

Estudio de la proporcionalidad del miembro superior en el golpe de “drive” de tenis. Su interrelación con la fuerza muscular de ejecución

D. Galiano Orea, G. Lorza Blasco, L. Estruch Massana

RESUM

Una de les ciències que d'una manera més rigorosa aporta la descripció dels factors del rendiment és l'estudi o anàlisi del moviment humà-esportiu en base a les característiques morfològiques en qualsevol de les especialitats esportives.

Diguem, per tant, que el gest biomecànic específic i les qualitats anatòmico-funcionals es corresponen amb els avenços que condicionen l'èxit, o el fracàs, en la pràctica de l'esport.

Nosaltres hem analitzat, dins l'esport del tennis, el cop de “drive”, degut a les seves complexes característiques tècniques i a la seva influència en el joc del tennis.

SUMMARY

One of the sciences that most accurately describes the performance factors, is the human-sports movement study or analysis. Such an analysis will always depend on the morphological characteristic of the different sports under study.

Therefore, the specific biomechanical movements and the anatomic and functional qualities, will correspond to the advances that condition failure or success in the practice of the sports.

In this case, we have analyzed a tennis “forehand drive”, because of its complex technical characteristics and the influence it has on tennis.

Introducción

Desde tiempo venimos afirmando en el uso de cualquier medio de influencia (publicaciones, ponencias, escritos y otros medios de comunicación social) que se aprecian cambios en el mundo del deporte. Es conocido, hasta por los no practicantes, que el número de deportistas es cada vez mayor. Es bajo esta circunstancia cuando debíamos incidir, los que tenemos la suerte de acompañar al deportista, sobre la complejidad y diversificación de factores que la actividad física conlleva.

En este sentido las disciplinas deportivas han sido sometidas a las diferentes ciencias que coinciden en valorar el control del rendimiento físico-deportivo.

Una de las ciencias que con mayor rigor aporta la descripción de los factores del rendimiento, es el estudio o análisis del movimiento humano-deportivo en base a las características morfológicas en cualquiera de las especialidades deportivas.

Digamos, pues, que el gesto biomecánico específico y las cualidades anatómico-funcionales, se corresponden con los avances que condicionan el éxito o fracaso, en la práctica del deporte.

En nuestro caso hemos analizado, dentro del deporte del tenis, el golpe de "drive" por sus características técnicas complejas e influencia sobre el juego del tenis.

El estudio del golpe de "drive" se estructura teniendo en cuenta los siguientes principios:

1. Existe una relación entre el inicio del golpe (impulso de aceleración) y el impulso de frenado (previo al inicio del golpe). Nos demuestra que el gesto corporal inicial antes del golpe debe estar muy matizado y, técnicamente, lo más perfecto posible.
2. El cuerpo aporta una serie de movimientos sincronizados, unos, evidentes para el golpe de "drive" y otros no tan visibles, que condicionan posturas corporales favorables que junto al apoyo sobre la superficie terrestre prolongan la aceleración del golpe de "drive" y por tanto mejoran su eficacia.
3. El trayecto del gesto del drive debe ser circular (movimiento de apertura de la extremidad superior) para conducir a una mayor aceleración, que dependerá de la fuerza muscular y de la capacidad de coordinación del tenista.

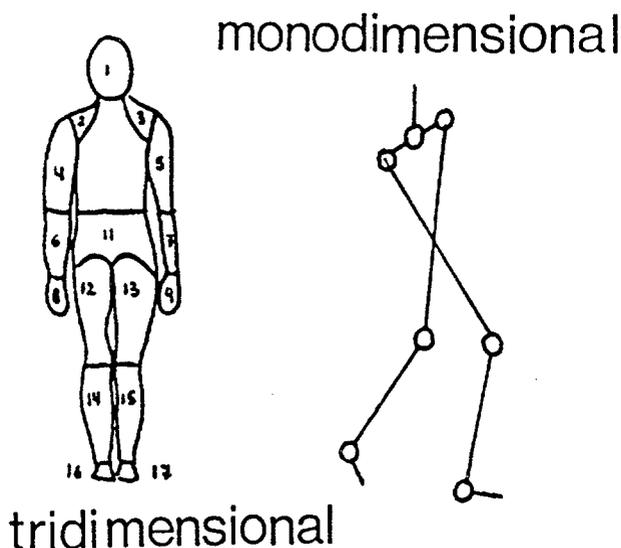


Figura 1

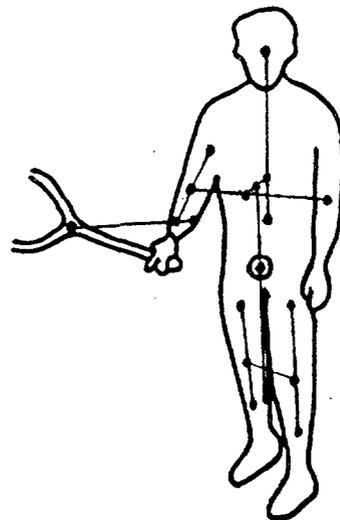


Figura 2

4. Debido a que el aparato locomotor está considerado como una cadena cinemática, para conservar el impulso del "drive" deben realizarse movimientos giratorios.
5. El empleo del brazo tiene que hacerse de tal manera que la mano alcance su velocidad máxima en el momento que alcance el centro de gravedad de todo el cuerpo. Las acciones de fuerza de todos los grupos musculares interesados, al servicio de la aceleración, tienen que concluir al mismo tiempo.

Así pues reviste especial importancia el modelo mecánico del cuerpo humano en 17 segmentos tridimensionales, la proporcionalidad de estos segmentos (fig. 1), las incidencias de fuerza muscular y las consecuencias de los centros parciales de gravedad sobre el golpe de "drive" (fig. 2) teniendo en cuenta el implemento o raqueta, que condiciona al deporte del tenis.

Material y método

Con el objetivo del análisis gestual y de rendimiento deportivo del golpe de "drive" en tenis hemos utilizado los diferentes criterios de análisis.

1. Criterio de elección

– Edad: Coincidentes con edades de maduración física ya que a estos niveles es posible observar las modificaciones técnicas y es más fácil modificar las cualidades del golpe en relación a la objetivación morfológica. ($\bar{X} = 14.22 \pm 1.09$)

– Años de práctica: Un mínimo de dos años integrado en la Escuela Catalana de Tenis con práctica de 3 horas diarias de entrenamiento técnico y 1 hora de entrenamiento físico. El número de tenistas fue de 35.

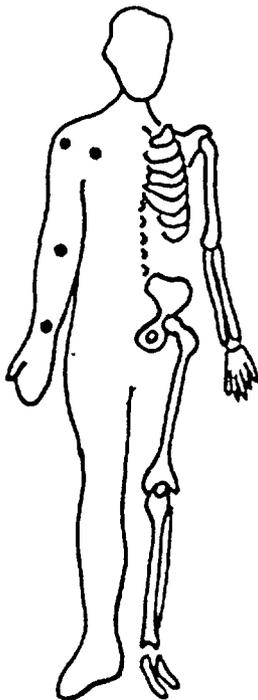


Figura 3

2. Características del grupo de estudio (tabla I)

Se han utilizado: Tallamiento vertical sobre base horizontal de precisión hasta 1 mm y una báscula SKYFEL de precisión hasta 10 grs. y una escala horizontal para medición de envergadura con precisión hasta 1 mm.

– Sexo masculino:

N: 28

Talla: $\bar{X} = 165.92 \pm 8.64$

Peso: $\bar{X} = 54.01 \pm 8.37$

Envergadura: $\bar{X} = 169.33 \pm 10.21$

– Sexo femenino:

N: 7

Talla: $\bar{X} = 159.71 \pm 7.01$

Peso: $\bar{X} = 51.05 \pm 6.22$

Envergadura: $\bar{X} = 160.5 \pm 7.65$

3. Criterio de valoración dinamométrico

La realización de pruebas y la evaluación de la potencia muscular son los dos componentes fundamentales de la exploración muscular. El test que hemos realizado ha tenido en cuenta el conocimiento del movimiento articular, el origen y la inserción de los músculos, su acción agonista y antagonista, así como su papel en el golpe de "drive" del tenis.

Las musculaturas que han sido utilizadas mediante dinamómetro Back and Leg de precisión hasta 1 kg son:

Cintura Escapular

- Pectoral menor: Protracción, descenso y rotación hacia abajo.
- Subclavicular: Descenso.
- Serrato mayor: Protracción y rotación hacia arriba.
- Trapecio superior: Elevación.
- Trapecio medio: Retracción.
- Trapecio inferior: Descenso y rotación hacia arriba.
- Angular del omoplato: Elevación.
- Romboides: Retracción, elevación y rotación hacia abajo.

Escapulo-Humeral

- Deltoides anterior: Elevación delante.
- Deltoides medio: Abducción
- Supraespinoso: Abducción
- Pectoral mayor (porción clavicular): Elevación delante.
- Pectoral mayor (porción esternal): Aducción. Elevación atrás.
- Coracobraquial: Elevación delante. Aducción. Rotación int. Rotación ext. (siempre accesorio).
- Subescapular: Rotación int.
- Gran dorsal: Aducción. Elevación atrás.
- Redondo mayor: Aducción. Elevación atrás. Rotación int.
- Subespinoso: Rotación ext.
- Redondo menor: Rotación ext.

Codo y Pronosupinación

- Bíceps braquial: Flexión.
- Braquial anterior: Flexión.
- Húmero-estilo-radial: Flexión.
- Pronador cuadrado: Pronación.
- Tríceps braquial: Extensión.
- Supinador corto: Supinación.

Hemos destacado las musculaturas que condicionan principalmente las articulaciones y movimientos estudiados, aunque habrá que tener en cuenta que existen musculaturas con carácter accesorio y otras principales en un determinado movimiento con características accesorias para otro.

4. Criterio biomecánico y dinamométrico

Hemos procurado que el gesto exploratorio cumpliera durante la ejecución los principios biomecánicos siguientes:

- Mantenimiento en la dirección de la fuerza.
- Eliminación de fuerzas concurrentes.
- Eliminación de descomposición de fuerzas manteniendo fijo el eje tracción.
- Mantenimiento de los centros de gravedad parciales del brazo en ángulos mayores de 90 grados.
- Mantener el vector de tracción correspondiente al eje del músculo principal, teniendo en cuenta el

vector concurrente con los ejes de musculaturas accesorias.

– Palanca de tercer género (grado).

A tal fin hemos realizado los movimientos de abducción, aducción, flexión, extensión, rotación int. y rotación ext. del hombro; flexión y extensión del codo; flexión y extensión de la muñeca.

El mismo test se ha efectuado a un total de 17 jugadores de baloncesto, que nos ha servido como grupo control debido a que utilizan un objeto externo para lanzarlo careciendo de implemento.

5. Criterios biométricos

Con un paquímetro de brazos adaptados (antropómetro) con precisión hasta 1 mm se midieron longitud de brazo (desde punto acromial hasta epicóndilo), longitud de antebrazo (desde epicóndilo a estiloides cubital en pronación media del antebrazo) y longitud de la mano (desde estiloides cubital a punta de dedo medio).

De cada segmento del brazo se ha calculado el índice Z de proporcionalidad corporal según la ecuación de Wilson y Ross:

$$Z = 1/S [L (170.18/H)^1 - F]$$

donde:

S = desviación sobre la media del parámetro estudiado en el modelo.

L = Parámetro estudiado en cm.

H = Altura en cm.

F = Valor sobre el modelo del parámetro estudiado.

Para definir las características morfológicas del tenista se ha utilizado el ectomorfismo según el somatotipo de Heath-Carter.

$$A = H^3/P$$

Si A es mayor de 40.75 entonces:

$(A \times 0.732) - 28.58$ es el ectomorfismo del deportista.

Si A es menor de 40.75 entonces:

$(A \times 0.463) - 17.63$ será el ectomorfismo del tenista.

6. Criterios técnicos

Durante los dos últimos meses han sido grabados en vídeo durante los entrenamientos (Hitachi 30SE) para observación de los siguientes factores y perfeccionamiento de las calificaciones después de 2 años de control.

6.1. Potencia del golpe: Mediante una escala de 0 a 10 a juicio de tres técnicos que diariamente trabajan con los tenistas. En este aspecto no se ha tenido en cuenta la rapidez de desplazamiento antes del golpe de "drive", sino el criterio de velocidad de la pelota después de su golpeo.

6.2. Colocación del golpe: Después de tests específicos que valoran la capacidad de dirigir la pelota hacia lugares concretos, se ha estimado este criterio de 0 a 10.

1	+0.04	8	-0.15	15	-0.77	22	-1.32	29	+0.09
2	+0.02	9	+0.37	16	-0.6	23	+0.82	30	-0.51
3	-1.63	10	+0.77	17	-0.18	24	+0.04	31	-0.6
4	-1.6	11	-0.71	18	+0.03	25	-0.31	32	-0.46
5	+0.31	12	+0.28	19	-1.25	26	+0.33	33	-0.11
6	-0.15	13	+0.36	20	-0.65	27	-1.42	34	-0.3
7	-0.14	14	+1.43	21	+0.55	28	-0.32	35	-0.66

Tabla II

6.3. Efectividad del golpe: Valorado de 0 a 5 señala el rendimiento que el jugador es capaz de desarrollar con su "drive".

6.4. Tipo de golpe: Si es liftado (con movimiento ondular sobre la pelota) o plano (raqueta perpendicular al eje central y direccional de la pelota). Existe la posibilidad intermedia que llamamos "SEMI".

6.5. Calidad de ejecución: En el conjunto de gestos biomecánicos en el golpe de "drive" hemos valorado de 1 a 3 de ejecución global del mismo.

1	+1.91	8	+0.75	15	-0.28	22	+3.17	29	+0.003
2	+2.06	9	+2.21	16	+2.48	23	+0.46	30	+0.8
3	+3.17	10	+1.81	17	+1.4	24	+0.71	31	+0.48
4	+1.02	11	+0.69	18	+1.02	25	-0.17	32	+0.67
5	+2.2	12	+0.85	19	-0.06	26	+0.43	33	+0.17
6	+0.92	13	+0.58	20	+1.02	27	+0.83	34	+0.37
7	+1.97	14	+2.32	21	+0.48	28	+0.4	35	+1.3

Tabla III

1	+0.8	8	+3.6	15	+2.5	22	+2.88	29	+1.75
2	+2.10	9	+1.7	16	+1.17	23	+3.43	30	+3.55
3	+2.59	10	+2.79	17	+2.4	24	+2.26	31	+0.40
4	+1.41	11	+2.72	18	+2.5	25	+4.26	32	+2.88
5	+3.36	12	+3.86	19	+2.51	26	+1.4	33	+1.79
6	+2.29	13	+2.73	20	+3.37	27	+3.78	34	+2.65
7	+4.07	14	+4.23	21	+3.0	28	+3.43	35	+3.35

Tabla IV

- 6.6. Movimiento de apertura: Consiste en la aceleración ondular previa al impacto con la pelota. Será I = sin movimiento ondular previo, III = movimiento ondular completo y II = existe movimiento ondular para la aceleración pero con apertura incompleta de la raqueta.
- 6.7. Codo: Durante el momento del impacto el tenista puede mantener su codo flexionado (modificando el sistema de palanca) o extendido.

7. Criterio Lesional

Durante los dos años de entrenamiento y competición hemos anotado los antecedentes de epicondralgias en brazo dominante, así como la intensidad del cuadro.

			-0.6		
	+0.21	-0.65	+0.06		
	+0.53	+0.45	+0.11		
-0.08	+0.69	+1.41	-0.58	+0.64	
-0.04	-0.48	+1.0	+0.24	+0.49	

Tabla V

			+1.28		
	+0.58	+2.23	+0.83		
	+1.05	+1.25	+1.16		
+1.62	+1.5	+0.67	+0.9	+0.68	
+0.81	+0.62	+1.37	+0.27	+0.35	

Tabla VI

Descripción del golpe

Jugador frente a la red con los pies separados más o menos el ancho de los hombros, el peso del cuerpo sobre los tarsos de los pies y la raqueta en agarre "shake hands".

Pivote con todo el cuerpo de modo que hombro y cadera del lado que no está la raqueta queden hacia la red.

La raqueta se dirige hacia atrás a nivel del hombro con la cabeza de la raqueta hacia la muñeca con movimiento circular. El peso del cuerpo sobre el pie de detrás.

Se flexiona la rodilla para dejar caer la raqueta y el brazo debajo del punto de contacto. Se adelanta hacia la pelota con el pie del lado opuesto al de la raqueta.

La pelvis y columna vertebral rotan, quedando el tronco de frente hacia adelante. El peso se desvía hacia el pie delantero cuando la raqueta se impulsa hacia adelante y hacia arriba.

			+2.29		
	+1.04	+1.68	+0.51		
	+1.88	+2.57	+1.46		
+1.75	-0.21	+2.76	+0.34	+0.76	
+0.87	+2.57	+0.58	+2.64	+3.19	

Tabla VII

La cara delantera de la raqueta queda perpendicular a la pista en el momento del impacto de la pelota.

Finalmente se realiza un movimiento continuo donde se sigue hacia el frente del cuerpo hasta la altura de la rodilla.

Resultados

En las tablas II, III y IV se aprecian los valores de proporcionalidad corporal de brazo, antebrazo y mano de los 35 tenistas; en las tablas V, VI y VII aparecen los jugadores de baloncesto.

En la tabla VIII se expresan los índices dinamométricos en los grupos musculares estudiados para tenistas y jugadores de baloncesto.

En la tabla IX se aprecia el orden que ocupan los grupos musculares estudiados entre sí mismos y en relación a los dos grupos estudiados.

	tenis	control
hombro abducción	14	20.5
hombro aducción	5	16.3
hombro rot. ext.	7	9.7
hombro rot. int.	11.4	22
codo flexión	21.3	20.5
codo extensión	9.5	23.8
muñeca flexión	15.1	18.2
muñeca extensión	8.8	10.7
\bar{X}	11.5	17.7

Tabla VIII

En la tabla X aparecen los coeficientes de correlación entre el estudio de proporcionalidad de los segmentos del brazo y las apreciaciones de la potencia del "drive" durante los entrenamientos (se añade la media de índices dinamométricos estudiados).

En la tabla XI se exponen los coeficientes de correlación entre índices dinamométricos de musculaturas agonistas y antagonistas, dependientes de la articulación del codo, tanto en el grupo de tenistas como en el grupo control.

Discusión

Proporcionalidad

En las tablas II y V se observa una proporcionalidad de brazo igual en ambos grupos al igual que la desviación sobre la media. Así pues esta falta de significancia sólo muestra un cambio de signo numérico como respuesta a la menor edad del grupo tenístico y como explicación al progresivo desarrollo que acompaña a las edades tempranas.

Con respecto al antebrazo (tablas III y VI), con similitud a lo que ocurriese en el brazo, las medias de proporcionalidad no difieren, aunque sí se aprecian casos de dismorfias segmentales en ambos grupos en especial los tenistas con un 31%, mientras que el grupo control presenta un 5,8%. Es destacable que en este 31% de anomalías proporcionales del antebrazo, un 85% de los tenistas presentan alteraciones técnicas en la flexo-extensión del codo en el momento del impacto así como modificaciones en el tipo de golpe (semilifta-plano).

El estudio de proporcionalidad de la mano demuestra una diferencia altamente significativa entre tenistas y grupo control con respecto a la media, y no así en la desviación estándar. Este resultado condiciona biomecánicamente los segmentos de la extremidad superior para el tenista pues los centros de gravedad parciales obligan a una modificación en las cadenas óseas (fig. 3) y a una nueva estructuración de los niveles de tensión muscular sobre todo en las musculaturas antagonistas.

	tenis	control
hombro abducción	3º	4º
hombro aducción	8º	6º
hombro rot. ext.	7º	8º
hombro rot. int.	4º	2º
codo flexión	1º	3º
codo extensión	5º	1º
muñeca flexión	2º	5º
muñeca extensión	6º	7º

Tabla IX

Proporcionalidad como factor mecánico

Comprobamos que los menores índices dinamométricos correspondientes a deltoides anterior, pectoral, trapecio, bíceps y braquiorradial, aparecen con mayor frecuencia en jugadores de tenis que presentan un golpe de "drive" en flexión o semiflexión del codo. Se observa una explicación lógica cuando al llevar la raqueta cerca del tronco se acorte el brazo en el momento del golpe o máxima resistencia, de esta manera la fuerza necesaria para equilibrar esta resistencia es menor.

Concepto dinamométrico

En la tabla VIII se aprecia el bajo nivel en los valores de musculaturas abductoras, aductoras y rotadoras internas, lo que significa un descenso en la estabilidad del brazo en abducción para el momento del impacto.

El resto de grupos musculares estudiados en tenistas presenta las diferencias con respecto al grupo control en:

- Extensión de la muñeca.
- Extensión del codo.
- Aducción del hombro.
- Rotación interna.
- Semejanza en rotación externa del hombro.
- Flexión del codo.
- Flexión de la muñeca.

Los grupos extensores aclaran los gestos técnicos del grupo control, mientras que la semejanza en flexores es un índice preocupante del desequilibrio agonista-antagonista.

Dinamometría como factor mecánico

No existe un índice de correlación alto entre los niveles de fuerza entre el grupo de estudio y el grupo control, por tanto las características técnicas de un determinado deporte condicionan la ejecución de movimientos manteniendo la función anatómica del esqueleto. Así pues, como es de esperar, los niveles de fuerza no se relacionan directa-

brazo	antebrazo
0.40	0.52
POTENCIA DEL GOLPE	
0.56	0.03
mano	\bar{x} dinam.

Tabla X

mente con la potencia en el golpe de "drive" ($R = 0.03$).

Las características morfológicas de la extremidad superior se expresan de forma diferente según el segmento que se observe (tabla X). Por tanto los criterios de estudio para la mejora de la potencia del golpe deben seguir el orden "de distal a proximal" de extremidad superior.

Existe una mayor correlación estadística de las articulaciones del codo y muñeca en jugadores de tenis que en grupo control (tabla XI), hecho que indica la presencia de actividad complementaria agonista-antagonista.

Incidencias patológicas

Existe relación directa en los jugadores de tenis entre aparición de epicondralgias, el liftado de la pelota y el grado de flexión en el momento del impacto. Si el grado de proporcionalidad de la extremidad superior, los parámetros de fuerza y la edad del tenista condicionan la flexo-extensión en el "drive", habrá que realizar el estudio completo morfológico-dinamométrico como factor preventivo en el "Codo del Tenis".

Conclusiones

1. La fuerza muscular en el golpe de tenis debe ser continuada para concluir con un correcto impacto. Debe tenerse en cuenta que las alteraciones en la proporcionalidad de los segmentos obliga a un cambio de situación en los centros parciales de gravedad. Si apreciamos las acciones adicionales por causa del implemento (raqueta, así como su peso) con flexión de muñeca, rotación de la columna vertebral y flexión

		codo		muñeca	
		extensión			
		T	C	T	C
codo	flexión	T	0.63		
		C		0.08	
muñeca	flexión	T			0.58
		C			

Tabla XI

- horizontal de hombros, nos obliga a afirmar que el uso de raquetas pesadas debe ser en jugadores aventajados con buenos niveles de fuerza muscular. Debe utilizarse como criterio de valoración la proporcionalidad de la mano como condicionante del aumento de la distancia y ésta traducida en un aumento de la velocidad del implemento al contacto con la pelota.
2. Para compensar durante el momento de máxima resistencia, o impacto, la abducción del brazo es necesario que los músculos responsables de este gesto mantengan un correcto nivel de fuerza para cumplir su función. Por otra parte también deben ayudar al impulso hacia delante cuando el brazo es arrastrado por la rotación de la columna y pelvis.
 3. Es de especial importancia durante la enseñanza del tenis vigilar los niveles de fuerza de musculaturas extensoras y su correlación con las flexoras. Habrá que observar la progresión dinamométrica con la edad y entrenamiento, mientras que los músculos extensores de la extremidad superior deben seguir una progresión paralela; en caso contrario con entrenamiento específico debe orientarse a tal fin.
 4. Los estudios dinamométricos deben realizarse previo estudio de las características biomecánicas del deporte. Será posterior misión buscar la necesidad, o no, de equilibrio de fuerzas en la cadena ósea propia del deporte en cuestión.
 5. Es importante el estudio de la proporcionalidad de los segmentos de la extremidad superior en el tenis y su relación con el entrenamiento de fuerza.
 6. El estudio de epicondralgias en el jugador de tenis debe comprender los estudios de proporcionalidad, dinamometría y apreciaciones técnico-tácticas mediante vídeo en el momento del impacto.

Aplicación práctica a los principios del movimiento en el "drive" de tenis

1. La velocidad angular de los segmentos de la extremidad superior dependerá de su proporcionalidad y de las características del implemento o raqueta.
2. Los impulsos musculares en el momento del impacto deben mantenerse durante tiempo, por lo que será necesaria una mayor resistencia muscular de los grupos implicados.
3. Es importante la superficie de apoyo en el momento del impacto; en el "drive" de tenis son dos: los pies en el suelo y el mantenimiento de la posición del hombro.
4. La dirección de la fuerza en el golpe depende de las cadenas articulares y éstas condicionan el vector de fuerzas que se imprime a la pelota. En cualquier caso la proporcionalidad de la extremidad superior es condicionante para el estudio de la potencia del golpe.
5. La aplicación de fuerzas es más rentable cuando se aplican movimientos rotatorios. El gesto del liftado interrumpe el movimiento ondulante del "drive". Si este gesto no está precedido de unas características morfo-funcionales óptimas se convierte en factor de agresión sobre la zona más débil de las cadenas óseas.
6. El impacto a la pelota es indirectamente dependiente de la continuidad del gesto (extensión del brazo), masa del implemento (raqueta) y agarre de la mano (firmeza).
7. La epicondralgia del tenis depende de factores anatómicos, de proporcionalidad, de fuerza y técnicas.