física; las que se presentan más comúnmente son las lesiones del hombro. En el presente trabajo se evaluó el riesgo de presentar este tipo de lesión tomando en cuenta la relación de fuerzas entre aductores y abductores de hombro mediante isocinesia en un grupo de jóvenes nadadores mexicanos.

Objetivo general.-Valorar la relación de aducción: abducción a partir del cuál aumenta el riesgo de presentar el “hombro del nadador” a 6 meses.

Hipótesis.- A medida que aumente el pico de torque de los aductores con respecto a los abductores por encima de 2:1 se presentará un mayor riesgo de lesión en el hombro de los nadadores.

Sujetos y método.- Se realizó una prueba de aducción/abducción vertical de hombro con isocinesia a nadadores infantiles y juveniles, se determinó la relación de este movimiento articular y se realizó un seguimiento por 6 meses, posterior a los cuáles, se determinó el riesgo de lesión de hombro tomando como base la relación del pico de torque máximo para el movimiento de aducción/abducción.

Resultados.- En la investigación participaron un total de 26 nadadores, de los cuales 57.7% fueron del sexo femenino y 42.3% del sexo masculino con una antigüedad de la práctica deportiva que fue desde 6 meses hasta 10 años. La población sin lesión tuvo una relación aducción/abducción de 1.1 a 2.08 en el hombro derecho. En el hombro izquierdo abarcó desde 1 hasta 2.13. En la población que si presentó lesión, se encontró una relación en el hombro derecho de 1.38 a 6.57, mientras que en el hombro izquierdo abarcó desde 1.15 hasta 5.11. Los nadadores con una relación de fuerzas de aductores/abductores mayor de 2 tienen 14.63 veces más probabilidad de presentar una lesión de hombro

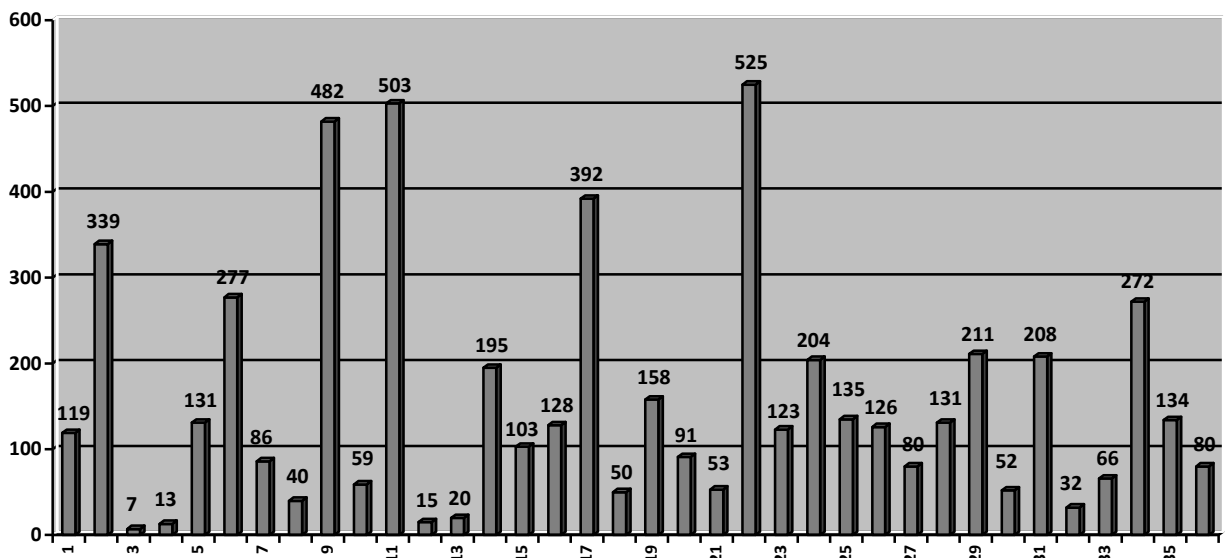
Conclusiones.- El riesgo relativo de lesión encontrado en este estudio es muy elevado cuando la relación estudiada es por encima de 2, por este motivo es de gran importancia la valoración isocinética de hombro en los nadadores que acuden a una evaluación morfo-funcional de pretemporada o durante la misma, para incidir positivamente en la prevención del síndrome del hombro del nadador.

1.- ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

La natación en México es uno de los deportes en los que se concentra una gran proporción de los deportistas. La Federación Mexicana de natación, organismo rector de este deporte a nivel nacional tiene un total de 6,204 afiliados, en donde se encuentran los registros de los diferentes deportes acuáticos regidos por éste organismo como son la misma natación, el polo acuático, clavados, aguas abiertas, nado sincronizado y masters. El número total de afiliados de las diferentes categorías específicamente en la natación es de 5740, siendo el 92.5% de la población afiliada a la Federación ⁽¹⁾.

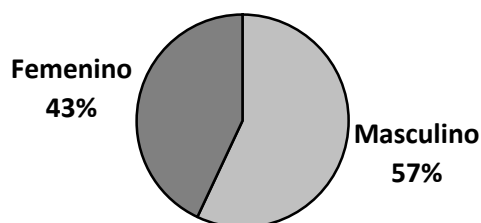
A nivel estatal, las entidades con mayor cantidad de nadadores lo tienen en primer lugar el estado de Nuevo León (525 registros), seguido del Estado de México (503 registros) y el Distrito Federal (482 registros). En la gráfica 1 se pueden observar la cantidad de afiliados a la natación por estado o por organismo que representan ante la Federación.



Gráfica 1.- Distribución de los nadadores Afiliados a la FMN por asociación a la que representan ⁽¹⁾

1=Aguascalientes; 2=Baja California Norte; 3=Baja California Sur; 4= Campeche; 5= Chiapas; 6= Chihuahua; 7=Coahuila;8= Colima; 9=Distrito Federal; 10=Durango; 11= Estado de México; 12= Federación Mexicana de Natación; 13= Guerrero;14= Guanajuato; 15= Hidalgo; 16= IMSS; 17= Jalisco; 18= La Laguna; 19= Michoacán; 20= Morelos; 21= Nayarit; 22= Nuevo León; 23= Oaxaca; 24= Puebla; 25= Querétaro; 26= Quintana Roo; 27= Sinaloa; 28= San Luis Potosí; 29= Sonora; 30= Tabasco; 31= Tampico; 32= Tlaxcala; 33= UNAM; 34= Veracruz; 35= Yucatán; 36= Zacatecas.

Del número total de afiliados a la natación, hay 3274 del sexo masculino (que representa el 57%) y 2466 del sexo femenino (43%), esta relación se observa más claramente en la gráfica 2.



Gráfica 2.- Distribución por sexo de los nadadores afiliados

Las categorías que rigen las competencias de natación por la Federación Mexicana son las siguientes ⁽²⁾.

- Infantil B: 11 y 12 años
- Juvenil A: 13 y 14 años
- Juvenil B: 15-17 años
- Primera Fuerza: a partir de los 12 años

Tomando en cuenta éstas categorías, se encuentran un total de 4250 afiliados, distribuidos de la siguiente manera ⁽¹⁾:

Tabla 1.- Distribución de los nadadores afiliados por categoría

Categoría	Número de afiliados	Porcentaje
Infantil B	846	20%
Juvenil A	1603	38%
Juvenil B	1801	42%

El resto de los afiliados a la Federación (1490 nadadores) se encuentran ya sea por debajo de los 11 años, o por arriba de los 17. La Federación Mexicana de Natación no organiza competencias para menores de 11 años por lo que éstas quedan a cargo de las Asociaciones de cada estado.

Como se puede observar, la natación es un deporte que se practica en todo el país; por otra parte, a nivel mundial son muy pocos los nadadores que llegan a sobresalir. Como explicación a esto, se pueden discutir muchas circunstancias que van desde la nutrición, el entrenamiento o el tiempo dedicado al deporte hasta la falta de tecnología que sí se puede tener en países de primer mundo para preparar a los nadadores de élite. En este sentido, por ejemplo, se ha observado que el entrenamiento isocinético de hombro por 5 semanas aunado al entrenamiento cotidiano mejora de forma importante las fuerzas de propulsión y la velocidad en pruebas de velocidad ⁽³⁾. Este tipo de entrenamiento no es comúnmente utilizado, por los nadadores de este país.

Los componentes que intervienen en el éxito deportivo de un nadador incluyen la velocidad, la buena ejecución del estilo, la habilidad en la salida y las vueltas, factores fisiológicos, poder y capacidad anaeróbica, fuerza muscular, flexibilidad y factores psicológicos como motivación y manejo del estrés ⁽⁴⁾.

El conjunto de los factores anteriores influye directamente en el rendimiento deportivo del nadador y la falta de preparación de uno de ellos repercute en su nivel competitivo. Considerando el aspecto físico, un nadador, a lo largo de su vida activa en este deporte se encuentra expuesto a diferentes lesiones y enfermedades relacionadas a la actividad física como pueden ser ⁽⁵⁾:

- Lesiones de hombro
- Lesiones de codo
- Lesiones de rodilla (“Rodilla del pechista” que es una lesión del ligamento colateral medial)
- Lesiones del pie y tobillo (tendinitis de los tendones extensores del pie)
- Lesiones de la espalda
- Asma
- Enfermedades dermatológicas (foliculitis, cambios en el color del pelo por el cloro, Síndrome el pelo gris en nadadores de pelo rubio por algicidas con base de cobre).
- Infecciones de la piel y anexos: onicomycosis, micosis plantar, tiña corporis, micosis inguinal).
- Otitis externa por *Pseudomonas* o *Aspergillus* (oído del nadador)
- Conjuntivitis (puede ser química o infecciosa por Adenovirus tipos 3 y 4 o bacteriana, aunque es la menos frecuente).

De todas estas lesiones y enfermedades, las que se presentan comúnmente son las lesiones del hombro ⁽⁵⁾. Considerando lo anterior, en el presente trabajo se evaluó el riesgo de presentar este tipo de lesión tomando en cuenta la relación de fuerzas entre aductores y abductores de hombro mediante isocinesia en un grupo de jóvenes nadadores mexicanos.

1.2. EPIDEMIOLOGÍA

Una persona puede practicar la natación desde los 4 meses de edad hasta el fin de la vida, e iniciar su carrera competitiva a partir de los 7 años, de ahí que la carrera deportiva de un nadador puede llegar a ser bastante larga.

Los nadadores de élite realizan 2 sesiones diarias de entrenamiento de lunes a viernes y una el sábado, sumando un total de 11 sesiones de entrenamiento por semana y en cada una de ellas recorren entre 5 y 7.5 kilómetros de los cuales 75-90% son en el estilo de crawl ⁽⁵⁾. Si consideramos 10 a 12 brazadas cada 25 metros, un nadador completa más de un millón de brazadas al año ⁽⁶⁾. El número de brazadas durante los años de entrenamiento, sumado a una pérdida en la proporción de fuerzas en el hombro, son los factores etiológicos más importantes del “hombro del nadador” ^(7,8).

Debido a que los nadadores competitivos realizan 10 veces más el número de movimientos que otros atletas que utilizan gestos deportivos por arriba de la cabeza, no es sorprendente que los hombros se afecten en dos terceras partes de estos atletas ⁽⁹⁾. El dolor de hombro es el síntoma musculoesquelético más común del que se quejan los nadadores, con una incidencia reportada entre el 40 y 80% ⁽¹⁰⁾. En un estudio publicado por McMaster y Troup ⁽¹¹⁾ se reporta una incidencia de lesión de hombro en la carrera deportiva de nadadores de entre 47% y 73% en nivel competitivo, mientras que Stocker ⁽¹²⁾ et al reportan una incidencia del 47% en nadadores colegiales y del 48% en categoría master; así mismo, Rupp S publica un 64% de nadadores con alguna historia de dolor en uno o ambos hombros ⁽¹³⁾. Esto representa un alto riesgo de sufrir lesión en el deporte, además de un alto costo en servicios médicos y un factor considerable para terminar con la carrera deportiva.

