PubliCE, (PubliCE) 2001

Research

Recomendación de Procedimientos de la ASEP (Sociedad Americana de Fisiólogos del Ejercicio): Evaluación Exacta de la Fuerza y la Potencia Muscular

Lee E Brown[1] y Joseph P Weir[2]

[1]*Human Performance Laboratory, Arkansas State University, Arkansas.*
[2]*Program in Physical Therapy, Des Moines University - Osteopathic Medical Center, Des Moines, Iowa.*

RESUMEN

El contenido de este manuscrito intenta asistir al lector en la recolección de datos válidos y confiables para la cuantificación de la fuerza y la potencia muscular. Son también provistas varias desventajas y dificultades de las evaluaciones específicas, así como recomendaciones para el facultativo. El contenido está dividido en secciones cubriendo evaluaciones de campo isométricas e isotónicas y modos de ejercicio isokinético. Inherentes a estos modos de ejercicio, son las acciones musculares concéntricas y excéntricas, así como las actividades de cadena cinemática abierta y cerrada. Para las evaluaciones isométricas, las contracciones deberían ocurrir a través de una duración de cuatro a cinco segundos, con un período de transición de un segundo al inicio de la contracción. Para cada evaluación muscular en cada posición, deberían ser realizadas al menos 3 contracciones, aunque pueden ser realizadas más, si es considerado necesario por el evaluador. Para la evaluación isotónica, debería ser realizada la evaluación de 1 RM. Luego de la entrada en calor general, el sujeto debería realizar una serie de entrada en calor específica de 8 repeticiones a aproximadamente el 50 % del 1 RM estimado, seguida de otra serie de 3 repeticiones al 70 % del 1 RM estimado. Los levantamientos subsecuentes son repeticiones únicas de pesos progresivamente más pesados hasta el fallo. Repetir hasta que el 1 RM sea determinado al nivel de precisión deseado. El intervalo de descanso entre series debería no ser menor a 1 minuto y no mayor a 5 minutos. El número óptimo de repeticiones aisladas varía de 3 a 5. También son proporcionados datos y guías de las siguientes evaluaciones de campo: salto vertical, press de banca, Test de Wingate en cicloergómetro (WAT), y la evaluación de carrera en escalera de Margaria. Para la evaluación isokinética, son suministrados detalles para evaluar torque pico, trabajo, potencia, resistencia, y estimación del porcentaje de tipos de fibras.

Palabras Clave: resistencia, ejercicio, isokinético, isotónico, isométrico, contracción

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la fuerza y la potencia es fundamental para en rendimiento atlético. El conocimiento exacto de los niveles

presentes de fuerza muscular de un individuo es importante para la evaluación de la capacidad funcional ocupacional, y para la prescripción adecuada del ejercicio atlético y de rehabilitación. Este trabajo científico está diseñado para ayudar al lector a recolectar datos válidos y confiables pertinentes a la fuerza y la potencia muscular. Está también diseñado para destacar desventajas y dificultades así como recomendaciones para el facultativo. Para este fin, este trabajo presenta la estructura de las técnicas apropiadas de recolección e interpretación de las evaluaciones de fuerza y potencia. Esta dividido en dos secciones abarcando los modos de ejercicio isométrico, isotónico e isokinético. Inherente a estos modos de ejercicio son las acciones musculares concéntricas y excéntricas, así como las actividades de cadena cinemática abierta y cerrada.

Mientras que esta más allá del alcance de este trabajo detallar aspectos específicos de cada uno de estos modos de ejercicio, el lector debería ser conciente de que las guías establecidas aquí se aplican a través de cada variación de la expresión de la fuerza y la potencia humana, discutidas.

CONSIDERACIONES GENERALES

Ciertos aspectos de la evaluación de la fuerza y la potencia son genéricos a las mediciones isométricas, isotónicas e isokinéticas. Esto incluye la planificación, la seguridad, la entrada en calor, la familiarización y la especificidad. Estos asuntos van a ser dirigidos aquí y los factores que pertenecen solo a la especificidad de los modos de evaluación van a ser dirigidos en las secciones apropiadas, más abajo.

Planificación

Antes de emprender cualquier evaluación de fuerza o potencia, debe ser desarrollado un minucioso plan con respecto al tipo de datos que van a ser adquiridos. Por ejemplo, en la evaluación isokinética uno puede elegir registrar el torque pico, potencia pico o media, o trabajo realizado por los grupos musculares específicos de interés. Un examinador debe determinar a priori porque y que está midiendo antes de la evaluación y que información específica es de interés. Como es destacado más abajo, la evaluación de la fuerza y la potencia muscular es especializada y nos da información basada sobre configuraciones anatómicas precisas, relaciones entre longitud-tensión muscular y velocidades de acción muscular. El facultativo debe también ser conciente de las técnicas de reducción de datos diseñadas para eliminar la información extraña. Si antes de la interpretación es establecido un entendimiento claro de las limitaciones de la evaluación va a haber pocas posibilidades de conclusiones erróneas.

Seguridad

Deben realizarse mediciones de seguridad apropiadas antes de comenzar cualquier batería de evaluaciones. Esto incluye, pero no esta limitada solo a esto, la inspección del equipo para detectar componentes rotos o desgastados, la iluminación y temperatura apropiadas del ambiente, así como la eliminación de todos los obstáculos cerca y alrededor del lugar de evaluación. Deben ser formalizados los procedimientos de emergencia. Todo el personal de evaluación debe estar familiarizado con estos procedimientos y debe estar certificado en apoyo de salud básico. Lo más importante, todas las evaluaciones deberían ser conducidas bajo la supervisión de individuos experimentados en evaluaciones y mediciones fisiológicas (e.g., fisiólogos del ejercicio con certificación ASEP-EPC). La atención de estas medidas simples de seguridad va a ayudar a asegurar la protección de ambos, examinador y examinado.

Entrada en Calor

Mientras que hay pocos datos que apoyen directamente una disminución de las lesiones con actividades de entrada en calor, es fisiológicamente razonable presumir que la temperatura muscular incrementada y que la elasticidad muscular incrementada asociada a esto, disminuyen las lesiones asociadas a las evaluaciones. Las actividades de entrada en calor deberían incluir ambas, una entrada en calor general y una específica. La entrada en calor general debería consistir de actividades suaves como ejercicios en cicloergómetro para las piernas o los brazos con poca resistencia, diseñado para elevar la temperatura muscular. Las actividades de entrada en calor específica deberían incluir estiramientos estáticos de los músculos que van a experimentar la evaluación. Las actividades adicionales de entrada en calor que envuelven la realización de los movimientos reales de las evaluaciones son destacadas en las secciones específicas de modos de evaluación .

Familiarización

Muchos de los individuos que van a experimentar las evaluaciones de la fuerza y la potencia, pueden tener poca o ninguna experiencia realizando las maniobras de evaluación de las mismas. Mientras que las evaluaciones de la fuerza han

demostrado generalmente ser confiables (2), los sujetos novatos van a mejorar probablemente sus marcas de fuerza en evaluaciones subsecuentes simplemente debido a una familiarización incrementada y a la comodidad con las evaluaciones (54, 71). Esto es especialmente cierto para las evaluaciones de fuerza que requieren niveles relativamente altos de habilidad motora como las evaluaciones isotónicas con pesos libres. Si fuera posible, a los sujetos novatos se les debería dar una sesión de familiarización antes de la evaluación real. Esta debería implicar al sujeto procediendo a través del protocolo de evaluación completo mientras realiza el máximo esfuerzo. La sesión de evaluación subsiguiente debería ocurrir al tiempo en el cual el dolor muscular residual halla desaparecido (e.g., 2 a 3 días).

Especificidad

Esta bien establecido que varios aspectos de la fuerza están asociados con altos niveles de especificidad. Por ejemplo, actualmente muchos dispositivos de evaluación en el mercado están diseñados para evaluar y ejercitar músculos usando la cadena cinemática abierta. Esto significa que están siendo examinados solo los músculos aislados de una articulación. La información recogida a partir de este tipo de evaluación va a conducir al examinador a conclusiones específicas con respecto a una sola articulación. Resultados y conclusiones diferentes pueden ocurrir con evaluaciones multiarticulares. Similarmente, los datos de fuerza muscular derivados a partir de un tipo contracción pueden correlacionar pobremente con los datos de otro tipo de contracción. Debe ser tenido en cuenta que la evaluación debe ser lo más específica posible al marco en el cual la información va a ser aplicada.

EVALUACIÓN ISOMÉTRICA

Las contracciones isométricas son contracciones musculares en las cuales la longitud del músculo permanece constante. No ocurre ningún movimiento y de este modo no es realizado ningún trabajo físico, sin embargo, en un sentido estricto, las contracciones isométricas resultan en pequeños cambios en la longitud de las fibras musculares y el estiramiento de los componentes elásticos del músculo. La evaluación isométrica es también llamada evaluación estática. La principal ventaja de la evaluación isométrica de la fuerza es que con el equipo apropiado, la misma es relativamente rápida y fácil de realizar, lo que confiere a la misma para evaluar grandes grupos de sujetos. Una variedad de dispositivos han sido usados para medir la fuerza isométrica. Estos incluyen tensiómetros con cable, medidores de esfuerzo y dinamómetros isokinéticos (con la velocidad establecida en cero). Además, con la excepción de los dispositivos isokinéticos, los equipos de evaluación son relativamente baratos. Las interfaces a una computadora con los dispositivos de registro isométricos permiten el cálculo de variables adicionales además de la fuerza, como la tasa o velocidad de desarrollo de la fuerza (35). La evaluación en múltiples ángulos articulares permite la determinación de la fuerza por toda la extensión de movimiento.

La principal desventaja de la evaluación isométrica es que los valores de fuerza registrados son específicos al/los punto (s) de la extensión del movimiento al cual ocurre la contracción isométrica, y los valores de fuerza en una posición pueden estar pobremente correlacionados con los valores de fuerza en otras posiciones (65, 90). Además, ya que la mayoría de las actividades físicas son dinámicas. Ha sido cuestionado si las mediciones estáticas de la fuerza proveen datos de la fuerza muscular que son específicos de las actividades de interés, y hay resultados conflictivos en la literatura de si las evaluaciones isométricas con predictivas del rendimiento dinámico (88). Sin embargo ha sido demostrado que las evaluaciones de fuerza isométrica proveen información predictiva de lesiones ocupacionales asociadas con tareas de levantamiento dinámicas (22, 45). Los resultados conflictivos con respecto a las relaciones estáticas versus dinámicas pueden dar una reflexión del ángulo articular utilizado durante la evaluación isométrica (65).

En general, ha sido demostrado que la evaluación de la fuerza isométrica es altamente confiable como fue evaluado por los coeficientes de confiabilidad (correlaciones entre 0.85 y 0.99). Sin embargo, puede todavía haber un error sistemático. Por ejemplo, Kroll (54) encontró una alta confiabilidad (0.93) para evaluaciones repetidas de los flexores de la muñeca, cuando analizo los mismos, con coeficientes de correlación intraclase (ICC). Sin embargo, fueron encontradas diferencias significativas en los valores medios a través de los días de evaluación. Similarmente, Reinking et al. (71) encontró un coeficiente de confiabilidad relativamente alto (ICC = 0.80, error estándar de la media (SEM) = 19, 4 % de media) para un a evaluación isométrica del cuadriceps (60º de flexión de rodillas) en días separados. Sin embargo, los valores medios eran significativamente diferentes indicando que hubo incrementos sistemáticos en la fuerza isométrica a través de los días de evaluación. Estos resultados sugieren que una sesión de práctica separada antes de la evaluación real puede facilitar el rendimiento máximo y evitar la introducción de sesgos sistemáticos, debido a efectos de aprendizaje.

Una variedad de factores necesitan ser considerados con las evaluaciones isométricas. Estas incluyen el ángulo articular al cual se va a realizar la evaluación, el intervalo de descanso entre repeticiones consecutivas, el número de repeticiones a realizar, la duración de la contracción y el intervalo en cual la fuerza o el torque, van a ser calculados. Actualmente, no hay guías específicas para estos factores y existen pocos datos que evalúen diferentes procedimientos.

