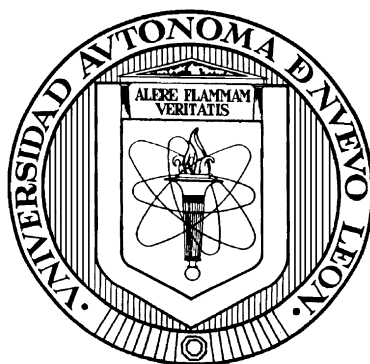


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA



VALORACIÓN DE LA FUERZA DE PRENSIÓN POR DINAMOMETRÍA EN
TENISTAS DEL CENTRO TENÍSTICO DE NUEVO LEÓN

Por

DRA. PAOLA RAMÍREZ CASTAÑEDA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN
MEDICINA DEL DEPORTE Y REHABILITACIÓN**

Febrero, 2018

VALORACIÓN DE LA FUERZA DE PRENSIÓN POR DINAMOMETRÍA EN
TENISTAS DEL CENTRO TENÍSTICO DE NUEVO LEÓN

Aprobación de la Tesis:




Dr. Ángel González Cantú
Director de Tesis



Dr. Med Oscar Salas Fraire
Jefe del Departamento de
Medicina del Deporte y Rehabilitación



Dra. Karina Salas Longoria
Coordinadora de enseñanza
Medicina del Deporte y Rehabilitación



Dr. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de estudios de posgrado

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Antes que nada quiero agradecer a la Universidad Autónoma de Nuevo León que por medio del Hospital Universitario "José E. González" me abrió las puertas y fue mi máxima casa de estudios durante estos 4 años. De igual manera quiero dar mi más sincero y cariñoso agradecimiento a esta mi casa, Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación, que me ha cobijado y brindado todos los elementos necesarios por poder labrar un futuro próspero.

Gracias Dr. Med. Oscar Salas Fraire y Dra. Karina Salas Longoria por ser mi guía y ayudarme a crecer, tanto académica como personalmente, gracias por creer en mí e impulsarme en todo momento.

A mis maestros, que día a día compartieron su experiencia y sabiduría con nosotros, en especial al Dr. Ángel González Cantú, al Dr. Fernando Ochoa Amhed, Dr. Thomas Javier Martínez Cervantes por su valioso tiempo y asesoría en la realización de esta tesis.

A mis compañeros de especialidad por compartir el mismo sueño y haber formado un gran equipo de trabajo.

Por último, pero siendo la más importante, gracias a mi madre, que me ha acompañado incondicionalmente a lo largo de esta carrera llamada vida, gracias por ser mi ejemplo, mi soporte y mi estímulo para dar siempre lo mejor de mí, éste y todos los logros son para ti!

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁGINAS
Capítulo I.	
1. Resumen	1
Capítulo II.	
1. Introducción	4
1.1 Biomecánica de la mano	4
1.2 Prensión	4
1.2.1 Prensa estabilizadora	10
1.2.2 Patrones funcionales	12
1.2.3 Importancia de la evaluación prensil	14
1.2.4 Variancia en la fuerza de prensión	16
1.2.5 Técnica de medición	18
1.2.6 Dinamómetro Jamar	20
1.3 El Tenis	22
1.3.1 Historia	23
1.3.2 Reglamento	30
1.3.3 Aspectos biomecánicos	41

Capítulo III.

1. Justificación	50
2. Objetivos	51
3. Material y métodos	51
4. Diseño	53

Capítulo IV.

1. Resultados	54
2. Conclusión y discusión	58

Bibliografía	59
------------------------	----

Anexos	63
------------------	----

LISTA DE FIGURAS

Fig 1. Arcos de la mano	5
Fig 2. Estructura ósea de la mano	6
Fig 3. Tipos de presión palmar	8
Fig 4. Músculos de la mano	8
Fig 5. Técnica de medición de dinamometría	19
Fig 6. Dinamómetro Jamar	21
Fig 7. Tenis medieval	24
Fig 8. Mujeres y el tenis, 1880	28
Fig 9. Competencia femenil 1980	29
Fig 10. Técnica del saque	47
Fig 11. Gráfica de población de tenistas juveniles por género.	54
Fig 12. Gráfica de población de tenistas por edades	55
Fig 13. Gráfica de población de tenistas por mano dominante	55
Fig 14. Tabla de promedio de fuerza de presión en tenistas diestros . . .	56
Fig 15. Tabla de promedio de fuerza de presión en tenistas zurdos . . .	56
Fig 16. Gráfica de dominancia en tenistas diestros	56
Fig 17. Gráfica de dominancia en tenistas zurdos	56
Fig 18. Gráfica de promedios de fuerza de presión por género	57
Fig 19. Gráfica de promedios de fuerza de presión por edad	57

NOMENCLATURA

Kg: Kilogramos.

Lb: Libras.

MC: Metacarpiano.

MCF : Metacarpofalángicas.

FPD: Flexor profundo de los dedos.

FSD: Flexor superficial de los dedos.

IF: Interfalángica,

IFP: Interfalángica proximal.

IFD: Interfalángica distal.

CMC: Carpometacarpiana.

ASHT: American Society of Hand Therapists.

ATP: Asociación de Tenistas Profesionales.

MTC: Consejo de Tenis Masculino.

ITF: Federación Internacional de Tenis.

GH: Glenohumeral.

EMG: Electromiografía.

CAPÍTULO 1

I. RESUMEN

El conocimiento científico de la capacidad de prensión de la mano se ha ido desarrollando a lo largo del último siglo, sumándose día con día nuevas aportaciones al tema, entre ellas los métodos de valoración funcional como el dinamómetro hidráulico.

Entendiéndose la fuerza de prensión como la acción sinérgica de los músculos flexores de los dedos (tanto extrínsecos como intrínsecos); biomecánicamente como un ejercicio de cadena cerrada, con múltiples interacciones e interdependencias musculoesqueléticas, cuyo objetivo es la correcta adaptación de la mano al objeto.

La fuerza de prensión se considera un índice objetivo de la integridad funcional de la extremidad superior, además de ser un indicador de salud general y del estado nutricional del individuo; por otro lado, se correlaciona con la masa magra y el área muscular del brazo. Desde los años 50's se tiene antecedente de investigaciones en sujetos sanos sobre la fuerza prensil,

observando desde entonces que la diferencia de fuerza entre ambas manos es alrededor del 10% , con mayor fuerza en el lado dominante (25%); así mismo se estableció que las mujeres presentan entre un 50 y 60% menor fuerza de prensión que los hombres.

La fuerza de la mano permite estimar el desarrollo biológico del individuo, lo que puede servir como referencia en el seguimiento del entrenamiento físico así como en los procesos de rehabilitación.

Actualmente la práctica del tenis se ha vuelto sumamente popular entre la población general, tanto a nivel amateur como a nivel profesional, es por ello que cada vez se realizan mas investigaciones deportivas con la finalidad de mejorar la dinámica en el juego y por ende el rendimiento de estos atletas, sin embargo, aún quedan áreas por explorar, habiendo poca información acerca de la fuerza de prensión y su impacto durante la actividad del tenista.

A partir del año 2000 se comenzaron a realizar estudios en tenistas con la finalidad de observar la proporción de activación muscular en las extremidades superiores, así como la dominancia basada en la fuerza, habiendo deficiencia de estudios que centren su interés en la importancia de la prensión.

El presente trabajo consiste en valorar la fuerza de prensión en tenistas juveniles por medio de dinamometría de mano, abarcando tanto atletas

amateur como de alto rendimiento, habiendo reclutado un total de 60 sujetos en un rango de edad de 9 a 19 años (28 hombres y 32 mujeres), a los cuales, previo a la dinamometría se les realizó una breve historia clínica para de esta forma conocer su nivel de actividad física y antecedentes de lesiones que pudieran influenciar en la fuerza de prensión.

Para la toma de la muestra se usó un dinamómetro hidráulico de mano con capacidad de registro de hasta 90 kg/200 lb de fuerza, tomando promedios de fuerza de prensión, por edades, género y de ambas manos.

Encontramos promedios de prensión de 28.85 kg en mano derecha y 27.33 kg en mano izquierda, siendo el 90% de los participantes diestros, observando una creciente fuerza de prensión a mayor edad. Se observó una diferencia de 18% en la fuerza prensil entre mujeres y hombres; en promedio, el 80% de los participantes presentó una mayor fuerza prensil en su lado dominante.

CAPITULO II

1. INTRODUCCIÓN

1.1 BIOMECÁNICA DE LA MANO.

La mano humana es una herramienta capaz de ejecutar innumerables acciones gracias a su función principal: la prensión, la cual tiene un alto grado de perfección gracias a la acción del pulgar. Su disposición anatómica le ha otorgado gran variedad de adaptaciones funcionales en un momento determinado de acuerdo a las necesidades de cada individuo.

Desde un punto de vista fisiológico, la mano representa la extremidad efectora del miembro superior, constituyendo su soporte logístico, permitiéndole adoptar la posición más favorable para una acción determinada. Sin embargo, no solo es un órgano de ejecución, también es un receptor sensorial cuyos datos son imprescindibles para su acción. La integridad de su macro y microestructura combinada con el abundante tejido neural, nos ha conferido el desarrollo de habilidades y ventajas especiales frente a otras especies. (1)

Para la prensión de objetos la mano puede adaptar su forma a conveniencia. En una superficie plana la mano se expande y se aplana, contactando con la eminencia tenar, la eminencia hipotenar, la cabeza de los metacarpianos y la cara palmar de las falanges; cuando se coge un objeto voluminoso, la mano se ahueca y forma arcos en tres direcciones:

- En sentido transversal, formado por el arco carpiano y prolongado por el arcometacarpiano.

