PubliCE, (PubliCE) 2003

Research

Valoración de la Fuerza Muscular por Medio de Test Funcionales de Rendimiento: Rol del Tamaño Corporal

Ulrika Aasa[1], Slobodan Jaric[1], Margareta Barnekow-Bergkvist[1] y Hakan Johansson[1]

[1]*Centre for Sport and Exercise Sciences, School of Human Sciences, John Moores University, Liverpool, England.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue evaluar la hipótesis acerca de que el tamaño muscular desempeña un papel importante en la valoración de la capacidad muscular para producir fuerza a través de evaluaciones funcionales de rendimiento estándar. Veintiún varones fueron evaluados con test de levantamiento isométrico máximo, elevaciones de una pierna, salto vertical y levantamiento de cajas, también se registró la máxima fuerza isocinética de la cadera y de los extensores de la rodilla. Cuando los índices de los cuatro test funcionales de rendimiento fueron relacionados con la fuerza de cada uno de los 2 grupos musculares extensores de la pierna, solamente el levantamiento isométrico máximo demostró una correlación positiva con la fuerza de los extensores de la rodilla. Sin embargo, cuando la fuerza muscular se corrigió para la masa corporal, la mencionada correlación se volvió no significativa, pero el rendimiento en las elevaciones de una pierna demostró una correlación positiva con la fuerza de los extensores de la rodilla. Además, los test de rendimiento de levantamiento isométrico máximo y las elevaciones de una pierna tuvieron una correlación positiva y negativa, respectivamente, con la masa corporal. Los hallazgos obtenidos coincidieron con los efectos de la escala aplicada sobre los test de rendimiento. En general concluimos que el efecto del tamaño corporal podría confundir la valoración de la capacidad muscular para producir fuerza en base a algunos test funcionales de rendimiento estándar.

Palabras Clave: efectos de la escala, fuerza isocinética, tarea de movimiento, masa corporal

INTRODUCCIÓN

El rendimiento en varias tareas funcionales ha sido regularmente evaluado no solo para evaluar la capacidad de movimiento en los deportes, rehabilitación, ergonomía, y otras áreas relacionadas al movimiento sino también para valorar la función de los grupos musculares activos (1, 2, 20). Por ello se ha estudiado frecuentemente la relación entre el rendimiento en el movimiento observado en test funcionales estándar y la fuerza muscular. Los resultados probaron ser consistentes ya que se han hallado correlaciones tanto relativamente altas como bajas (33). Una de las posibles causas podría ser que el rol del tamaño corporal en las relaciones discutidas ha sido raramente tenido en cuenta. Debido a que las relaciones entre variables antropométricas, rendimiento en el movimiento y la fuerza muscular son bastante complejas (3, 17, 30, 33), en los siguientes párrafos señalaremos el posible rol del tamaño muscular en la producción de fuerza muscular así como también en los índices de varias tareas de rendimiento funcional.

Se sabe que la fuerza muscular está positivamente relacionada con varias medidas del tamaño corporal, tales como la masa corporal, la masa magra corporal o el volumen magro de las extremidades (6, 10, 27). Sin embargo, se ha probado que la fuerza muscular es también afectada por otros factores, tales como el grupo de sujetos y el tipo de evaluaciones o métodos aplicados (8, 15, 23, 24). Algunos autores también han sugerido que otros factores, tales como el sexo o el nivel de actividad física, podrían afectar la fuerza muscular más que el tamaño corporal per se (23, 29). A la inversa, el efecto del tamaño corporal sobre la fuerza muscular, la potencia y la resistencia podría ser más pronunciado que el efecto de la composición muscular (26). Sin embargo, los autores comúnmente presentan a la fuerza muscular corregida por la masa muscular aplicando tanto índices estándar (i.e., reportar la fuerza por kilogramo de masa corporal [19, 20, 30]), escalas alométricas (i.e., fuerza dividida por la masa elevada a una potencia de 2/3 [8, 31]), o técnicas de regresión múltiple (4, 25). Una revisión reciente sobre la normalización de la fuerza muscular señaló una remarcable inconsistencia en la aplicación de los métodos de normalización (14).