Ángulo Articular

Si son necesarios datos isométricos para definir la fuerza en posiciones específicas, entonces la evaluación en ángulos articulares asociados con estas posiciones, está garantizada (22). Sin embrago, si no hay ninguna preferencia de ángulo articular, entonces pueden ser usados criterios de selección de ángulo articular. Sale (73) ha sugerido que evaluar en el ángulo articular asociado con la máxima producción de fuerza puede servir para disminuir el error asociado con errores menores en el posicionamiento articular. Por ejemplo, la posición de la rodilla asociada con la máxima fuerza extensora de la rodilla se encuentra aproximadamente en la mitad de camino entre la extensión total y la flexión completa a aproximadamente 65 grados (55). Han sido reportadas curvas de fuerza-ángulo de una variedad de articulaciones (55), las cuales pueden ser usadas para elegir el ángulo articular que va a ser evaluado.

Duración de las Contracciones

Sale (73) sugiere que las contracciones isométricas de 5 segundos son lo suficientemente largas para permitir el pico de desarrollo de la fuerza al máximo. Además, los sujetos solo pueden mantener la fuerza al máximo por un período ≤ 1 segundo (73). Caldwell et al. (20) recomendaron una duración de contracción de 4 segundos, con un período de transición de 1 segundo desde la relajación hasta la fuerza máxima. Ellos también sugirieron que un esfuerzo de 4 segundos asegura que va a ocurrir un plateau o meseta a los 3 segundos y que va a ser registrada la fuerza media a lo largo de este período de 3 segundos. Similarmente, Chaffin (21) recomendó duraciones de contracción de 4 a 6 segundos. Colectivamente, la literatura disponible indica que un período de contracción, con un período de transición de un segundo y un plateau de 4 a 5 segundos, debería ser suficiente para lograr una contracción isométrica máxima. Debería ser destacado, que estas recomendaciones están derivadas a partir de experiencias de los autores citados, en contraposición a validaciones experimentales.

Intervalos de Descanso

En la literatura han sido propuestos una variedad de intervalos de descanso. Sale (73) ha sugerido que debe ser suministrado un descanso de 1 minuto entre intentos. Cadwell et al. (20) recomendaron un intervalo de descanso de 2 minutos. Chaffin (21) recomendó 2 minutos de descanso, si son realizados un número grande de intentos (Por ejemplo, 15), pero los intervalos de descanso pueden ser tan cortos como de 30 segundos solo si son realizados pocos intentos. Colectivamente, la literatura disponible sugiere que un período de 1 minuto debería ser suficiente para permitir una adecuada recuperación entre intentos. Debería ser destacado, sin embargo, que estas recomendaciones están derivadas a partir de experiencias de evaluación, en contraposición a validaciones experimentales.

Número de Repeticiones

Edwards et al. (29) usaron tres contracciones máximas voluntarias en la evaluación del cuadriceps. Ya que la primera contracción fue usualmente “tentativa”, mientras que la segunda y tercera contracciones máximas fueron usualmente similares a otra contracción más (coeficiente de variación = 2.8 %). Zeh et al. (90) reportaron que la media de 3 intentos fue más altamente correlacionada con el valor de la primera de las tres contracciones y concluyó en que una repetición provee un “razonablemente buen indicador de la fuerza del sujeto en esa posición”. Ellos también destacaron que el uso de 2 repeticiones incrementa la precisión de la medición. La ventaja de usar pocas repeticiones es la disminución del riesgo de lesión, especialmente para las evaluaciones que estresan la columna lumbar (90). Además, menos repeticiones van a minimizar los efectos de confusión de la fatiga sobre los datos de la fuerza. Sin embargo, sus análisis de regresión no establecieron sesgos sistemáticos potenciales en el uso de solo uno o dos intentos. Mientras que no hay consenso en la literatura, una evaluación de 3 repeticiones es probablemente suficiente para provocar valores máximos.

Intervalo Promedio

Los dispositivos mecánicos simples de registro (e.g., tensiómetros con cable) registran típicamente la fuerza o torque durante la contracción muscular. Sin embargo, las interfaces a computadoras de los dispositivos de registro permiten el registro de la fuerza o torque medios, durante un periodo de tiempo dado. Chaffin (21) ha recomendado que la fuerza/ torque medios sean promediados a través de un intervalo de tiempo de 3 segundos, el cual “evita los errores inducidos por las dinámica del temblor y el movimiento”; sin embargo no hay ningún dato que apoye directamente la superioridad de un intervalo promediado en 3 segundos, sobre otros intervalos de tiempo. Sale (73) destaca que los sujetos solo pueden mantener la fuerza por un periodo ≤ 1 segundo, lo que sugiere que la recomendación de Chaffin (21) de 3 segundos puede ser demasiado larga.

Instrucciones de Estandarización

Cadwell et al. (20) reportó alta variabilidad en las curvas fuerza-tiempo de los sujetos evaluados con diferentes instrucciones de los evaluadores. Ellos argumentaron que los sujetos requieren “instrucciones explícitas” o sino ellos van a

“desarrollar sus propias estrategias, reflejando diversas interpretaciones de la tarea “. Chaffin (21) recomienda que las instrucciones deberían ser no emocionales y que deberían ser evitados factores como ruidos, espectadores, etc.

Posicionamiento y Evaluación

Debido a que la fuerza muscular es afectada por la longitud muscular, y el torque es afectado por la fuerza muscular y el brazo de palanca (53), los cambios de posición pueden resultar en cambios en las mediciones isométricas que son independientes de las diferencias reales de la fuerza muscular. Esto es verdad no solo para la articulación específica evaluada, sino también para las articulaciones adyacentes que son cruzadas por un músculo común. Por ejemplo, los músculos isquiotibiales cruzan ambas, la articulación de la cadera y la de la rodilla y los cambios en la posición de la cadera van a afectar la fuerza de flexión de la rodilla. De este modo, la estabilización apropiada y el posicionamiento consistente son críticos para obtener resultados confiables y válidos.

Procedimientos Estandarizados

La evaluación isométrica debería comprender contracciones de 4 o 5 segundos de duración con un período de transición de 1 segundo al inicio de la contracción. Debe ser proporcionado al menos 1 minuto de descanso entre contracciones. Para cada músculo evaluado en cada posición, deberían ser realizadas al menos 3 contracciones, aunque pueden ser realizadas más si es considerado necesario por el evaluador (e.g.., debido al rendimiento incrementado a lo largo de los intentos). Si fuera posible, la fuerza/torque registrados, deberían ser recolectados por una computadora y promediados a lo largo del tiempo dentro de cada contracción. La duración óptima del intervalo promediado no ha sido determinada.

EVALUACIÓN ISOTÓNICA

Las contracciones isotónicas se refieren a las contracciones en las cuales un objeto de una masa fija es levantado en contra de la gravedad. La mayoría de los tipos de entrenamiento de la fuerza, con máquinas o pesos libres, refieren a movimientos isotónicos. La derivación del término isotónico significa tensión constante (iso) (73), y es técnicamente inexacto, ya que la fuerza requerida para levantar un peso cambia por todo el recorrido del movimiento. Han sido usados otros términos como isoinercial (2, 53, 64) y DCER (resistencia externa constante dinámica o dynamic constant external resistance) (52) para evitar la inexactitud del término isotónico. Sin embargo, ya que el término isotónico está tan arraigado en el lenguaje de la fisiología del ejercicio, nosotros argumentamos que su uso es aceptable a condición de que está operacionalmente definido como se describió arriba y sea usado consistentemente en ese contexto.

Las evaluaciones isotónicas son típicamente realizadas en máquinas (e.g., Universal, Nautilius, Cybex) que incorporan lingotes ajustables como resistencia o con el uso de pesos libres. La cantidad máxima de peso que puede ser levantado en una repetición, es llamada una repetición máxima (1 RM), y es la medición más común de la fuerza isotónica. También pueden ser determinadas otras mediciones, como 3 RM, 5 RM, 10 RM, y el número máximo de repeticiones que pueden ser realizadas a una resistencia fija. Mientras que los valores de estas evaluaciones están correlacionados con 1 RM, estas mediciones están también afectadas por la fatiga muscular y no constituyen una medición de la fuerza muscular per se.

La ventaja de las evaluaciones isotónicas típicas es que el equipo necesario es fácilmente disponible y al menos, para los pesos libres, es relativamente barato (52). Además, ya que la mayoría de los programas de entrenamiento de la fuerza enfatizan el entrenamiento isotónico, la evaluación isotónica es específica al entrenamiento que es típicamente realizado. Además, ha sido generalmente reportado que la evaluación isotónica es confiable (2).

La crítica principal a la evaluación isotónica es que el valor de la fuerza de 1 RM está limitado por el punto más débil del recorrido de movimiento (el tan llamado “punto de estancamiento” o “sticking point”) (27, 73). De este modo, los músculos utilizados realizan una contracción submáxima durante el recorrido de movimiento en posiciones que no sean el “punto de estancamiento”. Además, los valores de 1 RM no proporcionan información acerca de la tasa o velocidad de desarrollo de la fuerza o de la fuerza manifestada a través del recorrido de movimiento (63).

Además, las evaluaciones de 1 RM típicas proporcionan una medición de rendimiento concéntrico y no proporcionan información acerca de la capacidad excéntrica. Los levantamientos de 1 RM pueden no ser específicos de los eventos atléticos en términos de patrones de movimiento, velocidad de contracción y aceleración (2).

Las evaluaciones isotónicas de 1 RM constituyen un procedimiento de ensayo y error, en el cual son levantados pesos progresivamente más pesados hasta que el peso excede la habilidad del sujeto. Los intentos subsecuentes son realizados con pesos más livianos hasta que el peso exitoso más pesado es determinado. Debido a los múltiples intentos requeridos, la evaluación puede ser afectada por la fatiga (23), y una variedad de factores necesitan ser considerados para optimizar el

rendimiento de 1 RM. Los mismos incluyen, la elección del peso inicial, los intervalos de descanso entre intentos, el uso de retroalimentación con respecto al peso que va a ser levantado, y los criterios para un levantamiento aceptable. Actualmente, no hay modelos establecidos para estas decisiones y hay disponibles pocos datos, para ayudar a discriminar entre las opciones. Las siguientes recomendaciones representan los procedimientos generales que han sido empleados en la literatura (76, 82, 85) y los cuales son consistentes con consideraciones fisiológicas (e.g, recuperación de la fatiga) y de seguridad.

Procedimientos Isotónicos Estandarizados

Si el sujeto tiene experiencia con los levantamientos isotónicos que van a ser realizados, un buen punto de partida es dejar que el sujeto estime su máximo. A partir de su estimación, pueden ser calculados los porcentajes deseados de la repetición máxima estimada. Similarmente, si el sujeto conoce el número máximo de repeticiones que puede realizar a un peso dado, la repetición máxima puede ser predecida, usando las ecuaciones de la sección subsiguiente titulada “Ecuaciones de predicción para Press de Banca”. Los sujetos deberían realizar una entrada en calor general de 3-5 minutos de actividad suave comprometiendo a el (los) músculo (s) que van a ser evaluados (e.g., ergometría del tren superior antes de la evaluación de la fuerza corporal). Luego, los sujetos deberían realizar ejercicios de estiramiento estático de la musculatura comprendida. Luego de la entrada en calor general, el sujeto debería realizar una serie de 8 repeticiones como entrada en calor específica, a aproximadamente el 50 % de su 1 RM estimada, seguida por otra serie de 3 repeticiones al 70 % de 1 RM estimada. Los levantamientos subsecuentes son repeticiones aisladas de levantamientos progresivamente más pesados hasta el fallo. Los incrementos iniciales en el peso deberían ser uniformemente espaciados y ajustados para que sean realizadas al menos dos series entre la serie de 3 repeticiones de entrada en calor y la repetición máxima estimada. Una vez alcanzado el fallo, debería ser intentado vencer un peso aproximadamente a la mitad entre el último levantamiento exitoso y el que provocó el fallo. Repetir esto hasta que la repetición máxima sea determinada al nivel de precisión deseado. El intervalo de descanso entre series debería no ser menor que un minuto y no mayor a 5 minutos (85). El número óptimo de repeticiones varía de 3 a 5 (52).