- En sentido longitudinal por los arcos carpometacarpofalángicos, siendo los más importantes el arco del dedo medio y el arco del índice.

- En sentido oblicuo, formado por los arcos de oposición del pulgar con el resto de los dedos. (1, 2)

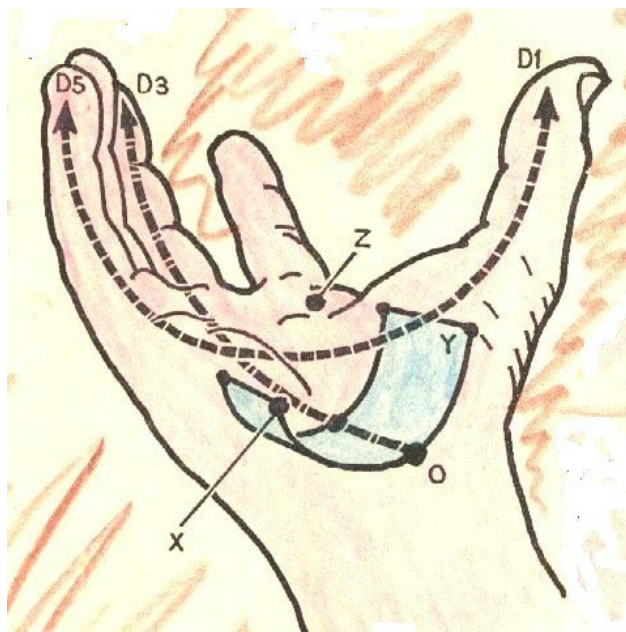


Fig 1. Arcos de la mano.

Conociendo los conceptos básicos de anatomía y kinesiología de la mano podemos entender la versatilidad de la que está dotada, pareciendo increíble que en un área tan pequeña converjan tejidos blandos y duros, entre ellos, 27 huesos, más de 20 articulaciones y más de 30 músculos, explicando con ello el gran compromiso funcional ante lesiones traumáticas.

La estructura ósea de la mano está compuesta por 8 huesos que conforman el carpo, los cuales están dispuestos en dos filas: la fila proximal articulada con las porciones distales del radio y el cúbito (a excepción del pisiforme); el carpo distal está articulado con los 5 metacarpianos formando la articulación de la muñeca.

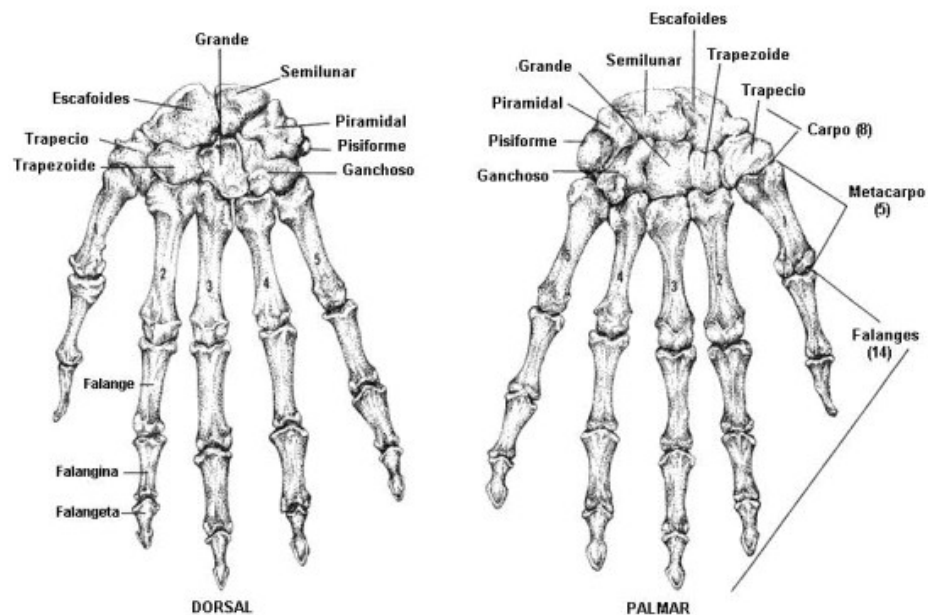


Fig 2. Estructura ósea de la mano.

Las unidades arquitectónicas de la mano se dividen funcionalmente en unidades fijas y móviles. La primera está constituida por el segundo y tercer MC y la fila distal del carpo, siendo la base de soporte de las unidades móviles de la mano. Las unidades adaptativas de la mano que se mueven alrededor de la unidad central son tres elementos que en orden de importancia constituyen: el pulgar, índice, así como la unión del 3ro, 4o y 5o dedos juntos con el 4o y 5o MC. (3)

1.2 PRENSIÓN.

La mano es un instrumento mecánico de gran eficiencia, la cual tiene como función principal la prensión o agarre, y gracias a su gran versatilidad en el movimiento, se convierte en el principal instrumento para la manipulación física del medio y fuente de información táctil, jugando un rol significativo en el nivel de satisfacción ocupacional, por lo que la capacidad de prensión es una función compleja y altamente especializada, resultado de la integración sensorial y motora.

Kapandji clasifica la prensión en dos tipos (1):

a) Prensión palmar: tanto cilíndrica como esférica, intervienen los dedos y la palma de la mano, es una prensión de fuerza para tomar objetos pesados y voluminosos. (Fig 1 y 2)

b) Prensesiones digitales: referida a la pinza digital, involucra pulgar e índice y permite tomar objetos con precisión. (Fig 3)

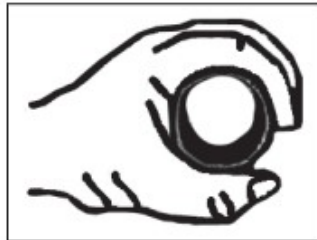


Figura 1. Prensesión palmar cilíndrica.



Figura 2. Prensesión palmar esférica.

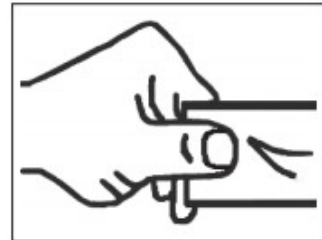


Figura 3. Prensesión de pinza.

La musculatura intrínseca de la mano se compone por los músculos interóseos, lumbricales, aductor del pulgar, oponente del 5o dedo, flexor propio del 5o dedo, aductor del 5o dedo, abductor corto, flexor corto y oponente del pulgar. El sistema flexor que comprende al flexor profundo y al superficial de los dedos.

ESTRUCTURA POR DEBAJO DE LA PIEL DE LA PALMA DE LA MANO

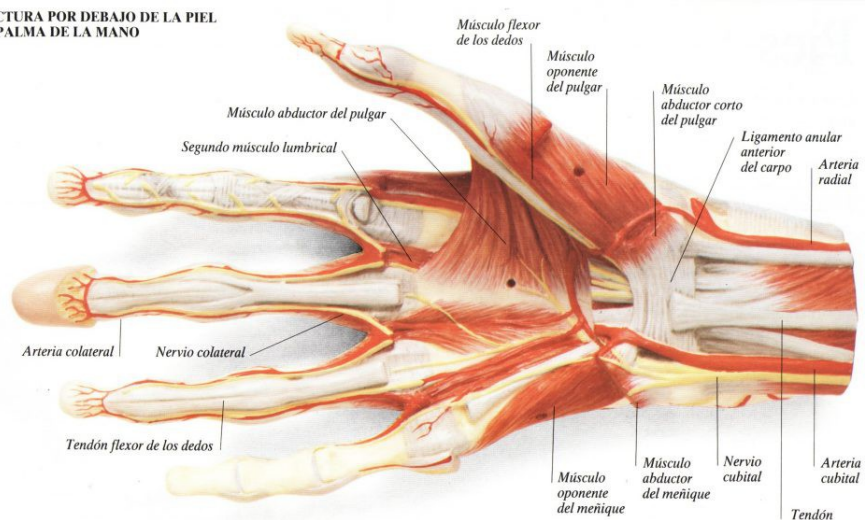


Fig 4. Músculos de la mano.

La flexión de las articulaciones MCF es llevada a cabo por medio de los lumbricales e interóseos, aunque la acción de los flexores extrínsecos realiza la misma acción pero de forma secundaria, ya que la acción primaria de la musculatura extrínseca es la flexión de las articulaciones interfalángicas.

El elemento motor esencial de la prensión es el FPD; sin embargo el resto de la musculatura interviene de forma importante con tal acción, la musculatura tenar, guía el movimiento de oposición del pulgar afrontándose al resto de los dedos, mientras que el aductor y el primer interóseo dorsal estabilizan la base del pulgar.

A la musculatura intrínseca de la mano se le atribuye el mayor porcentaje en la fuerza de prensión, lo cual se ha demostrado mediante estudios con lesiones y bloqueos nerviosos, en los que se ha observado que la fuerza de prensión disminuye hasta en un 50% en las lesiones del cubital y mediano, debido a que la incompetencia de la musculatura intrínseca genera una asincronía en la flexión de los dedos, por lo que el componente extrínseco es el que de forma secundaria genera una flexión de las articulaciones MCF. Más llamativo es el descenso de la fuerza en la pinza en las mismas condiciones de lesión o bloqueo de dichos nervios, llegando a presentarse hasta un 77% menos. (4)

Para optimizar la fuerza de prensión es necesaria la correcta función de la musculatura extensora del carpo, que mediante el efecto de tenodesis, mejora el momento de acción de los flexores. La armonía del movimiento de flexión de los dedos exige un correcto balance agonista-antagonista. (5)

Los elementos motores de la prensión están inervados por el cubital y mediano, por lo que, como ya se comentó, cualquier lesión a este nivel se verá reflejada en la fuerza de prensión. El nervio mediano se encarga de la inervación motora de los dos lumbricales laterales, la musculatura tenar (excepto el flexor corto del pulgar), flexor largo del pulgar, FSD, y flexor profundo del 2o y 3er dedos. El nervio cubital da inervación a los interóseos, aductor del pulgar, musculatura hipotenar, 2 lumbricales mediales, porción profunda del flexor corto del pulgar y al flexor profundo de 4o y 5o dedos.