Cole et al ⁽¹⁴⁾ reportan en un estudio de la temporada 1996-97 que las lesiones del hombro representan el 30% de las lesiones del nadador por año, mientras que Bak ⁽¹⁵⁾ et al reportan un 38%.

En México no se cuenta con información disponible acerca de la incidencia de las lesiones de hombro en los nadadores competitivos y de élite.

1.3. SÍNDROME DEL HOMBRO DEL NADADOR

1.3.1 Definición

El “hombro del nadador” es una entidad que puede ser causada por tendinitis del manguito rotador o por el síndrome de pinzamiento subacromial ⁽¹¹⁾. La biomecánica de la natación causa un estrés considerable del hombro ⁽¹⁶⁾, y por su naturaleza repetitiva puede predisponer a esta articulación a tener pinzamiento mecánico y microtrauma ⁽¹⁷⁾ debido a la estrecha relación que existe entre las estructuras óseas (específicamente el acromion y el húmero) y el supraespinoso. El pinzamiento se refiere al fenómeno mecánico en el cuál el contacto entre la tuberosidad mayor del húmero y el arco acromial crea fuerzas compresivas en las estructuras subacromiales ^(18, 19). El contacto del acromion con estas estructuras inicia con su borde anterolateral a 0° de abducción, y se traslada medialmente con la elevación del brazo. En la superficie humeral, el contacto cambia de proximal a distal en el tendón del supraespinoso con la elevación del brazo ⁽²⁰⁾. Este contacto repetitivo provoca una lesión por sobreuso que lleva a tener inflamación del tendón del supraespinoso o del bíceps braquial, generalmente provocada por inestabilidad glenohumeral ⁽²¹⁾. Aunado a esto, se pueden presentar cambios degenerativos en el tendón del supraespinoso por la pérdida de irrigación sanguínea durante la aducción en la parte final de la fase de propulsión del estilo. La repetitiva irritación de la tendinosis del supraespinoso puede provocar inflamación local aguda que posteriormente disminuirá el espacio subacromial, causando un pinzamiento secundario y una posible bursitis subacromial ⁽⁵⁾.

De acuerdo a lo anterior, si consideramos a los estabilizadores estáticos (pasivos) y dinámicos (activos) de la articulación, una falla en alguno de estos sistemas proporcionará mayor movilidad de la cabeza humeral sobre la cavidad glenoidea con el consecuente pinzamiento de las estructuras subacromiales y estrés en las estructuras del manguito rotador ⁽²²⁾. Específicamente, si encontramos una pérdida de fuerza en los abductores, con respecto a los aductores, la cabeza humeral tendrá traslación superior durante la aducción, facilitando así el pinzamiento de las estructuras subacromiales ⁽⁵⁾ y una mayor obliteración vascular en el supraespinoso durante la fase de apoyo de la brazada ⁽²³⁾.

Otra causa de pinzamiento la encontramos en los músculos estabilizadores de la escápula, en donde la debilidad del serrato anterior con respecto al romboides durante las fases de apoyo, provoca un desequilibrio mecánico con una escápula flotante y mayor pinzamiento de los tendones del bíceps y supraespinoso ⁽⁶⁾.

1.3.2 Cuadro Clínico

Los síntomas que describen el dolor de hombro en nadadores incluyen:

- Dolor que suele ser anterior o anteroexterno, irradiado hacia la inserción del deltoides.
- La frecuencia de afectación bilateral es elevada y se asocia a una duración prolongada de los síntomas, comparada con la afectación unilateral ⁽²⁴⁾.
- Es más frecuente en nadadores de pruebas de velocidad que en los de fondo y medio fondo ⁽²⁵⁾.
- La brazada de mariposa se identifica universalmente como la más provocadora
- Sensación de chasquido durante la recuperación o en la etapa intermedia de la fase de tracción o en ambas.
- El dolor y el chasquido durante la entrada de la mano en el agua pueden apuntar hacia la porción superior del rodete glenoideo.
- Sensación de laxitud o de que el hombro se “desliza fuera”.
- La evolución no se especifica, pero se suele entender que el comienzo es gradual.

Las cuatro etapas de Neer y Welsh del hombro del nadador son ⁽⁸⁾:

- I. Dolor únicamente con trabajos intensos.
- II. Dolor (no invalidante) durante y después de las sesiones de trabajo.
- III. Dolor invalidante durante y después de las sesiones de trabajo que interfiere en el rendimiento.
- IV. Dolor que impide la natación de competencia, dolor en reposo y que obstaculiza el sueño.

1.3.3. Tratamiento

El tratamiento en fase aguda incluye control farmacológico del dolor, y modalidades de terapia física, que pueden ir desde compresas frías hasta terapia con ultrasonido y láser ⁽⁸⁾, dependiendo del grado de lesión que presente, aumentando notablemente los costos de recuperación de la lesión.

Las pautas generales de la rehabilitación conservadora que se recomiendan consisten en ⁽⁸⁾:

1. Disminución transitoria de la distancia y la frecuencia del entrenamiento.

2. Modificación de los patrones de entrenamiento para proporcionar un descanso relativo al hombro lesionado a la vez que se permite el entrenamiento específico de natación de las estructuras sanas.
3. Evitar las técnicas de entrenamiento provocadoras, como el uso de paletas, aletas, pull-boys y entrenamiento con pesas.
4. Fortalecimiento de determinados músculos susceptibles de fatiga.
5. Estiramiento de las estructuras tensas del hombro, en particular de cualquier limitación de la rotación interna ⁽²⁶⁾.
6. Modificaciones técnicas para eliminar las tensiones excesivas aplicadas por los tejidos.
7. Entrenamiento funcional y propioceptivo ⁽¹⁷⁾.

1.4 ANATOMÍA DEL HOMBRO ⁽²⁷⁾.

El complejo articular del hombro sirve como unión funcional entre el miembro superior y el tronco. Es por esto que el hombro debe proveer movilidad y una base estable de soporte para el húmero. Es una estructura bastante compleja en donde filogenéticamente se ha sacrificado la estabilidad por la función al momento de la evolución de cuadrúpedos a bípedos ⁽²⁸⁾.

Las estructuras anatómicas del hombro se pueden clasificar como estabilizadores activos y pasivos ⁽²⁹⁾. Los pasivos corresponden a los huesos, glenoides, cápsula y ligamentos. Los estabilizadores activos son los músculos y tendones del manguito rotador, el deltoides, el redondo mayor y el bíceps braquial.

1.4.1 Estabilizadores pasivos.

Los huesos involucrados en la formación del hombro son la clavícula, la escápula y la porción proximal del húmero, y las articulaciones que se encuentran son la glenohumeral, acromioclavicular, esternocostoclavicular y la escapulotorácica, ilustrados en las Figuras 1 y 2.

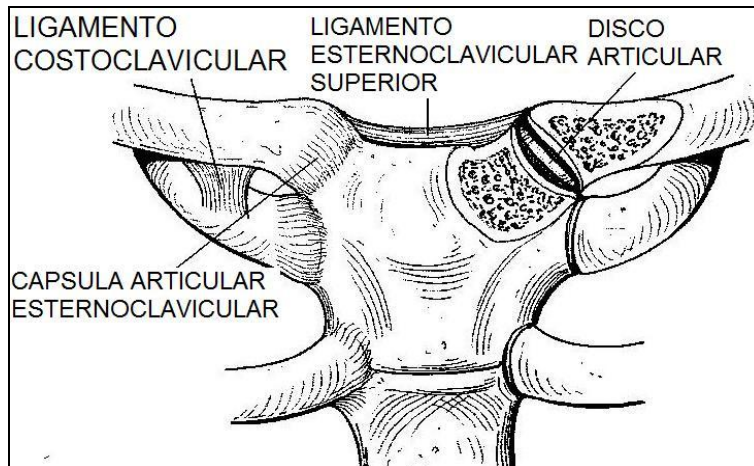


Figura 1.- Articulación esternocostoclavicular

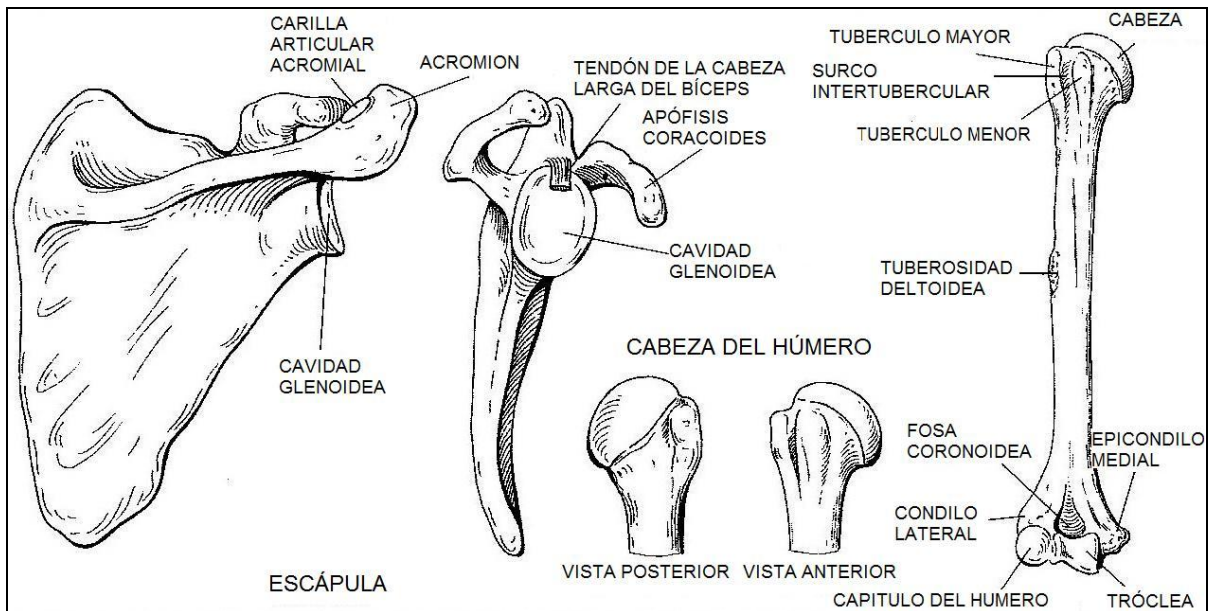


Figura 2.- Escápula y húmero

La cápsula de la articulación glenohumeral contribuye a la estabilidad y la función. La cápsula posterior y el rodete glenideo comparten una inserción común. La cápsula anterior está compuesta de los ligamentos coracohumeral y glenohumeral superior, medio e inferior. En la parte superior esta reforzada por el ligamento coracohumeral, su borde posterior no se distingue del resto de la cápsula articular, como se ilustra en la figura 3.

