

# Valoración y entrenamiento de la fuerza-resistencia abdominal: validez comparativa y reproductibilidad de tres pruebas de evaluación en tenistas

## Narcís Gusi

Doctor en Ciencias de la Educación

## Juan Pedro Fuentes

Licenciado en Educación Física

Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Extremadura (Cáceres)

## Palabras clave

condición física, evaluación, entrenamiento, tenis

## Abstract

*The reproduction and the application of the tests carried out during 30 seconds at the following maximum intensity was studied: 1) sit-up with knees bent at 90°, 2) bend overs and 3) body rotations. This was done 3 times with 23 tennis players between 14 and 16 years of age (15 women and 8 men) calculating a) methodical error (ME); b) coefficient of variation (V) associated to ME; c) coefficient of intraclass correlation (ICC); and d) r of Pearson. Conclusions: 1) the sex had no significant effect in any of the 3 tests; 2) the bend overs are the best test to evaluate or develop abdominal strength/resistance; 3) the evaluation via sit up or bend over tests need a prior run through; 4) the bend overs (ICC=0.97) and sit-up (ICC=0.95) were highly reproducible and with V lower among the different applications; 5) the evaluation of the body rotations need another alternative test.*

## Resumen

Se estudió la reproductibilidad y la aplicabilidad de las pruebas efectuadas durante 30 segundos a la máxima intensidad siguientes: 1) sit-up con rodillas flexionadas 90°, 2) encorvadas y 3) rotaciones de tronco. Se aplicó cada una 3 veces en 23 tenistas de 14 a 16 años de edad (15 mujeres y 8 hombres) calculándose: a) Error Metódico (ME); b) Coeficiente de variación (V) asociado al ME; c) Coeficiente de correlación intraclase (ICC), y d) r de Pearson. Conclusiones: 1) El sexo no afectó significativamente en ninguna de las tres pruebas; 2) Las encorvadas son la prueba de elección para valorar o desarrollar la fuerza-resistencia abdominal; 3) La valoración mediante las pruebas de sit-up o encorvadas requieren un ensayo previo; 4) Las encorvadas (ICC = 0,97) y sit-up (ICC = 0,95) fueron altamente reproducibles y con V bajos entre las diferentes aplicaciones; 5) La valoración de los rotadores del tronco requiere otra prueba alternativa.

## Introducción

El desarrollo y la valoración de la fuerza-resistencia de la musculatura de la región abdominal (abdominales, oblicuos y psoas-íliaco) es relevante en el ámbito de la educación física y deportiva tanto por su contribución al rendimiento deportivo como, sobre todo, a la promoción de la salud (fundamentalmente por su intervención en el control de la curvatura de la columna baja y su relación con determinados problemas de espalda). Pero, para poder programar y controlar adecuadamente el proceso de su entrenamiento o desarrollo es necesario evaluar el nivel inicial y los cambios producidos por éste. Sin embargo, la medición y posterior evaluación de la fuerza-resistencia abdominal plantea controversias importantes entre los especialistas (Faulkner y cols., 1989, Gusi y cols., 1995). Gran parte de la controversia es debida a la existencia de diferentes flexores de la columna (recto anterior del abdomen, psoas-íliaco y oblicuos). Por otro lado, la evaluación secuencial del proceso de entrenamiento requiere que los resultados aportados por las pruebas de medición empleadas sean constantes en el tiempo, es decir que no varíen significativamente de un día a otro a

menos que se haya aplicado un determinado tratamiento (entrenamiento, medicamento, etc.) cuyos efectos deseamos evaluar. Esta constancia de valores en el tiempo es denominada fiabilidad intra-observador (reproductibilidad) y es uno de los criterios básicos para la elección del protocolo de la prueba de medición puesto que permite comparar los valores obtenidos en diferentes momentos del proceso de entrenamiento.

El objetivo de este estudio es examinar la reproductibilidad y la aplicabilidad en el entrenamiento deportivo y la escuela de tres de las pruebas de evaluación de la fuerza-resistencia abdominal más utilizadas.