EVALUACIONES DE CAMPO

Salto Vertical

El salto vertical (VJ) es la principal evaluación para evaluar la potencia de las piernas. Desafortunadamente, hay una variedad de procedimientos y tipos de VJ reportados en diferentes estudios (37). Existen dos formas principales de evaluación del VJ: el salto desde sentadilla (SJ) y el salto con contra movimiento (CMJ). En el SJ, los sujetos bajan a una posición de sentadilla y luego de una breve pausa, saltan para arriba tan rápido y alto como sea posible. No está permitido realizar ningún movimiento hacía abajo inmediatamente antes de saltar para arriba. En contraste, en el CMJ los sujetos comienzan en una posición de parados, bajan a una posición de sentadilla (contra movimiento), y sin pausa saltan para arriba tan alto como sea posible. Además, ambos SJ y CMJ pueden ser ejecutados con y sin el uso del movimiento de los brazos. Cuando es empleado el movimiento de los brazos, se le pide al sujeto que durante el salto de un empujón con los brazos hacía adelante y hacía arriba (75). Cuando no son permitidos los movimientos de los brazos, es requerido que los sujetos coloquen sus manos sobre sus caderas (3) o que mantengan sus manos detrás de la espalda (10).

Los resultados del CMJ, en valores de altura de salto y potencia, son más altos que los del SJ (10, 75). Por ejemplo, Sayer et al. (75) encontraron alturas de salto del CMJ que fueron un 7 % más altas que el SJ y diferencias de pico de potencia de 2.6 %. Similarmente, ha sido demostrado que el uso del impulso de los brazos incrementa significativamente el rendimiento de ambos, el SJ (10 cm), y el CMJ (11 cm) (36). En efecto, el efecto del movimiento de los brazos excede aquel del contra-movimiento. Actualmente, no hay consenso con respecto a si el impulso de los brazos debería o no ser usado durante las evaluaciones de VJ. Sin embrago, Sayers et al. (75) han argumentado que el uso del SJ es preferible del CMJ, por las siguientes razones. Primero, la técnica del CMJ es más variable que la del SJ, ya que la extensión del contra movimiento no es consistente entre los sujetos. Segundo, las ecuaciones de predicción usadas para predecir potencia pico, basadas en la altura de salto y la masa corporal, son más exactas cuando se usan los datos del SJ. Indiferentemente de si el impulso de los brazos en permitido, o si se usa el SJ o CMJ, los sujetos necesitan ser evaluados con los mismos procedimientos cuando son evaluados repetidamente y las técnicas usadas durante la evaluación necesitan ser consideradas cuando se comparan los datos de las evaluaciones con datos publicados.

Ha sido demostrado que cuando se usa el SJ, el ángulo de la rodilla y la posición de los pies afecta el rendimiento. Martin y Stull (59) reportaron que las alturas de salto óptimas ocurrieron a ángulos de rodilla de más o menos 115º (en contraposición con 90 º y 65 º) con los pies separados por mas o menos de 13 a 26 cm lateralmente y 13 cm en la dirección antero-posterior. Sin embargo, ciertos estudios han empleado diferentes requerimientos de ángulos de la articulación de la

rodilla y en algunos estudios se les ha dejado a los sujetos determinar su propia posición inicial del ángulo de la rodilla. Como con el uso del impulso de los brazos, el uso de diferentes posiciones iniciales puede afectar el rendimiento del VJ y la posición inicial necesita ser considerada cuando se comparan los datos de las evaluaciones con datos publicados.

Ha sido reportado que la confiabilidad de varias evaluaciones de VJ es bastante alta (3, 4, 11, 31, 36). Por ejemplo. Ashley y Weises (4) encontraron un coeficiente de correlación intraclase para un CMJ modificado (sin inclinación del torso o movimientos de brazos) de 0.87 para evaluaciones repetidas separadas por 48 horas. Arteaga et al. (3) encontraron coeficientes de variación unidos de 5.4% y 6.3%, para valores de SJ y CMJ (no fue permitido ningún impulso con los brazos), registrados durante seis sesiones de evaluación a través de un periodo de 12 semanas, sugiriendo que en estas evaluaciones hay poca variabilidad o aprendizaje a través del tiempo.

En la literatura existe una gran cantidad de variabilidad con respecto a los procedimientos de entada en calor y practicas empleadas durante las evaluaciones de salto vertical. En sujetos femeninos desentrenados, Goodwin et al. (31) usaron 3 saltos de práctica sub-máximos antes de la evaluación real y encontraron un ICC de 0.96 para la evaluación de saltos verticales repetidos. El cambio en el centro de gravedad corporal fue la variable dependiente. Estos resultados sugieren que tres intentos de práctica son suficientes para que sujetos desentrenados logren la técnica de pico de saltabilidad, aunque ningún dato fue presentado para apoyar esta afirmación.

A partir VJ pueden ser derivadas algunas variables. Mientras que la medición directa de la potencia requiere el uso de una placa de fuerza, pueden ser hechas estimaciones de la potencia muscular usando ecuaciones de predicción que incorporan la altura de salto y la masa corporal (75). La formula de Lewis ha sido comúnmente usada para estimar la potencia durante las evaluaciones de VJ, sin embargo, la validez de esta fórmula ha sido cuestionada (37). Recientemente, Sayers et al. (73) reportaron que la siguiente ecuación, basada en el SJ, resulto en una predicción exacta de la potencia muscular.

Potencia pico (watts) = 60.7 × (altura del salto [cm]) + 45.3 × (masa corporal [kg.]) - 2055; EES = 335 Watts

Para las evaluaciones de campo, usar la ecuación de Sayers resulta sencillo y requiere solo la habilidad para registrar la masa corporal y la altura del VJ. Para registrar la altura del VJ, son principalmente usados 2 procedimientos. Primero, los sujetos pueden simplemente colocar tiza en sus dedos y marcar una pared a medida que alcanzan el tope del salto. La diferencia entre la marca y la altura del salto y una marca de la yema de los dedos en extensión máxima mientras se esta de pie, es registrada como la altura del VJ (37). Segundo, han sido desarrollados dispositivos comerciales para registrar la altura de salto (4). Estos dispositivos tienen un poste vertical con una serie de varillas de metal orientadas horizontalmente, las cuales rotan libremente cuando son golpeadas por los dedos. La altura del VJ se basa en la varilla más alta que es movida en la máxima altura de salto.

Con respecto a evaluaciones especificas del VJ, pueden ser empleados ambos el SJ o el CMJ, sin embargo es preferible el SJ. Para estimar la potencia muscular a partir de la altura de salto debería ser usada la ecuación de Sayers et al. (75). Deberían ser empleados por lo menos tres intentos de practica antes de registrar la evaluación de rendimiento. La altura de salto puede ser determinada con ambas, las marcas de tiza en la pared o usando un dispositivo comercial. Con evaluaciones repetidas, es vital que sea mantenido constante el uso o no, del impulso de brazos, y con respecto al SJ, el ángulo de la rodilla al inicio del movimiento debe ser consistente.

ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE PRESS DE BANCA

La repetición máxima (1 RM) es el patrón para determinar la fuerza isotónica. Sin embargo, determinar el valor de 1-RM para grandes grupos de individuos consume mucho tiempo. Por ejemplo, Chapman et al. (24) señalo que cuando evaluó 98 jugadores de fútbol americano en 1 RM en press de banca, fueron requeridos 3 evaluadores a lo largo de seis horas de evaluación y fueron empleadas cinco estaciones de evaluación. Además, ha sido sugerido que las evaluaciones de 1 RM exponen a los evaluados a un riesgo de lesión incrementado (24). De este modo, ha sido empleada una evaluación de una sola serie en la cual el valor de 1 RM es predecido, basándose en el número de repeticiones realizadas con un peso sub-máximo. Este tipo de evaluación puede disminuir marcadamente el tiempo implicado en la evaluación de masas de sujetos (24). En contraste a las seis horas y a los tres evaluadores requeridos para la evaluación de los 98 jugadores de fútbol americano descripta arriba, fue requerido solo un evaluador y 2.5 horas, para evaluar los mismos sujetos, usando una evaluación en la cual, fue determinado el numero máximo de repeticiones que los sujetos fueron capaces de realizar en una sola serie. Debe ser destacado, que no hay datos que indiquen que estas evaluaciones sean más seguras que la evaluación característica de 1 RM.

E ejercicio mas común, en el cual han sido aplicados evaluaciones isotónicas sub-máximas, es el press de banca, y va a ser

el foco de esta sección. Han sido desarrollados dos tipos de evaluaciones de predicción de 1-RM. En el primer tipo, los sujetos realizan la mayor cantidad de repeticiones con una carga que es un porcentaje de su 1-RM estimado (evaluación de carga relativa). Alternativamente, todos los sujetos pueden ser evaluados con la misma carga (evaluación de carga absoluta). La evaluación de carga absoluta mas común implica la realización del máximo numero de repeticiones posibles a una carga de 102 Kg. Debido a que esta evaluación es comúnmente usada en la Nacional Football League, ha sido llamada 225-NFL (62), sin embargo la misma también es usada con universitarios y atletas de escuela secundaria.

Han sido publicados una variedad de trabajos científicos reportando ecuaciones de predicción de 1 RM en press de banca, basadas en evaluaciones de carga relativas, y muchas de las mismas han sido evaluadas por Lesuer et al. (57). Brevemente, siete ecuaciones de predicción fueron validadas con una muestra de 67 estudiantes universitarios (27 mujeres). Para el press de banca, las ecuaciones derivadas por Mayhew et al. (61) (1 RM = 100 x carga de las repeticiones / (52.2 + 41.9 x exp [-0.055 x repeticiones]), r^2 = 0.98, diferencia media entre el valor predecido y el real de 1 RM = 0.5 ± 3.6 kg) y Wathen (83) (1 RM = 100 x carga de las repeticiones / (48.8 + 53.8 x exp [-0.075 x repeticiones]), r^2 = 0.98, diferencia media entre el valor predecido y el real de 1 RM = 0.5 ± 3.5 kg) fueron reportados como las que más exactamente predijeron la repetición máxima en press de banca. La carga submáxima usada durante las evaluaciones de número máximo de repeticiones, fue elegida basándose en la experiencia de los sujetos, para que sea una carga que causara fatiga (fallo) dentro de 10 repeticiones o menos. Otro estudio (47) también encontró que la ecuación de Wathern resulto en valores predecidos de 1 RM, que estuvieron cerca del valor real de 1 RM en una variedad de ejercicios para el tren superior en sujetos ancianos. Es para destacar que estas ecuaciones solo requieren el registro de la masa levantada y del número de repeticiones realizadas. El sexo parece tener un efecto pequeño sobre la exactitud de las ecuaciones de predicción (61), indicando que una ecuación de regresión común puede ser usada para ambos, hombres y mujeres. Similarmente, añadir variables antropométricas a las ecuaciones de regresión parece sumar poco a la habilidad de predicción de las ecuaciones (26).

Ha sido demostrado que la evaluación 225-NFL de carga absoluta, predice exactamente la fuerza de 1 RM en press de banca (24, 62). El trabajo de Mayhew et al. (62) resultó en la ecuación de predicción validada que sigue:

1 RM (lbs) = 226.7 + 7.1 (# reps); EES = 14.1 lbs

1 lb = 0.4536 kg

Actualmente esta ecuación representa la mejor ecuación de predicción disponible para predecir 1 RM en press de banca a partir de una evaluación de carga absoluta. Sin embargo, son dignas de destacar dos advertencias. Primero, esta evaluación es solo efectiva en sujetos, cuyo 1 RM en press de banca es de por lo menos 102 kg, y de este modo puede tener poca utilidad para evaluar sujetos débiles. Segundo, la exactitud de la ecuación disminuye a medida que el número de repeticiones de incrementa más allá de 10 (24, 62), lo cual limita su efectividad en sujetos muy fuertes.