Desde un aspecto cineciológico se considera que los dedos radiales aportan más fuerza que los cubitales, así como también se considera que individualmente el dedo que mayor fuerza de prensión ejerce, es el dedo medio. (6)

1.2.1 Prensa estabilizadora. (7)

Unidad formada por los dedos medio, anular y meñique, aporta estabilización en el agarre de objetos, permitiendo una manipulación por el

pulgar y el dedo índice. Tiene un rango de movimiento aproximado de 30° de flexión y extensión en la articulación entre el hueso ganchudo y el 5o MC, y aproximadamente la mitad, en la articulación entre el hueso ganchudo y el 4o MC. Este movimiento junto con la capacidad de flexión de las articulaciones MCF e IF del lado cubital, permiten la adaptación para trabajar en armonía con el resto de las unidades de la mano en la realización de agarres poderosos.

A nivel de las cabezas de los metacarpianos, el arco transversal comienza a adaptarse en virtud del rango de movimiento del primer metacarpiano y de la articulación trapezometacarpiana, y el limitado pero definido rango de movilidad de las articulaciones MCF 4a y 5a. Cuando el arco transversal de las cabezas de los MC es llevado hacia adentro, formando un semicírculo por acción de los músculos de la región tenar e hipotenar, el pulgar es colocado pulpejo con pulpejo en oposición con los restantes dígitos. Las cabezas del 4o y 5o MC están unidas a la unidad central fija de los MC, por medio del ligamento intermetacarpiano, que en realidad sujeta los planos volares de las articulaciones MCF. Cuando las cabezas de los MC son traccionadas dorsalmente por acción de los tendones extensores extrínsecos con los músculos tenares e hipotenares relajados, el arco transversal metacarpiano es aplanado e incluso puede invertirse. Los ligamentos colaterales están laxos con las MCF en extensión e hiperextensión, permitiendo la desviación máxima hacia medial y lateral; cuando las MCF están en flexión, el efecto excéntrico colocado en el ligamento y la inclinación de los epicóndilos

resulta en un ajuste y estricta limitación de la movilidad lateral. La movilidad lateral en la MCF es estabilizada en parte por los músculos interóseos.

Las articulaciones IFP son articulaciones de tipo troclear que se comportan como una bisagra debido a que los ligamentos colaterales y mediales son fijados radialmente, de manera que no permiten la desviación medial y lateral en la articulación, ni en flexión ni en extensión. Estas articulaciones tienen un rango de movimiento en flexión de 120°, La hiperextensión es limitada por los ligamentos de la placa volar, por lo que la pérdida de esta estructura permitirá la hiperextensión mas allá de lo usual, aproximadamente 5°. La IFD flexiona alrededor de 90°y usualmente extiende casi 30°.

1.2.2 Patrones funcionales.

La compleja organización anatómica y funcional de la mano culminan en la prensión. La función prensil de la mano depende de la integridad de la cadena cinética de su estructura ósea y articulaciones. La interrupción en los sistemas de los arcos transversales y longitudinales resulta en inestabilidad, deformidad y pérdida de función.

Los patrones de función prensil se basan en la superficie de la mano que queda en contacto con el objeto tomado, siendo de forma parcial o completa.

La eficiencia de la función prensil depende de:

- La eficacia de la 1ra articulación CMC , y en menor grado, de la 4a y 5a MCF.

- La rigidez relativa de la 2a y 3ra articulaciones CMC.

- La estabilidad de los arcos longitudinales.

- El sinergismo y el antagonismo equilibrado entre los músculos extrínsecos e intrínsecos de la mano.

- La aferencia sensorial adecuada de las áreas de la mano.

- La íntima relación entre la longitud, movilidad y posición de cada hilera de dedos.

Napier en su estudio realizado en 1956, clasifica los patrones funcionales en agarres de fuerza y precisión.

- Agarre de fuerza: aquellos en los que se involucra la flexión de las tres articulaciones, el objeto se encuentra en total contacto con los dedos y la palma, el pulgar se aduce y queda posicionado sobre la cara palmar del objeto, se observa una ligera desviación cubital y se realiza una dorsiflexión para aumentar la tensión de los tendones flexores.

- Agarre de precisión: útil en la manipulación de pequeños objetos, los cuales se sujetan entre el pulgar y la cara flexora de los dedos. Los agarres de precisión se clasifican de acuerdo a las partes de las falanges utilizadas para

soportar el objeto, conociéndose la pinza terminal, palmar, lateral o de llave, y de pulpejo o cubital. (7)

1.2.3 Importancia de la evaluación prensil.

Considerando la capacidad funcional de las extremidades superiores, uno de los aspectos más importantes involucrados en el desarrollo de la capacidad motriz de la mano, es la fuerza muscular de agarre que determina la eficiencia en el uso de herramientas, utensilios de la vida diaria e incluso herramientas para la actividad física. Sin su segmento prensil completo, la extremidad pierde prácticamente todo su valor.

La fuerza de prensión de la mano se considera un índice objetivo de la integridad funcional de la extremidad superior, así como de salud general y del estado nutricional del sujeto. Permite identificar el nivel de desarrollo y el grado de discapacidad de la mano en infantes por lo que es utilizada para plantear sus evaluaciones y tratamientos. Además de correlacionarse con la masa magra y el área muscular del brazo, por lo que una menor fuerza de prensión se traduciría en fuerza muscular reducida.

Por fuerza muscular se entiende "la capacidad del músculo para realizar un movimiento contra una resistencia establecida", o bien como "la capacidad de un músculo o grupo muscular para producir tensión y una fuerza resultante

en un esfuerzo máximo, de forma dinámica o estática, en relación con las demandas que se le imponen".

Se ha establecido que la fuerza de hombres y mujeres permanece equiparable durante la infancia; las diferencias por sexo no son significativas entre los 7 y 11 años y posteriormente al aumentar la edad se comienzan a hacer evidentes, diferencias que persisten aún en la edad adulta; sin embargo después de la tercera década de la vida la fuerza muscular decrece debido a la disminución del número de fibras y de su tamaño, además de la disminución del control motor, lo que afecta la prensión. La fuerza de prensión de la mano permite estimar el desarrollo biológico de la persona, lo que puede servir como referencia en el seguimiento del entrenamiento físico así como en los procesos de rehabilitación.

Dentro de la evaluación de la funcionalidad de la mano, es imprescindible la medición objetiva de la fuerza de prensión, ya que permite obtener valores que pueden ser de utilidad para determinar el resultado de un manejo médico ortopédico o quirúrgico, o bien el resultado de tratamientos de rehabilitación, además de permitirnos tomar una decisión en cuanto al regreso a las actividades cotidianas del paciente.

La evaluación de la fuerza prensil de la mano no solo es un valioso método de ayuda para monitorizar la evolución de los pacientes y precisar su nivel funcional sino que además nos es de ayuda para mejorar el conocimiento

de algunas patologías (AR, poliartritis psoriásica, lesiones traumáticas de mano y antebrazo, neuropatías periféricas) y replantear líneas terapéuticas.

Actualmente la valoración de la fuerza de prensión debe entenderse como una exploración complementaria de uso habitual dentro de los protocolos de evaluación funcional de la mano, centrándose su interés en la valoración funcional, cuantificación del déficit de prensión, evaluación prelaboral y aplicación en la clínica diaria.

1.2.4 Variancia en la fuerza de prensión.

La fuerza de prensión se ve afectada por la posición de la muñeca; en la posición neutra, la mano ejerce la mayor fuerza, mientras que la desviación radial afecta esta función.

Los desórdenes musculoesqueléticos afectan linealmente a la fuerza de prensión de la mano. Teniendo un mayor efecto ante una fuerza máxima, y no con las actividades de la vida cotidiana.

Se ha comprobado que un factor importante que disminuye la fuerza de prensión son las infecciones agudas, disminuyéndola hasta en un 35%. (8)

Sin embargo, dejando de lado patologías que interfieran con la fuerza prensil, se ha observado que la posición del sujeto es un factor determinante en el resultado obtenido durante la prueba. Desde 1979 en estudios realizados por Teraoka, se observó que los valores eran más bajos si la prueba se realizaba con el individuo en decúbito que en sedestación. (14)

Se ha considerado la posición de articulaciones adyacentes a la mano para valorar el impacto en la fuerza de prensión. En cuanto a la posición del hombro, se ha demostrado que la fuerza incrementa cuando éste se encuentra en una flexión de 180o (15); acerca de la posición del codo, se ha presentado mucha controversia, ya que existen estudios que concluyen que la fuerza de prensión es mayor si se realiza con el codo en 90o de flexión (16), opuesto a los estudios realizados por Kuzala y Vargo quienes estudiaron la prensión en distintas posiciones (0o, 45o, 90o y 135o) concluyendo que la mayor fuerza se alcanza con el codo en extensión disminuyendo a medida que se flexiona. (17) En 1996 De Smet y colaboradores no encontraron diferencias significativas al realizar la prensión con el codo en 90o de flexión y en extensión completa. (18) Por los resultados no contundentes en la influencia de la posición del codo, se tuvo la necesidad de estandarizar la posición de la toma, siendo universalmente avalada por la American Society of Hand Therapist, mantener el codo en 90o de flexión.