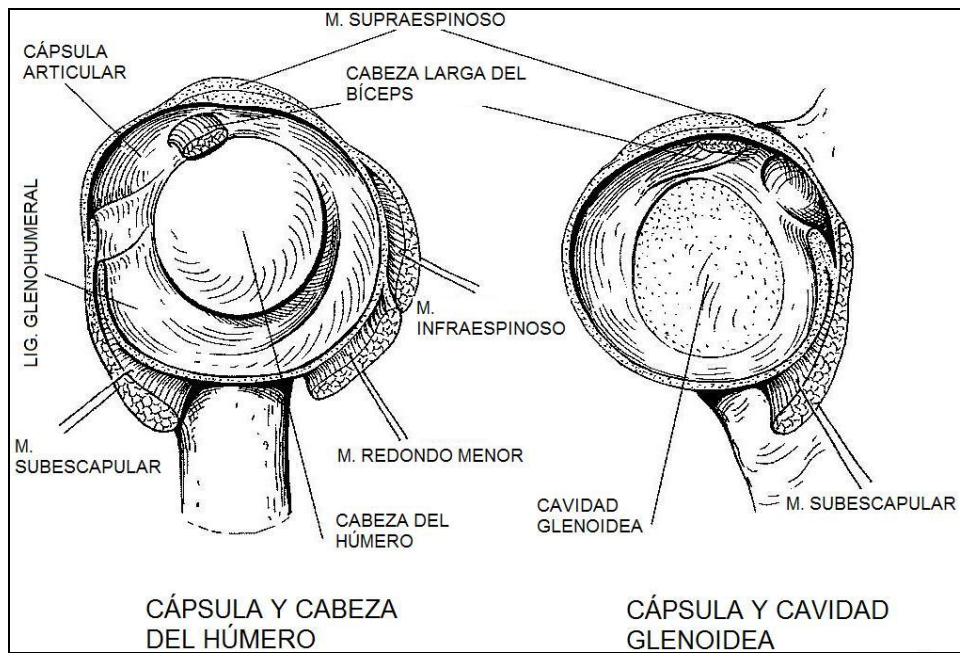


Figura 3.- Cápsula articular

Entre la clavícula y la apófisis coracoides de la escápula se encuentran los ligamentos coracoclaviculares, uno anteroexterno (trapezoide) y uno posterointerno (conoides). El acromion se une a la apófisis coracoides por el ligamento coracoacromial, que cierra la bóveda acromiocracoidea y es por donde pasan algunas estructuras importantes como el músculo supraespinoso, como se puede observar en la figura 4.

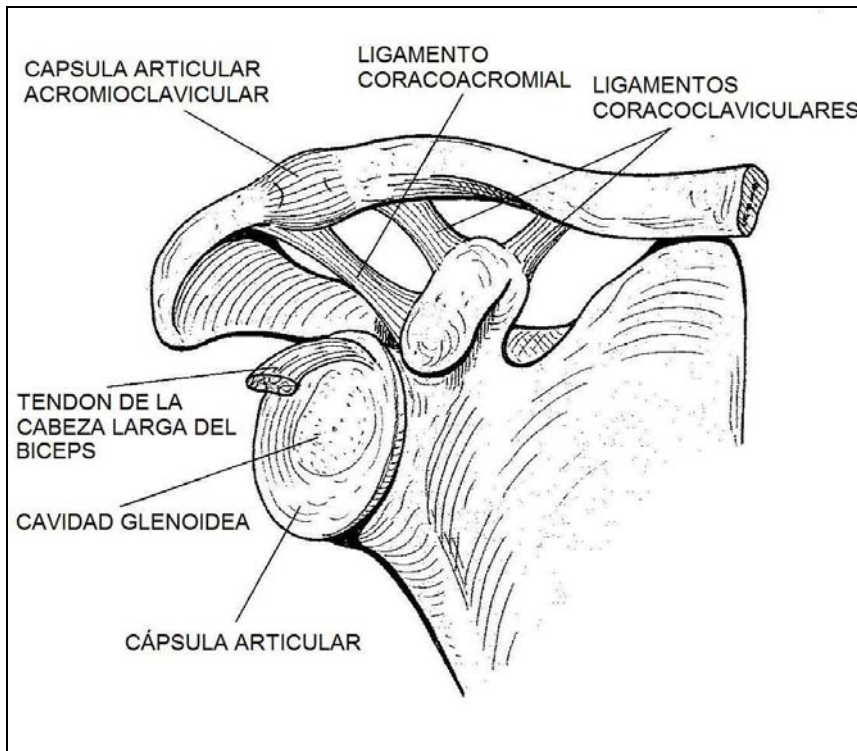


Figura 4.- Articulaciones y ligamentos del hombro

1.4.2. Estabilizadores activos

De acuerdo a la clasificación publicada por Kibler ⁽⁸⁾, los músculos del hombro se pueden clasificar en grupos anatómo-funcionales. El primer grupo incluye los músculos estabilizadores y rotadores de la escápula: trapecio, romboides, elevador de la escápula y serrato anterior, los cuales se encuentran descritos en la tabla 2 y esquematizados en la figura 5.

Tabla 2.- Músculos estabilizadores y rotadores de la escápula

Músculo	Origen	Inserción	Función
Trapezio	Tercio medio de la línea superior de la nuca, protuberancia occipital externa, apófisis espinosas de C7-T12	Tercio lateral de la clavícula, acromion y espina de la escápula	Elevación (fibras superiores), retracción (fibras medias), depresión (fibras inferiores) y rotación de la escápula (fibras superiores e inferiores)
Romboides menor	Ligamento de la nuca y apófisis espinosas de C7 y T1	Borde medial de la escápula, desde la espina hasta el ángulo inferior	Retrae y rota la escápula, deprimiendo la cavidad glenoidea y fija la escápula a la pared torácica.
Romboides mayor	Apófisis espinosas de T2 a T5	Borde medial de la escápula, desde la espina hasta el ángulo inferior	Retrae y rota la escápula, deprimiendo la cavidad glenoidea y fija la escápula a la pared torácica.
Elevador de la escápula	Apófisis transversas de C1 a C4	Parte superior del borde medial de la escápula	Eleva la escápula e inclina la cavidad glenoidea hacia abajo al rotar la escápula.
Serrato Anterior	Cara externa de la parte lateral de la primera a la octava costillas	Cara anterior del borde medial de la escápula	Protracción de la escápula y fijación a la pared torácica.

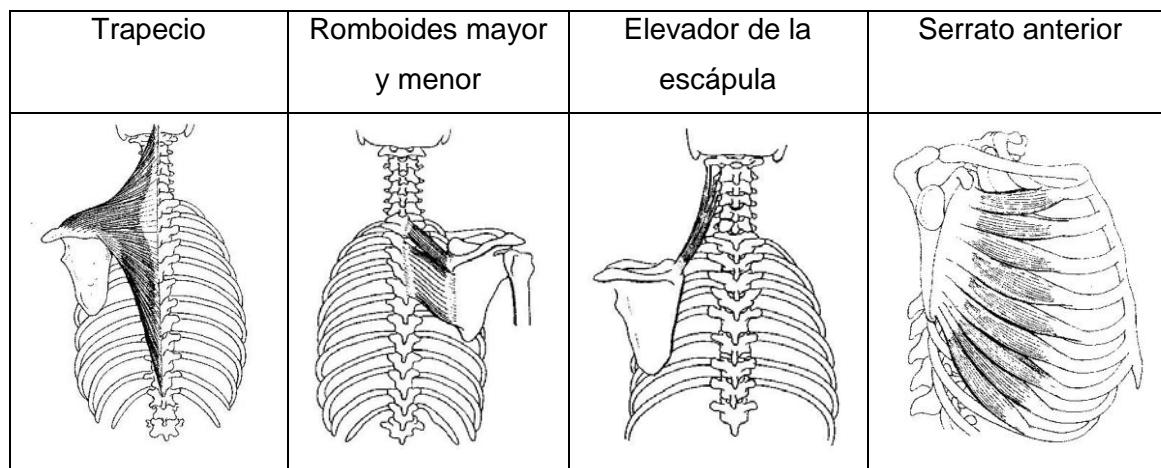


Figura 5.- Músculos estabilizadores y rotadores de la escápula

El segundo grupo consisten el los músculos extrínsecos del hombro, como el pectoral mayor y menor, deltoides, subclavio, bíceps, tríceps y dorsal ancho, que se detallan en la tabla 3 y en la figura 6.

Tabla 3.- Músculos extrínsecos del hombro

Músculo	Origen	Inserción	Función
Pectoral mayor	La cabeza clavicular se origina en la cara anterior de la mitad medial de la clavícula. La cabeza esternocostal en la cara anterior del esternón y seis primeros cartílagos costales	Labio lateral del surco intertubercular del húmero	Cabeza clavicular: abducción y rotación interna del húmero. Cabeza esternocostal: Tracción de la escápula hacia delante y abajo.
Pectoral menor	Tercera a quinta costilla.	Borde medial y cara superior de la apófisis coracoides de la escápula	Estabiliza la escápula al traccionar hacia abajo y adelante contra la pared torácica.

Tabla 3.- Músculos extrínsecos del hombro (continuación)

Músculo	Origen	Inserción	Función
Deltoides	Tercio lateral de la clavícula, acromion y espina de la escápula	Tuberosidad deltoidea del húmero	Porción anterior: flexión y rotación interna del hombro. Porción media: abducción. Porción posterior: flexión y rotación externa.
Subclavio	Primera costilla	Cara inferior del tercio medio de la clavícula	Tracción medial de la clavícula
Bíceps	Cabeza corta: punta de la apófisis coracoides. Cabeza larga: tubérculo supraglenoideo de la escápula	Tuberosidad del radio y fascia del antebrazo	Supinación y flexión del brazo. Flexión del hombro
Tríceps	Cabeza larga: tubérculo infraglenoideo. Cabeza lateral: cara posterior del húmero	Extremidad proximal del olécranon y fascia del antebrazo	Extensión del antebrazo. La cabeza larga endereza la cabeza del húmero en la extensión del hombro.
Dorsal ancho	Apófisis espinosas de T7-T12, fascia toracolumbar, cresta ilíaca y costillas 9-12	Suelo del surco intertubercular del húmero	Extensión, aducción y rotación interna del hombro.

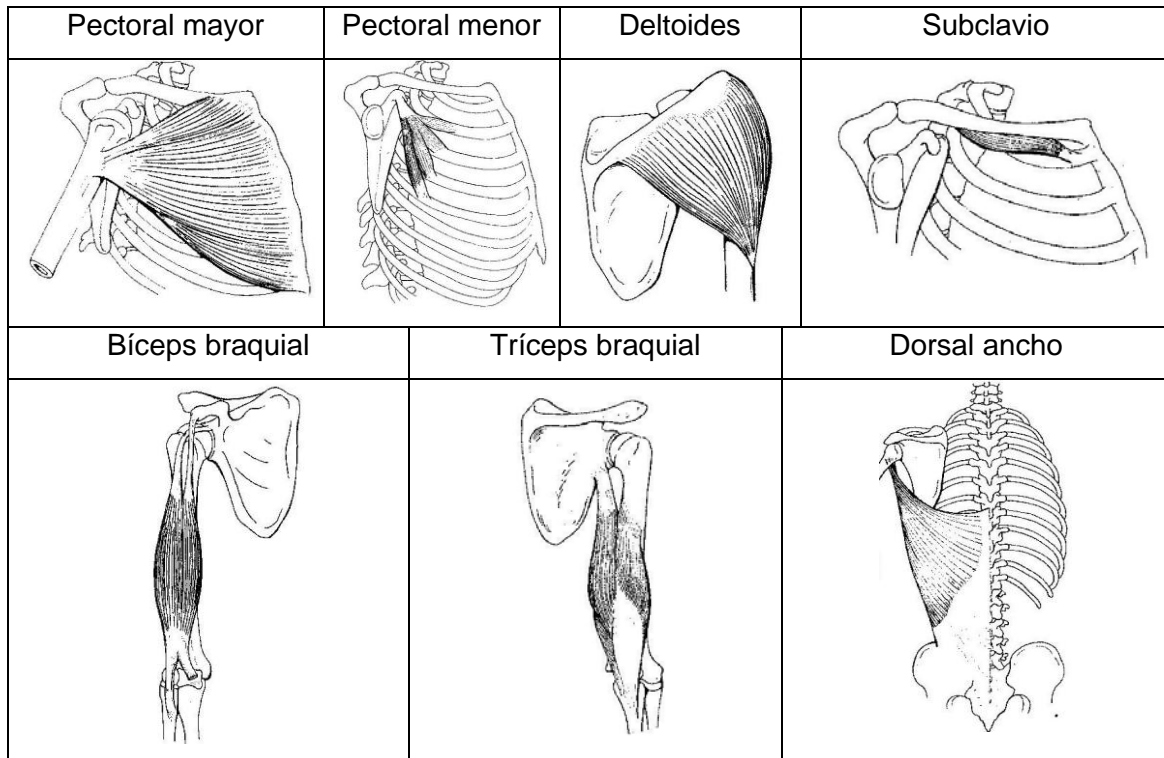


Figura 6.- Músculos extrínsecos del hombro

El tercer y último grupo anatómico es el manguito rotador el cuál esta formado por 4 músculos y sus tendones, que de anterior, superior y posterior se encuentran en el siguiente orden: subescapular, supraespinoso, infraespinoso y redondo menor, descritos en la tabla 4 y se visualizan en la figura 7.