Con respecto al uso específico de evaluaciones sub-máximas para predecir el rendimiento de 1 RM en press de banca, pueden ser usadas ambas, evaluaciones de cargas relativas y absolutas. Si se usa una evaluación de cargas relativas, es recomendada la evaluación de Mayrew et al. (61) o Wathen (83). Si se usa la evaluación 225-NFL, es recomendada la ecuación de Mayew et al. (62). La evaluación 225-NFL puede ser usada solo con sujetos, cuyo 1 RM en press de banca sea ≥ a 102 kg.

Test Anaeróbico de Wingate

Esta evaluación es proyectada para medir la potencia anaeróbica del tren inferior. La misma es una evaluación agotadora, que debería ser usada en una población acostumbrada al ejercicio enérgico y vigoroso. Los datos resultantes son una medición indirecta de la habilidad del tren inferior del sujeto para producir altos niveles de potencia. Los resultados de la evaluación están divididos en 5 períodos iguales de 5 segundos, donde el pico de potencia, expresado en Watts, es la potencia media más alta durante cualquiera de los períodos de 5 segundos, y la potencia media, es la media de todos los períodos de 5 segundos. El porcentaje de fatiga es la diferencia entre el pico de potencia y la potencia más baja de todos los períodos de 5 segundos. Los valores normativos de esta evaluación han sido publicados en la literatura (41, 60).

Confiabilidad y Validez

Ha sido generalmente reportado que la confiabilidad test-retest del WAT es más alta que r = 0.94 (38, 42). La validez del WAT es difícil de medir, ya que no hay un “Gold Standard” o “Patrón Oro”universalmente aceptado para las mediciones anaeróbicas. Sin embargo, han sido realizados estudios de laboratorio comparando al WAT con evaluaciones de campo de potencia anaeróbica. Han sido demostradas correlaciones entre el WAT y mediciones de campo explosivas como el salto vertical (potencia media r = 0.74) (78), tiempo de carrera en 45 metros (potencia media relativa r = 0.69) (78), Test de Margaria en escalera (potencia pico r = 0.79) (5) y evaluaciones isokinéticas de repeticiones múltiples (potencia media r = 0.78) (42). Además, el porcentaje relativo de fibras de contracción rápida de las piernas ha demostrado correlaciones

moderadas con el WAT (pico de potencia relativo r = 0.60) (9).

Resistencia

Una de las preguntas más difíciles de contestar cuando se administra el WAT es que resistencia usar. La resistencia clásica (en kiloponds; kp; 1kp = 10 newtons) es determinada multiplicando la masa corporal del sujeto en kg por la constante 0.075 (8, 60). Mientras que 0.075 kp/kg de masa corporal parecen apropiados para adultos sedentarios (5), las investigaciones subsecuentes han demostrado que esta pueda no ser la carga óptima para otras poblaciones (69, 28). Además, la potencia media y pico requieren diferentes cargas para su optimización (28) debido a las relaciones fuerza/velocidad y potencia /velocidad que serán discutidas después. Ha sido reportado que cuando se pedalea la relación fuerza/velocidad óptima se da a aproximadamente 100 rev/min (28). De este modo, es recomendado que los no atletas usen una carga de 0.090 kp/kg y los atletas, 0.100 kp/kg (41).

Procedimientos Estandarizados

Durante la evaluación se le pide al sujeto que pedalee en contra de una resistencia pre-seleccionada a la máxima velocidad posible de pedaleo, durante 30 segundos. El cicloergómetro Monark es el más comúnmente usado para esta evaluación, El ergómetro debería ser calibrado antes de cada evaluación, usando pesos de evaluación estándar, por todo el recorrido. Esta disponible un sistema de evaluación Wingate Computarizado (Sports Medicine Industries, Inc., St. Cloud, MN) que cuenta las revoluciones de las palancas del ergómetro. Brevemente, el mismo consiste en un censor óptico, adherido al cuadro del ergómetro, el cual registra el paso de marcadores reflectivos colocados en las palancas del ergómetro a intervalos de 10 cm. Un microprocesador convierte luego las señales en rev/min.

La altura del asiento del sujeto es ajustada para producir de 5 a 10 grados de flexión de la rodilla, cuando el sujeto esta al final de la posición muerta central. La entrada en calor debería incluir 2-3 minutos de ciclismo a 1 a 2 kp con varias aceleraciones distribuidas en este período. La resistencia es establecida al final del período de entrada en calor, pidiéndole al sujeto que pedalee con la resistencia incrementada. Cuando la resistencia correcta es establecida, se le pide al sujeto que comience a pedalear. Los procedimientos de evaluación son luego revisados con el participante. La evaluación comienza con el sujeto pedaleando sin carga lo más rápido posible. La resistencia es luego arrojada instantáneamente o arrojada progresivamente lo más rápido posible. Si es usado un protocolo en rampa, los dos primeros segundos de la evaluación (cuando el sujeto vence la inercia de la resistencia inicial) deberían ser excluidos del análisis de los datos. Esta acción coincide con al activación del microprocesador. Las oscilaciones pendulares al inicio de la evaluación, ajenas a la resistencia predeterminada, deberían ser minimizadas a través de la restricción manual. La retroalimentación concerniente al tiempo trascurrido es dada en los segundos, 10, 15, 20, 25 y 30, con los 30 segundos seguidos inmediatamente por la orden “PARAR”. Durante la evaluación puede ser proporcionado ánimo verbal consistente, pero no debería ser usada la retroalimentación visual. Luego de la orden “PARAR”, la resistencia es disminuida y el sujeto realiza una vuelta a la calma a una cadencia de pedaleo personal, para reducir la acumulación venosa en las piernas.

Test de Margaria de Carrera en Escalera

Esta es una evaluación de potencia, explosiva y de corta duración, que requiere que el sujeto suba por una escalera. Ya que esta evaluación requiere que el participante suba por una escalera en un tiempo, la misma no se presta para ser usada en poblaciones de sujetos muy jóvenes. La potencia en el Test de Margaria ha exhibido correlaciones moderadas (r = 0.74) con al potencia media del Test de Wingate, representando una validez adecuada para la medición de potencia anaeróbica (69)

Procedimientos Estandarizados

La evaluación requiere una escalera y dos interruptores electrónicos conectados a un reloj digital capaz de registrar 1/100 segundos. Los interruptores se colocan en los escalones 8 y 12 y la altura de cada escalón debería ser de aproximadamente 17.5 cm.

El sujeto comienza a aproximadamente 2 metros del primer escalón y es instruido a correr a máxima velocidad hacia la escalera. Cuando alcanza la escalera, el sujeto debería franquear los escalones, de a dos, hasta pasar el segundo interruptor. Los interruptores van a corresponder a los escalones tomados, en el 4^{to} y ^{6to} lugar. La potencia (expresada en Watts) es luego derivada a partir de la siguiente fórmula:

$P = (W \times 9.8 \times D)/T$

Donde, W = peso corporal del sujeto en kg; 9.8 = aceleración de la gravedad en m/s^2; D = altura vertical (en metros) recorrida entre los interruptores uno y dos; T = tiempo trascurrido (en segundos) entre los interruptores uno y dos. Ha sido demostrado que incrementando la distancia de aproximación (6 y 10 metros) se incrementa la potencia

significativamente (40)

EVALUACIÓN ISOKINÉTICA

Los ejercicios isokinéticos son por definición realizados a velocidad constante y representan una disputa entre la velocidad impuesta mecánicamente y el movimiento del sujeto (e.g., extensión de la rodilla). La confiabilidad de las evaluaciones isokinéticas ha sido medida repetidamente (13, 77, 80) y ha sido encontrado que la misma es alta. Sin embargo, una variedad de factores necesitan ser controlados o tenidos en cuenta, con el objeto de generar datos confiables y válidos. Estos incluyen factores como, la elección de las variables que serán medidas (e.g., torque pico, trabajo o potencia), los posicionamientos y estabilización apropiados, y los procedimientos de reducción de datos. Las siguientes recomendaciones van a delinear elementos de confusión que pueden impactar sobre las evaluaciones a velocidades específicas y se van a focalizar sobre los procedimientos de evaluación estandarizados que deberían ser considerados cuando se utilizan dispositivos isokinéticos.

Torque Pico, Trabajo y Potencia

Una gran extensión de variables de rendimiento están disponibles para los análisis de datos isokinéticos. De estas, hay 3 particularmente importantes para las evaluaciones de fuerza y potencia. El torque pico es definido como el producto de la masa, la aceleración y el largo del brazo de palanca. El mismo es el máximo torque producido en cualquier lugar del recorrido del movimiento (ROM) y es fácilmente identificado como el tope de la curva de torque (representación gráfica del torque dinámico vs. la posición). El torque pico es análogo a la repetición máxima isotónica discutida anteriormente y exhibe una relación inversa con al velocidad. Mientras que el torque pico proporciona al profesional del ejercicio información acerca del mayor torque manifestado por el miembro evaluado, y es un excelente indicador del máximo nivel de fuerza del sujeto, el mismo no tiene en cuenta al ROM.

El trabajo rotatorio es definido como el producto del torque y la distancia recorrida y es más fácilmente computado como el área bajo la curva del torque. Ya que el trabajo considera a la distancia recorrida, el mismo revela una habilidad del sujeto de producir torque por todo el ROM. Como el torque, el trabajo esta inversamente relacionado con la velocidad. La potencia puede ser la variable más abarcatiba, ya que considera al torque, la distancia, y el tiempo. La potencia es definida como el cociente trabajo/tiempo y demuestra una relación parabólica con la velocidad.

Estrictamente hablando, el torque pico es una medición de la fuerza máxima individual de un individuo, mientras que el trabajo evalúa su habilidad para sostener el torque a través del ROM de un miembro. La potencia, ya que utiliza al tiempo en su fórmula, puede ser la variable que mejor describe, por si misma, la habilidad de expresar fuerza explosiva. Cada variable informa a la fuerza de una manera ligeramente diferente y las mismas deberían ser usadas sensatamente con respecto a los resultados proyectados.

Aislamiento y Estabilización

El aislamiento en su forma simple constituye meramente la evaluación de un grupo muscular con la exclusión de cualquier otro grupo que se sume a los resultados de la evaluación. Esto es apropiadamente logrado a través de un posicionamiento correcto y de una fijación del sujeto con correas (estabilización) en el dinamómetro. Usando a la extensión de rodillas como un ejemplo, el aislamiento ocurre a través de la utilización de la estabilización de la cintura y el muslo. El propósito es restringir el movimiento de extensión y flexión de la rodilla, sin movimientos extraños de la articulación de la cadera. Esto va a asegurar que solo los grupos musculares del cuadriceps y los isquiotibiales van a estar proporcionando torque en el dinamómetro. Por ejemplo, Weir y cols. (84), midieron el torque de la extensión de la rodilla a 60, 180 y 300 º/s, en condiciones estabilizadas y no estabilizadas, y demostraron que los movimientos extraños pueden reducir el torque y cambiar el ángulo de producción de torque pico, de manera secundaria a los cambios en la longitud muscular. Estos mismos errores potenciales están presentes en todas las articulaciones, si no se tiene cuidado de controlar movimientos extraños. Por ejemplo, el torque de rotación interna/externa del hombro puede ser aumentado a través de la adición del torque de rotación del tronco, si no es alcanzada una estabilización apropiada del torso.

Eje de Movimiento

Cada dinamómetro del mercado consiste de un brazo de palanca unido a la cabeza de un dinamómetro. El torque muscular resultante es registrado en esta unión a través de la rotación de la palanca. Es crítico que el eje de rotación de la máquina y la articulación evaluada, estén alineados. Si el eje de la palanca y el eje de la articulación no están alineados, las mediciones de torque no van a ser válidas. Rothstein y cols. (72) presentaron un fuerte argumento para el uso de ejes de

rotación alineados, estableciendo que los errores asociados con los alineamientos pueden ser amplificados en articulaciones donde los ejes cambian con el movimiento. La rodilla y el hombro constituyen tales articulaciones. Luego establecieron, que ya que el eje de la máquina es estable, cualquier articulación con movimientos descontrolados va a resultar en errores de medición.