Aunque la correlación positiva entre la fuerza muscular y el tamaño corporal representan un fenómeno bien conocido, se ha probado que posiblemente la relación entre el tamaño corporal y varios índices de rendimiento para el movimiento sean más compleja. El efecto de la escala ha sido ya descrito en varios libros de texto como una herramienta teórica estándar para analizar los efectos del tamaño sobre varias de las funciones de los sistemas biológicos (2, 21). Cuando se estudia el comportamiento de grupos musculares aislados bajo el supuesto de similaridad geométrica, el efecto de la escala predice que el torque muscular se incrementa de acuerdo con índices estándar (i.e., proporcionalmente a los m1) y que la fuerza muscular ejercida contra objetos externos se incrementa de acuerdo con la escala alométrica (i.e proporcionalmente a la m2/3 [15, 21]). Sin embargo, en los tests de movimiento realizados bajo condiciones funcionales, los efectos de la escala predicen que diferentes índices de rendimiento registrados bajo varias condiciones de movimiento deberían ser también afectados de forma diferente por el tamaño corporal. Por ejemplo, se espera que la fuerza muscular ejercida contra un objeto externo se incremente con el incremento del tamaño corporal, aunque a una tasa menor de la que lo hace el peso corporal. Como consecuencia, las evaluaciones basadas en el registro de fuerzas externas (e.g., fuerza prensora de la mano o levantamientos isométricos máximos) proporcionarían una medida de rendimiento positivamente relacionada al tamaño corporal. Al mismo tiempo, las evaluaciones en base al levantamiento del propio cuerpo del sujeto bajo condiciones mecánicas críticas (e.g., elevaciones a una pierna, sentadillas o dominadas) deberían proporcionar índices de rendimiento negativamente relacionados al tamaño corporal, debido a que el peso corporal se incrementa con el tamaño a una mayor tasa que la fuerza muscular ejercida contra el peso. Se ha sabido también durante mucho tiempo que la velocidad máxima de las extremidades corporales o la velocidad de todo el cuerpo no dependen del tamaño corporal (11), o su efecto debería ser más bien sutil dentro de la relativamente estrecha escala de tamaños corporales humanos (21). Por lo tanto, uno podría asumir que el rendimiento en varias tareas dinámicas (e.g., los saltos, las carreras o las rápidas reposiciones de objetos en varias tareas ergonómicas) no depende del tamaño corporal. Sin embargo, los efectos del tamaño corporal ha sido raramente tenidos en cuenta cuando se presentan los resultados de las evaluaciones del movimiento (14).

En base a las consideraciones mencionadas anteriormente, seleccionamos un grupo de test de rendimiento funcional estándar y relacionamos el rendimiento obtenido con la fuerza de los grupos musculares activos. A partir de esto, examinamos los efectos de la masa corporal sobre las correlaciones estudiadas. Se hipotetizó que la relación rendimiento/fuerza en un movimiento particular podría ser confundida por el efecto del tamaño corporal. Se esperó también que los efectos de confusión registrados proporcionaran alguna guía acerca de cuando y como tomar en cuenta el efecto del tamaño corporal cuando se valora la fuerza por medio de varios test funcionales de rendimiento.

MÉTODOS

Acercamiento Experimental al Problema

Para estudiar la hipótesis presentada en la Introducción, hemos diseñado un estudio transversal. Las evaluaciones fueron realizadas en el Laboratorio de Ergonomía del Centro de Investigación Musculoesquelética.

Sujetos

Veintiún sujetos diestros, varones, estudiantes universitarios de entre 20 y 28 años (media 23.3±1.7 años) fueron voluntarios para el estudio. Aunque ninguno de ellos era un atleta activo, todos eran físicamente activos y no tenían lesiones recientes o historia de enfermedad neurológica. Los sujetos recibieron una completa explicación acerca del propósito y de los procedimientos de la investigación y dieron su consentimiento. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Umeä (2000.02.08, dnr 00-023).