Tabla 4.- Músculos del manguito rotador.

Músculo	Origen	Inserción	Función
Subescapular	Fosa subescapular	Tubérculo menor del húmero	Rotador interno de la articulación glenohumeral, estabilizador activo y pasivo de traslación anterior del hombro
Supraespinoso	Fosa supraespinosa de la escápula	Carilla superior del tubérculo mayor del húmero	Inicia la abducción y estabiliza la articulación glenohumeral al comprimir la cabeza humeral en la glenoide.
Infraespinoso	Fosa infraespinosa de la escápula	Carilla medial del tubérculo mayor del húmero	Principal rotador externo y participa en la estilización posterior del hombro
Redondo Menor	Pare superior del borde lateral de la escápula	Carilla inferior del tubérculo mayor del húmero	Participa en la rotación externa

El tendón supraespinoso se fusiona con el tendón del infraespinoso aproximadamente 15 mm antes de su inserción en el húmero formando el tendón conjunto.

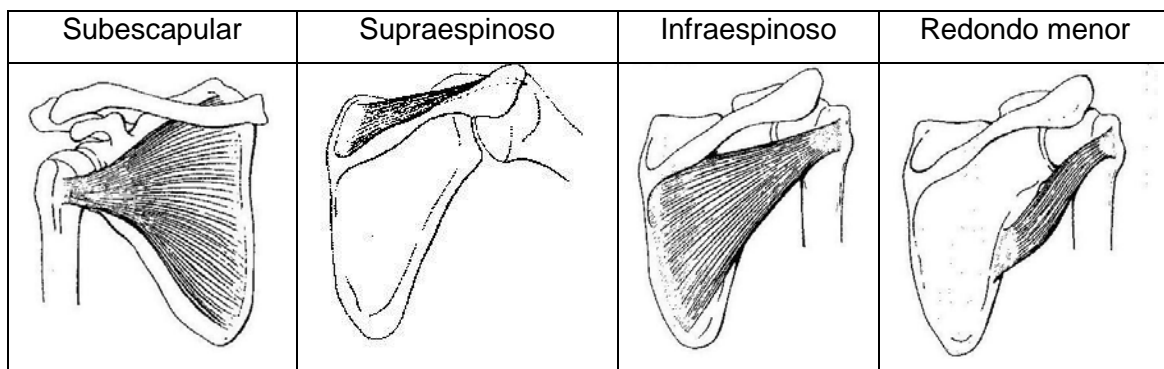


Figura 7.- Músculos del manguito rotador del hombro

1.4.3. Vascularización arterial

El aporte sanguíneo del manguito rotador proviene de diferentes ramas de la arteria axilar, como las arterias circunflejas anterior y posterior, la arteria toracoacromial y la supraescapular. La arteria circunfleja anterior corre a lo largo del borde inferior del músculo subescapular e irriga la parte anterosuperior del manguito. La arteria suprahumeral, rama de la toracoacromial también irriga esta región. Las arterias circunfleja posterior y subescapular irrigan el infraespinoso y el redondo menor⁽⁶¹⁾.

Se encuentra una “zona crítica” aproximadamente a 1 cm de la inserción del tendón del supraespinoso, en la que la posición del brazo afecta el flujo sanguíneo del tendón, específicamente la aducción, que provoca una compresión del supraespinoso contra la cabeza humeral obliterando los vasos en esta región⁽²³⁾.

1.5. BIOMECÁNICA DEL HOMBRO EN LA NATACIÓN.

La ejecución de las brazadas en los diferentes estilos es diferente, y requieren movimientos en todos los ejes que permite el hombro.

Para efectos prácticos se dividirán las brazadas en 2 fases, fase de apoyo o propulsión durante la cuál la mano se encuentra dentro del agua y una de recuperación con la mano fuera del agua.

1.5.1 Estilo de Crawl.

En el estilo de Crawl, la fase de apoyo comienza con el brazo por encima de la cabeza a 180° y termina a 0° de flexión, es la fase de propulsión y fundamental para el avance en el agua. Al entrar la mano en el agua se encuentra con la cara palmar hacia abajo y el codo en extensión, a partir de ahí se realiza una flexión de codo combinado con un movimiento de aducción del hombro, lo que provoca que el codo se acerque a la línea media del cuerpo. Al llegar la mano a la cadera, el hombro se encuentra completamente en aducción, es ahí donde el codo sale del agua para iniciar la siguiente fase. Al inicio, el trapecio eleva y el romboides retrae la escápula. El serrato anterior gira y rota la escápula hacia arriba. Justo después de la entrada de la mano en el agua, el pectoral mayor aduce y extiende el hombro. El gran dorsal junto con el

subescapular son responsables desde la parte media del apoyo hasta el inicio de la recuperación.

En la fase de recuperación, se inicia con el hombro 0° y termina a 180° de abducción. En esta etapa, el codo es el primero en salir del agua, y durante la abducción, se presenta una rotación externa del hombro para permitir a la mano entrar al agua más lejos que el codo. Los principales músculos en esta fase son el deltoides y el supraespinoso para la abducción y el infraespinoso y redondo menor como rotadores externos. Durante cada brazada, el tronco debe girar en su eje longitudinal entre 70 y 100° para permitir que el codo siempre este por arriba del nivel de la mano⁽³⁰⁾.

1.5.2. Estilo de Mariposa

Otro estilo que se involucra frecuentemente con el hombro del nadador es el de mariposa. La fase de apoyo comienza con ambos brazos en flexión a 180° y termina a 0° , las palmas de las manos se orientan hacia abajo, una vez que las manos entran al agua se sigue con una flexión de codo y aducción del hombro de la misma forma que ocurre en el crawl para terminar con la salida de las manos a la altura de la cadera. Como en este estilo no es posible girar el cuerpo en su eje longitudinal ya que el gesto se hace con ambos brazos a la vez, durante la fase de recuperación, los brazos llegan a la posición inicial de apoyo mediante la abducción y rotación externa sin flexión de codo.

1.5.3. Estilo de Dorso

El estilo de dorso o espalda, la fase de apoyo inicia con el hombro en abducción a 180° y rotación interna ya que el codo se encuentra extendido y lo primero en entrar al agua es el 5° dedo de la mano, de ahí se realiza ligera flexión del codo y un movimiento de aducción de hombro para terminar con la salida de la mano del agua inicialmente con el dedo pulgar y luego el resto de la mano. La fase de recuperación se realiza con flexión de hombro de 0 a 180° y rotación interna.

Como se puede observar, la rotación interna no se corrige durante las 2 fases, esto es debido a la paradoja de Codman⁽³¹⁾, que estipula que en un movimiento articular en 2 planos, para realizar un ciclo ergonómico (terminar en la misma posición que la inicial) se debe realizar un movimiento en un tercer plano, en este caso se realiza una flexión, una rotación interna y una aducción, es decir, 3 planos.

1.5.4. Estilo de Pecho

Finalmente, en el estilo de pecho, las manos siempre se encuentran dentro del agua por lo que la fase de apoyo se tomará como la parte de la brazada en la que se tiene propulsión en el agua, y la fase de recuperación como la parte en la que los brazos regresan a la posición inicial de la fase de apoyo.

En la etapa de propulsión o apoyo, los hombros inicialmente se encuentran en flexión completa y los pulgares hacia arriba con el codo estirado, para iniciar el apoyo se realiza rotación interna del hombro, se flexiona el codo conforme el hombro se vuelve en aducción y al llegar a la aducción completa termina esta fase. En la etapa de recuperación, los hombros se flexionan conforme se extienden los codos hasta llegar a la flexión completa del hombro.

Considerando la biomecánica del hombro en la natación, es importante el equilibrio de las fuerzas en los músculos que intervienen en el movimiento de cada uno de los estilos arriba descritos, por lo que la evaluación de la fuerza para la prescripción de programas de entrenamiento para el fortalecimiento muscular tiene gran importancia en este deporte.

1.6 EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE ISOCINESIA

La fuerza muscular se mide con diferentes instrumentos a partir del tipo de contracción específica que se pretende valorar. Así, la contracción concéntrica se puede valorar con levantamiento de pesas (repeticiones máximas), la contracción isométrica se mide utilizando dinamómetros o tensiómetros de cable. Sin embargo, los aparatos electromecánicos como los equipos de isocinesia permiten evaluar de una manera más segura, objetiva, reproducible y confiable los resultados de una valoración de fuerza, y algunos modelos de estos equipos permiten evaluar la fuerza concéntrica, excéntrica y la isométrica. La dinamometría con isocinesia ha sido ampliamente aceptada en la clínica como el método más objetivo de medir la fuerza como parámetro de rendimiento muscular e identificando debilidades potenciales para propósitos de rehabilitación ⁽³²⁾.

El término isocinesia describe un proceso en el que un segmento corporal se mueve para acomodarse a una velocidad pre seleccionada en contra de una resistencia que se mantiene constante en todo el arco de movimiento⁽³³⁾. En otros términos, se fija una velocidad determinada en el aparato y no importa cual sea la fuerza que se ejerza sobre el dinamómetro, la velocidad de movimiento no será mayor a la establecida (30°/s, 45°/s, 60°/seg, etc.).

1.6.1 Características del ejercicio isocinético⁽³³⁾

El concepto de la isocinesia fue desarrollado por James Perrine a finales de la década de 1960. Desde entonces ha ido en aumento su uso en la rehabilitación y con fines evaluativos. La isocinesia es el método más efectivo y seguro de evaluar un músculo. Los beneficios con los que cuenta, en comparación con otros ejercicios de resistencia son:

- Uso más eficiente del trabajo muscular: la isocinesia es capaz de provocar la contracción máxima muscular durante todo el arco de movilidad.
- Reduce el riesgo de lesión: la fuerza que produce el paciente es el único factor que controla la cantidad de resistencia generada por la máquina
- Acomodación al dolor y la fatiga: cuando el paciente presenta dificultad o dolor en algún punto en el arco de movimiento, éste puede responder con menor fuerza y el aparato de isocinesia inmediatamente disminuye la resistencia.
- Amplio rango de velocidad para evaluación y ejercicio.
 - Las fibras rápidas responden mejor al ejercicio de corta duración y alta intensidad, por lo que son mejor evaluadas en una combinación de velocidad, máximo esfuerzo y menos repeticiones.
 - Las fibras lentas responden al esfuerzo submáximo de larga duración y menor intensidad.
- Disminución de las fuerzas de compresión articular a velocidades altas: de acuerdo al principio de Bernoulli, a mayor movimiento de una superficie (superficie articular) sobre un líquido (líquido sinovial), se presenta menor presión sobre la superficie.
- Aumento fisiológico de la fuerza
- Eliminación del movimiento balístico: La primera ley de Newton del movimiento estipula que un cuerpo continúa en su estado de reposo o movimiento uniforme a menos que exista una fuerza externa que actúe sobre él. Con la isocinesia, la inercia se reduce debido a que la resistencia producida por la máquina se detiene cuando el sujeto deja de producir fuerza.
- Estabilización segura de las partes del cuerpo que no se evalúan.
- Limitación del arco de movilidad
- Mediciones reproducibles.