### Material y métodos

Se estudiaron 23 tenistas (8 hombres y 15 mujeres) de nivel medio cuya edad oscilaba entre los 14 y 16 años ( $14,7 \pm 0,9$  años). Los sujetos, tras ser informados adecuadamente del estudio, se sometieron voluntariamente con el consentimiento de sus tutores legales a efectuar las pruebas incluidas en el estudio. Los voluntarios ejecutaron de forma randomizada tres veces las pruebas siguientes:

a) *Sit-up*. En la posición inicial el sujeto se halla tendido en decúbito supino, las rodillas en flexión de  $90^\circ$  con la planta de los pies tocando el suelo y las manos entrecruzadas tras la cabeza. Un ayudante mantiene los pies fijos en la colchoneta. En este momento, el examinador indica el comienzo de la prueba consistente en efectuar durante 30 segundos el número máximo de ciclos de flexión-extensión de cadera tocando con los codos la rodilla en la flexión y la espalda el suelo en la extensión. Este protocolo se integra en la batería Eurofit (Prat y cols., 1993).

b) *Encorvadas*. Inicialmente el examinado se acuesta a lo largo de la colchoneta, en posición supina, con las rodillas en flexión de  $90^\circ$ , las plantas de los pies y la cabeza tocando la colchoneta. Los miembros superiores estirados al costado del cuerpo, y las palmas de las manos en contacto con la colchoneta. El examinado debe realizar en 30 segundos el número máximo de ciclos de flexión-extensión de tronco deslizando ambas manos simultáneamente adelante y atrás 12 cm en contacto permanente con la colchoneta y en la extensión el sujeto toca con la cabeza en la colchoneta.

c) *Torsiones de tronco*. En primer lugar se disponen dos superficies planas perpendiculares al suelo distanciadas por la envergadura del individuo. El sujeto se sienta entre ambas superficies con las piernas abiertas  $90^\circ$  que son fijadas a la colchoneta por un ayudante. Se le pide al sujeto que toque el número máximo de veces posible en 30 segundos alternativamente cada una de las superficies con las dos manos simultáneamente sin inclinar el tronco.

Las tres pruebas las administró el mismo examinador en la misma instalación y con el mismo material (colchonetas y cronómetro). Las pruebas se efectuaron sin calentamiento previo (para evitar que afectara de forma diferente a cada individuo), con un descanso intermedio de al menos 24 horas entre pruebas, y durante un período máximo de 3 semanas con el propósito de minimizar los posibles cambios debidos al entrenamiento. Asimismo, no se incluyeron en el entrenamiento cargas que pudieran afectar relevantemente al rendimiento en dichas pruebas.

Los datos se analizaron gráfica y estadísticamente con el paquete estadístico SPSSPC (v. 6.1. para Windows). Tras un primer análisis descriptivo (gráfico, prueba de normalidad de Kolgomorov-Smirnov, homoscedad, medias, desviación estándar -d.e.-) se determinó la oportunidad de realizar un estudio paramétrico de los datos de forma general ( $n = 23$  tenistas) y no paramétrico para analizar las diferencias entre sexos debido a las grandes diferencias muestrales entre ambos. La prueba de U de Mann-Whitney para muestras independientes fue usada para analizar la influencia del sexo en las diferentes variables estudiadas. Se examinó la significación estadística de las diferencias entre las medias de las repeticiones de cada una de las pruebas mediante la prueba *t* de Student para muestras apareadas corregidas según el método de Bonferroni para más de una repetición. No se aplicó la significación de F mediante Análisis Multivariante de la Varianza (MANOVA) debido al bajo número de grados de libertad al estudiar simultáneamente las tres ejecuciones de cada prueba. Posteriormente se calcularon los siguientes 4 índices de la fiabilidad test-retest intra-observador (reproductibilidad):

- a) Error Metódico (ME) (McDougall y cols., 1991).
- b) El coeficiente de variación (V) asociado al Error Metódico.
- c) El coeficiente de correlación intraclass R mediante el modelo MANOVA de dos vías ("intra-class coefficient", ICC) (Baumgartner, 1989).