Acerca de la posición de la muñeca, se ha optado por proponer que se adopte una libre postura de flexo-extensión para un mejor confort y por ende

optimización de la fuerza, puesto que ningún estudio demostró diferencias significativas a diferentes grados de flexo-exensión. (19,20) En el estudio realizado por O'Driscoll se ha evidenciado que dejando la mano en libertad para el posicionamiento de la muñeca, las medidas obtenidas son altamente consistentes y reproducibles.

Respecto a la influencia de la posición en desviación radial o cubital, se ha observado que se realiza con mayor fuerza si la muñeca se localiza en posición neutra. (21) Por otro lado existe unanimidad al evidenciar que la fuerza de prensión es mayor si la muñeca esta en supinación que en pronación. (22, 23)

1.2.5 Técnica de medición.

La dinamometría se encarga de medir la fuerza de los músculos en algún segmento corporal. Desde hace mas de 1 siglo, se ha buscado la forma más confiable y cuantificable de evaluar la fuerza prensil, ya que los test manuales tienen escasa validez; es en 1954 cuando se diseña el dinamómetro hidráulico Jamar por Bechtol, el cual es capaz de evaluar la fuerza de prensión isométrica.

Debido a que las diversas posiciones en que se encuentran las articulaciones que involucran el miembro superior modifican la fuerza de

presión, fue necesario estandarizar una posición para realizar estudios dinamométricos a fin de dotar a los resultados de una mayor consistencia.

La American Society of Hand Therapists establece la posición estandarizada en la que se deben de realizar las evaluaciones:

- Paciente en sedestación (permitiendo de pie con el sujeto relajado).
- Hombro en aducción y sin rotación.
- Codo con flexión de 90o.
- Antebrazo en posición neutra.
- Muñeca en posición neutra, 0 a 30o de extensión y 0 a 15o de desviación cubital.



Figura 1. Posição recommendada pela ASHT (American Society of Hand). Therapists)

En cuanto al número de intentos solicitados al sujeto para un resultado confiable y reproducible, se han realizado diversos estudios que consideran

factores como la fatiga, motivación, aprendizaje y entrenamiento previo. Investigaciones como las de Mathiowetz, Lagerström y Nordgren mostraron una alta reproductibilidad intrasesión con tres intentos, minimizando la influencia de la fatiga y el entrenamiento. (16, 24) Sin embargo Hamilton y cols comprobaron que las mujeres tienen mayor variabilidad entre los intentos en comparación a los hombres, concluyendo que no hay diferencia cuando se toman dos mediciones. (25)

A fin de disminuir el número de ejercicios y con ello la influencia de la fatiga se ha propuesto hacer la determinación utilizando únicamente la posición II del dinamómetro, por estimar que es la posición en la que se alcanzan los mayores valores de fuerza.

Se sugiere que las mediciones sean alternadas, y considerando la fatiga muscular y los periodos de recuperación del ATP, se contempla un descanso de 1 a 2 min entre cada toma. (29)

1.2.6 Dinamómetro Jamar.

Es un dinamómetro hidráulico que expresa la fuerza de presión en kilogramos y libras. Posee 5 posiciones ajustables, separadas por una distancia de 1.27 cm, lo que permite analizar la fuerza ejercida en diferentes longitudes

del aparato flexor de los dedos. Es capaz de registrar hasta 90 kg (200 lb) y la unidad de la escala es de 2 kg (5 lb).

Mide la fuerza isométrica de prensión, siendo el instrumento más utilizado y aceptado por la ASHT.



Fig 6. Dinamómetro Jamar.

Se ha comprobado que existe un error interobservador menor a 1.4 Kg, y un margen de error en la medida inferior a 5%. (9) Su validez en la clínica ha quedado ampliamente ratificada por lo que su uso no ha decaído a lo largo de los años, mostrando una eficiencia superior incluso a diseños de modelos más recientes, tomándolo como el dispositivo de control para validar nuevos dinamómetros. (10,11,12,13)

Las distancias para identificar las 5 posiciones de agarre del dinamómetro, van del mango a la parte fija:

- Posición I: a 3.5 cm.
- Posición II: a 4.8 cm.
- Posición III: a 6.1 cm.
- Posición IV: a 7.4 cm.
- Posición V: a 8.7 cm.

En base a estas posiciones, la ASHT recomienda la posición II para la medición de la fuerza máxima, ya que en base a estudios amplios, se ha demostrado que es la posición en la que se obtienen mayores resultados; siendo esta posición el criterio recomendado para estudios donde se busca obtener datos normativos. (27)

1.3 EL TENIS

El Tenis es un deporte de pelota y raqueta disputado entre dos jugadores o entre dos parejas, por definición es un juego en el que se debe golpear una pelota con una raqueta por encima de una red, siendo un entretenimiento y un deporte con mucha historia.

Desde sus inicios se ha considerado una actividad reservada a personas de clase alta y de la burguesía o aristocracia; sin embargo actualmente se ha vuelto tan popular que se ha extendido de forma más general en toda la población.

La palabra "Tenis" comenzó a utilizarse en inglés hacia mitad del siglo XVIII, proveniente del francés antiguo, a través del término Anglo-Normando *Tenez*, que puede ser traducido como "¡agarre!", "¡reciba!" o "¡tome!". El primer uso documentado de la palabra en inglés se debe al poeta Jonh Gower, en su poema titulado "In Praise of Peace" dedicado al Rey Enrique IV de Inglaterra y compuesto en 1400: *Of the tenetz to winne or lese a chase, Mai no lif wite er that the bal be ronne* ("Aunque una carrera sea perdida o ganada en el tenis, Nadie puede saberlo hasta que la pelota se hecha a rodar").

1.3.1 Historia.

La historia del Tenis es mencionada desde la Edad Media, en la obra de 1500 a.C. nombrada *The Second Shepherds' Play*, donde se cita el siguiente enunciado: "los pastores tienen tres regalos para el Cristo recién nacido, incluyendo una pelota de tenis". Por otro lado, Sir Gawain, un caballero de la Mesa Redonda del Rey Arturo, jugaba al tenis contra un grupo de 17 gigantes en *The Turke and Gowin* (c. 1500).

La forma medieval del tenis es conocida como *tenis real*. El tenis real evolucionó durante tres siglos a partir de un juego de pelota jugado cerca del siglo XII en Francia. Éste tenía algunas similitudes con los juegos

de *Palla*, *Fives*, *Pelota Vasca* y *Handball*, que incluían golpear una pelota solamente con la mano y, más adelante, con un guante. Una teoría es que era jugado por monjes en los monasterios de clausura, basados en la construcción y apariencia de canchas tempranas, algunas de las cuales eran de pasto. Para el siglo XVI, el guante se había convertido en una raqueta, el juego había sido llevado a un área de juego cerrada, y las reglas se habían estabilizado. El tenis real expandió su popularidad por toda la realeza de Europa, llegando a su cima en el siglo XVI.



Fig 7. Tenis medieval

Francisco I de Francia (1515-47) fue un jugador entusiasta y promotor del tenis real, construyendo canchas y alentando a jugar a cortesanos y plebeyos. Su sucesor, Enrique II (1547-59) también fue un excelente jugador y continuó con la tradición real francesa. En 1555 un cura italiano, Antonio Scaino da Salothe, escribió el primer libro conocido sobre el tenis, *Tratatto del*

Giucoco della Palla. Dos reyes franceses murieron en episodios relacionados con el tenis - Luis X de un resfrío severo tras haber jugado y Carlos VIII tras haberse golpeado la cabeza durante un partido. El rey Carlos IX le otorgó un estatuto a la Corporación de Profesionales del Tenis en 1571, creando el primer 'tour' de tenis, estableciendo tres niveles de profesionalismo: aprendiz, asociado y master. Un profesional llamado Forbet escribió y publicó la primera codificación de las reglas en 1599.

Entre 1859 y 1865, Harry Gem, de Estados Unidos y su amigo Juan Bautista Augurio Perera, español, desarrollaron un juego que combinaba elementos de la raqueta y la pelota del juego de la pelota vasca, que se jugaba en la cancha de cricket.¹ En 1872, ambos se mudaron a Leamington Spa. En 1884, junto con dos médicos locales, fundaron el primer club de tenis, el Leamington Tennis Club. El Correo del 23 de julio de 1884 registró uno de los torneos de tenis, celebrado en el recinto del Matorral Hall. Luego de 12 años Roberth desarrolló una nueva forma de jugar el tenis: el tenis de mesa.

En diciembre de 1873, el Mayor Walter Wingfield Clopton diseñó y patentó un juego similar al que se había practicado en China más de 2000 años atrás y sobre la base de algunas reglas del juego de Badminton - al que llamó *Sphairistikè* (en griego: σφάίριστική, que en griego antiguo significa "habilidad para jugar a la pelota"), y pronto fue conocido simplemente como "pegajoso" - para la diversión de sus invitados en una fiesta en su hacienda de Nantclwyd, en Llanelidan, Gales. Él parece haber basado su juego en el

deporte en evolución conocido como tenis al aire libre, que incluía al tenis real. Según algunos historiadores de tenis, mucha de la terminología del tenis también se deriva de este periodo, debido a que Wingfield tomó prestado el nombre y gran parte del vocabulario francés de tenis real y los aplicó a su nuevo juego. El primer campeonato de Wimbledon, en Londres, se disputó en 1877. Este campeonato sirvió para dar por terminado el debate significativo sobre la manera de estandarizar las normas. A fines del S. XIX, las colonias británicas rápidamente fueron incorporando el tenis a sus actividades deportivas.