1.6.2 Contraindicaciones de las sesiones isocinéticas ⁽³³⁾:

Como cualquier procedimiento diagnóstico y terapéutico, la isocinesia tiene contraindicaciones bien detalladas y delimitadas que evitan provocar o agravar una lesión o condición preexistente. Dichas contraindicaciones se presentan a continuación:

1.6.2.1 Contraindicaciones absolutas

- Tejidos blandos en etapa de cicatrización
- Dolor severo
- Arco de movilidad muy limitado
- Inflamación articular severa
- Articulación inestable
- Esguince agudo.

1.6.2.2 Contraindicaciones relativas

- Dolor
- Arco de movilidad limitado
- Inflamación o sinovitis
- Esguince crónico de tercer grado
- Embarazo

1.6.3 Determinación de la velocidad en la evaluación isocinética ⁽³³⁾

Las velocidades de evaluación para cada paciente se seleccionan de acuerdo a la gravedad de la lesión y las actividades particulares a las que el paciente regresará después de la rehabilitación. Es por esto que puede haber una gran variación de las velocidades entre cada paciente.

Los atletas generalmente requieren velocidades más rápidas de evaluación que los pacientes no atletas.

Las velocidades bajas proveen una buena indicación de la capacidad del paciente para soportar fuerzas compresivas, así como dan la mejor interpretación de la forma de la curva isocinética. Estas velocidades dan la mejor información de las relaciones pico de torque: peso corporal y agonistas/antagonistas. Por esto, las velocidades sugeridas para evaluación del pico de torque en el hombro es de 60°/segundo; y si se pretende valorar la resistencia o el pico de torque a altas velocidades se utiliza 180°/segundo en pacientes no atletas y 240-300°/segundo en atletas y pacientes físicamente activos.

1.6.4 Reglas generales en los protocolos de evaluación⁽³³⁾.

Algunos de los puntos que se deben tomar en consideración para que las evaluaciones sean lo más uniformes posibles en una sesión de isocinesia son:

1. En la evaluación de alguna extremidad, siempre se evalúa el lado no afectado a lo largo del mismo arco de movilidad que el lado afectado.
2. Dar una explicación simple pero completa de los requerimientos dinámicos de la prueba
3. Se deben realizar 3 a 5 repeticiones submáximas y una máxima de cada velocidad antes de cada prueba: las repeticiones de calentamiento deben comenzar con un esfuerzo mínimo e ir incrementando hasta que la última repetición sea máxima.
4. Se puede alentar al paciente verbalmente durante cada repetición.
5. Realizar estiramiento de baja intensidad y trabajo submáximo de los grupos musculares a evaluar. Este calentamiento se puede realizar en el mismo aparato.
6. Se debe dejar el suficiente descanso entre series para permitir la recuperación, ya que es bien reconocido que las contracciones repetitivas provocan fatiga muscular, expresada usualmente como una reducción en la capacidad de producción de fuerza. Son suficientes 60 segundos de recuperación si se esta valorando únicamente el pico de torque⁽³⁴⁾.

1.6.5 Evaluación isocinética de abducción-aducción vertical del hombro⁽³³⁾.

Para determinar la longitud del brazo del dinamómetro se realiza lo siguiente:

1. Se mide la distancia del borde lateral del acromion al inicio del dedo pulgar del brazo a evaluar
2. Para compensar el movimiento de la articulación escapulo-torácica, se ajusta el adaptador de hombro a la máxima longitud del brazo.
3. Se explica al paciente que debe mantener la muñeca en posición neutral durante la evaluación.

Los adaptadores necesarios para la evaluación del hombro son:

- Adaptador de hombro/codo
- Descansa pies
- Cojín lumbar.

La posición de la silla y el dinamómetro para la evaluación de abducción-aducción son como se presentan en la siguiente tabla:

	Colocación de la escala o posición	Color de escala de extremidad derecha	Color de escala de extremidad izquierda
Rotación de la silla	80°	Negra	Roja
Angulo del respaldo	65°		
Posición del asiento	Arriba		
Inclinación del dinamómetro	30°		
Altura del dinamómetro	13		
Rotación del dinamómetro	10°	Roja	Negra
Monorriel de la silla	32		

En cuanto a la valoración isocinética, el hombro no ha sido tan estudiado como otras articulaciones, uno de los primeros artículos publicados en relación a esta articulación y que establece los valores normales de la relación de fuerzas es el publicado por Ivey en 1985⁽³⁵⁾, el cuál establece una relación de pico de torque de 2:1 para la aducción: abducción respectivamente. Esta relación ha sido aceptada por diferentes autores y es la que se toma como referencia de normalidad en diferentes artículos⁽³⁶⁻⁴³⁾; aunque hay que resaltar que este estudio tiene una población con edad promedio de 27 años y que fueron sujetos sanos que no realizaban ninguna actividad física en la que el gesto deportivo se hiciera con algún brazo. Hablando específicamente de la evaluación de hombro en nadadores, la relación propuesta por McMaster⁽⁴²⁾ es de 2:1, y además reportó una relación para sujetos no nadadores de 1.53-1.65.

Los aparatos de isocinesia presentan en una pantalla una gráfica de torque contra distancia, en donde se puede analizar el torque máximo, las características morfológicas de la curva y el trabajo (representado como el área bajo la curva).

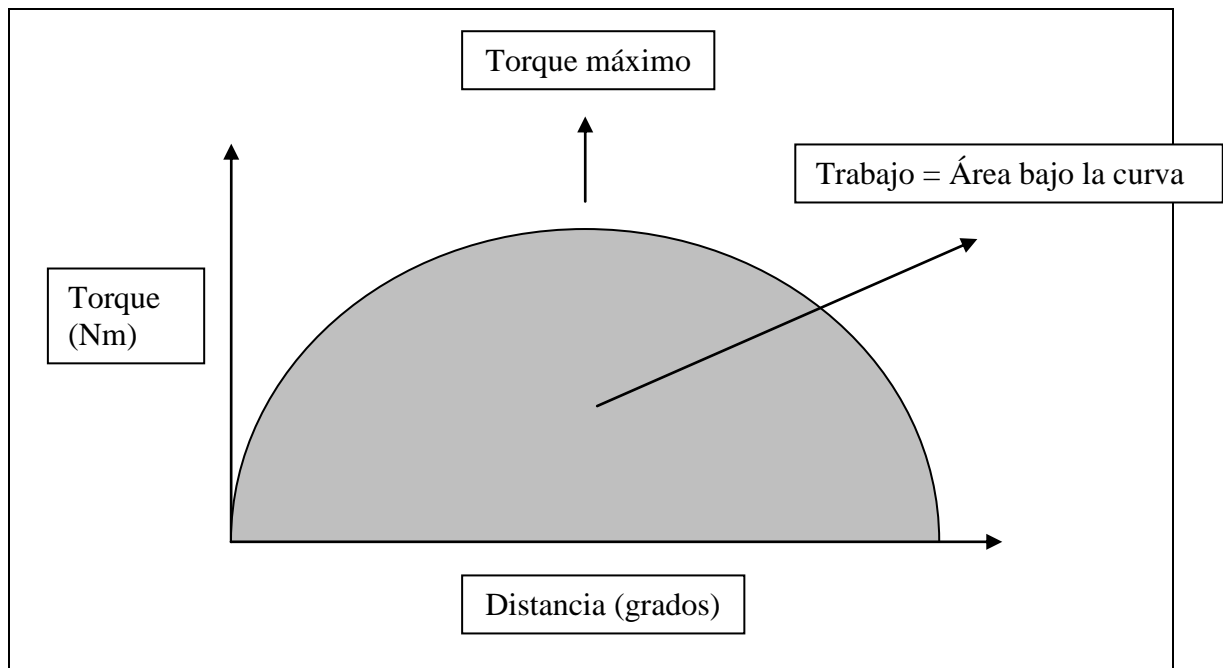


Figura 8.- Representación esquemática de la curva de isocinesia.

Existe relativa controversia en cuanto a la validez y confiabilidad de la medición de fuerza en niños y adolescentes, en cuanto a esto, existen numerosos estudios en donde se justifica esta medición y se le da la validez necesaria a los aparatos de isocinesia ^(40, 44, 45, 46). En este estudio no se valoró el pico de torque en su magnitud, únicamente se tomó en cuenta la relación del pico de torque de abducción: aducción.

2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las causas reconocidas del hombro de nadador es la falta de estabilidad glenohumeral que propicia un desplazamiento de la cabeza humeral durante la brazada. Un factor causal de esta inestabilidad es la desproporción de fuerzas en la aducción/abducción de hombro, por esto, es necesario conocer la relación de aductores/abductores a partir de la cuál aumenta significativamente el riesgo de lesión para lograr una prevención efectiva del Síndrome del hombro del nadador, proyectando disminuir las ausencias en los entrenamientos, reducir los gastos en servicios de atención médica que provoca este síndrome e impactando de forma positiva sobre el rendimiento del deportista.

3.- OBJETIVO GENERAL

Valorar la relación de aducción: abducción a partir del cuál aumenta el riesgo de presentar el “hombro del nadador” a 6 meses.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir la relación de fuerza de aducción/abducción de hombro en una muestra de nadadores mexicanos infantiles y juveniles.
2. Evaluar el riesgo de lesión de hombro a 6 meses en nadadores de acuerdo a la desproporción de fuerzas de abducción/aducción como un indicador inicial para la población estudiada dentro del servicio.

4.- HIPÓTESIS

A medida que aumente el pico de torque de los aductores con respecto a los abductores por encima de 2:1 se presentará un mayor riesgo de lesión en el hombro de los nadadores.

5.- DISEÑO EXPERIMENTAL ⁽⁴⁷⁾

Estudio clínico, prospectivo, longitudinal, descriptivo, observacional.

5.1- SUJETOS Y MÉTODOS

5.1.1- Sujetos

Se incluyeron en el estudio a los nadadores que contaron con los criterios de inclusión, que acudieron a evaluación morfofuncional al servicio de medicina del deporte del INR y que firmaron voluntariamente el consentimiento informado de participación en el estudio.

Criterios de inclusión:

- Ambos sexos
- De 11 a 17 años (categorías infantil B, Juvenil A y B)
- Nadadores de nivel competitivo por al menos 6 meses anteriores a la prueba
- Práctica de al menos 9 horas a la semana por 12 semanas continuas al momento del estudio
- Sin antecedente de lesión en hombro.

Criterios de exclusión:

- Nadadores que utilicen de forma fundamental alguno o ambos brazos para la realización de otro deporte.
- Deportistas con lesión o dolor en el hombro al momento de realizar la prueba de isocinesia
- Haber realizado ejercicio el día anterior a la realización de la prueba

5.1.2.- Método.

Se realizó dinamometría electrónica en Cybex Norm de abducción y aducción vertical de ambos hombros colocando el eje de rotación, traslación del asiento, posición de respaldo y de la silla de acuerdo al manual de usuario de Cybex ⁽³³⁾. La prueba se realizó en ambos hombros previo 5 min. de calentamiento. Una vez en posición, las series se realizaron de la siguiente forma:

- 3 repeticiones para el reconocimiento del movimiento a 45°/seg.
- 5 repeticiones a 45°/seg para lograr reclutamiento de fibras.
- 5 repeticiones a 60°/seg que se tomará como la prueba a evaluar.
- 5 repeticiones a 120°/seg como relajación.