Test Funcionales de Rendimiento

Lo cuatro test funcionales de rendimiento fueron registrados en la misma ocasión y en la misma secuencia por personal experimentado. Luego de recibir las instrucciones y una demostración, los sujetos realizaron 2 pruebas de práctica y dos pruebas experimentales con 30 segundos de recuperación entre ellas. El mejor resultado de las 2 pruebas experimentales fue tomado para los posteriores análisis. Antes de la evaluación, cada sujeto realizó una entrada en calor estandarizada de 10 minutos y ejercicios de estiramiento. El período de recuperación entre las dos evaluaciones fue de entre 7 y 10 minutos, donde la fatiga nunca fue un problema. Las evaluaciones de rendimiento unilaterales se realizaron con la extremidad derecha de los sujetos.

La siguiente es una breve descripción de los cuatro test.

1. Levantamiento isométrico máximo. El método fue descrito en detalle con anterioridad (4). Brevemente, el sujeto tira en forma vertical con ambos brazos de un manubrio horizontal colocado a la altura de las rodillas. Por lo cual la posición corporal se corresponde con la técnica de la sentadilla con las rodillas y caderas flexionadas mientras que la espalda se mantiene erguida. Se le pidió a los sujetos que realizaran la máxima fuerza voluntaria. La fuerza se registró mediante un dinamómetro de tensión calibrado.
2. Levantamiento a una pierna. El test ha sido utilizado a menudo para valorar la función de los extensores de la pierna (9) pero la aplicación del método fue ligeramente modificada por Ostenberg y cols. (25). Los sujetos sentados sobre un banco ajustable con una ángulo de 100º en la rodilla (180º es la extensión completa), y con talón del pie derecho colocado a 10 cm en frente del banco. El otro pie se mantuvo en el aire y ambos brazos al costado del cuerpo. Se les pidió a los sujetos que levantaran una pierna sin ayuda de los brazos y sin balancear ninguna parte del cuerpo. El banco fue gradualmente bajado de a 5 cm, y los sujetos continuaron realizando el test hasta que no pudieron levantar la pierna del banco. Si era necesario, para cada altura del banco se permitían dos pruebas. La mayor distancia a partir de la altura de partida fue tomado como el mejor resultado.
3. Salto Vertical. El test ya ha sido utilizado durante varias décadas para valorar la fuerza y la potencia de los extensores de la pierna (32). Los sujetos realizaron el máximo salto vertical desde la posición de pie con una fase preliminar de contra movimiento. Los brazos se mantuvieron en la cintura con el propósito de evitar el balanceo de los mismos. La altura del salto se calculó a partir del tiempo de vuelo registrado con una manta de contacto (Ergojump, Bosco System; ver [5] para mayores detalles).
4. Levantamiento de Cajas. El test sirvió para estudiar posturas, estrategias de trabajo, patrones de levantamiento, estilos de trabajo y coordinación del movimiento, pero también como test funcional en el contexto ergonómico (ver [18] para una revisión). Las empuñaduras paralelas de la caja estaban separadas por 46 cm y 21 centímetros por encima del borde inferior de la caja. La masa de la caja fue ajustada para que representara el 20% de la masa individual del sujeto. La caja fue posicionada en el piso a 20 cm de una mesa frente al sujeto. La altura de la mesa fue ajustada al 61% del la altura del sujeto. Antes del movimiento, el sujeto se encontraba sosteniendo ambas empuñaduras en una posición inclinada, lateralmente simétrica (i.e., rodillas y caderas flexionadas y la espalda erguida), mientras que la posición de los pies fue elegida por cada sujeto. Se les instruyó a los sujetos que levantaran la caja desde el piso hasta la mesa lo más rápido posible. Un receptor FastTrack (Polhemus, Inc., Colchester, VT) adherido a la caja sirvió para registrar el movimiento en 3-D. El tiempo de movimiento fue medido como el intervalo de tiempo desde el inicio del movimiento hasta el instante en que la altura de la caja se mantuviera sin cambios. Como consecuencia, se pudo excluir del movimiento medido cualquier posible deslizamiento de la caja una vez que fuera colocada en la mesa. El tiempo más bajo se tomó como el mejor resultado.