Compensación Gravitatoria

Ya que el ejercicio sobre los dispositivos isokinéticos es más frecuentemente realizado en un ambiente con gravedad, deben ser tomadas consideraciones especiales, para considerar los efectos de la misma. Usando a la extensión/flexión de rodillas sentado como un ejemplo, uno puede observar que realizar el movimiento de extensión de rodillas, requiere que el individuo levante el peso de sus miembros y el brazo de palanca del dinamómetro, en contra de la gravedad. Sin embargo, durante la flexión de rodilla sentado, la gravedad ayuda al movimiento tirando hacía abajo de los miembros y de la palanca. En este escenario, el torque de flexión puede ser artificialmente aumentado, debido a la gravedad mientras que lo opuesto ocurre en la extensión.

Si no se compensan los efectos de la gravedad, los resultados de la evaluación están sujetos a grandes errores. Winter y cols. (89) documentaron errores de trabajo mecánico que variaron entre 26 % a más de 500 %, durante los ejercicios de extensión y flexión de rodillas a 60 y 150 º/s.

Recorrido del Movimiento

Ambos, los rangos de movimiento total (ROM) y fisiológico necesitan ser considerados cuando se realizan ejercicios sobre un dinamómetro. Estos están operacionalmente definidos como sigue: el ROM fisiológico es el inicio y final anatómico del movimiento, mientras que el ROM total es el arco recorrido a través del ROM fisiológico. Por ejemplo, en el movimiento del hombro desde 0 a 90 grados y de 90 a 180 grados de flexión, ambos tienen el mismo ROM total (90 grados), pero diferente ROM fisiológico. Ya que el ROM fisiológico afecta la longitud muscular y los brazos de movimiento de la articulación, resulta que las comparaciones válidas de producción de torque deben ser consistentes con respecto al ROM fisiológico. Similarmente, los errores asociados con las mediciones de ROM pueden ser magnificados cuando se interpretan las variables de trabajo y potencia. Ya que el trabajo es el producto del torque y la distancia (W = T x D), y la potencia es una función del trabajo y el tiempo (P = W/T), la distancia recorrida debe ser precisa para propósitos comparativos. Estableciendo paradas marcadas en cada extremo del ROM, el facultativo se puede asegurar que todas las comparaciones entre y dentro de los sujetos implican el mismo ROM fisiológico y total.

Estandarización de las Instrucciones

Cualquier instrucción dada a los sujetos debería ser consistente de una evaluación a la otra y de un sujeto al otro. No todos los individuos responden de la misma forma cuando se los alienta verbalmente. De este modo, las instrucciones deberían ser concisas y cortas. Además, ya que el dinamómetro constituye la única pieza del equipo, el mismo puede no ser familiar para la mayoría de los sujetos. Este desconocimiento puede causar ansiedad en algunos sujetos y conduce a equivocaciones con respecto a los procedimientos de evaluación. De este modo, las órdenes verbales deberían ser explícitas, así como cualquier faceta del procedimiento. Esto incluye, pero no está limitado solo a esto, donde colocar el sistema de sujeción, como respirar, que hacer con el miembro contralateral, como empujar en ambas direcciones, como dar el máximo esfuerzo, que constituye una repetición completa (e.g., extensión y flexión) y cuantas repeticiones realizar.

Práctica

Análogo a las órdenes verbales para una instrucción apropiada, se encuentra la práctica de un número suficiente de repeticiones. Ya que el dinamómetro es desconocido para la mayoría de los sujetos, los mismos pueden requerir varios intentos de práctica, con el objeto de alcanzar trazados de torque confiables. Es recomendado que uno realice la mayor cantidad de repeticiones como sea posible para entender completamente que es requerido durante la evaluación o el proceso de entrenamiento. Las mismas pueden ser tan pocas como 3 para individuos experimentados, y entrenados en fuerza o tantas como 15 para sujetos novatos.

Repeticiones

La elección del número de repeticiones para incluir en una evaluación es determinado estableciendo que información es deseada a partir de la evaluación o que resultados son requeridos a partir de la sesión de ejercicio. Para las evaluaciones de fuerza no hay ninguna necesidad de realizar más de 5 repeticiones, pero uno debe elegir realizar tanto como 50 repeticiones cuando el interés se centra sobre la resistencia.

Ha sido demostrado que colocar el miembro en un estado pre-activado (activación neural antes del movimiento) afecta significativamente las variables de fuerza. La pre-activación neural de las unidades motoras en el miembro ejercitado,

colocan al mismo, en un estado de preparación, el cual conduce a una mayor producción de torque. Kovaleski y cols. (49), usando extensiones de rodilla de 120 a 210 º/s, han documentado el uso de pre-carga (activación neural anterior), y la misma mejoró los entrenamientos isokinéticos y permitió el desarrollo de la fuerza de los individuos en el ROM completo, basado en un recorrido de aceleración reducido. Adicionalmente, ha sido demostrado que la primera repetición (empezando a partir de una posición quieta, sin una acción anterior de los músculos antagonistas) resulta en áreas de aceleración más grandes antes de la fase de velocidad constante (18). De este modo durante la evaluación de la fuerza, la primera repetición puede ser descartada del análisis de los datos, ya que todas las repeticiones subsiguientes son inmediatamente precedidas por un estado de pre-activación.

Velocidad

Muchos dinamómetros en el mercado, tienen un alcance de velocidad de entre 0 y 500 grados por segundo (º/s). El facultativo debe decidir que velocidad usar para la evaluación o el entrenamiento, dependiendo del resultado deseado. Cuando se evalúa a múltiples velocidades, puede ser beneficioso, realizar la secuencia al azar, con el objeto de controlar los efectos de orden. Sin embargo, no hay evidencia conflictiva con respecto a si el orden de las velocidades afecta significativamente las variables de fuerza como torque pico, trabajo y potencia. Timm y Fyke (8) han demostrado diferencias no significativas en las mediciones de torque de extensión de rodilla a 60, 180 y 300 º/s, cuando variaban la secuencia de velocidades en la evaluación. Sin embargo, Kovaleski y Heitman (48, 50, 51) han demostrado que el orden de progresión de velocidad, juega un rol importante en la producción de torque, trabajo y potencia durante la extensión de rodilla de 30 a 210 º/s. La mayor diferencia entre estas visiones aparentemente opuestas, parece ser el número de repeticiones realizadas. Mientras que Timm (80) realizó solo 5 repeticiones, Kovaleski y Heitman (48, 50, 51) realizaron 10. De este modo, la fatiga puede haber sido un factor a tener en cuenta en los estudios anteriores y los intervalos de descanso pueden necesitar ser ajustados en consecuencia.

Déficit Bilateral

Los dinamómetros pueden ser modificados para evaluar ambos miembros simultáneamente (14, 15, 16). Cuando las evaluaciones o los entrenamientos son realizados de esta manera, el facultativo debería ser conciente del fenómeno del déficit bilateral. Esto es, cuando dos miembros realizan simultáneamente acciones musculares máximas, el torque resultante va a ser menor que la suma de los miembros individuales evaluados en forma aislada. Brown y cols. (14, 16) han reportado que las mujeres pueden mostrar una disminución en el déficit bilateral con el incremento de la velocidad desde 60 a 360 º/s, lo que puede ser explicado a través de la activación disminuida de principalmente las fibras de contracción lenta (14, 16). Ellos también demostraron incrementos unilaterales significativos del torque luego de un entrenamiento bilateral de los extensores y flexores de la rodilla a 60 y 180 º/s (14) junto con una disminución en el déficit bilateral con el incremento de la velocidad.

Extensión de la Carga

Ha sido muchas veces demostrado (17, 18, 19, 32, 33, 56, 66, 67, 68) que los dispositivos isokinéticos, a pesar de tratar de producir movimientos isokinéticos, no son realmente isokinéticos. El ejercicio sobre dispositivos isokinéticos implica 3 partes principales: aceleración, velocidad constante y deceleración. Los acontecimientos extraños, propios de estas fases pueden confundir los datos de las evaluaciones y por esto la interpretación de los mismos (1, 6, 12). Sin embrago, la fase de aceleración, que es gastada “alcanzando” o emparejando la velocidad isokinética, es realizada sin resistencia del dinamómetro. En otras palabras, hay una parte del ROM disponible, durante la cual no hay carga externa cuantificable. El ROM con carga externa o aquel ROM cuando hay un emparejamiento entre la velocidad isokinética y el movimiento de los miembros es llamado, extensión o recorrido de la carga. La extensión de la carga se hace cada vez más pequeña a medida que la velocidad es incrementada (17, 18, 19, 56, 66, 67, 68). El trabajo de Osterning y cols. (66, 67, 68) demostró primero esta relación inversa. Ellos detallaron disminuciones de la extensión de la carga de 92 % a 16 % a velocidades isokinéticas de 50 a 400 º/s.

Prácticamente, esto significa que a medida que la velocidad pre-seleccionada de un dispositivo isokinético es incrementada, un individuo que se ejercita recibe sobrecarga externa a través de una parte del ROM total, que disminuye siempre. Hay que asociar este efecto con el hecho que el torque esta inversamente relacionado con la velocidad y el resultado en ejercicios de recorrido corto y poca resistencia a altas velocidades, con el ROM restante como aceleración o deceleración. En otras palabras, el ejercicio sobre un dispositivo isokinético a altas velocidades, consiste principalmente en tratar de alcanzar la velocidad pre-determinada (acelerando o alcanzando el brazo de palanca) o frenando antes de contactar el final del movimiento (decelerando). Así, la aceleración y deceleración no deberían ser consideradas durante la interpretación de la evaluación. Sin embrago, los datos de estas fases son frecuentemente incluidos en los análisis y pueden resultar en conclusiones erróneas.

Han sido identificados los errores específicos asociados con estos artefactos en las partes de las repeticiones sin extensión

de la carga, los cuales van a ser examinados en las secciones posteriores. Taylor et al. (77) documento errores incrementados con el aumento de la velocidad de 60 a 450 º/s y ellos advirtieron contra el torque erróneo implicado con el miembro que se ejercita. Tis y Perrin (81) advirtieron que usar una técnica de reducción de datos que elimine los primeros y últimos 10 grados del ROM, puede eliminar las áreas de aceleración y deceleración, pero puede también eliminar el torque pico.

Sobrepaso de los Límites de Velocidad y Torque

Antes de de que el miembro que se ejercita reciba resistencia de la máquina, el mismo debe pasar a través de una fase de aceleración libre (74). En la parte de unión con la resistencia (recorrido con carga) hay artificios manifestados en los trazados de torque. Inmediatamente después de la fase de movimiento de aceleración, el brazo de palanca y el miembro unido a el, exhiben una velocidad que es mayor que la velocidad pre-seleccionada en un 200 % (70, 74, 81). Esto es seguido por el intento del dinamómetro de frenar al miembro, por medio de un mecanismo de frenado que se encuentra dentro de la cabeza de potencia del dinamómetro. El sobrepaso de los límites de velocidad ocurre en función del miembro que se acelera, el cual sobrepasa la velocidad deseada. El frenado subsiguiente resulta en un obvio incremento del torque, a medida que el sistema de frenado detiene al miembro a la velocidad pre-seleccionada. El efecto de este frenado es suave a bajas velocidades como 60 º/s, pero se incrementa en magnitud del incremento de la velocidad. El sobrepaso de los límites de torque y velocidad es coincidente con el inicio del recorrido de la carga, donde la misma esta disminuida.

Este sobrepaso del los límites de torque resultante es causado por el sobrepaso de los límites de velocidad precedentes. Como se menciono antes, este pico de torque va a crecer con el incremento de la velocidad, ya que el sistema de frenado del dinamómetro debe tener en cuenta cualquier incremento de la cantidad de sobrepaso de los límites de velocidad. Este pico de torque puede impedir que crezca el pico de torque real producido por el músculo esquelético humano. Obviamente, es importante quitar este artificio antes de la interpretación de la evaluación. En el presente ningún dinamómetro del mercado quita automáticamente el sobrepaso de los límites de torque, por lo tanto, el facultativo debe reconocer el artificio y no considerar al mismo durante el análisis. Sin embargo, algunos sistemas de ciertos dinamómetros (Biodex) intentan controlar este efecto por medio del uso de una técnica de reducción de datos, llamada windowing (87). Durante este análisis son eliminadas las fases de aceleración y deceleración de las repeticiones y solo son preservados los datos de la extensión de la carga. Ha sido demostrado que esta técnica incrementa la confiabilidad de la evaluación por medio del control de la producción del torque aberrante (87).