Entre cada serie se dio un descanso de 30 segundos. Se evaluaron ambos lados y siempre se comenzó por el lado dominante. En caso de ser ambidiestro se inició con el

hombro derecho. Una vez terminada la evaluación se realizaron ejercicios de estiramiento por 5 min.

Se calculó la relación de fuerzas de abducción/aducción para cada hombro y se realizó un seguimiento por 6 meses a cada nadador evaluado, clasificando al atleta en dos grupos de acuerdo a si en este periodo tuvieron alguna lesión o no.

El grupo con lesión se conformó con sujetos que refirieron dolor en uno o ambos hombros dentro de los seis meses de seguimiento, que no fuese atribuido a alguna otra actividad o traumatismo aparte del gesto deportivo de la natación y que por este motivo suspendieran una o más sesiones de entrenamiento o competencia.

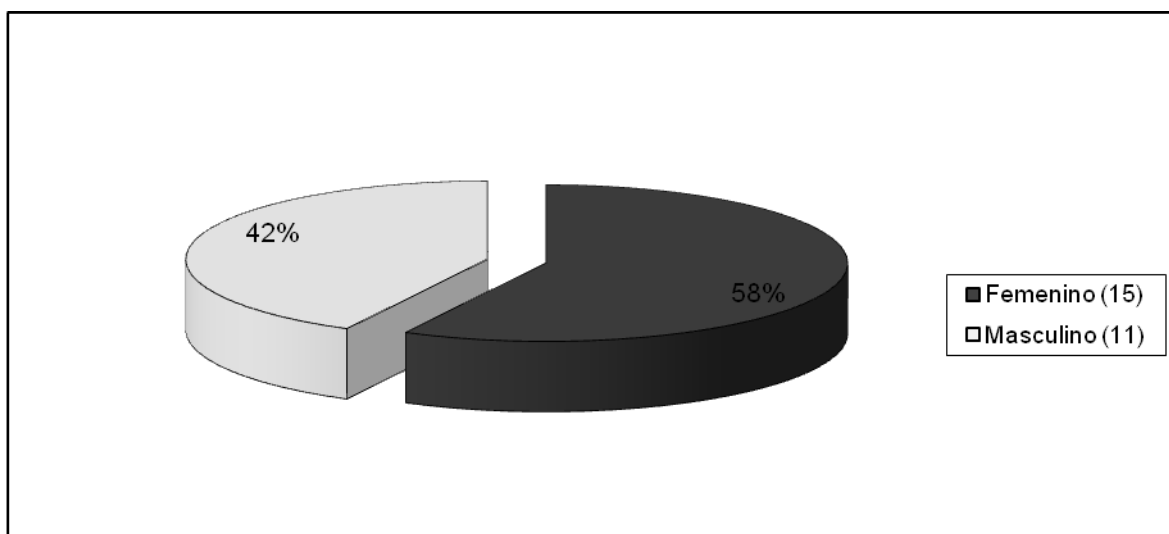
5.2.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El análisis se llevó a cabo con estadística descriptiva de las variables sociodemográficas de la población y de los valores de fuerza de aductores y abductores de hombro, calculando la media, desviación estándar, error estándar e intervalos de confianza. Los valores descritos en las tablas corresponden a promedios \pm error estándar. La diferencia entre grupos sano y con lesión se evaluó mediante t de Student para muestras independientes estableciendo un nivel de significancia $p < 0.05$. Por otra parte, se determinó el riesgo relativo de lesión a partir de los valores de pico de torque de aductores/abductores de ambos hombros.

6.- RESULTADOS

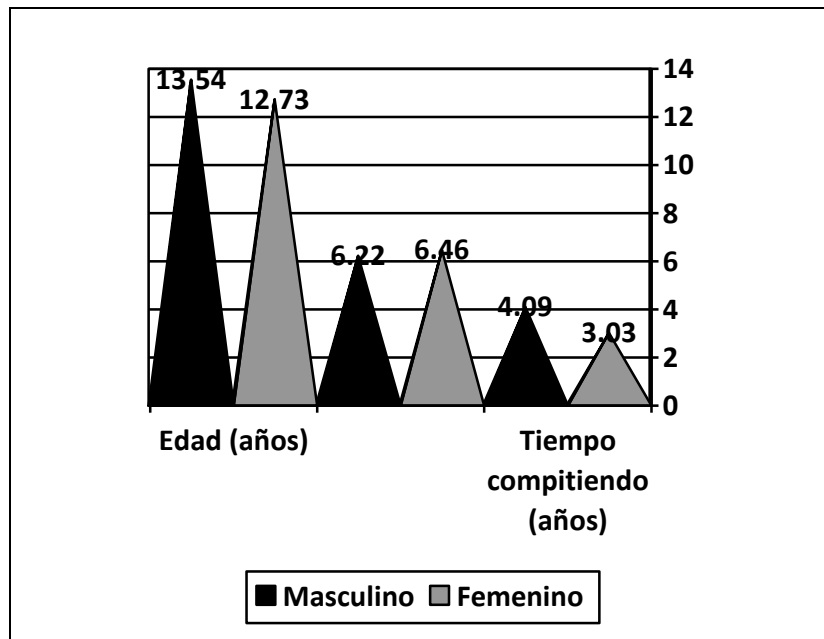
6.1.- DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

En la investigación participaron un total de 26 nadadores, de los cuales 15 (57.7%) fueron del sexo femenino y 11 (42.3%) del sexo masculino (gráfica 2). La edad mínima fue de 11 años y la máxima de 17 para ambos grupos; las edades promedio fueron de 12.73 para el sexo femenino y de 13.54 años para el sexo masculino.



Gráfica 3.- Distribución de la población de acuerdo al sexo

La antigüedad de la práctica deportiva fue desde 6 meses hasta 10 años, con una media de 6.22 años en hombres y desde 2 hasta 11 años en las mujeres, con una media de 6.46. Así mismo, la antigüedad en el deporte competitivo del sexo masculino fue en promedio de 4.09 años, mientras que en el sexo femenino, fue de 3.03 (gráfica 4).



Gráfica 4.- Características generales de la población estudiada

En cuanto al nivel competitivo se encontraron 3 nadadores (11.5%) participantes en la Olimpiada Nacional, 4 nadadores (15.4%) de nivel regional y 19 sujetos (73.1%) de nivel distrital, en la distribución por sexo se encontró que el máximo nivel competitivo del sexo masculino fué en un nadador con el 4° lugar en la Olimpiada Nacional, le siguieron un 8° y un 13° en la misma competencia. Participaron 2 campeones distritales, un subcampeón y un 4° lugar de éste nivel. El resto de los participantes del sexo masculino (4) solamente tenían participación en dicha competencia sin lugares importantes.

Para el sexo femenino, el máximo nivel lo tuvo una campeona regional y 2 subcampeonas, seguidas de una participante regional sin lugar especificado, una campeona distrital, y un 10° lugar en la misma competencia. El resto de las nadadoras participantes (9) tenían participación a nivel distrital sin medalla.

6.2. DESCRIPCIÓN DE LAS FUERZAS MUSCULARES DETERMINADAS POR ISOCINESIA, DISTRIBUCIÓN DE LA LESIÓN DE HOMBRO Y CÁLCULO DEL RIESGO RELATIVO.

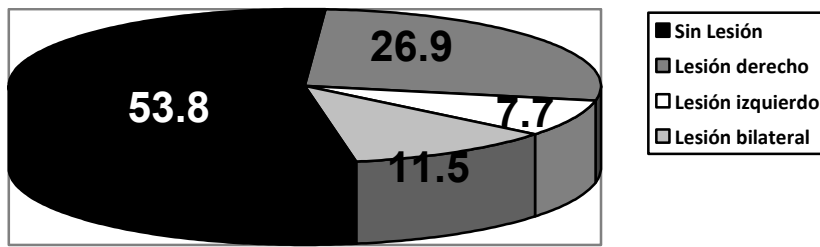
A continuación se describe la relación de picos de torque aductores (ADD) y abductores (ABD) derechos e izquierdos para cada uno de los sujetos que participaron en el estudio, así como la lesión de hombro que presentaron posterior a 6 meses de realizada la prueba (tabla 5).

Tabla 5.- Picos de torque, relación ADD/ABD y lesión de hombro en la población general

Sujeto	Género	Relación ADD/ABD Der. (Nm)	Relación ADD/ABD Izq. (Nm)	Lesión del hombro
1	F	2.10	1.63	DERECHO
2	F	2.09	1.94	DERECHO
3	M	2.06	1.15	DERECHO
4	F	2.28	4.45	BILATERAL
5	F	3.42	4.12	BILATERAL
6	M	2.38	1.77	DERECHO
7	F	2.18	1.45	DERECHO
8	M	2.37	1.59	DERECHO
9	F	6.57	5.11	DERECHO
10	F	4.09	2.55	BILATERAL
11	M	1.82	2.12	NO
12	F	2.08	1.66	NO
13	F	1.90	1.28	NO
14	F	1.37	1.44	IZQUIERDO
15	M	1.68	1.77	IZQUIERDO
16	M	1.66	1.55	NO
17	M	1.53	1.48	NO
18	F	1.68	1.72	NO
19	F	1.88	1.31	NO
20	F	1.33	1.00	NO
21	M	1.40	1.31	NO
22	M	1.75	1.38	NO
23	F	1.70	1.50	NO
24	M	1.53	1.69	NO
25	F	1.09	1.31	NO
26	M	1.71	1.87	NO

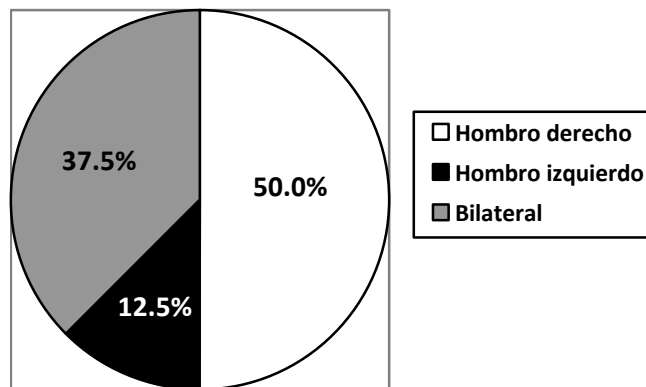
ADD= aductores, ABD= abductores, Der= derecho, Izq.= izquierdo

La distribución de la lesión en la población general fue de la siguiente manera: 14 (53.8%) no tuvieron lesión en 6 meses posteriores a la prueba, teniendo 12 nadadores (46.2%) lesionados. De éste total, 7 (26.9%) tuvieron lesión en el hombro derecho, 2 (7.7%) lesión en el hombro izquierdo y 3(11.5%) presentaron lesión bilateral (gráfica 5).



Gráfica 5.- Distribución de la lesión en la población general

Específicamente en el sexo femenino, hubo 8 nadadoras (53.3%) lesionadas, de las cuales, 4 (50%) presentaron lesión en el hombro derecho, 1 (12.5) en el hombro izquierdo y 3 (37.5%) tuvieron lesión bilateral (gráfica 6).



Gráfica 6.- Distribución de la lesión en el sexo femenino

Solamente 4 nadadores (36.4%) de la población masculina presentó lesión, siendo 3 (75%) en el hombro derecho y 1 (25%) en el hombro izquierdo. En este grupo no hubo lesión bilateral como se ilustra en la gráfica 7.