PRUEBA	n	MEDIA	d.e.	MÍNIMO	MÁXIMO
Rotaciones 1	23	31,1	4,5	25	41
Rotaciones 2	23	34,6	4,0	29	43
Rotaciones 3	23	37,0	4,0	30	47
Sit-up 1	23	22,0	3,8	14	31
Sit-up 2	23	23,4	3,2	18	31
Sit-up 3	23	23,6	3,4	18	30
Encorvadas 1	23	25,1	7,7	13	38
Encorvadas 2	23	27,9	7,1	14	39
Encorvadas 3	23	28,6	6,4	15	38

n: 23 tenistas 14 a 16 años; d.e.: desviación estándar.

Tabla 1. Datos obtenidos en tres aplicaciones de tres pruebas destinadas a medir la fuerza-resistencia abdominal.



d) Finalmente, y a efectos comparativos, se presenta el coeficiente  $r$  de correlación de Pearson dado que su uso era común entre los especialistas. Sin embargo,  $r$  es afectado relevantemente por el rango de los valores y no considera el número de repeticiones (McDougall y cols., 1991).

## Resultados

El sexo no afectó significativamente ( $p > 0,05$ ) el resultado obtenido en ningún ensayo de las tres pruebas estudiadas. En consecuencia, el resto de resultados se analizaron con los registros de ambos sexos conjuntamente. Los datos recogidos en las diferentes mediciones realizadas se presentan numéricamente en la tabla 1 y, paralelamente, son expresados como cambios porcentuales de forma gráfica en la figura 1. Estas presentaciones muestran que los sujetos aumentaron significativamente su rendimiento respecto a la medición inicial en las tres pruebas. Asimismo, indican que los resultados medios obtenidos se estabilizaron entre la segunda y la tercera administración de la prueba en las "sit-up" y las encorvadas. En cambio, las mediciones de la prueba de rotaciones siguieron aumentando significativamente hasta el 19% respecto a los valores iniciales.

Si bien los cambios porcentuales de los valores medios obtenidos en la "sit-up" (7,3%) fueron menores que los registrados en las encorvadas (13,9%), el ICC de esta última fue ligeramente superior al de la "sit-up" debido a la menor desviación estándar de esta última. En consecuencia, el porcentaje de variación de las medias ponderado por la d.e. en conjunto de las tres aplicaciones fue menor en la prueba de encorvadas y, por tanto, fue la más fiable o reproducible.

El mayor coeficiente de variación del Error del Método (figura 2) se registró en las encorvadas ( $V > 5\%$ ) y el menor en la sit-up a pesar que el coeficiente de regresión de Pearson es mayor en las encorvadas debido al mayor rango de las mediciones obtenidas en estas últimas. Finalmente, los coeficientes de correlación lineal de Pearson entre las tres pruebas indicaron una relación irrelevante entre los resultados obtenidos en ellas ( $r_2 < 0,35$ ;  $p > 0,05$ ).

## Discusión

Si bien el número de sujetos de la muestra estudiada ( $n = 23$ ) es insuficiente para generalizar los registros numéricos (p.e., no pudiendo presentar valores normativos del número de repeticiones en cada prueba), el análisis efectuado nos indica que es suficiente para obtener conclusiones de aplicaciones metodológicas tanto en el campo de la valoración de la condición física como en la programación de ejercicios para desarrollar la fuerza-resistencia abdominal en diferentes ámbitos (escolar, entrenamiento deportivo, salud en adultos, etc.).

La baja correlación lineal de Pearson entre las diferentes pruebas estudiadas constata la especificidad de cada una de ellas y,