En 1874 María Ewing Outerbridge, de la alta sociedad joven de los Estados Unidos, viajó a las Bermudas donde conoció a uno de los hombres del mayor Wingfield, que había llevado el juego y el equipamiento hasta ese lugar. De regreso en su casa, colocó una pista de tenis en el Club de Cricket de Staten Island en New Brighton, Nueva York. La ubicación exacta del club era en la actual terminal de Ferry de Staten Island. En 1880 se jugó allí el primer Torneo Nacional Estadounidense. Un inglés llamado O.E. Woodhouse ganó el partido de individuales. También hubo un partido de dobles que fue ganado por una pareja local. Había reglas diferentes en cada club. La pelota en Boston era más grande que la que normalmente se utilizaba en Nueva York. El 21 de mayo de 1881, la United States National Lawn Tennis Association (ahora la United States Tennis Association) fue creada para estandarizar las normas y organizar competiciones. El U.S. National Men's Singles Championship, ahora el Abierto de Estados Unidos, se celebró por primera vez

en 1881 en Newport, Rhode Island. El U.S. National Women's Singles Championship, es decir, el campeonato de mujeres, se celebró por primera vez en 1887.



Fig 8. Mujeres jugando tenis 1880.

Aunque era un deporte donde predominaba el habla inglesa y quienes lo dominaban eran de Inglaterra y Estados Unidos, el tenis fue también muy popular en Francia, donde el French Open comenzó a jugarse en 1891. Este torneo no fue reconocido como un Grand Slam hasta que fue abierto a participantes de todas las nacionalidades en 1925.

Las cuatro competiciones más importantes en el circuito son Wimbledon, el Abierto de EE.UU., el Abierto de Francia, y el Abierto de Australia (que data

de 1905). En conjunto, estos cuatro eventos se llaman las Grandes Ligas o Slams (un término tomado del béisbol).

Las normas promulgadas globalmente en 1924 por el International Lawn Tennis Federation, ahora se conoce como la Federación Internacional de Tenis, se han mantenido notablemente estables en los siguientes noventa años. El cambio principal ocurrido en esos años fue la adición del sistema de *tie-break* diseñado por James Van Alen. Después de los Juegos Olímpicos de 1924, el tenis fue retirado de esta competencia, pero regresó 60 años más tarde en formato de exhibición sub-21 en 1984. Este reintegro fue posible por los esfuerzos realizados por el entonces presidente de la ITF Philippe Chatrier, el Secretario General de la ITF, David Gray y el vicepresidente Pablo Llorens, y contó con el apoyo del presidente del COI Juan Antonio Samaranch. El éxito del evento fue abrumador y el COI decidió reintroducir al tenis como un deporte de medallas en Seúl 1988.

En 1970 se unificaron los torneos de tenis, de esta forma nació el primer circuito de tenis, que más adelante se convirtió en el Grand Slam. En 1972 los tenistas crearon la ATP, la asociación de tenistas, con el objetivo de defender sus derechos. El 23 de agosto de 1973 la ATP publicó su primer ranking, que sigue siendo utilizado actualmente en el tenis profesional, mismo año en que las mujeres formalizan la Asociación de Tenis Femenino. Entre 1974 y 1989 el circuito estaba administrado por el Consejo del Tenis Masculino (MTC),

formado por representantes de la Federación Internacional de Tenis (ITF), la ATP y los directores de torneo de todo el mundo. El MTC fue responsable de grandes avances y mejoras en el mundo del tenis.



Fig 9. Competencia femenil 1980.

En el Abierto de Estados Unidos de 1988, el Director Ejecutivo de ATP Hamilton Jordan, acompañado por los mejores tenistas del momento, dio una famosa conferencia, que más tarde se conoció como la “conferencia de prensa en el estacionamiento”. En esa conferencia, la ATP presentó “Tenis en la Encrucijada”, trazó los problemas y oportunidades del tenis masculino. Una de las opciones disponibles para la ATP era la formación de un nuevo circuito, el ATP Tour. El nuevo circuito recibió el apoyo masivo de los tenistas, 85 de los 100 mejores tenistas apoyaron el nuevo circuito. En el otoño de 1988, 24 jugadores, incluyendo ocho de los Top 10, firmaron contratos para jugar el ATP Tour en 1990. En otoño de ese año, los directores de torneo que

representaban a muchos de los eventos más importantes del mundo, expresaron su apoyo a los jugadores y se unieron a ellos en lo que se convirtió en una sociedad única en el deporte profesional.

En 2008, la ATP anunció varios cambios para el 2009, los más importantes fueron que la ATP decidió duplicar el sistema de puntuación, incluyendo los Grand Slams que pasarían de los 1000 puntos a los 2000 puntos para el ganador. También se obligó a los 30 primeros tenistas del ranking a jugar como mínimo ocho de los nueve Másteres 1000; en caso de no hacerlo, el año siguiente se restarían los puntos del torneo donde se obtuviera mejor resultado. Y las finales de la ATP, que hasta entonces se jugaban en Shanghái, pasarían a jugarse en Londres.

1.3.2 Reglas del Tenis.

Las primeras reglas fueron publicadas en 1888 (H. S. Schrivener y G. W. Hilyard) y son las que todavía están en vigencia hoy en día (*tie break* aparte). La diferencia existente entre el modo inicial de jugar y el de nuestros días, permite la división en edad medieval y edad moderna. La edad medieval equivale a la época en que los jugadores no se alejaban nunca de la línea de fondo, relanzando la pelota en interminables peloteos y con frecuentes tiros excesivamente altos. La edad moderna se inicia cuando, en 1881, W. Kenshaw

dio paso al juego de red, que permitía golpear la pelota al vuelo antes de que tocara el suelo.

Los competidores estarán situados en los lados opuestos de la red; el jugador que primero envía la pelota será llamado "SERVIDOR" y el otro, "RESTADOR".

1) Puntuación en el juego.

Juego Normal.

siempre se canta el tanto del servidor que realiza el saque en primer lugar. La puntuación es de la siguiente manera: "0" (1er punto), "15" (2o punto), "30" (3er punto), "40" (4o punto); excepto si cada jugador/equipo ha ganado 3 puntos cada uno, cuando se cantará el tanteo de "iguales". Después de "iguales", el tanteo será de "ventaja" para el jugador o equipo que gane el punto siguiente. Si ese mismo jugador o equipo también gana el punto siguiente, entonces dicho jugador o equipo ganará el "juego"; si el jugador o equipo contrario gana el punto siguiente, el tanteo será de "iguales" de nuevo. Un jugador o equipo necesita ganar dos puntos consecutivos inmediatamente después de "iguales" para ganar el "juego".

Juego de Tie Break.

Durante el juego de tie-break, se cantan los puntos "cero", "1", "2", "3", etc. El primer jugador o equipo que obtenga siete puntos gana el "juego" y el

“set”, siempre que haya un margen de dos puntos por encima del contrario. Si es necesario, el juego de tie-break continuará hasta que se consiga ese margen.

El jugador al que le toque sacar será el servidor del primer punto del juego de tie-break. Los dos puntos siguientes los servirá el contrario o contrarios (en dobles, el jugador del equipo contrario al que le toque servir después). Después de esto, cada jugador o equipo servirá alternativamente dos puntos consecutivos hasta el final del juego de tie-break (en dobles, la rotación del servicio dentro de cada equipo continuará en el mismo orden mantenido durante el set).

El jugador o equipo al que le toque servir primero en el juego de tie-break será el restador en el primer juego del set siguiente.

2) Puntuación en un set.

Hay diferentes métodos de puntuación en un set. Los dos métodos principales son el “set de ventaja” y el “set de tie-break”. Puede usarse cualquiera de los métodos siempre que el que se vaya a utilizar se anuncie antes de que comience la competición. Si se usa el método del “set de tie-break”, también debe anunciarse independientemente de que el set final se juegue como un “set de tie-break” o un “set de ventaja”.

“Set de ventaja” El primer jugador o equipo que gane seis juegos ganará el “set”, siempre que haya un margen de ventaja de dos juegos sobre el contrario. Si es necesario, el set se prolongará hasta que se haya conseguido ese margen.

“Set de tie-break” El primer jugador o equipo que gane seis juegos ganará el “set”, siempre que haya un margen de dos juegos sobre el oponente. Si el marcador alcanza los seis juegos iguales para ambos, se jugará un tie-break.

3) Puntuación en un partido.

Se puede jugar un partido al mejor de tres sets (un jugador o equipo necesita ganar dos sets para hacerse con el partido) o al mejor de cinco sets (un jugador o equipo necesita ganar tres sets para hacerse con el partido).

4) Elección de lados y servicio.

La elección de lados y el derecho a ser servidor o restador en el primer juego se decidirán por sorteo antes de que comience el calentamiento. El jugador o equipo que gane el sorteo puede elegir: ser el servidor/restador, lado de la cancha o que su oponente sea el que elija.

5) Cambio de lados.

Los jugadores cambiarán de lado al final del primer, tercer y siguientes juegos impares de cada set. Los jugadores también cambiarán de lado al final de cada set a menos que el número total de juegos en ese set sea par, en cuyo caso los jugadores cambiarán de lado al final del primer juego del set siguiente. Durante el juego de tie-break los jugadores cambiarán de lado después de cada seis puntos.

6) La pelota en juego.

A menos que se cante una falta o un let, la pelota está en juego desde el momento en que el servidor realiza el saque, y permanece en juego hasta que se decida el punto.