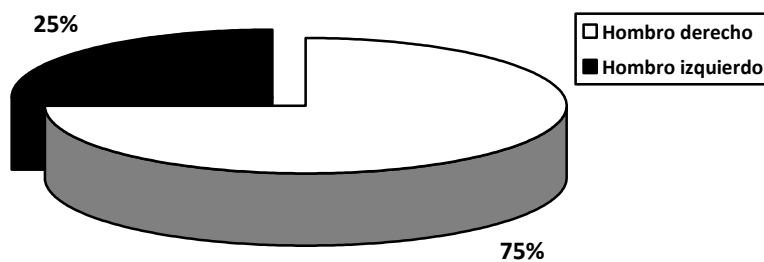


Gráfico 7.- Distribución de la lesión en el sexo masculino

La población sin lesión (ambos sexos), tuvo una relación aducción/abducción que fue desde 1.1 hasta 2.08 en el hombro derecho con una media de 1.65. En el hombro izquierdo abarcó desde una relación de 1 hasta 2.13, con una media de 1.51 (Tabla 6).

En la población que si presentó lesión, se encontró una relación en el hombro derecho desde 1.38 hasta 6.57, con una media de 2.72, mientras que en el hombro izquierdo abarcó desde 1.15 hasta 5.11, con media de 2.41 (Tabla 6).

Tabla 6.- Relación de pico de torque en la población general

Característica	Hombro	Relación de pico de torque	Valor mínimo	Valor máximo
Sin lesión	Derecho	1.65 ± 0.068	1.1	2.08
	Izquierdo	1.51 ± 0.076	1.0	2.13
Con lesión				
	Derecho	2.72 ± 0.408	1.38	6.57
	Izquierdo	2.41 ± 0.390	1.15	5.11

Los nadadores del sexo masculino que no presentaron lesión, tuvieron una relación entre 1.4 a 1.82, con una media de 1.63 para el hombro derecho; y de 1.31 a 2.13 con media de 1.63 para el hombro izquierdo.

En el mismo sexo, los nadadores lesionados tuvieron una relación de 1.68-2.38 con media de 2.12 en el hombro derecho; para el hombro izquierdo tuvieron una relación de 1.15 a 1.78 con media de 1.57.

Tabla 7.- Relación de pico de torque en el sexo masculino

Característica	Hombro	Relación de pico de torque	Valor mínimo	Valor máximo
Sin lesión	Derecho	1.63 ± 0.056	1.4	1.82
	Izquierdo	1.63 ± 0.108	1.31	2.13
Con lesión				
	Derecho	2.12 ± 0.165	1.68	2.38
	Izquierdo	1.57 ± 0.158	1.15	1.78

En la población del sexo femenino sin lesión se encontró una relación para el hombro derecho de 1.10 a 2.08, con media de 1.67. En el hombro izquierdo se encontró una relación de 1.0 a 1.72, con media de 1.4.

Las nadadoras que tuvieron lesión al cabo de los 6 meses de seguimiento tuvieron una relación de 1.38 a 6.57 en el hombro derecho, con una media de 3.01; y para el hombro izquierdo la relación fue de 1.44 a 5.11, con una media de 2.83.

Tabla 8.- Relación de pico de torque en el sexo femenino

Característica	Hombro	Relación de pico de torque	Valor mínimo	Valor máximo
Sin lesión	Derecho	1.67 ± 0.130	1.10	2.08
	Izquierdo	1.4 ± 0.094	1	1.72
Con lesión	Derecho	3.01 ± 0.591	1.38	6.57
	Izquierdo	2.38 ± 0.52	1.44	5.11

Se realizó la comparación entre los valores de la relación de pico de torque entre los sujetos que presentaron lesión y los que no la padecieron; en ella se confirma que a una relación de pico de torque mayor a 2.0 se presenta lesión de hombro (Tabla 9). La diferencia entre los valores de la relación de fuerzas musculares de aductores/abductores entre la población con lesión y sin ella es significativa tanto para el hombro derecho como izquierdo y hay un mayor número de casos de lesión del hombro derecho con respecto al izquierdo.

Tabla 9. Comparación del valor de la relación de pico de torque de aductores/abductores entre sujetos nadadores con y sin lesión de hombro

Condición	N	Relación de pico de torque ADD/ABD	p
Lesión hombro derecho	10	2.959 ± 0.454	0.003
Sin lesión de hombro derecho	14	1.651 ± 0.069	
Lesión de hombro izquierdo	5	2.869 ± 0.609	0.002
Sin lesión de hombro izquierdo	14	1.517 ± 0.076	

Valores expresados como promedio ± error estándar

Comparación mediante t de Student para muestras independientes a nivel de confianza $\alpha = 0.05$

Con estos datos, se calculó el riesgo relativo de lesión, encontrándose que los nadadores con una relación de fuerzas de aductores/abductores (derechos o izquierdos) mayor de 2 tienen 14.63 veces más probabilidad de presentar una lesión de hombro que los nadadores con una relación de fuerzas menor.

Tabla 10.- Cálculo de riesgo relativo de lesión de hombro en el grupo de nadadores estudiado.

Relación de pico de torque	Lesionado	Sano	Total
>2.0	13	3	16
<2.0	2	34	36
TOTAL	15	37	52

$$\text{RR} = (13/16) / (2/36) = 14.63$$

7.- DISCUSIÓN

La edad de inicio en competencias del nadador mexicano concuerda con la reportada por Kammer y Craig ⁽⁵⁾, por lo que se comprueba que la vida competitiva del nadador mexicano puede ser lo suficientemente larga y que el tiempo de la exposición del hombro a una lesión es considerablemente importante debido a la cantidad de brazadas realizadas por sesión de entrenamiento.

Si bien el nivel competitivo de los nadadores evaluados fue a nivel nacional, es decir, no hubo ningún nadador que al momento de la valoración tuviera competencias internacionales, hay que considerar que el promedio de las edades es menor de 14 años y aún a esta edad la antigüedad en el nivel competitivo fue de más de 6 años, es decir, alrededor de la mitad de su vida.

El porcentaje de lesión encontrado en el estudio fue del 46.2% de la población, lo que concuerda con los datos publicados con McMaster ⁽¹¹⁾ en 1993, que reporta un porcentaje de 47% de la población con antecedente de lesión en nadadores infantiles y juveniles y de 73% para nadadores de élite. Sin embargo, específicamente por género, él reporta un porcentaje de lesión de 38% en el sexo femenino y de 55 % en el masculino, mientras que en el presente estudio fue mayor en las mujeres (53.3 %) y menor en los varones (36.4 %). Esta diferencia se puede deber a las características de la población utilizada, ya que para este estudio hubo una mayor participación del sexo femenino.

El intervalo para la relación aducción: abducción encontrada en la población sin lesión fue de 1.51-1.65, lo que concuerda con el estudio de McMaster ⁽⁴²⁾ publicado en 1992, que fue de 1.53-1.65, y de igual manera contrasta con lo publicado por Ivey ⁽³⁵⁾ en 1985 (relación 2:1) aunque hay que considerar que la población utilizada en este estudio es diferente a la estudiada por Ivey, y más similar a la de McMaster, quien incluyó nadadores en edades similares.

La relación aducción/abducción que se tomó en este estudio como base (2:1) es porque no hay información publicada que refiera una relación mayor a ésta como normal. Es decir, a pesar de las diferencias en las publicaciones de McMaster y de Ivey en cuanto a las características de la población (edad, género, actividad deportiva),

ninguno reporta como normal una relación mayor a 2:1. Es esta la razón por la que se buscó un aumento en el riesgo de lesión por arriba de éste parámetro.

Por la relación aducción: abducción en la población lesionada, se acepta la teoría publicada por Scovazzo ⁽⁴⁸⁾ en 1991 y Ka Pik ⁽⁷⁾ en 2004 en donde establecen que la desproporción de fuerzas de hombro son un factor de riesgo importante de lesión, considerando que en esta investigación se encontró un riesgo relativo de lesión 14.63 para ambos hombros cuando la relación de fuerzas es igual o mayor a 2:1.

En el estudio no se tomó en cuenta el tiempo que tardó en regresar el nadador lesionado a los entrenamientos y tampoco el diagnóstico específico de la lesión; únicamente se valoró si el dolor en el hombro fue de intensidad suficiente para interrumpir uno o más días sus sesiones de entrenamiento o competencia. Esto es porque el objetivo del estudio fue conocer el riesgo de presentar una lesión a partir de la diferencia de las relaciones de fuerzas. Esto permitió, en primer lugar, confirmar que efectivamente al tener una relación mayor a la establecida como parámetro (2:1) aumenta significativamente el riesgo, y en segundo lugar, permite abrir líneas de investigación sobre el diagnóstico específico, ya que este trabajo se basa en la definición del hombro del nadador que engloba diferentes patologías y por otra parte diseñar programas de fortalecimiento en los nadadores que se encuentren deficientes en la fuerza muscular de la articulación.

A partir de la información obtenida en este trabajo, se pueden iniciar varias líneas de investigación en nadadores utilizando la isocinesia, considerando inicialmente una relación aducción : abducción menor a 2.0 como normal de dicho movimiento del hombro, permitiendo, a partir de ésta, establecer programas de fortalecimiento en los nadadores que se encuentren deficientes en la fuerza muscular de la articulación y establecer cuál es la relación óptima que mejora el desempeño en estos atletas.

Dentro de la medicina del deporte es de suma importancia la valoración del deportista, ya sea con fines preventivos o con la intención de conocer el estado actual de salud y de su forma deportiva para poder incidir en su rendimiento físico. La evaluación con isocinesia tiene mucho valor en cualquiera de estos dos fines ya que es un método confiable, seguro, objetivo y reproducible. En este estudio se le utilizó con fines de evaluación de fuerza, pero por los resultados obtenidos, se presenta como una herramienta de diagnóstico con fines preventivos que debe ser tomada en

cuenta en todos los niveles competitivos de la natación, basado en el alto riesgo de lesión encontrado en caso de tener asimetría de fuerzas de hombro para los ejes de movimiento estudiados.

La población estudiada corresponde a un buen nivel competitivo, teniendo experiencia en Olimpiadas Nacionales y competencias regionales, las cuáles son los torneos más importantes a nivel nacional para nadadores infantiles y juveniles. Sin embargo, es necesario trasladar este mismo trabajo a nadadores de nivel internacional, que estén más cerca de las marcas consideradas como clasificatorias para eventos internacionales para conocer la relación de fuerzas que actúan en los nadadores de élite del país, y posteriormente incidir positivamente en su rendimiento.

Al encontrarse un riesgo relativo tan grande, se convierte en un factor de riesgo importante, que se justifica con el conocimiento de la anatomía de la región, presentándose un desplazamiento constante de la cabeza humeral en la cavidad glenoidea, lo que provoca mayor estrés a nivel ligamentario, muscular y tendinoso de las estructuras involucradas, llevándolas a inflamación y lesión, que puede ir desde una ligera molestia al terminar los entrenamientos, hasta una incapacidad para realizar las actividades de la vida diaria. Este último grado de lesión, puede ser catastrófico para un deportista, retirándolo de sus entrenamientos por un largo tiempo, pudiendo dejarlo fuera del deporte competitivo.

Desde el punto de vista de la medicina del deporte, se debe conocer el diagnóstico preciso de una entidad para poder prescribir el tratamiento adecuado; el Síndrome del hombro del nadador, principalmente causado por tendinitis del manguito rotador, o por pinzamiento subacromial, se presenta como entidades que inicialmente se pueden tratar de forma conservadora, a menos que existan complicaciones, que en su caso deberán ser tratadas quirúrgicamente. Es por esto que, este estudio tiene relevancia, al encontrarse un riesgo relativo de tal magnitud, se debe, en primer lugar, evaluar a los nadadores antes de iniciar un periodo de entrenamiento, y por otro lado, corregir las asimetrías de fuerza encontradas antes de que inicie la presentación de los síntomas, con el fin de prevenir lesiones a lo largo de la temporada competitiva.