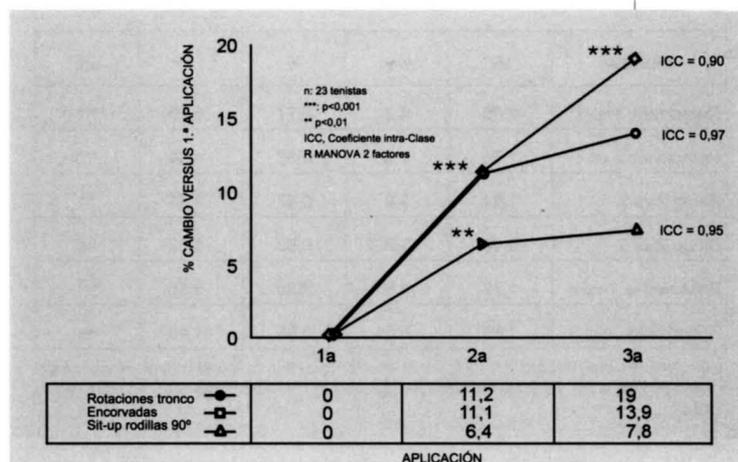


Figura 1. Reproducibilidad y cambios porcentuales de tres pruebas de valoración de la fuerza-resistencia abdominal durante 30 segundos.

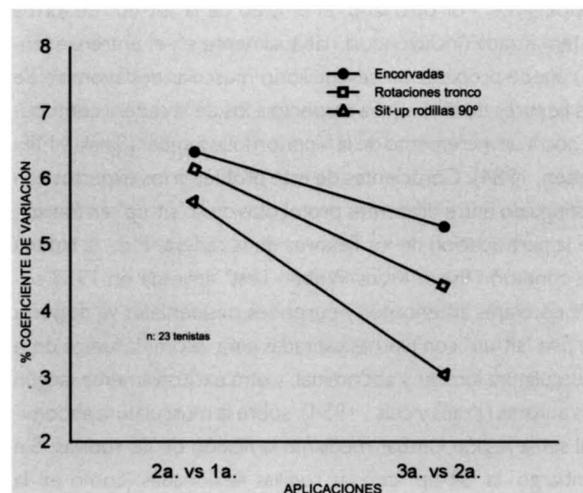


Figura 2. Coeficiente de variación del Error Metódico de tres pruebas de valoración de la fuerza-resistencia abdominal en 30 segundos.

por tanto, la bajísima validez comparativa entre ellas. En este mismo sentido, Vincent y Britton (1980) también observaron correlaciones bajas ( $r = 0,39$ ;  $p > 0,05$ ) entre un protocolo de "sit-up" similar al de este estudio y encorvadas estáticas. Desde la perspectiva de un examen biomecánico (p.e., las articulaciones y la musculatura más relevantes) y electromiográfico las pruebas son claramente distintas. Así, en la prueba de la sit-up el músculo psoas-ílfaco interviene de forma importante disminuyendo la participación de la musculatura abdominal como consecuencia de la fijación de los miembros inferiores. La acción de este músculo, como la del resto de flexores de la cadera, tira de las vértebras hacia adelante. De esta manera, la "sit-up" como prueba de valoración abdominal disminuye su

PRUEBA	ME	% v.	r	t	p(t)
Rotaciones 1 vs 2	2,06	6,3	0,77	5,70	***
Rotaciones 2 vs 3	1,75	4,9	0,81	4,54	***
Sit-up 1 vs 2	1,34	5,9	0,87	-3,41	**
Sit-up 2 vs 3	0,90	3,8	0,93	-0,82	ns
Encorvadas 1 vs 2	1,72	6,5	0,95	5,55	***
Encorvadas 2 vs 3	1,58	5,6	0,95	-1,40	ns

n: 23 tenistas; ME: Error metódico; % V: coeficiente de variación según ME; r: coeficiente de correlación de Pearson; t: valor t de Student, p(t): significación corregida por Bonferroni; \*\*\*: p<0,001; \*\*: p<0,01; ns: no significativo (p>0,05).

**Tabla 2. Índices de reproductibilidad entre dos administraciones de tres pruebas para valorar la fuerza-resistencia abdominal.**