7) La pelota toca un punto fijo permanente.

Si la pelota en juego toca un accesorio fijo permanente después de haber caído en el cuadro correcto de la pista, el jugador que lanzó la pelota se

lleva el punto. Si la pelota en juego toca un accesorio fijo permanente antes de tocar el suelo, el jugador que golpeó la pelota pierde el punto.

8) Orden del servicio.

Al término de cada juego, el restador se transformará en servidor y el servidor se convertirá en el restador del juego siguiente.

En el juego de dobles, el equipo al que le toque servir en el primer juego de cada set decidirá cuál de los dos jugadores lo hará en ese juego. De manera similar, antes de que comience el segundo juego, sus oponentes decidirán qué jugador realizará el servicio en ese juego. El compañero del jugador que sirvió en el primer juego efectuará el saque en el tercer juego y el compañero del jugador que sirvió en el segundo juego lo hará en el cuarto. Esta rotación continuará hasta el final del set.

9) Orden de la recepción en dobles.

El equipo al que le toque ser restador en el primer juego de un set decidirá qué jugador recibirá el primer punto del juego. De manera similar, antes de que comience el segundo juego, sus oponentes decidirán qué jugador recibirá el primer punto de ese juego. El jugador que fue el compañero del restador en el primer punto del juego recibirá el segundo punto y esta rotación

continuará hasta el final del juego y del set. Después de que el restador haya devuelto la pelota, cualquiera de los jugadores de un equipo puede golpearla.

10) El servicio o saque.

Inmediatamente antes de comenzar el saque, el servidor se pondrá con ambos pies situados detrás de la línea de fondo y dentro de las prolongaciones imaginarias de la marca central y la línea lateral. Entonces, el servidor lanzará la pelota al aire con la mano en cualquier dirección y la golpeará con la raqueta antes de que toque el suelo. Se considerará que se ha ejecutado el servicio en el momento en que el jugador da un raquetazo, lo mismo si toca la pelota como si falla al intentarlo. Un jugador que solamente usa un brazo puede utilizar la raqueta para lanzar la pelota.

11) Ejecución del servicio.

Al ejecutar el servicio en un juego normal, el servidor se situará alternativamente detrás de la mitad derecha e izquierda de la pista, comenzando por la mitad derecha en cada juego. En el juego de tie-break, el saque se efectuará alternativamente desde detrás de la mitad derecha e izquierda de la pista y el primer servicio se efectuará desde la mitad derecha de la pista. La pelota servida deberá pasar por encima de la red y aterrizará dentro

del recuadro de servicio que esté diagonalmente opuesto, antes de que el restador la devuelva.

12) Falta de pie.

Durante la ejecución del saque, el servidor no:

- Cambiará su posición andando o corriendo, aunque se permitirán leves movimientos de los pies.

- Tocará con ninguno de los pies la línea de fondo o la pista.

- Tocará con ninguno de los pies el área fuera de la extensión imaginaria de la línea lateral.

- Tocará con ninguno de los pies la extensión imaginaria de la marca central.

13) Falta en el servicio.

- El servidor infringe las reglas 16, 17, o 18.

- El servidor no golpea la pelota al intentar hacerlo.

- La pelota servida toca un accesorio fijo permanente, el palo de individuales o el poste de la red antes de que caer sobre el terreno.

- La pelota servida toca al servidor o al compañero del servidor o cualquier cosa que ellos (el servidor y su compañero) lleven puesto o tengan en la mano.

14) Segundo servicio.

Si el primer servicio es una falta, el servidor realizará el saque de nuevo sin demorarse desde la misma mitad de la pista desde la cual se cometió la falta, a menos que el servicio haya sido efectuado desde la mitad incorrecta.

15) Cuando hay que servir y recibir.

El servidor no efectuará el saque hasta que el restador no esté preparado. No obstante, el restador debe jugar al ritmo razonable del servidor y estará listo para recibir el servicio cuando el servidor lo esté para efectuarlo. Se considerará que un restador está listo para el juego si intenta devolver el servicio. Si se demuestra que el restador no está preparado, entonces no se puede cantar que el servicio es una falta.

16) El let o repetición de un servicio.

El servicio es un let o repetición si:

- La pelota servida toca la red, la faja o la banda y luego entra en el cuadro correcto; o después de tocar la red, la faja o la banda, toca al restador o al compañero del restador o a cualquier cosa que ellos lleven puesto o tengan en la mano antes de tocar el suelo.

- La pelota se sirve cuando el restador no está preparado.

En el caso de que haya un let en el servicio, esa jugada no contará y el servidor efectuará el saque de nuevo, aunque el let en el servicio no anula una falta anterior.

17) Pérdida de puntos.

- El jugador comete dos faltas consecutivas al servir.

- El jugador no devuelve la pelota en juego antes de que pegue dos botes consecutivos.

- El jugador devuelve la pelota de tal manera que toca el suelo o un objeto, antes de que bote fuera del campo de juego correcto.

- El jugador devuelve la pelota en juego de tal manera que antes de que bote, toca un accesorio fijo permanente.

- El restador devuelve el servicio antes de que bote.

- El jugador para o retiene deliberadamente la pelota en juego sobre su raqueta o la toca deliberadamente con su raqueta más de una vez.

- El jugador o su raqueta, ya esté en su mano o no, o cualquier cosa que él lleve puesto o use toca la red, los postes de la red, los palos de individuales, la cuerda o el cable metálico, la faja o la banda o el campo de juego del contrario en cualquier momento mientras la pelota está en juego.

- El jugador volea la pelota antes de que ella haya pasado sobre la red.

- La pelota en juego toca al jugador o cualquier cosa que él lleve puesto o en la mano, excepto la raqueta.

- La pelota en juego toca la raqueta cuando el jugador no la tiene en la mano.

- El jugador cambia deliberada y materialmente la contextura de la raqueta mientras la pelota está en juego.

- En dobles, ambos jugadores tocan la pelota al devolverla.

18) Devolución buena.

Una devolución es buena si:

- La pelota toca la red, los postes de la red, los palos de individuales, la cuerda, el cable metálico, la faja o la banda, con la condición que pase por encima de cualquiera de ellos y toque el suelo dentro del campo de juego correspondiente; con las excepciones estipuladas en las reglas 2 y 24.

- Si después de que la pelota en juego ha tocado el suelo dentro del campo de juego correcto y retrocede al otro campo pasando por encima de la

red y el jugador la alcanza por encima de la red y la golpea hacia el campo correcto, siempre que el jugador no infrinja la regla 24.

- La pelota se devuelve por la parte externa de los postes de la red, ya sea por encima o por debajo del nivel superior de la red, aunque la pelota toque el poste de la red, con la condición de que toque el suelo dentro del campo de juego correspondiente, con la excepción de lo que se estipula en las reglas 2 y 24.

- La pelota pasa por debajo de la cuerda de la red entre el palo de individuales y el poste de la red adyacente sin tocar ni la red, ni la cuerda de la red, ni el poste de la red y golpea el campo de juego correspondiente.

- La raqueta del jugador pasa por encima de la red después de haber golpeado la pelota que estaba en su propio lado de la red y la pelota toca el suelo en el campo de juego correcto.

- El jugador devuelve la pelota en juego y ésta golpea a otra pelota que está en el suelo del campo de juego correspondiente.

1.3.3 Aspectos biomecánicos.

El tenis a diferencia de otros deportes necesita de altos estándares en la mayoría de las capacidades físicas, como son: velocidad, fuerza, resistencia aeróbica, potencia y agilidad. (25) Debido a la evolución sufrida en los últimos años, han aumentado las exigencias en competencia, lo que ha resultado en un aumento en la intensidad del entrenamiento y su duración.

Es un deporte rápido y dinámico que requiere contracciones musculares potentes y repetidas. Dentro de la preparación física del tenista, el entrenamiento de fuerza juega un papel relevante, ya que para sostener la raqueta, es necesario tener brazos, antebrazos y muñecas fuertes. Para golpear una pelota con velocidad, sin tensión pero con fuerza, es necesario poseer una espalda sólida y potente. Por otro lado, la sucesión de carreras, arranques, frenadas, flexiones, reacciones de apoyo y saltos exigen potencia pero también fuerza explosiva.

A pesar de que el rendimiento final en tenis no está condicionado por un solo factor sino que en él priman una multitud de condicionantes físicos, técnicos, tácticos, psicológicos, etc, en el tenis moderno, la potencia en los golpes, la reacción y la velocidad de desplazamiento sobre distancias muy cortas tienen una gran repercusión en el juego sobre los demás componentes.

(29)

El éxito en el tenis requiere una combinación de talento de los jugadores, buen entrenamiento, equipo apropiado y una comprensión de los aspectos de la ciencia del deporte pertinentes para el juego. La biomecánica es un área clave en el desarrollo del jugador porque todos los golpes tienen una estructura mecánica fundamental y las lesiones deportivas tienen principalmente una causa mecánica. El desarrollo del jugador basado en evidencia científica permite estructurar un enfoque individualizado, con la debida consideración de

las características mecánicas que son la clave de cada habilidad, a la vez que fomenta el estilo y las características físicas de un jugador.

Se ha observado en diversos estudios en tenistas elite que hasta el 75% o más de los golpes en el tenis corresponden al servicio o golpes de derecha, lo cual implica un potente trabajo de los rotadores internos del hombro, por lo que cualquier pérdida de balance a este nivel predispone a una lesión. (34)

a) Pre-tensión muscular (energía elástica).