Fuerza de los Grupos Musculares Activos

Se midió el torque muscular concéntrico máximo de los extensores de la rodilla y de la cadera de la pierna derecha a una velocidad angular de 60º/segundo por medio de un Sistema de Evaluación Isocinética Biodex (Biodex, New York, NY). El procedimiento experimental aplicado, así como también el conjunto de palancas y cinturones para la fijación de las extremidades fueron los recomendados por el manual de Biodex. Los rangos de movimiento para la rodilla y la cadera fueron 120-180º y 80-180º respectivamente (180º corresponde al ángulo de la extensión de la articulación en la postura de pie normal). Cada grupo muscular fue evaluado en series de 4 pruebas consecutivas de extensiones máximas y el mayor torque pico en newton-metros fue tomado para los posteriores análisis. Se realizaron correcciones on-line para el peso de la extremidad y de la palanca utilizando un programa estándar de Biodex. La evaluación real fue precedida por una entrada en calor estándar y por un procedimiento de familiarización que consistió en 8 pruebas realizadas al 50% de la contracción voluntaria máxima.

Análisis Estadísticos

Además de la estadística descriptiva estándar, se realizaron análisis de correlación y de regresión. Se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de la distribución de los datos, y se empleo el análisis de regresión lineal para valorar la relación entre los valores logarítmicos de la masa muscular y de la fuerza muscular. Para examinar el rol

del tamaño corporal dentro de la relación entre el movimiento funcional y la fuerza muscular, se realizaron análisis consecutivos en dos etapas. Primero, se utilizó el modelo de regresión lineal para determinar la correlación entre los test funcionales de rendimiento y la fuerza muscular de cada uno de los 2 músculos evaluados. Segundo, se realizaron análisis de regresión múltiple con el rendimiento funcional registrado como variable dependiente y la fuerza muscular y la masa corporal como las variables independientes. El último paso proporcionó correlaciones entre el rendimiento en el movimiento y la fuerza muscular corregida por la masa muscular, así como también correlaciones entre el rendimiento en el movimiento y la masa corporal corregida por la fuerza muscular. La significancia estadística fue establecida a $p<0.05$.

RESULTADOS

La altura de los sujetos (media±DE) fue de 182±8 cm., y su masa corporal fue de 80.4±9.8 kg. Los resultados obtenidos en los test funcionales de rendimiento (promediado entre los sujetos) fueron los siguientes: la fuerza registrada en el levantamiento isométrico máximo fue 1440±220 N, la altura mínima en las elevaciones a una pierna fue de 14.8±6.6 cm por debajo del nivel de partida, la altura del salto vertical fue de 38±6 cm., y el tiempo de movimiento registrado en el levantamiento de la caja fue de 760±67 ms.

La fuerza máxima isocinética de los extensores de la cadera y de la rodilla fue de 209±52 Nm, y 231±45 Nm, respectivamente. La regresión lineal fue aplicada a los test para evaluar la relación entre la fuerza muscular y la masa corporal en una escala log-log. Para los extensores de la cadera, la pendiente de la recta de regresión fue $b=0.16$ y el coeficiente de correlación fue $r=0.32$ ($p>0.05$). Los resultados correspondientes a los extensores de la rodilla fueron $b=0.38$ y $r=0.64$ ($p>0.01$). De las 8 variables evaluadas (i.e., 2 mediciones del tamaño corporal, 4 test de movimiento, y 2 mediciones de la fuerza muscular), el estadígrafo D del test Kolmogorov-Smirnov fue significativo solamente en las elevaciones a una pierna ($D=0.36$; $p<0.01$) lo que sugiere una distribución no normal de los datos.

La Tabla 1 muestra los principales resultados del estudio: la correlación entre el rendimiento en el movimiento funcional, la fuerza muscular y la masa corporal. Dos hallazgos merecen particular atención. El primero está basado en la comparación de los coeficientes de correlación de Pearson entre el rendimiento funcional y la fuerza muscular, con múltiples correlaciones entre el rendimiento funcional, la fuerza muscular y la masa corporal. Los resultados obtenidos probaron ser inconsistentes. Específicamente, los coeficientes de correlación de Pearson sugieren solamente un resultado significativo de las 8 relaciones evaluadas (i.e., los 4 tiempos en los test funcionales y los 2 músculos evaluados). En particular, la fuerza ejercida en el levantamiento isométrico máximo estuvo positivamente correlacionada con la fuerza de los extensores de la rodilla. Cuando se evaluaron los datos con los modelos de regresión múltiple que incluyeron la masa corporal y la fuerza muscular, los resultados probaron ser algo diferentes. Se obtuvieron correlaciones múltiples significativas para ambas regresiones relacionadas al levantamiento isométrico máximo, así como también para la regresión relacionada a las elevaciones a una pierna y la fuerza en los extensores de la rodilla.

Tabla 1. *Correlación entre los test de movimiento, la fuerza muscular y la masa corporal. En las ecuaciones de regresión, T indica el test funcional de rendimiento, MS es la fuerza de un grupo muscular en particular, mientras que BM es la masa corporal. Se debe señalar que en el levantamiento de la caja el menor valor significa un mejor rendimiento. * p<0.05; **p<0.01 (n=21)*

Otro importante hallazgo esta basado en el efecto bien definido de la masa corporal dentro de las relaciones estudiadas. Hemos comparado las relaciones entre cada uno de los test funcionales de rendimiento y la fuerza muscular obtenida bajo condiciones en donde la corrección para la masa corporal no fue aplicada (correlación de Pearson) y donde la corrección para la masa corporal fue aplicada (correlación parcial). En donde se aplicó la corrección, la relación entre el levantamiento isométrico máximo y la fuerza de los extensores de la rodilla se volvió significativa. Los coeficientes de las pendientes de las regresiones entre el rendimiento y la fuerza indican la tasa de cambio en la fuerza muscular esperada con el cambio en el rendimiento evaluado. Cuando se aplico la corrección por la masa corporal, estos coeficientes mostraron una reducción prominente en el levantamiento isométrico máximo y un incremento en el test de elevaciones a una pierna. Vale la pena señalar que las correlaciones parciales también sugieren que la masa corporal estuvo positivamente correlacionada con el levantamiento isométrico máximo (cuando se realizó la corrección por la fuerza de los extensores de la cadera), pero negativamente correlacionada con el levantamiento a una pierna (cuando se realizó la corrección por la fuerza de los extensores de la rodilla). Finalmente, todos los coeficientes de correlación obtenidos para

los restantes dos tests (i.e., salto vertical y levantamiento de la caja) estuvieron por debajo del nivel de significancia.

DISCUSIÓN

Para evaluar la hipótesis acerca de que la relación entre el rendimiento en ciertas tareas funcionales estándar y la fuerza de los músculos activos depende del efecto del tamaño corporal sobre el rendimiento en el test, hemos empleado una de las técnicas más simples, pero también de las aplicadas más a menudo (4, 7, 25), específicamente hemos aplicado el modelo de regresión lineal para relacionar el rendimiento en el movimiento con la fuerza muscular, así como también hemos aplicado la técnica de regresión múltiple para corregir los resultados por el tamaño corporal. Se esperó que resultados de estos dos enfoques y la diferencia entre ellos revelaran el rol del tamaño corporal en las relaciones entre los test funcionales de rendimiento y la fuerza muscular. Sin embargo, se debería tener en cuenta que aunque los moderados coeficientes de correlación observados estuvieron de acuerdo con estudios previos (1, 6, 13, 16, 19, 22), no permitieron evaluar la igualdad de los correspondientes coeficiente de Pearson y las correlaciones parciales, y no sirvieron para evaluar los diferentes modelos de ajuste de la fuerza muscular y el rendimiento en el movimiento con el tamaño corporal (21). Por ello, los hallazgos del presente estudio estuvieron basados principalmente en el nivel de significancia de las relaciones observadas, así como también en los coeficientes de regresión obtenidos. En general, los coeficientes de correlación de Pearson y de correlación parcial, que describen la relación entre el rendimiento funcional particular y la fuerza de los músculos evaluados, probaron ser inconsistentes. Se obtuvieron tanto coeficientes de correlación relativamente altos como bajos, y la diferencia entre las dos series de coeficientes dependió del test de movimiento aplicado. Para interpretar los resultados, los posibles efectos del tamaño corporal sobre el rendimiento evaluado será discutido desde la perspectiva de los efectos de la escala (2, 21; ver también la sección Introducción).

Aunque el levantamiento isométrico máximo es también una evaluación de la fuerza per se, representa una tarea ocupacional estándar (4, 12) así como también una tarea cotidiana. El rendimiento registrado representa una fuerza ejercida contra un objeto estático. Es de esperar que esta fuerza como cualquier otra fuerza ejercida bajo una posición corporal estandarizada, se incremente con el tamaño corporal (2, 15, 21) debido al paralelo incremento del tamaño muscular. Como consecuencia, el efecto de la escala predice que la relación entre el rendimiento evaluado y la fuerza muscular podría ser en parte consecuencia del tamaño corporal.

Esta predicción está respaldada por los datos experimentales, ya que el coeficiente de correlación de Pearson obtenido entre el levantamiento isométrico máximo y la fuerza de los extensores de la rodilla disminuyó por debajo del nivel de significancia cuando se lo corrigió por la masa corporal, y el rol de la masa corporal corregida por la fuerza muscular se volvió significativo. Debe señalarse también que la corrección por la masa corporal esta asociada con una disminución en la pendiente de regresión que describe la relación entre el rendimiento y la fuerza. Finalmente, ambas correlaciones múltiples obtenidas con el levantamiento isométrico máximo fueron altamente significativas. Estos resultados generalmente sugieren que cuando se valora la capacidad muscular por medio de test funcionales basados en la producción de fuerza máxima contra objetos externos, el efecto positivo del tamaño corporal debe ser tomado en cuenta. Correlaciones excepcionalmente altas halladas entre estos tests, tales como tirón estático, levantamiento estático, fuerzas estáticas ejercidas por los brazos o las piernas y tirón en cable (ver [12] para una revisión) hablan a favor de esta sugerencia.

Aunque el test de elevación de una pierna ha sido a menudo empleado para valorar la fuerza de los extensores de la cadera/rodilla en una posición funcional (9, 25), nuestros resultados no proporcionaron una relación entre la fuerza de los extensores de la cadera y la rodilla y el rendimiento evaluado. Sin embargo, cuando la correlación fue corregida por la masa corporal, el rendimiento evaluado probó estar positivamente correlacionado con la fuerza de los extensores de la rodilla, pero negativamente con el tamaño corporal. Asimismo, la pendiente de regresión que describe la relación entre el rendimiento y la fuerza se incrementó.

Para interpretar los resultados obtenidos, tanto el efecto de la escala como las condiciones de movimiento deben ser tomadas en cuenta. Como ya se mencionó (ver Introducción), el efecto de la escala predice que la fuerza muscular se incrementa a una menor tasa que la masa corporal, y que el rendimiento registrado en las evaluaciones se basa en la capacidad de la fuerza muscular para superar el peso corporal bajo una posición corporal que demanda a la fuerza. Como consecuencia, se espera que el tamaño corporal este negativamente relacionado con el rendimiento evaluado. Esta forma de razonamiento ha sido ya utilizada para explicar la poca estatura de los gimnastas de elite (28) o de los animales más pequeños que pueden superar grandes resistencias externas relativas a su tamaño corporal (21). Por ello, concluimos que una valoración confiable de la fuerza muscular por medio del rendimiento en test funcionales estándar en base a la superación del propio peso corporal bajo condiciones críticas (tales como las elevaciones de piernas, las dominadas o las sentadillas; ver [12] para una revisión) requiere que se tomen en cuenta los efectos negativos del tamaño corporal sobre el

rendimiento registrado.

Se ha sabido por bastante tiempo que de acuerdo a los principios básicos del ajuste, la máxima velocidad de movimiento no depende del tamaño corporal (11). Desde esta perspectiva, la falta de efecto del tamaño corporal sobre el rendimiento observado en el salto vertical y en el levantamiento de la caja podría considerarse como esperada. Sin embargo, algunos puntos potencialmente importantes merecen ser mencionados. Primero, la correlación no significativa observada entre la altura del salto y la fuerza de los extensores de la cadera estuvo de acuerdo con hallazgos previos que sugieren una correlación moderada o ninguna correlación entre los movimientos balísticos, tales como los saltos o las carreras, y la fuerza de los músculos activos (13, 14, 16, 19, 22). Además, las mismas correlaciones obtenidas para el levantamiento de la caja fueron virtualmente cero. Una explicación posible podría ser que la tarea evaluada representa un movimiento complejo que requiere un alto nivel de coordinación del movimiento. Por lo tanto, la importancia de la fuerza muscular per se podría ser relativamente baja. Esta presunción ha sido ya señalada (19, 33, 34).

Aplicaciones Prácticas

Los resultados obtenidos sugieren que el efecto del tamaño corporal debería ser tenido en cuenta cuando se relaciona la fuerza muscular con el rendimiento en ciertos movimientos funcionales. En particular, en los tests funcionales de rendimiento que requieren ejercer una fuerza externa (e.g., levantar objetos pesados, empujar o tirar), la fuerza muscular valorada podría ser sobreestimada y subestimada en sujetos más pesados y más livianos, respectivamente, si no se tiene en cuenta el efecto del tamaño corporal. En evaluaciones donde se debe soportar o superar el propio peso (extensiones de brazos, dominadas, sentadillas, mantener posturas difíciles) se podría esperar el efecto opuesto, si no se tiene en cuenta el efecto del tamaño corporal: la fuerza muscular valorada podría ser subestimada en los sujetos más pesados y sobreestimada en los sujetos más livianos. Finalmente, parece probable que el efecto del tamaño corporal juega un rol menos importante cuando se valora la fuerza muscular por medio del rendimiento en tests basados tanto en movimientos corporales rápidos (e.g., correr, saltar, patear, lanzar) o en tareas que requieren habilidades coordinativas complejas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Ing. Per Gandal por el desarrollo de los programas de computación, así como también a Lena Söderberg, Majken Rahm, y Monica Edström por su participación en la recolección de los datos. Este estudio fue respaldado en parte por una beca del Swedish Sport Research Council (Centrum for Idrottsforskning) y por el Swedish Council for Work Life Research.

Dirección para el envío de correspondencia

Dr. Slobodan; correo electrónico: Jaric, jaric@udel.edu

REFERENCIAS

1. Abernethy, P., G. Wilson, and P. Logan (1995). Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Med. 19:401–417*
2. Astrand, P.-O., and K. Rodahl (1986). Textbook of Work Physiology. *New York: McGraw-Hill*
3. Barr, S.I., L.J. McCargar, and S.M. Crawford (1994). Practical use of body composition analysis in sport. *Sports Med. 17:277–282*
4. Birch, K., S. Sinnerton, T. Relly, and A. Lees (1994). The relation between isometric lifting strength and muscular fitness measures. *Ergonomics. 37:87–93*
5. Bosco, C., P. Luhtanen, and P.V. Komi (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. Appl. Physiol. 50:273–282*
6. Davies, B.N (1990). The relationship of lean limb volume to performance in the handgrip and standing long jump tests in boys and girls, aged 11.6–13.2 years. *Eur. J. Appl. Physiol. 60:139–143*
7. Davies, K.G., M.J. Jorgensen, and W.S. Marras (2000). An investigation of perceived exertion via whole body exertion and direct muscle force indicators during the determination of the maximum acceptable weight of lift. *Ergonomics. 43:143–159*
8. Davies, M.J., and G.P. Dalsky (1997). Normalizing strength for body size differences in older adults. *Med. Sci. Sports Exerc. 29:713–717*
9. Ekdahl, C., S.I. Andersson, and B. Svensson (1989). Muscle function of lower extremities in rheumatoid arthritis and osteoarthrosis. *J. Clin. Epidemiol. 10:947–954*
10. Frontera, W., V.A. Hughes, K.J. Lutz, and W.J. Evans (1991). A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J. Appl. Physiol. 71:644–650*
11. Hill, A.V (1950). The dimensions of animals and their muscular dynamics. *Sci. Prog. 38:209–230*
12. Hogan, J (1991). Structure of physical performance in occupational tasks. *J. Appl. Physiol. 76:495–507*

13. Ingen Schenau, G.J., J.J. van Koning, F.C. de Bakker, and G. de Groot (1996). Performance-influencing factors in homogeneous groups of top athletes: A cross-sectional study. *Med. Sci. Sports Exerc. 28:1305–1310*
14. Jaric, S (2002). Muscle strength testing: The use of normalization for body size. *Sports Med. 32:615–631*
15. Jaric, S., S. Radosavljevic-Jaric, and H. Johansson (2002). Muscle force and muscle torque may require different methods when adjusting for body size. *Eur. J. Appl. Physiol. 87:304–307*
16. Jaric, S., D. Ristanovic, and D.M. Corcos (1989). Relations between kinetic parameters of active muscle groups and kinematic variables of a complex movement. *Eur. J. Appl. Physiol. 59:370–376*
17. Jaric, S., D. Ugarkovic, and M. Kukolj (2002). Evaluation of methods for normalizing strength in elite and young athletes. *J. Sport Med. Phys. Fitness. 42:141–151*
18. Kjellberg, K., L. Linbeck, and M. Hagberg (1998). Method and performance: Two elements of work technique. *Ergonomics. 41:798–816*
19. Kukolj, M., R. Ropret, D. Ugarkovic, and S. Jaric (1999). Anthropometric, strength and power predictors of sprinting performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness. 39:120–122*
20. MacDougal, J.D., H.A. Wenger, and H.J. Green (1991). Physiological Testing of the High-Performance Athlete. *Champaign, IL: Human Kinetics Books*
21. McMahon, T.A (1984). Muscles, Reflexes and Locomotion. *Princeton, NJ: Princeton University Press*
22. Murphy, A.J., and G.J. Wilson (1996). Poor correlations between isometric tests and dynamic performance: Relationship to muscle activation. *Eur. J. Appl. Physiol. 73:353–357*
23. Neder, J.A., L.E. Nery, A.C. Silva, S. Andreoni, and B.J. Whipp (1999). Maximal aerobic power and leg muscle mass and strength related to age in non-athletic males and females. *Eur. J. Appl. Physiol. 79:522–530*
24. Nevill, A.M., R. Ramsbottom, and C. Williams (1992). Scaling physiological measurements for individuals of different body size. *Eur. J. Appl. Physiol. 65:110–117*
25. Ostenberg, A., E. Roos, C. Ekdahl, and H. Roos (1998). Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scand. J. Med. Sci. Sports. 8:257–264*
26. Patton, J.F., W.J. Kraemer, H.G. Knuttgen, and E.A. Harman (1990). Factors in maximal power production and in exercise endurance relative to maximal power. *Eur. J. Appl. Physiol. 60:222–227*
27. Pratt, M (1989). Strength, flexibility, and maturity in adolescent athletes. *Am. J. Dis. Child. 143:560–563*
28. Richards, J.E., T.R. Ackland, and B.C. Elliott (1999). The effect of training volume and growth on gymnastic performance in young women. *Pediatr. Exerc. Sci. 11:349–463*
29. Sipila, S., and H. Suominen (1994). Knee extension strength and walking speed in relation to quadriceps muscle composition and training in elderly women. *Clin. Physiol. 14:433–442*
30. Thomas, M., M.A. Fiatarone, and R.A. Fielding (1996). Leg power in young women: Relationship to body composition, strength, and function. *Med. Sci. Sports Exerc. 28:1321–1326*
31. Vanderburgh, P.M., and C. Dooman (2000). Considering body mass differences, who are the worlds strongest women?. *Med. Sci. Sports Exerc. 32:197–201*
32. Vandewalle, H., G. Peres, and H. Monod (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med. 4:268–289*
33. Wilson, G.J., and A.J. Murphy (1996). The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports Med. 22:19–37*
34. Young, W., B. McLean, and J. Ardagna (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness. 35:13–19*

Cita Original

Aasa, U., S. Jaric, M. Barnekow-Bergkvist, and H. Johansson. Muscle strength assessment from functional performance tests: Role of body size. J Strength Cond Res; Vol. 17, No. 4, pp. 664–670, 2003.