especificidad, en términos usuales, o validez, en términos metodológicos. Por otro lado, el empleo de la "sit-up" de forma sistematizada (incluyéndola habitualmente en el entrenamiento) puede propiciar un desequilibrio muscular desfavorable de los flexores de la columna respecto a los de la cadera contribuyendo a un incremento de la hiperlordosis lumbar (Sinaki y Mikelsen, 1984). Conscientes de este problema los expertos han distinguido entre diferentes protocolos de la "sit-up" en función de la participación de los flexores de la cadera. P.e., la batería de condición física "Kraus-Weber-Test" aplicada en 1953 sobre escolares americanos y europeos occidentales ya disponía de una "sit-up" con piernas estiradas para valorar la fuerza de la musculatura lumbar y abdominal, y otra exclusivamente, según sus autores (Kraus y cols., 1954), sobre la musculatura abdominal sin la región lumbar mediante la flexión de las rodillas. Sin embargo, la "sit-up" con las rodillas flexionadas (como en la prueba examinada en este estudio o incluida en la batería Eurofit) sigue requiriendo de una importante contribución del psoas-ílfaco a pesar de reducir la amplitud de movimiento o brazo de palanca muscular de este músculo (Ricci y cols., 1981; Robertson y cols., 1987). Por otro lado, los especialistas han determinado que la máxima flexión del tronco en la "sit-up" con rodillas flexionadas se obtiene entre los 66° (Barlow y Neeves, 1978) y los 75° (Ricci y cols., 1981).

Debido a la estrecha relación entre la fuerza-resistencia abdominal y los problemas de espalda en edad adulta, la "Fitness Canada" (asociación dependiente del gobierno canadiense) recomendó la aplicación de protocolos destinados a valorar específicamente la musculatura abdominal mediante la prueba de encorvadas ("curl-up") dado que no fija los pies y flexiona las rodillas en 90° (Faulkner y cols., 1989). Asimismo, para priorizar la flexión de la columna sobre la flexión de la cadera, el protocolo determina que las manos se deslizen sobre la colchoneta y establece la longitud de dicho desplazamiento entre 8 y 15 cm en adultos sanos para que el rango de flexión de la columna sea menor de 45° y, por lo

tanto, implique al máximo la musculatura abdominal (De Lacerda, 1978).

Las pruebas de encorvadas y "sit-up" propuestas requieren poco utillaje (material e instalaciones) y éste es de fácil accesibilidad, dado que tan sólo requieren una colchoneta y un cronómetro. Si una persona quisiera ejecutar las "sit-up" sin ayuda podría ejecutarlas adaptándolas, p.e., mediante la fijación de los pies con los barrotes inferiores de las espaldaras o de un sofá. Las pruebas pueden controlarse y registrarse mediante un solo examinador o ayudante que no requiere una formación especialmente cualificada. Por lo tanto, es útil para aplicarlo tanto con grandes grupos en poco tiempo (p.e., la mitad de los alumnos controlan y/o sujetan los pies de la otra mitad supervisados por el profesor) como individualmente para autocontrolarse o conocerse el propio examinado. Esta última faceta es importante como factor motivante de autosuperación o de creación de hábitos de actividad física fuera del ámbito formal de la escuela o club deportivo.

Robertson y Magnusdottir (1987) examinaron el índice de reproductibilidad en 20 estudiantes entre los 21 y los 37 años de las pruebas de "sit-up" y de encorvadas durante 60 segundos mediante ICC con ANOVA de 1 vía. Tras efectuar un ensayo previo de las pruebas el día anterior a los intentos medidos, obtuvieron ICCs similares a los calculados en este estudio. Asimismo, observaron que para un mismo desplazamiento de las manos (7,5 cm) en las encorvadas las mujeres efectuaban una flexión de la columna significativamente mayor (11° más) que los hombres.

Faulkner y cols. (1989) observó que determinadas personas no podían efectuar ninguna encorvada debido probablemente a un déficit de fuerza abdominal. Asimismo, en nuestra experiencia con escolares y deportistas hemos podido detectar casos en los cuales un individuo con un buen resultado en sit-up es incapaz de ejecutar las encorvadas por dicha insuficiencia. Este hecho es ilustrativo de la especificidad de cada prueba, pero también nos indica que es posible que para desarrollar o valorar la fuerza abdominal mediante las encorvadas sea necesario un período de entrenamiento previo. En este sentido, una posible metodología sería la iniciación de este período mediante "sit-ups" con las rodillas y caderas progresivamente más flexionadas hasta eliminar la sujeción de los miembros inferiores.