En un ciclo de estiramiento-acortamiento, la energía elástica almacenada durante la fase excéntrica de la acción (el estiramiento) se recupera parcialmente, de modo que se mejora la fase concéntrica (acortamiento). La investigación ha demostrado que el beneficio para el rendimiento de estos dos factores, particularmente la pretensión muscular, es fundamental para el éxito en deportes como el tenis. (30) Entre los golpes que se benefician de esta mecánica son:

- Servicio: El estiramiento excéntrico y la pretensión de los músculos anteriores del hombro (particularmente los rotadores internos) se maximiza mediante un impulso vigoroso de la pierna que coloca la raqueta " hacia atrás y lejos de la parte inferior de la espalda " como preparación para conducir la pelota.

- Golpes de fondo: la rotación de los hombros más grandes que las caderas (creando un ángulo de separación) y la posición de la extremidad superior en relación con el tronco durante la fase de retroceso de estos golpes, colocan los músculos apropiados en el estiramiento. Esta es la razón por la cual en la mano trasera se crea un ángulo de separación (con una mano, 30 °, dos manos, 20 °) en el movimiento hacia atrás como preparación para el giro hacia la pelota.

- Volea/ Devolución de servicio: En el paso individual, una parte integral de la preparación de una volea, devolución de servicio o golpe de suelo, coloca el músculo cuádriceps en tensión, permitiendo el almacenamiento y posterior liberación de energía para mejorar el movimiento rápido en preparación para el golpe posterior.

La clave para la recuperación de la energía elástica es el tiempo entre las fases de estiramiento y acortamiento del movimiento. El beneficio de esta energía almacenada se reduce si se produce un retraso entre estas fases del movimiento. En el press de banca, después de un período de alrededor de un segundo, se perdió el 55% de la energía almacenada.(31) Elliott et al (32) demostraron que la velocidad de rotación interna del brazo superior se incrementó en aproximadamente un 20% para una pausa sin pausa en comparación con un 1.5 segundos de pausa. En el tenis, por lo tanto, es esencial que solo se produzca una breve pausa entre las fases de backswing y forwardswing de la producción de brazadas o con la flexión máxima de la rodilla durante el servicio.

b) Cadena cinética.

En general, hay dos estrategias de coordinación de segmento utilizadas en el tenis. En golpes donde se requiere potencia (como el servicio y los golpes de fondo), varios segmentos del cuerpo deben coordinarse de tal forma que se genere una alta velocidad de raqueta en el impacto. Donde se necesita precisión, el número de segmentos se reduce y los segmentos operan más como una unidad (como la descarga en la red).

El funcionamiento eficiente, con un rendimiento máximo y un riesgo mínimo de lesiones, requiere una activación óptima de todos los enlaces en la cadena cinética diseñada para potencia. (33) Las lesiones suelen asociarse a alteraciones en el flujo de energía a través de segmentos, de forma que si se elimina un segmento de la cadena, entonces hay una mayor dependencia de los demás para dar cabida a esta pérdida, lo que puede conducir a la sobrecarga de tejido.

c) Variabilidad en la producción de golpes.

Un resultado final se logra a través de una variedad de estrategias de movimiento. Los entrenadores en el desarrollo de la producción de golpes deben variar los ejercicios, por ejemplo, ritmo, giro, dirección y altura de la alimentación del balón o la estructura del taladro, para desarrollar una variedad de sincronizaciones neuromotoras asociadas con un golpe dado, para lograr combinaciones casi infinitas de velocidad de la raqueta , la trayectoria y las características de impacto asociadas con un retorno exitoso. El trabajo de Knudson (34) ha demostrado que los aspectos seleccionados de la producción de golpes de los jugadores de alto rendimiento son variables, mientras que otros aspectos son repetibles. Por ejemplo, en la conducción de derecha, las posiciones angulares de la muñeca y el codo son generalmente consistentes en el impacto. Sin embargo, esta posición angular repetible no fue el resultado de patrones altamente consistentes de velocidad angular y aceleración de las mismas articulaciones.

d) Servicio y golpes de fondo.

La rotación interna del hombro es de especial importancia en los servicios y golpes de derecha. La rotación interna en el hombro, que comienza antes del impacto, continúa en la fase de seguimiento inicial de la acción de servicio. Funcionalmente, los rotadores internos deben activar la parte superior del brazo en el golpe para impactar, antes de que la contracción excéntrica de

los rotadores externos para desacelerar esta rotación durante la fase de seguimiento de la acción. Como los rotadores externos son mucho más pequeños que sus contrapartes rotatorias, es esencial que el entrenamiento específico esté estructurado para proteger el hombro de lesiones.



Fig 10. Saque

e) Patrones de activación muscular.

Las contracciones musculares dinámicas de alta velocidad presentes en el saque de tenis y los golpes bajos se han estudiado en jugadores de tenis de nivel amateur y élite. En dichos estudios se registraron los patrones de actividad muscular máxima y media de los músculos del hombro y antebrazo durante el servicio y los golpes bajos, encontrando niveles de actividad muscular significativamente más altos durante el saque, lo que indica que es el golpe más fuerte en el tenis desde el punto de vista muscular de las extremidades superiores. (35)

El servicio se divide en 4 fases: fase de preparación, fase de armado, fase de aceleración y fase de seguimiento. La fase de preparación se caracteriza por el inicio de la posición de saque al lanzamiento de la pelota por la extremidad contralateral, habiendo una actividad electromiográfica muy baja durante esta fase en los músculos que rodean el hombro. La segunda fase que comienza después del lanzamiento de pelota y termina en la máxima rotación externa de la articulación GH del brazo que tiene la raqueta, la actividad muscular en esta etapa es moderadamente alta en el supraespinoso, infraespinoso, subescapular, bíceps braquial, y serrato anterior. Los niveles de actividad muscular expresados en porcentaje de una máxima contracción isométrica fueron 53%, 41%, 25%, 39% y 70% respectivamente. (36) El papel estabilizador del manguito rotador se evidencia en la segunda fase del saque, con una actividad moderadamente alta.

La fase de aceleración comienza con la rotación externa máxima y termina en el impacto con la pelota. Los registros EMG en esta fase fueron consistentes con la alta actividad muscular del pectoral mayor, subescapular, y el serrato anterior durante la fuerza concéntrica de los rotadores internos. (36) En los estudios publicados por VanGheluwe y Hebbelinck así como en los de Miyashita y cols, se encontraron altos niveles de actividad del pectoral mayor, así como del deltoides, trapecio y tríceps, durante la fase de aceleración. En ambos estudios se observó un silencio relativo de la actividad eléctrica en la

aceleración de la musculatura durante el impacto, pero con niveles altos de actividad antes del mismo, con excepción del infraepinoso.

La última fase ocurre después del impacto y termina en la fase de seguimiento. Esta fase se caracteriza por una actividad muscular moderada del manguito rotador, serrato anterior, bíceps braquial, deltoides y dorsal largo. Después del silencio eléctrico de la musculatura del hombro durante el impacto, la fuerza muscular excéntrica es necesaria para desacelerar el húmero y mantener la articulación GH en congruencia. (37)

CAPÍTULO III

1. JUSTIFICACIÓN.

Conociendo la importancia anatómica y fisiológica de la mano es de comprenderse el interés por este campo de estudio, ya que no solo nos sirve de parámetro para la valoración de la población general, sino también para grupos muy selectos como son los deportistas.

Se han realizado diversos estudios acerca de la asimetría muscular en las extremidades superiores del tenista, en los cuales se ha concluido que los grupos musculares del brazo son los principalmente beneficiados, sin embargo no se ha profundizado en la contribución de la fuerza del antebrazo, existiendo carencia de estudios en los que se compare la fuerza de prensión.

Conociendo la fuerza de prensión del tenista es factible conocer en qué porcentaje la fuerza de los flexores contribuyen a la dinámica en el juego, siendo este dato de relevancia para establecer una metodología en el entrenamiento y así contribuir a un mayor rendimiento en el jugador, y optimizar la dinámica del juego, además de aportarnos parámetros esperados con los cuales se pueda establecer una base para programas de rehabilitación en la patología de la mano y valorar de forma cuantitativa el avance real de cada paciente.

2. OBJETIVOS.

Objetivo general:

- Establecer la fuerza de prensión en tenistas juveniles..

Objetivos específicos:

- Establecer la fuerza de prensión de tenistas juveniles de alto rendimiento y recreativos.
- Establecer la diferencia de la fuerza de prensión entre mano dominante y no dominante del mismo sujeto.
- Correlacionar la fuerza de prensión con el tiempo de práctica.

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

Se trata de un estudio descriptivo, transversal, no ciego. La muestra del estudio fue de 60 sujetos seleccionados de forma no probabilística y por conveniencia.

Se hizo uso de un dinamómetro de mano hidráulico, marca JAMAR, el cual es capaz de registrar hasta 90 kg de fuerza de prensión, además de hacer uso de historia clínica con antecedentes deportivos y hoja de registro de datos.

Se llevaron a cabo visitas programadas al Centro Tenístico para realizar el registro de la fuerza por medio del dinamómetro hidráulico de mano, realizando dicha medición después de por lo menos 1 día de descanso del jugador, y previo al inicio de entrenamiento o juego.

Previo a un consentimiento verbal, se realizó una breve historia clínica deportiva, siguiendo con el registro de fuerza de prensión por medio de la siguiente técnica:

- Sujeto de pie con hombros aducidos y neutros.
- Codo flexionado a 90°.
- Antebrazo y muñeca en posición neutra.
- 2 mediciones en cada mano con reposo de 1 minuto, tomando el registro más alto.

Finalmente el análisis de los resultados se llevó a cabo en el programa SPSS versión 19.0 adaptado para windows con apoyo de programa Excel de Office. Para las variables se realizó un análisis de estadística descriptiva, y se obtuvieron datos como frecuencia, porcentajes y medidas de tendencia central.