Como es bien conocido, el estudio isocinético no está al alcance de todos los nadadores del país ya que a nivel nacional son relativamente pocas las instituciones que cuentan con éstos aparatos debido a sus costos. Sin embargo, los datos

obtenidos en esta investigación, además de abrir nuevas líneas de investigación, justifican la programación de ejercicios estabilizadores del hombro en las sesiones diarias de entrenamiento con el fin de disminuir el riesgo relativo y sobre todo el porcentaje de lesión debido a este síndrome.

8.- CONCLUSIONES.

La relación de pico de torque encontrada en la población sin lesión es similar a la publicada en artículos con características similares, lo que le da validez a este estudio.

Al estudiar la relación aducción:abducción con isocinesia como riesgo de lesión de hombro, se puede utilizar el parámetro publicado por Ivey ⁽³⁵⁾, ya que se encontró que por encima de esta relación se presenta un riesgo relativo importante de lesión en dicha articulación.

El riesgo relativo de lesión encontrado en este estudio es muy elevado cuando la relación estudiada es por encima de 2, por este motivo es de gran importancia la valoración isocinética de hombro en los nadadores que acuden a una evaluación morfo-funcional de pretemporada o durante la misma, para incidir positivamente en la prevención del síndrome del hombro del nadador.

Este trabajo de investigación cumplió con los objetivos generales y específicos planteados, ya que se conoció la relación de pico de torque de aducción/abducción de hombro en los nadadores infantiles y juveniles mexicanos, en donde se encuentran similitudes con estudios ya publicados, sin embargo, esta relación puede cambiar si el estudio se amplía a poblaciones de otros niveles competitivos.

9. REFERENCIAS:

1. Listado de afiliados a la FMN (documento web). 2008.
<http://www.fmn.org.mx/Descargas/Descargas.aspx?Disciplina=Natacion&idDisciplina=1>
2. Reglamento deportivo de Natación; FMN, (documento web). 2005.
<http://www.fmn.org.mx/Descargas/Descargas.aspx?Disciplina=Natacion&idDisciplina=1/normatividad>
3. Hsu T.G, Hsu K.M., Hsieh S.S. (1997). *The effects of shoulder isokinetics strength training on speed and propulsive forces in front crawl swimming*. **Med Sci Sports Exer.** 29(5): S124
4. Smith D.J., Norris S.R., Hogg J.M. (2002). *Performance evaluation of swimmers*. **Sports Med.** 32(9):539-554.
5. Kammer C.S., Young C.C., Niedfeldt M.W. (1999). *Swimming Injuries and Illnesses*. **Phys and Sports Med.** 27:4.
6. Jonson J.N., Gauvin J, Fredericson M. (2003). *Swimming Biomechanics and injury prevention*. **Phys and Sports Med.** 31(1).
7. Ka Pik Eva Su, Jonson M., Gracely Ed J., Karduna Andrew R.. (2004) *Scapular rotation in swimmers with and without impingement syndrome: practice effects*. **Med Sci Sports Exer.** 36(7):1117-1123.
8. Kilt Gregory S, Zinder-Mackler Lynn; *Fisioterapia del deporte y el ejercicio*. 1º edición. **Ed. Elsevier**. España, 2004.
9. Wetzler MJ, Rubenstein DL, Gillespie MJ, Schenck RC Jr., Gloystein DM. (2002). *Shoulder injuries in swimmers: why they develop, how to treat them: guidelines for preventing and managing swimmer's shoulder*. **J Musculoskeletal Med.** 19(9): 365-369.
10. West Deb, Sole Gisela, Sullivan John. (2005). *Shoulder external-and internal- rotation isokinetic strength in master's swimmers*. **J Sport Rehabil.** 14:12-19.

11. McMaster WC, Troup. (1993). *A survey of interfering shoulder pain in United States competitive swimmers.* **Am J Sports Med.** 21(1): 67-70.
12. Stocker D, Pink M, Jobe FW: (1995). *Comparison of shoulder injury in collegiate and master's level swimmers.* **Clin J Sport Med.** 5(1):4-8
13. Rupp S, Berninger K, Hopf T. (1995). *Shoulder problems in high level swimmers—impingement, anterior instability, muscular imbalance?* **Int J Sports Med.** 16(8): 557-562.
14. Cole A, Johnson JN, Federicson M: *Injury incidence in competitive swimmers.* Presentado en la reunión de la Sociedad Norteamericana de medicina del deporte y la Asociación americana de entrenadores de natación; 7 de Septiembre del 2002; Las Vegas Nevada, EUA.
15. Bak K, Bue P, Olsson G. (1989). *Injury patterns in Danish Competitive Swimming.* **Ugeskr Laeger** 151(45):2982-2984.
16. Ciullo JV, Stevens GG. (1989). *The prevention and treatment of injuries to the shoulder in swimming.* **Sports Med.** 7(3): 182-204.
17. Allegrucci M, Whitney SL, Irrgang JJ. (1994). *Clinical implications of secondary impingement of the shoulder in Freestyle swimmers.* **J Orthop Sports Phys Ther.** 20(6): 307-318.
18. Yani Toshimasa, Hay James G., Millar George F. (2000). *Shoulder impingement in front-crawl swimming: I. A method to identify impingement.* **Med Sci Sports Exerc.** 32(1):21-29.
19. Tis Laurie L, Maxwell Tanya. (1996). *The effect of positioning on shoulder isokinetic measures in females.* **Med Sci Sports Exer.** 28(9):1188-1192.

20. Flatow EL, Soslowsky LJ, Ticker JB, Pawluk RJ, Hepler M, Ark J, Mow VC, Bigliani LU, (1994). *Excursion of the rotator cuff under the acromion: patterns of subacromial contact.* **Am J Sports Med.** 22(6) 779-788.
21. McMaster WC, Roberts A, Stoddard T. (198). *A correlation between shoulder laxity and interfering pain in competitive swimmers.* **Am J Sports Med** 26(1):83-86.
22. Weldon EJ III, Richardson AB. (2001). *Upper extremity overuse injuries in swimming: a discussion of swimmer's shoulder.* **Clin Sports Med.** 20(3):423-438
23. Malcarney H, Muriel G. (2003). *The rotator Cuff.* **Sports med.** 33(13).
24. Bak K, Fauno P. 1(1997). *Clinical findings in competitive swimmers with shoulder pain.* **Am J sports Med.** 25(2): 254-260
25. Yani, Toshimasa Hay James G., Millar George F. (2000). *Shoulder impingement in front-crawl swimming: II. Analysis of stroking technique.* **Med Sci Sports Exerc.** 32(1):33-40.
26. Pollard H, Croker D. (1999). *Shoulder pain in elite swimmers.* **Australas Chiropract Osteopathy.** 8(3): 91-95.
27. Moore Keith L. *Anatomía con orientación clínica.* 3° ed. Editorial **Panamericana.** Argentina, 1993
28. De Palma Michel J., Johnson Ernest W. (2003). *Detecting and Treating Shoulder Impingement Syndrome.* **Phys and Sports med.** 31(7).
29. Miralles M Rodrigo., Puig Misericordia. *Biomecánica clínica del aparato locomotor.* 1° ed. Editorial **Masson,** España. 2002; 85-105.
30. Jonson JN, Gauvin J, Fredericson M. (2003). *Swimming Biomechanics and injury prevention.* **Phys and Sports med.** 31(1).

31. Kapandji, I. A. *Cuadernos de Fisiología Articular Vol. I. Miembro Superior*. Editorial **Masson**. 4^a ed. 1987
32. Manske Robert C., Davies George J.. (2003). *Post rehabilitation outcomes of muscle power (torque-acceleration energy) in patients with selected shoulder dysfunctions*. **J Sports Rehab**. 12:181-198.
33. Davies G. *A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques*. 4^o ed. **S & S Publishers**, E.U.A.; 1-9 a 1-21, 6-24 a 6-28.
34. Parcell Allen C., Sawyer Robert D., Tricoli Valmor A., Chinevere Troy D. (2002). *Minimum rest period for strength recovery during a common isokinetic testing protocol*. **Med Sci Sports Exer**. 34(6):1018-1022.
35. Ivey FM Jr., Calhoun JH, Rusche K, Bierschenk J. (1985). *Isokinetic testing of shoulder strength: normal values*. **Arch Phys Med Rehab**. 66(6);384-386
36. Cools Ann M., Witvrouw Eric E., Daniels Lieven A., Vanderstraeten Guy G., Cambier Dirk C.. (2002). *Test-retest reproducibility of concentric strength values for shoulder girdle protraction and retraction using the Biodex isokinetic dynamometer*. **Isokinetics Exer Sci**. 129-136
37. van Meeteren Jetty, Roebroek Marij E., Stam Henk J. (2002). *Test-retest reliability in isokinetic muscle strength measurements of the shoulder*. **J Rehab Med**. 34:91-95.
38. van Meeteren Jetty, Roebroek Marij E., Selles Ruud W., Stijnen Theo, Stam Henk J.. (2004). *Concentric isokinetic dynamometry of the shoulder: which parameters discriminate between healthy subjects and patients with shoulder disorders?*. **Isokinetics Exer Sci**. 12: 239-246.
39. Kuhlman JR, Iannotti JP, Kelly MJ, Riegler FX, Gevaert ML, Ergin TM. (1992) *Isokinetic and isometric measurement of strength of external rotation and abduction of the shoulder*. **J Bone Joint Surg Am**. 74(9): 1320-1333.

40. De Ste Croix Mark B.A., Deighan Martine A., Armstrong Neil. (2003). *Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation*. **Sports Med.**33(10):727-743
41. Mayer F., Baur H., Hirschmüller, Keitkamp H.C., Horstmann T., Dickhuth H.H. (2001). *The quantification of reciprocal shoulder strength relation in various working modes at different movement velocities*. **Isokinetics Exer Sci.** 9:73-77.
42. McMaster WC, Long SC, Caiozzo VJ. (1992). *Shoulder torque changes in the swimming athlete*. **Am J Sports Med.** 20(3): 323-327
43. Otis JC, Warren RF, Backus FI, Santner TJ, Mabrey JD. (1990). *Torque production in the shoulder of the normal young adult male: the interaction of function, dominance, joint angle, and angular velocity*. **Am J Sports Med.** 18(2): 119-23.
44. Delbacre K, Bourgois J., Witvrouw E.E., Willems T.M., Cambier D.C. (2003). *Age-related changes in concentric and eccentric muscle strength in the lower and upper extremity: A cross-sectional study*. **Isokinetics Exer Sci.** 11:145-151.
45. Jones M.A., Stratton G. (2000). *Muscle function assessment in children*. **Acta paediatr.** 89:753-761.
46. Slodoban Jaric. (2002) *Muscle Strength Testing—Use of normalization for body Size*. **Sports Med.** 32(10):615-631.
47. Polit, Hungler. *Investigación científica en ciencias de la salud*. 6° ed. Editorial **McGraw-Hill**. México, 2000
48. Scovazzo ML, Browne A, Pink M, Jobe FW, Kerrigan J. (1991). *The painful shoulder during freestyle swimming: an electromyographic cinematographic analysis of twelve muscles*. **Am J Sports Med.** 19(6): 577-582
49. McMaster WC, Long SC, Caiozzo VJ. (1991). *Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the elite water polo player*. **Am J Sports Med.** 19(1): 72-75.