Oscilaciones del Brazo de Palanca

Otro artificio propio del trazado del torque es la oscilación. Esta ocurre inmediatamente después del sobrepaso de los límites de torque (25, 74). Justo después de la fase de aceleración, hay un período de oscilación del brazo de palanca que ocurre en función del largo de la palanca y del proceso de frenado para contrarrestar el sobrepaso de los límites de velocidad. El miembro que se ejercita esta unido al brazo de palanca distalmente, pero produce torque proximalmente y puede ser pensado como análogo a una gran caña de pescar. Si uno sujeta una caña de pescar por un extremo y le aplica un movimiento de batido rápido, el extremo distal va a oscilar para adelante y para atrás por un corto período de tiempo, hasta que la misma se estabilice. Con una mayor longitud de brazo de palanca ocurren mayores oscilaciones y mayores velocidades a medida que el extremo distal intenta enderezarse y luego decelerarse a la velocidad del extremo proximal (25, 74). La probabilidad de error se incrementada con la inclusión de artificios de brazo de palanca como este, ya que hacen imposible determinar las mediciones de torque real, separadas de los datos extraños. Así como en el sobrepaso de los límites de torque, el análisis windowing puede quitar algunos datos erróneos.

Artificios del Impacto y Picos Isométricos

En el otro extremo de la repetición, luego de la aceleración, esta la deceleración, que culmina con el detenimiento del brazo de palanca. Muchos de los elementos de confusión ya mencionados durante la fase de aceleración, ocurren en orden inverso durante la deceleración. El dinamómetro comienza a aminorar la velocidad del brazo de palanca en anticipación a la detención en el punto de cambio de dirección. Esto causa que el brazo de palanca oscile un poco y finalmente resulta en un gran pico isométrico al final de la repetición debido a que el brazo de palanca impacta al detenimiento mecánico final (89). Este pico es mayor con el incremento de la velocidad, ya que el miembro y la palanca se están moviendo mucho más rápido durante el impacto. Este pico puede ser tan grande como dos veces el torque observado durante la extensión de la carga y no debería ser confundido con la producción muscular de torque (12, 72, 77, 87).

Procedimientos Isokinéticos Estandarizados

En la primera posición, el brazo de palanca del dinamómetro esta alineado con el supuesto eje de rotación de la articulación que va a ser evaluada. El sujeto esta en cualquiera de las dos posiciones, sentado o acostado, con la inclinación de la espalda fijada sobre una escala de medición permanente. El miembro contralateral esta asegurado con correas así como la cintura y el torso. Los brazos y piernas que no se usan, son asegurados, sujetándolos con correas. El

recorrido del movimiento frenado mecánicamente es establecido al inicio y al final del ROM que desea ser evaluado. La almohadilla del brazo de palanca es posicionada para colocar el aspecto inferior inmediatamente superior al punto más distal sobre el miembro del sujeto. La entrada en calor en los dispositivos isokinéticos, consiste de 3 repeticiones de extensión y flexión concéntricas recíprocas sub-máximas de una intensidad incremental (e.g., primera repetición al 25 % del esfuerzo percibido, segunda repetición al 50 % del esfuerzo percibido, etc) de la más lenta a la más rápida de las velocidades (13, 80). Además cada sujeto completa 2 repeticiones a máxima intensidad encada velocidad, y luego descansa por un minuto antes de la evaluación. Pueden ser realizadas más repeticiones de práctica si el sujeto no se encuentra cómodo con la evaluación. La evaluación de fuerza y potencia comienza en una posición detenida con el miembro del sujeto en un extremo del ROM y consiste de 5 repeticiones máximas concéntricas recíprocas de extensión y flexión, corregidas para la gravedad, con 30 segundos entre velocidades (80). Cada sujeto es alentado para contactar la detención mecánica final durante ambos movimientos de extensión y flexión. Durante la evaluación es proporcionado aliento verbal idéntico y consistente para todos los sujetos, pero no es proporcionada retroalimentación visual de la generación de torque. La primera y la última repeticiones son descartadas, usando para el análisis de datos, solo las tres repeticiones del medio, y a todos los datos de les realiza el análisis windowing para eliminar información extraña, como ya fue discutido.

Los datos de las repeticiones son luego reducidos a variables de fuerza como torque pico (valor máximo), torque medio (promedio a través de todas las repeticiones), trabajo total (máxima producción de torque y distancia), o trabajo promedio (promedio del producto del torque y la distancia) expresados en pies-libras (ft/lbs) o Newton-metros (N.m). Potencia promedio (cociente torque/tiempo) y potencia instantánea (producto del torque y la velocidad), expresados en Watts.

Curvas de Fuerza y Potencia vs. Velocidad

La interacción de la velocidad y la fuerza humanas son conocidas desde hace mucho tiempo. Desde que Hill (34) estableció la relación inversa entre la fuerza y la velocidad para las acciones musculares concéntricas, los seres humanos han tratado de alterar esta curva a través del entrenamiento y las adaptaciones musculares. Del mismo modo, la relación parabólica entre la potencia y la velocidad (44) ha lucido valores específicos de diagnóstico y predicción, En el caso de los dinamómetros isokinéticos, la fuerza es rotatoria y de este modo es apropiadamente llamada torque. Ya que la gráfica total de las curvas de torque/velocidad y potencia/velocidad están bien establecidas, recolectar esta información constituye una tarea simple, utilizando un dinamómetro isokinético capaz de medir el torque y la potencia a velocidades específicas. Los datos pueden ser luego usados para propósitos de comparación entre atletas o como datos de base para futuras evaluaciones. El procedimiento consiste en realizar una evaluación de torque máximo a través de un espectro de velocidad, comenzando a 60 º/s, e incrementando la velocidad de a 60 º/s hasta que sea encontrada al velocidad máxima de la máquina (400-500 º/s) o del individuo. Como fue previamente explicado, es muy importante asegurar que los datos sean evaluados solo durante la parte de extensión de la carga, ya que esto va a prevenir la inclusión de variables extrañas.

Los trabajos previos (19) han demostrado que los hombres y las mujeres exhiben niveles dispares de velocidad máxima alcanzable sobre un dinamómetro isokinético. De este modo, las curvas deberían ser evaluadas de acuerdo al sexo. Las Figura 1 y 2 representan datos específicos para el sexo, obtenidos en nuestro laboratorio, los mismos son representativos de las relaciones fuerza/velocidad en sujetos universitarios. Hay que señalar que no solo los valores absolutos de los hombres exceden a los de las mujeres, también los gráficos de las curvas son diferentes. La curva fuerza/velocidad (Figura 1) de los hombres, es más empinada que la de las mujeres y la potencia pico (Figura 2) ocurre antes en el espectro de la velocidad, en los hombres (240 º/s). Cuando se comparan estos datos con los de las mujeres (180 º/s). Mientras que esto puede ser parcialmente explicado como una función de la masa muscular, hay evidencia de diferencias neurales fundamentales entre sexos (46) que pueden explicar esta disparidad.

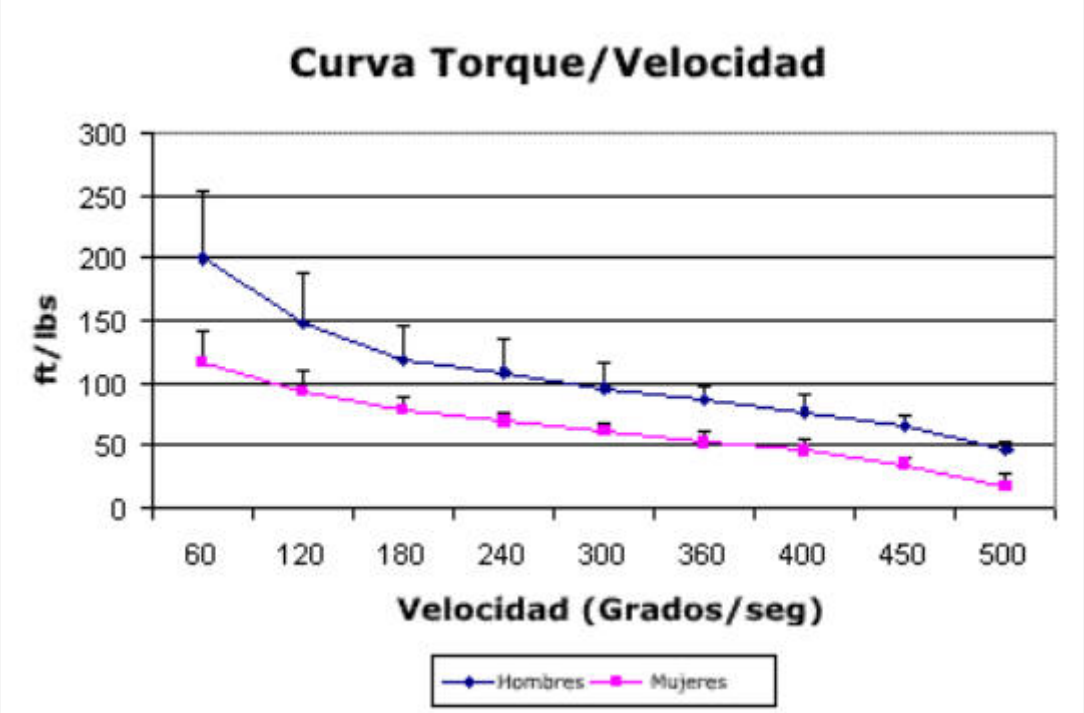


Figura 1. *Curva concéntrica de torque/velocidad y edad medida en un Dinamómetro Isokinético Biodex System 3.*

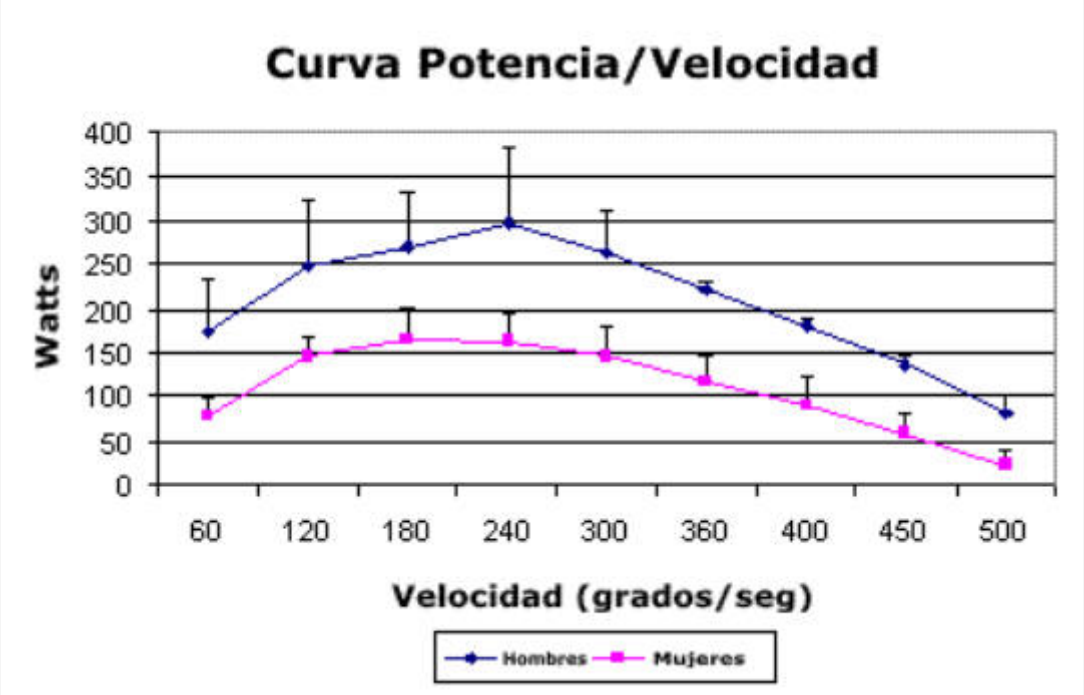


Figura 2. *Curva concéntrica de potencia/velocidad y edad medida en un Dinamómetro Isokinético Biodex System 3.*

Evaluaciones de Repeticiones Múltiples

Cualquier discusión sobre las adaptaciones asociadas con el estímulo de entrenamiento, debe incluir las diferencias individuales en la musculatura de los miembros y el tipo de fibras musculares, que predisponen a algunos sujetos a alcanzar mayores incrementos en la fuerza relativos a las características propias de la fuerza/velocidad y

potencia/velocidad.

Thorstensson (79) hipotetizó que la calidad muscular juega un rol importante en la expresión de la fuerza. Para evaluar esta hipótesis, Thorstensson tomo muestras mediante biopsia muscular del músculo vasto lateral de 25 sujetos varones de entre 20 y 30 años de edad y las tiño para determinar los tipos de fibras de contracción lenta (ST) y rápida (FT). Luego registró la velocidad máxima de los movimientos de extensión de rodilla sin carga y evaluó el torque pico isometricamente e isokineticamente a 180 º/s. Los resultados de las evaluaciones de fuerza no fueron diferentes entre individuos con porcentajes bajos o altos de fibras musculares FT, cuando fueron comparados isometricamente. Sin embargo, cuando fue medida la velocidad máxima, las diferencias significativas fueron aparentes. Esto significa, que los sujetos con un alto porcentaje de fibras FT exhibieron mayores niveles de velocidad y fuerza máxima. Con una correlación positiva de r = 0.75 entre el torque pico a 180 º/s y el porcentaje de fibras FT. Fue concluido que una alta proporción de fibras musculares FT podría ser ventajosa para generar altos niveles de fuerza a altas velocidades de movimiento, requisito para el éxito en ciertas actividades deportivas específicas.

Wickiewicz y cols. (86) estudiaron la relación entre la arquitectura muscular y la curva fuerza-velocidad en 12 sujetos que realizaron contracciones isokinéticas de extensión de rodilla a velocidades de 0 a 300 º/s. Las comparaciones fueron luego hechas con muestras musculares de cadáveres para establecer el desplazamiento lineal de las fibras musculares y los datos de arquitectura muscular. Los resultados mostraron que el mayor torque a altas velocidades estuvo relacionado a las fibras de contracción rápida y el número de fibras en serie. Específicamente, los individuos con sarcómeros más largos exhibieron una menor reducción del torque a altas velocidades, mientras que los sujetos con mayores áreas musculares de sección cruzada exhibieron los mayores torques a bajas velocidades. Houston (39) examinó la relación entre la composición muscular y la capacidad máxima de aceleración y torque de los extensores de la rodilla de 27 sujetos, usando un aparato sin carga que no restringía el movimiento del miembro de los sujetos. La composición muscular de tipos de fibras fue determinada a partir de una biopsia con aguja del músculo vasto lateral y fue comparada con mediciones electromiográficas y de rendimiento durante el movimiento de extensión de rodilla. Fueron encontradas correlaciones positivas entre la velocidad pico y la aceleración (r = 0.69), así como entre aceleración y porcentaje de fibras de contracción rápida (r = 0.4) con una tendencia hacia una correlación positiva entre la aceleración y el área de las fibras rápidas. Las comparaciones de sexo demostraron que el retraso electromecánico (tiempo de retraso entre el inicio de la activación eléctrica neural y el comienzo de la aceleración) fue similar para los hombres y las mujeres. Sin embargo, los hombres produjeron fuerza de una forma significativamente mayor que las mujeres evidenciando una tendencia neural hacía los hombres.

En un experimento en nuestro laboratorio (15), siguiendo el protocolo de Thorstensson, nosotros comparamos el Test de Wingate en cicloergómetro con una evaluación isokinética bilateral de potencia y encontramos correlaciones significativas entre las dos evaluaciones para la potencia pico (r = 0.84) y potencia media (r = 0.54) pero no con el porcentaje de fatiga (r = 0.37). La potencia pico y media del Test de Wingate fue significativamente mayor ($p< 0.05$) que los valores isokinéticos, mientras que el porcentaje de fatiga no fue estadísticamente diferente entre evaluaciones. Los hombres exhibieron los mayores valores significativos a través de todas las variables cuando se los comparo con las mujeres, con excepción del porcentaje de fatiga del Test de Wingate. Fue concluido que la evaluación isokinética bilateral de potencia revelo perfiles de potencia significativos con la evaluación de potencia en cicloergómetro.

Procedimientos de Repeticiones Múltiples

Esta información destaca la habilidad de estimar el tipo de fibras de un individuo a partir de una evaluación isokinética de fuerza o potencia. Específicamente, los procedimientos para la evaluación de repeticiones múltiples de Thorstensson van a conducir a un porcentaje de fatiga del cuadriceps. Esto puede ser usado para estimar el porcentaje relativo de fibras de contracción rápida (% de FT) del vasto lateral. La preparación de los sujetos sobre el dinamómetro isokinético es idéntica a la discutida anteriormente. La velocidad debería ser pre-establecida a 180 º/s y el ROM limitado, desde 90 º de flexión de rodilla hasta 0 º de extensión (horizontal). La evaluación consiste de 50 repeticiones de extensión de rodilla con un retorno pasivo a los 90 º (sin actividad de los isquitibiales).

Luego hay que determinar el torque promedio de las repeticiones 1-3 y 48-50, y restar el promedio de las repeticiones 48-50 al de las repeticiones 1-3, luego dividir este resultado por el promedio de las repeticiones 1-3, y luego multiplicar por 100. El resultado (porcentaje de fatiga, FP) debería luego ser insertado en la fórmula de Thorstensson, la cual va a conducir al porcentaje de fibras rápidas

$0.9 \times (FP) + 5.2 = \%\ FT$ ($r = 0.86$, $p<0.01$)

CONCLUSIÓN

Se debe tener cuidado en la realización de cualquier evaluación para asegurar el uso apropiado de cualquier equipo de evaluación de la fuerza y para realizar una correcta interpretación de los datos. El facultativo debería tener conocimiento de procedimientos de evaluación estandarizados, como lo son, la entrada en calor, la seguridad (incluyendo emergencias) y los períodos de descanso, aislamiento y estabilización de los sujetos y de los grupos musculares, así como un alineamiento apropiado del eje de los individuos y el aparato. Las instrucciones deberían ser claras e idénticas entre los sujetos y se le debería permitir a cada participante tener la oportunidad de estar completamente familiarizado con los procedimientos y con el aparato antes de comenzar con la recolección de datos. Debería ser realizado un plan conveniente, detallando que información es deseada a partir de las evaluaciones, junto con el conocimiento de la especificidad de los resultados de la fuerza y la potencia muscular, de manera secundaria al tipo de contracción, los procedimientos y los aparatos. Las tablas 1 y 2 identifican posibles elecciones de evaluaciones que son específicas a un resultado deseado.

Variable Deseada	Evaluación Específica
1. Fuerza del tren Inferior	1 RM en Sentadilla
2. Fuerza del Tren Superior	1 RM en Press de Banca
3. Torque a un Ángulo Específico	Isométrico
4. Torque Muscular Individual	Isokinético, cinco repeticiones
5. Torque de un Grupo Muscular	Isotónico 1 RM

Tabla 1. *Recomendaciones para Evaluaciones de Fuerza Específicas*

Variable Deseada	Evaluación Específica
Tren Inferior	Salto Vertical/Margaria
Resistencia del Tren Superior	Repeticiones en Press de Banca
Resistencia Anaeróbica	Test de Wingate
Tipos de Fibras Musculares	Múltiples Repeticiones en Dispositivo Isokinético

Tabla 2. *Recomendaciones para Evaluaciones Específicas de Potencia.*

Dirección para Correspondencia: Lee E. Brown, EdD, EPC, CSCS,*D, FACSM, Assistant Professor and Director of the Human Performance Laboratory, Arkansas State University, State University, Arkansas

Joseph P. Weir, PhD, FACSM, Associate Professor, Program in Physical Therapy, Des Moines University-Osteopathic Medical Center, Des Moines, Iowa.

REFERENCIAS

1. Abernathy PJ, Jurimae J (1996). Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric, and isokinetic dynamometry. *Med Sci Sports and Exerc 28(9):1180-87*
2. Abernethy P, Wilson G, Logan P (1995). Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Med 19:401-17*
3. Arteaga R, Dorado C, Chavarren J, Calbet JAL (2000). Reliability of jumping performance in active men and women under different stretch loading conditions. *J Sports Med and Phys Fit 40:26-34*
4. Ashley CD, Weiss LW (1994). Vertical jump performance and selected physiological characteristics of women. *J Strength and Cond*

Res 8:5-11
5. Ayalon A, Inbar O, Bar-Or O (1974). Relationships among measurements of explosive strength and anaerobic power. *In: Nelson RC, Morehouse CA, editors. International series on sports sciences. Biomechanics IV. Baltimore: University Press, 527-32*
6. Baltzopoulos V, Eston RG, Maclaren D (1988). A comparison of power outputs on the Wingate test and on a test using an isokinetic device. *Ergonomics 31:1693-99*
7. Baltzopoulos V, Williams JG Brodie DA (1989). Isokinetic dynamometry: applications and limitations. *Sports Med 8:101-16*
8. Bar-Or O (1987). The Wingate test: An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med 4:381-94*
9. Bar-Or O, Dotan, R, Inbar O, Rotstein A, Karlsson J, Tesch P (1980). Anaerobic capacity and muscle fiber type distribution in man. *Int J Sports Med 1:89-92*
10. Bobbert MF, Gerritsen KGM, Litjens MCA, Van Soest AJ (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height?. *Med Sci Sports and Exerc 28:1402-12*
11. Bosco C, Viitasalo JT (1982). Potentiation of myoelectrical activity of human muscles in vertical jumps. *Electro and Clin Neurophys 22:549-62*
12. Brown LE (Editor) (2000). Isokinetics In Human Performance. *Champaign, IL: Human Kinetics*
13. Brown LE, Whitehurst M, Bryant JR, Buchalter DN (1993). Reliability of the Biodex system 2 isokinetic dynamometer concentric mode. *Isok Exer Sci;3(3):160-63*
14. Brown LE, Whitehurst M, Buchalter DN (1993). Bilateral isokinetic knee rehabilitation following bilateral total knee replacement surgery. *J Sport Rehab 2:274-80*
15. Brown LE, Whitehurst M, Buchalter DN (1994). Comparison of bilateral isokinetic knee extension/flexion and cycle ergometry tests of power. *J Strength and Cond Res 8(3):139-43*
16. Brown LE, Whitehurst M, Gilbert R, Findley BW, Buchalter DN (1994). Effect of velocity on the bilateral deficit during dynamic knee extension and flexion exercise in females. *Isok Exer Sci 4(4):153□56*
17. Brown LE, Whitehurst M, Findley BW, Gilbert R, Buchalter DN (1995). Isokinetic load range during shoulder rotation exercise in elite male junior tennis players. *J Strength and Cond Res 9(3):160-64*
18. Brown LE, Whitehurst M, Findley BW, Gilbert PR, Groo DR, Jimenez J (1998). The effect of repetitions and gender on acceleration range of motion during knee extension on an isokinetic device. *J Strength and Cond Res 12(4):222-25*
19. Brown LE, Whitehurst M, Gilbert PR, Buchalter DN (1995). The effect of velocity and gender on load range during knee extension and flexion exercise on an isokinetic device. *J Ortho Sports Phys Ther 21(2):107-12*
20. Caldwell LS, Chaffin DB, Dukes-Dobos FN, Kroemer KHE, Laubach LL, Snook SH, Wasserman DE (1974). A proposed standard procedure for static muscle strength testing. *Amer Industrial Hygiene Assoc J 35:201-06*
21. Chaffin, DB (1975). Ergonomics guide for the assessment of human static strength. *Amer Industrial Hygiene Assoc J 36:505-11*
22. Chaffin, DB, Herrin GD, Keyserling WM (1978). Preemployment strength testing. An updated position. *J Occup Med 20:403-08*
23. Chandler J, Duncan R, Studenski S (1997). Choosing the best strength measure in frail older persons: importance of task specificity. *Muscle and Nerve Suppl 5:S47-S51*
24. Chapman, PP, Whitehead JR, Binkert RH (1998). The 225-lb reps-to-fatigue test as a submaximal estimate of 1-RM bench press performance in college football players. *J Strength Cond Res, 12:258-61*
25. Chen WL, Su FC, Chou YL (1994). Significance of acceleration period in a dynamic strength testing study. *J Orthop Sports Phys Ther 19(6):324-30*
26. Cummings B, Finn KJ (1998). Estimation of a one repetition maximum bench press for untrained women. *J Strength Cond Res, 12:262-65*
27. DeVries, HA, Housh TJ (1994). Physiology of Exercise for Physical Education, Athletics, and Exercise Science (5th Ed). *Dubuque, IA: Brown and Benchmark*
28. Dotan R, Bar-Or O (1983). Load optimization for the Wingate anaerobic test. *Eur J Appl Physiol 51:409-17*
29. Edwards RHT, Young A, Hosking GP, Jones DA (1977). Human skeletal muscle function: description of tests and normal values. *Clin Sci Molecular Med 52:283-90*
30. Gehri DJ, Ricard MD, Kleiner DM, Kirkendall DT (1998). A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. *J Strength Cond Res 12:85-89*
31. Goodwin PC, Koorts K, Mack R, Mai S, Morrissey MC, Hooper DM (1999). Reliability of leg muscle electromyography in vertical jumping. *Euro J Appl Physiol 79:374-78*
32. Gransberg L, Knutsson E (1983). Determination of dynamic muscle strength in man with acceleration controlled isokinetic movements. *Acta Physiol Scand 119:317-20*
33. Greenblatt D, Diesel W, Noakes TD (1997). Clinical assessment of the low-cost VariCom isokinetic knee exerciser. *Med Eng Phys 19(3):273-78*
34. Hill AV (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society B128:263-74*
35. Harman EA, Rosenstein MT, Frykman PN, Rosenstein RM (1990). The effect of arms and countermovement on vertical jumping. *Med Sci Sports and Exerc 22:825-33*
36. Harman EA, Rosenstein MT, Frykman PN, Rosenstein RM, Kraemer WJ (1991). Estimates of human power output from vertical jump. *J Appl Sport Sci Res 5:116-120*
37. Hebestreit H, Mimura K, Bar-Or O (1993). Recovery of anaerobic muscle power following 30-s supramaximal exercise: Comparing boys and men. *J Appl Physiol 74:2875-80*
38. Houston ME, Norman RW, Froese EA (1988). Mechanical measures during maximal velocity knee extension exercise and their relation to fibre composition of the human vastus lateralis muscle. *Eur J Appl Physiol 58:1-7*
39. Husky T, Mayhew JL, Ball TE, Arnold MD (1989). Factors affecting anaerobic power output in the Margaria-Kalamen test. *Ergonomics 32:959-65*
40. Inbar O, Bar-Or O, Skinner JS (1996). The Wingate Anaerobic Test. *Champaign, IL: Human Kinetics*
41. Inbar O, Kaiser P, Tesch P (1981). Relationships between leg muscle fiber type distribution and leg exercise performance. *Int J*

Sports Med 2:154-59
42. Ives JC, Kroll WP, Bultman LL (1993). Rapid movement kinematic and electromyographic control characteristics in males and females. *Res Quart for Ex and Sport 64(3):274-83*
43. Kaneko M (1970). The relation between force, velocity and mechanical power in human muscle. *Res J Phys Educ (Japan) 14:141-45*
44. Keyserling WM, Herrin GD, Chaffin DB (1980). Isometric strength testing as a means of controlling medical incidents on strenuous jobs. *J Occup Med 22:332-36*
45. Komi PV, Karlsson J (1978). Skeletal muscle fiber types, enzyme activities and physical performance in young males and females. *Acta Physiol Scand 103(2):210-18*
46. Knutzen KM, Brilla LR, Caine D (1999). Validity of 1-RM prediction equations for older adults. *J Strength Cond Res 13:242-46*
47. Kovaleski JE, Heitman RJ, Scaffidi FM, Fondren FB (1992). Effects of isokinetic velocity spectrum exercise on average power and total work. *J Athl Train 27:54-56*
48. Kovaleski JE, Heitman RH, Trundle TL, Gilley WF (1995). Isotonic preload versus isokinetic knee extension resistance training. *Med Sci Sports and Exerc 27(6):895-99*
49. Kovaleski JE, Heitman RJ (1993). Interaction of velocity and progression order during isokinetic velocity spectrum exercise. *Isok Exerc Sci 3:118-22*
50. Kovaleski JE, Heitman RJ (1993). Effects of isokinetic velocity spectrum exercise on torque production. *Sports Med Train Rehabil 4:67-71*
51. Kraemer WJ, Fry AC (1991). Strength testing: development and evaluation of methodology. *In: Maud PJ and Foster C, editors. Physiological Testing of Human Fitness, Champaign IL: Human Kinetics*
52. Kroemer KHE (1999). Assessment of human muscle strength for engineering purposes: a review of the basics. *Ergonomics 42(1):74-93*
53. Kroll W (1962). Reliability of a selected measure of human strength. *Res Quart for Ex and Sport 33:410-17*
54. Kulig K, Andrews JG, Hay JG (1984). Human strength curves. *Exerc Sport Sci Rev 12: 417-66*
55. Lander JE, Bates BT, Sawhill JA, Hamill JA (1985). Comparison between free weight and isokinetic bench pressing. *Med Sci Sports Exerc 17(3):344 53*
56. LeSuer DA, McCormick JH, Mayhew JL, Wasserstein RL, Arnold MD (1997). The accuracy of prediction equations for estimating 1-RM performance in the bench press, squat, and deadlift. *J Strength Cond Res 11:211-13*
57. Margaria R, Aghemo P, Rovelli E (1966). Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J Appl Physiol 21:1661-64*
58. Martin TP, Stull GA (1969). Effect of various knee angle and foot spacing combinations on performance in the vertical jump. *Res Quart for Ex and Sport 40:324-31*
59. Maud PJ, Shultz BB (1989). Norms for the Wingate anaerobic test with comparison to another similar test. *Res Quart for Ex and Sport 60:144-51*
60. Mayhew JL, Ball TE, Arnold MD, Bowen JC (1992). Relative muscular endurance performance as a predictor of bench press strength in college men and women. *J Appl Sport Sci Res 6:200-06*
61. Mayhew JL, Ware JS, Bemben MG, Wilt B, Ward TE, Farris B, Juraszek J, Slovak JP (1999). The NFL-225 test as a measure of bench press strength in college football players. *J Strength Cond Res 13:130-34*
62. McArdle WD, Katch FI, Katch VL (1996). Exercise physiology. Energy, nutrition, and human performance (4th Ed.). *Baltimore MD: Williams and Wilkins*
63. Murphy AJ, Wilson GJ (1996). The assessment of human dynamic muscular function: A comparison of isoinertial and isokinetic tests. *J Sports Med Phys Fit 36:169-77*
64. Murphy AJ, Wilson GJ, Pryor JF, Newton RU (1995). Isometric assessment of muscular function: the effect of joint angle. *J Appl Biomech 11:205-15*
65. Osternig LR (1986). Isokinetic dynamometry: Implications for muscle testing and rehabilitation. *In: Pandolf KB, editor. Exerc Sport Sci Rev V14,. New York: Macmillan, 45-80*
66. Osternig LR (1975). Optimal isokinetic loads and velocities producing muscular power in human subjects. *Arch Phys Med Rehabil 56:152-55*
67. Osternig LR, Sawhill JA, Bates BT, Hamill J (1983). Function of limb speed on torque patterns of antagonist muscles. *In: Matsui H, Kobayashi K, editors. Biomechanics VIII-A V4A, Champaign, IL: Human Kinetics, 251-57*
68. Patton JF, Duggan A (1987). An evaluation of tests of anaerobic power. *Aviation Space Environ Med 58:237-42*
69. Perrine JJ, Edgerton VR (1978). Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. *Med Sci Sports Exerc 10(3):159-66*
70. Reinking MF, Bockrath-Pugliese K, Worrell T, Kegerreis RL, Miller-Sayers K, Farr J (1996). Assessment of quadriceps muscle performance by hand-held, isometric, and isokinetic dynamometry in patients with knee dysfunction. *J Orthop Sports Phys Ther 24:154-59*
71. Rothstein JM, Lamb RL, Mayhew TP (1987). Clinical uses of isokinetic measurements. *Phys Ther;67(12):1840-44*
72. Sale DG (1991). Testing strength and power. *In: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editors. Physiological Testing of the High Performance Athlete (2nd Ed). Champaign IL: Human Kinetics*
73. Sapega AA, Nicholas JA, Sokolow D, Saranti A (1982). The nature of torque overshoot in Cybex isokinetic dynamometry. *Med Sci Sports and Exerc 14(5):368-75*
74. Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Med Sci Sports and Exerc 31:572-77*
75. Taylor NAS, Sanders RH, Howick EI, Stanley SN (1991). Static and dynamic assessment of the Biodex dynamometer. *Eur J Appl Physiol 62:180-88*
76. Tharp GD, Newhouse RK, Uffelman L, Thorland WG, Johnson GO (1985). Comparison of sprint and run times with performance on the Wingate anaerobic test. *Res Quart for Ex and Sport 56:73-76*
77. Thorstensson A, Karlsson J (1976). Fatiguability and fibre composition of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand 98:318-22*

78. Timm KE, Fyke D (1993). The effect of test speed sequence on the concentric isokinetic performance of the knee extensor muscle group. *Isok Exerc Sci 3(2):123-28*
79. Tis LL, Perrin DH (1993). Validity of data extraction techniques on the kinetic communicator (KinCom) isokinetic device. *Isok Exerc Sci 3(2):96-100*
80. Wagner LL, Evans SA, Weir JP, Housh TJ, Johnson GO (1992). The effect of grip width on bench press performance. *International J Sport Biomech 8:1-10*
81. Wathen D (1994). Load Assignment. In: Baechle TR, editor. Essentials of Strength Training and Conditioning. *Champaign, IL: Human Kinetics, 435-39*
82. Weir JP, Evans SA, Housh ML (1996). The effect of extraneous movements on peak torque and constant joint angle torque-velocity curves. *J Orthop Sports Phys Ther 23:302-08*
83. Weir JP, Wagner LL, Housh TJ (1994). The effect of rest interval length on repeated maximal bench presses. *J Strength Cond Res 8:58-60*
84. Wickiewicz TL, Roy RR, Powell PL, Perrine JJ, Edgerton VR (1984). Muscle architecture and force-velocity relationships in humans. *J Appl Physiol 57(2):435-43*
85. Wilk KE, Arrigo CA, Andrews JR (1992). Isokinetic testing of the shoulder abductors and adductors: Windowed vs nonwindowed data collection. *J Ortho Sports Phys Ther 15(2):107-12*
86. Wilson GJ, Murphy AJ (1991). The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports Med 22:19-37*
87. Winter DA, Wells RP, Orr GW (1981). Errors in the use of isokinetic dynamometers. *Euro J Appl Physiol 46:397-08*
88. Zeh J, Hansson T, Bigas S, Spengler D, Battie M, Wortley M (1986). Isometric strength testing. Recommendations based on a statistical analysis of the procedure. *Spine 11:43-46*

Cita Original

Lee E. Brown and Joseph P. Weir. ASEP Procedures Recommendation I: Accurate Assessment Of Muscular Strength And Power. JEPonline; 4 (3):1-21, 2001.