4. DISEÑO.

Criterios de inclusión:

- Tenistas juveniles de ambos sexos que desearon participar en el estudio.
- Tenistas que realizan entrenamiento por lo menos 4 horas a la semana.

Criterios de exclusión:

- Jugadores de tenis que previo al registro sufrieron alguna lesión que les haya obligado a guardar reposo por más de 2 meses.
- Sujetos que no desearon participar en el estudio.
- Individuos cuyos datos de registro no estuvieron completos.

CAPÍTULO IV

1. RESULTADOS.

Se lograron reclutar 60 tenistas juveniles, siendo 28 hombres y 32 mujeres, todos dentro de un rango de edad de 9 a 19 años.

Se encontraron promedios de presión de 28.85 kg en mano derecha y 27.33 kg en mano izquierda, siendo el 90% de los participantes diestros, observando una creciente fuerza de presión a mayor edad, aunque dicha observación no se evidencia en los sujetos de 18 y 19 años, ya que la muestra fue insuficiente para realizar una correlación adecuada.

Manteniendo la tendencia, que la mano dominante es la que presenta mayor fuerza de prensión (80%).



En cuanto a género se observó una diferencia de 18% en la fuerza prensil entre mujeres y hombres.

2. CONCLUSIÓN Y DISCUSION

A pesar de ser un estudio con una muestra pequeña, se obtuvieron datos que coinciden con los anteriormente reportados en la bibliografía, observándose una fuerza de prensión mayor en sujetos del género masculino rebasando a su contraparte con un 17.5%. Destacando además que conforme avanza la edad, la fuerza de prensión también se ve incrementada tanto en hombres como mujeres. En cuanto a la dominancia de mano, se observó que existe una mayor fuerza de prensión en el lado dominante del sujeto, aunque sin ser tan marcada la diferencia, encontrándose de un 8 a 15%.

Es de llamar la atención que a pesar de la importancia en la biomecánica de la mano, no existan estudios que se centren en esta área, por lo que estudios como éste pueden crear un precedente para establecer programas de entrenamiento que mejoren la forma deportiva actual del atleta. Por otro lado, con el conocimiento de la fuerza de prensión esperada en tenistas , la evaluación de lesiones de mano y su rehabilitación será más objetiva y con mejores resultados, sin mencionar que es un parámetro a considerar para realizar una evaluación morfofuncional completa y sencilla.

Sin embargo es conveniente continuar la línea de investigación mediante estudios con poblaciones mayores, y comparativos con otras poblaciones, con la finalidad de obtener diferencias significativas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kapandji A. Fisiología articular. 5ta. Ed. Editorial Médica Panamericana, P 174 – 291.
2. Nordin M, Frankel V. Basic biomechanics of the musculoskeletal system. 3ra. Ed. Lippincott Williams & Wilkins. 2001, p 358.
3. Dufour M, Pillu M. Biomecánica Funcional: Miembros, cabeza, tronco. Masson. 2006, p 351– 412.
4. Kozin SH, Porter S, Clark P, Thoder JJ. The contribution of the intrinsic muscles to grip and pinch strength. J Hand Surg. 1999; 24A:64-72.
5. Werremeyer MM, Cole KJ. Wrist action affects precision grip force. J Neurophysiol. 1997; Jul 78(1):271-80.
6. Lee JW, Rim K. Measurement of finger joint angles and maximum finger forces during cilinder grip activity. J Biomedical Engineering.1991; 13:152-162.
7. Arquitectura de la mano.
8. Martin S., G. Neale, M. Elia.1985. Factors affecting maximal momentary grip strength. Hum Nutr Clin Nutr. 39(2):137-47.
9. Harkonen R, Harju R, Alaranta H. The accuracy of the Jamar dynamometer. J. Hand Ther. 1993; 6:259-262.

10. Bellace JV, Healy D, Besser MP, Byron T, Hohman L. Validity of the Dexter Evaluation System's Jamar dynamometer attachment for assessment of hand grip strength in a normal population. *J. Hand Ther.* 2000; Jan-Mar;13(1):46-51.
11. Bohannon RW. Parallel comparison of grip strength measures obtained with a MicroFET 4 and a Jamar dynamometer. *Percept. Mot. Skills.* 2005; 100(3 Pt 1):795-798.
12. Shechtman O, Gestewitz L, Kimble C. Reliability and validity of the DynEx Dynamometer. *J. Hand Ther.* 2005; Jul-Sep;18(3):339-47.
13. Shechtman O, Davenport R, Malcolm M, Nabavi D. Reliability and validity of the BTE-Primus grip tool. *J. Hand Ther.* 2003; 16(1):36-42.
14. Teraoka T. Studies on the peculiarity of grip strength in relation to body positions and aging. *Kobe J. Med. Sci.* 1979; 25:1-17.
15. Su CY, Lin JH, Chien TH, Cheng KF, Sung YT. Grip strength in different positions of elbow and shoulder. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1994; 75:812-815.
16. Mathiowetz V, Rennells C, Donahoe L. Effect of elbow position on grip and key pinch strength. *J. Hand Surg.* 1985; 10A: 694-697.
17. Kuzala EA, Vargo MC. The relationship between elbow position and grip strength. *Am. J. Occup. Ther.* 1992; 46(6):509-512.
18. De Smet L, Fabry G. Grip strength in patients with tennis elbow. Influence of elbow position. *Acta Orthop. Belg.* 1996; 62(1):26-29.
19. Kraft GH, Detels PE. Position of function of wrist. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1972; 53:272-275.

20. 17. Pryce JC. Wrist position between neutral and ulnar deviation that facilitates maximum power grip strength. *J. Biomechanics*. 1980; 13:505:511.
21. 18. Lamoreaux L, Hoffer MM. The effect of wrist deviation on grip and pinch strength. *Clin. Orthop*. 1995; 314:152-155.
22. 19. Richards LG, Olson B, Palmiter-Thomas P. How forearm position affects grip strength. *Am. J. Occup. Ther*. 1996 50(2):133-138.
23. 20. De Smet L, Tirez B, Stappaerts K. Effect of forearm rotation on grip strength. *Acta Orthop. Belg*. 1998; 64(4):360-362.
24. 21. Lagerström Ch, Nordgren B. Methods for measuring maximal isometric grip strength during short and sustained contractions, including intra-rater reliability. *Upsala J. Med. Sci*. 1996; 101:273-286.
25. 22. Hamilton-Fairfax, A., R. Balnave, R. Adams. 1995. Variability of grip strength during isometric contraction. *Ergonomics*. 38: 1819-1830.
26. 23. Watanabe. T., K. Owashi, Y. Kanauchi, N.Mura, M. Takahara, T. Ogino. 2005. The short - term reliability of grip strength measurement and the effects of posture and grip span. *J. Hand Surg 30A*: 603-609.
27. 24. Boadella, J.M., PP. Kuijter, JK. Sluiter, MH. Frings-Dresen. 2005. Effect of self-select handgrip position on maximal handgrip strength. *Arch Phys Med Rehabil*. 86(2): 328-31.
28. 25. Kovacs, M. S.: *Tennis physiology: training the competitive athlete*. *Sports Med* 2007; 37(3):189-198.
29. 26. Le Deuff, H.: *El entrenamiento físico del jugador de tenis*. Barcelona. Paidoribo.2003.

30. 27. Walshe A, Wilson G, Ettema G. Stretch-shorten cycle compared with isometric preload: contributions to enhanced muscular performance. *J Appl Physiol* 1998;89:97–106.
31. 28. Wilson GJ, Elliott B, Wood G. The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shorten cycle movement. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:364–70.
32. 29 Elliott B, Baxter K, Besier T. Internal rotation of the upper arm segment during a stretch-shorten cycle movement. *J Appl Biomech* 1999;15:381–95.
33. 30. Kibler B. Kinetic Chain contributions to elbow function and dysfunction in sports. *Clin Sports Med* 2004;23:545–52.
34. 31. Johnson CD, Mc Hugh MP, Performance demands of professional male tennis players, *Br. J Sports Med* 40:696-699, 2006.
35. 32. Bradley JP, Tibone JE: Electromyographics analysis of muscle action about the shoulder, *Clin Sports Med* 10:789-805, 1991.
36. 33. Rhu KN, McCormic J, Jobe FW, et al: An electromyographic analysis of shoulder function in tennis players, *Am J Sports Med* 16:481-485, 1988.
37. 34. VanGheluwe B, Hebbelinck M: Muscle actions and ground reaction forces in tennis, *Int J Sport Biomech* 2:88-99, 1986.

ANEXOS

Apéndice I.

Formato de registro de dinamometrías.

Registro de pacientes para protocolo: "Valoración de la fuerza de prensión por dinamometría en tenistas del centro tenístico de Nuevo León"								
No.	Clave	Edad	Sexo	D	I	LD	LDD	No. Toma
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								

28								
29								
30								

Apéndice II.

Historia clínica.

HOSPITAL UNIVERSITARIO "DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ":
 MEDICINA DEL DEPORTE Y REHABILITACIÓN.

"Valoración de la fuerza de prensión por dinamometría en tenistas elite vs tenistas recreativos del centro tenístico de Nuevo León"

Historia Clínica

Clave del sujeto:

Edad:

Género:

Ocupación:

Antecedentes deportivos:

Actividad física que practica:

Edad de inicio:

Entrenamiento:

Lesiones deportivas y manejo:

Antecedentes traumáticos:

Lesiones en extremidades superiores:

Manejo:

Tiempo de recuperación:

Secuelas: