PubliCE, (PubliCE) 2004

Monograph

¿De Donde Proviene el Saque de Alta Velocidad en el Tenis?

Guillermo Noffal[1]

[1]*California State University, Fullerton, Estados Unidos.*

RESUMEN

Palabras Clave: palancas funcionales, velocidad de aceleración, potencia muscular

INTRODUCCION

El saque de potencia en el tenis ha recibido mucha atención por parte de muchos investigadores de todo el mundo. Parte de esta popularidad puede deberse al continuo esfuerzo por identificar los factores asociados con la mejora en la velocidad. Existen varios aspectos tales como las características tanto de la raqueta como del jugador que pueden afectar la habilidad de realizar un servicio a alta velocidad. No es coincidencia que las velocidades más altas registradas sean las de individuos con estatura por encima de la normal.

Mujeres					
Nombre	Mph	Km/h	Año	Talla	
Venus Williams	119	191.5	1998	6'1''	185cm
Brenda Schultz McCarthy	114	183.4	1994	6'2''	188cm
Venus Williams	112	180.2	1997	6'1''	185cm
Debbie Graham	109	175.4	1995	5'10''	175cm
Jana Novotna	108	173.8	1997	5'10''	175cm
Steffi Graf	107	172.2	1995	5'10''	175cm
Steffi Graf	107	172.2	1996	5'10''	175cm
Hombres					
Greg Rusedski	143	230.1	1998	6'4''	193cm
Mark Phillippoussis	141	226.9	1997	6'4''	193cm
Richard Krajicek	135	217.2	1997	6'5''	196cm
Marat Safin	135	217.2	1998	6'4''	193cm
Alex Radulesou	134	215.6	1996	6'1''	185cm
Goran Ivanisevic	132	212.4	1996	6'4''	193cm
Richard Krajicek	132	212.4	1885	6'5''	196cm
Pete Sampras	132	212.4	1996	6'1''	185cm

Tabla 1. *Saques más rápidos de la historia*

Hay dos características principales que están ligadas a la potencia en un raqueta de tenis, su masa y su composición. Los fabricantes de raquetas han cambiado el diseño y la composición de las raquetas para mejorar la adaptabilidad al juego y el rendimiento. Algunos de los cambios en la composición han sido la progresión desde la madera al metal y luego a la fibra reforzada. Los diseños han cambiado desde una cabeza larga hasta un cuerpo ancho y hasta raquetas extra largas. Waite (1997) reportó que los jugadores pueden ser capaces de incrementar inmediatamente su potencia cambiando su raqueta por una que produzca una mayor potencia. Hay dos factores con respecto a la raqueta que pueden incrementar su potencial para producir potencia: la rigidez y el peso. Una raqueta rígida provee mayor potencia debido a que se absorbe menos energía cinética de la pelota por la deformación del marco (Ashley 1993). Las raquetas más rígidas (tanto las antiguas con cuerpos anchos como las modernas que son más finas pero menos flexibles) permiten pegarle a la pelota con mayor "dureza" si realmente pegar con mucha fuerza. Cada fabricante de raquetas tiene su propia escala para medir el nivel de potencia de la raqueta. Desafortunadamente, no han sido estandarizadas entre los fabricantes. Basta decir que es necesario leer las indicaciones de los fabricantes o consultar a un profesional (e.g., un encordador certificado) para entender acerca de la rigidez relativa de la raqueta que se está considerando. Si usted desea mayor potencia sin cambiar la longitud de sus tiros o sin tener que pegarle más fuerte a la pelota, entonces una raqueta más rígida seguramente ayudará (Waite 1997).

Agregar cinta adhesiva a la cabeza de su actual raqueta (comúnmente en las posiciones de 3 y 9 en punto) incrementará la masa de la misma. Si usted es capaz de mantener la misma velocidad al golpear con la masa adicionada entonces esto resultará en un saque más potente. Sin embargo, debería señalarse que la adición de cinta cambiará el balance y como "siente" a la raqueta. Tomará cierto tiempo hasta que sus músculos y su mente se ajusten al cambio. Si se observa cuidadosamente a las raquetas de los profesionales, se verá que menudo tienen cinta adhesiva en la cabeza de la raqueta. Pete Sampras le colocaba cinta a una raqueta que ya era pesada, llevando el peso total a 15 o 16 onzas! (aproximadamente dos a cuatro onzas más pesada que las raquetas más convencionales). Anecdóticamente sus oponentes reportaban la sensación de devolver un saque "pesado".

Además, los fabricantes de raquetas afirman que los cuerpos con marcos largos (28 pulgadas o más) imparten mayor potencia a la pelota. Si bien esto puede ser estrictamente cierto, las raquetas con cuerpos largos son fabricadas deliberadamente más livianas. Por lo tanto la ganancia en potencia dada por la longitud del cuerpo puede verse eliminada por la reducción del peso. De esta manera las raquetas con cuerpos largos no son inherentemente más potentes.

La cuestión de si las raquetas extra largas producen servicios más rápidos ha sido parcialmente revisada en Tennis

Magazine en 1997. La revista llevó a cabo un experimento en el cual se desafiaba a Mark Philippoussis a realizar su primer saque con tres diferentes raquetas: una raqueta normal con un marco de 27 pulgadas, una raqueta superlarga con un marco de 29 pulgadas y un modelos de madera que ya no se utiliza. Los resultados indicaron que mientras que la velocidad máxima no fue muy diferente (127, 127, 124Mph respectivamente) si lo fue la precisión de un total de 15 servicios (52. 80 y 60% respectivamente). Esto indica que la potencia en el saque no viene de la utilización de raquetas más largas sino de la técnica del jugador y de su fortaleza física.

Encordados

La función del encordado es absorber la mayor parte de la energía cinética que trae la pelota y entonces devolver parte de esta energía nuevamente a la pelota (Brody 1995). Una investigación reciente confirmó la percepción que tenían los jugadores de que los encordados más sueltos producían una mayor potencia mientras que los encordados más ajustados permitían un mayor control y precisión sobre la pelota (Knudson, 1997)

Quizás el mejor método para incrementar la potencia en su actual raqueta sea alterar el encordado. Hay dos aspectos que afectarán la potencia total que tenga su raqueta: la tensión y la elasticidad. Cuanto menor sea la tensión del encordado mayor potencial de potencia tendrá su raqueta (sin embargo, si se baja mucho la tensión la raqueta perderá potencia). Con solo disminuir la tensión del encordado en 5 o 6 libras se pueden notar grandes diferencias en el nivel de potencia que genera su raqueta. La elasticidad se refiere a la habilidad del encordado para estirarse y luego retornar a su estado original. Las cuerdas hechas de intestinos y las cuerdas sintéticas “suaves” son más elásticas, y por lo tanto le dan a la raqueta un mayor potencial de potencia. Sin embargo, los encordados elásticos tienden a desgastarse más rápidamente. Afortunadamente, la tecnología moderna en encordados es tal que los encordados sintéticos tales como la serie Gamma TNT ofrece una gran gama de potencia, control y durabilidad. Estos encordados cuestan un poco más, pero si usted es un jugador que busca mayor potencia entonces vale la pena el precio (Waite 1997). Además los encordados más finos son más elásticos y tienen una mayor habilidad para acumular y liberar energía. Los encordados de tripa son nuevamente el material preferido ya que son capaces de mantener su elasticidad con mayores tensiones, mientras que muchos materiales sintéticos comienzan a perder su elasticidad a medida que se incrementa la tensión de las cuerdas llevando a sentir cierta rigidez cuando se golpea un tiro fuerte (Brody 1995).

Rotación de Segmentos

La utilización de todo el cuerpo de una manera fluida e integrada puede producir mejoras en sus golpes. La producción de un buen golpe comienza en sus pies, sigue por sus rodillas y piernas, utiliza las caderas y el peso corporal lo que entonces permite que el tren superior y los brazos golpeen la pelota. Nosotros llamamos a este eficiente uso de los segmentos corporales para la producción de un golpe como ejercicio de cadena cerrada.

Mujeres	Tamaño	Tensión	Hombres	Tamaño	Tensión
Lindsay Davenport	95	65	Pete Sampras	85	70
Martina Hingis	98	60	Marcelo Ríos	95	70
Jana Novotna	95	62	Alex Corretia	95	62
Arantxa Sanchez Vicario	95	60	Patrick Rafter	97	69
Venus Williams	110	62	Carlos Moyá	98	57
Monica Seles	130	90	Andre Agassi	107	61
Mary Pierce	85	62	Tim Henman	95	69
Conchita Martinez	95	62	Karol Kucera	95	65
Steffi Graff	95	62	Greg Rusedski	95	48
Nathalie Tauziat	110	56	Richard Krajicek	90	59

Tabla 2. *Tamaño de la cabeza de la raqueta (en pulgadas cuadradas) y tensión del encordado (lbs) de 10 hombres y mujeres top 10*

El impulso de las piernas produce un ciclo de estiramiento acortamiento a medida que el hombro es dirigido hacia arriba y la raqueta se mueve hacia abajo. Este incremento en el rango de movimiento le permite al jugador producir mayor impulso por medio de aplicar la fuerza en un mayor período de tiempo.

La cinemática del tren superior durante la ejecución de un saque plano en tenis para producir la máxima velocidad ha sido

reportada en varios estudios (Elliott et al., 1986; Noffal, 1997). Las velocidades de los segmentos terminales se incrementan desde la parte proximal hasta la parte distal y siguiendo la secuencia hombro – codo – muñeca – raqueta – centro.

De manera muy similar al lanzamiento, un saque plano requiere del movimiento de toda el tren superior (el brazo, el antebrazo y la mano) lo cual ocurre durante un corto período de tiempo. Por ejemplo el hombro realiza un rotación externa antes de realizar una rotación interna. El rango de movimiento durante esta rotación es de aproximadamente 80 grados (Noffal 1997). La posición externa del brazo solo puede alcanzarse dinámicamente y se observa solamente en otras acciones de lanzamiento. Esta posición sirve para estirar a los músculos que producen la rotación interna. El antebrazo también realiza una rápida rotación en la fase de aceleración moviéndose a través de un rango de aproximadamente 52 grados. El papel de esta pronación es colocar correctamente la cabeza de la raqueta en posición para el impacto y no contribuye substancialmente a la velocidad de la raqueta. La muñeca se extiende y luego se flexiona rápidamente en la fase de aceleración. Se ha reportado que esta flexión de la muñeca contribuye en gran parte a la velocidad que alcanza la raqueta (Elliot et al 1995). La muñeca también se mueve desde una posición radial desviada hasta una posición cubital desviada en el momento del impacto. Esta desviación cubital parece ser una continuación natural del movimiento de flexión de la muñeca y también ayuda a que la raqueta alcance una posición más vertical.

Cargas del Hombro y del Codo durante un Saque de Tenis

Noffal y Elliott (1998) calcularon las fuerzas articulares resultantes y los momentos presentes en las articulaciones del hombro y del codo durante el saque de tenis. Una apreciación de estas fuerzas permitirá realizar inferencias que relacionen la cinética del movimiento con las propiedades mecánicas de las estructuras que con frecuencia se dañan. Con esta información, puede ser posible modificar la técnica o desarrollar un equipamiento para reducir el estrés que sufren las cápsulas articulares, los ligamentos y los músculos.

El análisis cinético del saque de tenis tiene la intención de cuantificar las fuerzas articulares resultantes y los momentos presentes en la ejecución del movimiento. Además, los valores resultantes serán divididos en direcciones anatómicas que reflejen los grupos musculares y los tejidos suaves responsables de la producción de dichos movimientos. Esto puede ser de particular interés para el médico y el entrenador, ya que pueden identificarse aquellas partes del movimiento asociadas con altas cargas.

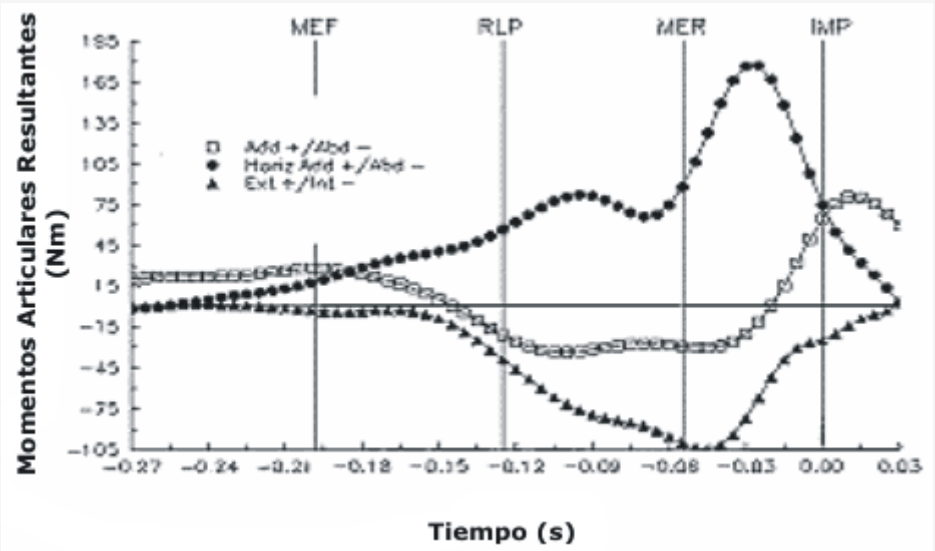


Figura 1. *Torque en el hombro durante la ejecución de un saque plano realizado por un sujeto representativo.*

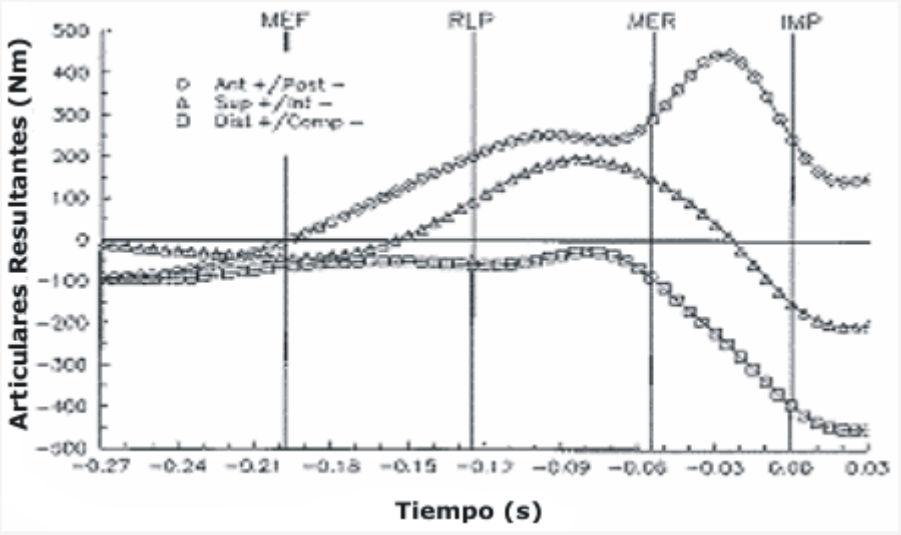


Figura 2. *Fuerzas en el hombro durante la ejecución de un saque plano realizado por un sujeto representativo.*

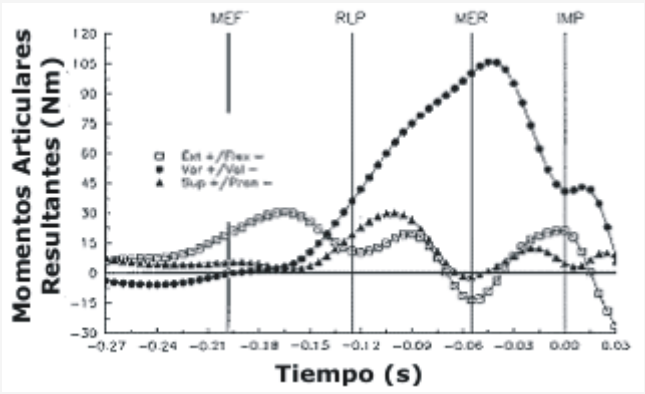


Figura 3. *Torque en el codo durante la ejecución de un saque plano realizado por un sujeto representativo.*

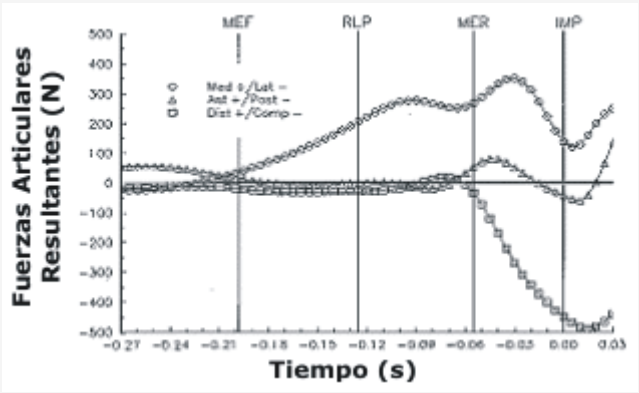


Figura 4. *Fuerzas en el codo durante la ejecución de un saque plano realizado por un sujeto representativo.*

Fuerzas de Interés

- Se observan grandes fuerzas durante la fase de aceleración y también durante la fase posterior al impacto.
- La fuerza anterior en el hombro alcanzó un máximo de 445N brevemente después del MER
- La fuerza superior máxima de 142N probablemente estuvo ligada a la aducción del brazo por el músculo supraespinoso
- Fuerzas compresivas (352N) evitaron la subluxación del húmero
- En el codo, las fuerzas mediales alcanzaron 320N
- Se hallaron fuerzas compresivas máximas de 423N en el codo.

Torques de Interés

- Abducción máxima de 50Nm antes del MER utilizadas para elevar el brazo.
- Abducción máxima de 82Nm luego del impacto en la fase posterior al impacto.
- Rotación interna máxima de 94Nm justo después del MER asociada con la contracción excéntrica de los músculos que producen la rotación interna (pectoral mayor, dorsal ancho, subescapular).
- Torque de abducción horizontal en la fase de aceleración para evitar el retraso del brazo a medida que el tronco rota hacia la red.
- Torques no significativos de extensión y pronación lo que significa pequeñas contribuciones musculares
- Torque máximo del varus de 106Nm en la fase de aceleración ligado al torque producido por la rotación interna del hombro
- Implicancias para la Lesión
- Mayor abducción que en el béisbol lo que puede producir un choque subacromial.
- Además las fuerzas inferiores en el saque de tenis pueden estar asociadas con una traslación hacia arriba de la cabeza del húmero.
- Alcanzar rangos extremos durante la fase de extensión puede producir un mayor estrés sobre la porción anterior e inferior de la cápsula articular y atenuar el trabajo del ligamento glenohumeral inferior.
- La epicondilitis medial puede ser el resultado del estrés repetido sobre el valgus.

Implicancias para la Lesión

- Mayor abducción que en el béisbol lo que puede producir un choque subacromial.
- Además las fuerzas inferiores en el saque de tenis pueden estar asociadas con una traslación hacia arriba de la cabeza del húmero.
- Alcanzar rangos extremos durante la fase de extensión puede producir un mayor estrés sobre la porción anterior e inferior de la cápsula articular y atenuar el trabajo del ligamento glenohumeral inferior.
- La epicondilitis medial puede ser el resultado del estrés repetido sobre el valgus

Prevención de la Lesión

Si bien las mayores velocidades de rotación interna del brazo durante el saque plano de tenis se han correlacionado con el desarrollo de altas velocidades de la raqueta los jugadores deberían saber que para incrementar más la velocidad de este movimiento (a través del entrenamiento de la musculatura que produce la rotación tal como el dorsal ancho y el pectoral mayor) se deberían tener en cuenta las estructuras que son responsables de la desaceleración del brazo (romboides menor, infraespinoso). También se debería tener cuidado cuando se intenta incrementar la velocidad de la flexión de la muñeca, ya que se están haciendo aparente lesiones en esta área.

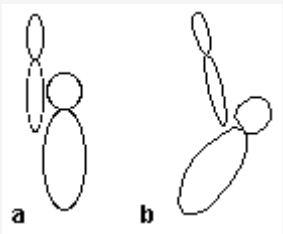


Figura 5. *5a y 5b. Alineación de la extremidad superior y el tronco*

En un intento por alcanzar un punto de impacto más alto los jugadores pueden adoptar una posición como la que se describe en la figura 5a. Sin embargo la correcta alineación de la extremidad superior con el tronco no debe ser de 180

grados sino más bien de 90 a 100 grados (figura 5b) lo que no coloca al hombro en una posición en la que pueda lesionarse (Ellenbecker 1998).

Giro de la Pelota: cualquier efecto que se le de a la pelota le quitará potencia al impacto. Ahora, en sentido estricto, es imposible pegarle a la pelota sin darle efecto (todas los golpes producen cierto giro). Sin embargo, es posible golpear la pelota de una manera relativamente plana (produciendo poca rotación). Los tiros planos son los tiros más rápido y fuertes. El servicio plano, es quizás, la mayor arma del jugador moderno.

Yandell (19989 halló que no existe tal golpe "plano" en el tenis profesional y proporcionó los datos que se dan a continuación de dos de los mejores sacadores del momento.)

	Primer Saque Mph	RPM	Segundo Saque Mph	RPM
Philippoussis	123	2198	99	4018
Sampras	120	2699	85	4618

Tabla 3.

Las aproximadamente 5000RPM en el segundo saque se traducen en que la pelota rotará unas 60 veces antes de llegar al receptor. Sin embargo también se halló que incluso un saque de 120Mph se reducía en aproximadamente 55Mph en el momento en que el receptor golpeaba la pelota. La resistencia del aire durante el vuelo de la pelota y la fricción del rebote sobre la cancha actúan para reducir la velocidad de la pelota.

CONCLUSION

Elegir una raqueta que refleje su patrón de movimiento, recordando que cuando mayor sea la masa o el "peso del golpe" mayor velocidad será impartida a la pelota. Si con frecuencia realiza tiros fuera de centro entonces puede ser beneficioso utilizar una raqueta con una cabeza más ancha que se angoste hacia el borde superior.

Escoja encorados finos hechos de tripa ya que estos son más elásticos y son capaces de mantener su elasticidad con altas tensiones. Además la reducción de la tensión de su encordado puede permitir que tenga más potencia durante su juego. Tenga en mente que existe un punto en donde la devolución de potencia disminuye si la tensión es muy baja. Recuerde que un saque compuesto de una secuencia de rotaciones realizadas en un movimiento fluido es más deseable que intentar incrementar la velocidad de un segmento específico. El saque está asociado con varias lesiones del hombro y estas lesiones pueden ser resultado de desequilibrios musculares y de la sobrecarga producto de la naturaleza repetitiva del juego. De debe prestar especial atención al mantenimiento de la estabilidad del hombro por medio de la mejora de la función muscular (fuerza y flexibilidad) en el hombro y en la región escapular.

REFERENCIAS

1. Ashley, S (1993). High-tech racquets hold court. *Mechanical Engineering, 50-55*
2. Brody, H (1995). How would a physicist design a tennis racquet?. *Physics Today, 26-31*
3. Ellenbecker, T (1998). Shouldering the load. *Sport Science News. The USTA Newsletter on the Science of Tennis, Fall issue, 4-5*
4. Elliott, B., Marsh, T. & Blanksby, B (1986). A three-dimensional cinematographic analysis of the tennis serve. *International Journal of Sports Biomechanics, 2 (4), 260-271*
5. Elliott, B., Marshall, R., & Noffal, G (1995). Contributions of upper limb segment rotations during the power serve in tennis. *Journal of Applied Biomechanics, 11 (4), 433-442*
6. Knudson, D (1997). Effect of grip models on rebound accuracy of off-center tennis impacts. *Biomechanics in Sports XV, 483-487*
7. Noffal, G (1997). Three-dimensional kinetics of the shoulder and elbow joints in the high performance tennis serve: Implications for injury. *Unpublished Doctoral Dissertation. The University of Western Australia*
8. Noffal, G. and Elliott, B (1998). Three-dimensional kinetics of the shoulder and elbow joints in the high performance tennis serve:

Implications for injury. *Proceedings of the 4th International Conference of Sports Medicine and Science in Tennis, Coral Gables, Florida*
9. Waite, R (1997). Power to the people. *Turbo Tennis. http://www.tennisserver.com*
10. Yandell, J (1998). Spin is in!. *Sport Science News- The USTA Newsletter on the Science of Tennis, Fall issue, 4-5*