## Conclusiones

1. El sexo del sujeto no influyó significativamente en el resultado de las pruebas.
2. La validez de cada una de las pruebas de evaluación estudiadas depende relevantemente de las demandas específicas de cada actividad física en particular. Concretamente, las encorvadas son la prueba de elección, entre las estudiadas, para valorar o desarrollar la fuerza-resistencia abdominal.
3. En caso de una fuerza-resistencia abdominal insuficiente para ejecutar las encorvadas, se sugiere introducir previamente un período de entrenamiento con sit-up, debido a la contribución



de los flexores de la cadera en la acción de la musculatura abdominal.

4. La valoración inicial de la fuerza-resistencia abdominal mediante las pruebas de sit-up o encorvadas requieren de, al menos, un ensayo previo de dicha prueba para minimizar el efecto de aprendizaje de la prueba sobre la medición obtenida.
5. Las pruebas de encorvadas (ICC = 0,97) y de "sit-up con rodillas flexionadas" (ICC = 0,95) fueron altamente reproducibles y mostraron coeficientes de variación bajos entre las diferentes aplicaciones. Además requieren utillaje fácilmente accesible y personal poco especializado. Siendo, por tanto, pruebas de valoración fiables, útiles y aplicables.
6. La valoración inicial de los rotadores del tronco según la prueba propuesta requiere más de tres ensayos previos. Así, se sugiere la necesidad de estudiar pruebas alternativas más aplicables y reproducibles.

## **Bibliografía**

- BARLOW, D. A., NEEVES, R.E. (1978), "Biomechanical assessment of partial iliopsoas isolation in women and its implications for athletic training". En: Landry F., William A. R. (Eds.) *Biomechanics of sports and kinahtropometry*, Miami, Florida: Symposia Specialists. pp. 53-59.
- BAUMGARTNER, T. A. (1989), "Norm-referenced measurement: reliability". En: Safrit MJ, Wood TM (Eds.) (1989) *Measurement concepts in physical education and exercise science*. *Human Kinetics*, Champaign, Illinois. pp. 45-72.
- DE LACERDA, F. (1978), "Anatomical analysis of basic abdominal exercise". *Journal of Physical Education*, 75 (5), pp. 114-115.
- FAULKNER, R.A.; SPRIGINS, E.J.; MCQUARRIE, A.; BELL, R.D. (1989), "A partial curl-up protocol for adults based on an analysis of two procedures". *Can. J. Sp. Sciences*, 14 (3): 135-141.
- GUSI, N.; RODRÍGUEZ, F.A.; NÁCHER, S.; VALENZUELA, A. (1995), *Valoración de la condición física relacionada con la salud en adultos: antecedentes, criterios y selección de pruebas*. VIII Congreso Europeo de Medicina del Deporte. VI Congreso Nacional de la Federación Española de Medicina del Deporte. Granada.
- KRAUS, H., HIRSCHLAND, R. P. (1954), "Minimum muscular fitness test in school children". *Research Quarterly* 25 (2), pp. 178-188.
- MAC DOUGALL, J. D.; WENGER, H. A.; GREEN, H. J. (1995), *Evaluación fisiológica del deportista*. Paidotribo, Barcelona.
- PRAT, J. A.; CASAMORT, J.; BALAGUÉ, N.; y cols. (1993), *Eurofit. La batería Eurofit a Catalunya*. *Generalitat de Catalunya*, Rubí, Barcelona.
- RICCI, B.; MARCHETTI, M.; FIGURA, F. (1981), "Biomechanics of sit-up exercises". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13(1), pp. 54-59.
- ROBERSTON, L. D.; MAGNUSDOTTIR, H. (1987), "Evaluation criteria associated with abdominal fitness testing". *Research Quarterly for Exercise and Sport* 58 (3), pp. 355-359.
- SINAKI, M.; MIKKESEN, B. A. (1984), "Post menopausal spinal osteoporosis: flexion versus extension exercises". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 65, pp. 593-595.
- VINCENT, W. J.; BRITTEN, S. D. (1980), "Evaluation of the curl-up a substitute for the bent-knee sit-up". *Journal of Physical Education and Recreation*, 51 (2), pp. 74-75.