

Entrenamiento de los miembros superiores en rehabilitación pulmonar. Una revisión de la evidencia

Training of the upper limbs in pulmonary rehabilitation. A review of the evidence

Vilma Rocío Gómez Prada, FT.⁽¹⁾

RESUMEN

La rehabilitación pulmonar es una intervención que tiene como objetivo disminuir síntomas, mejorar la tolerancia al ejercicio e incrementar la participación en las actividades cotidianas de los individuos con enfermedades respiratorias crónicas. El entrenamiento físico, que constituye la parte fundamental de los programas de rehabilitación pulmonar, está orientado a ejercitar tanto los músculos que participan en la ambulación como los músculos de los miembros superiores que se utilizan para realizar la mayoría de las actividades de la vida diaria. Se recomienda que el entrenamiento de los músculos de los miembros superiores se incluya en todos los programas de rehabilitación pulmonar. En este artículo se hace una revisión de la evidencia disponible acerca de las causas que limitan la capacidad para el ejercicio de los miembros superiores en personas con enfermedades respiratorias crónicas, así como de la utilidad de entrenar los músculos de estos miembros, sus efectos y algunas consideraciones para la aplicación de este entrenamiento en la práctica clínica cotidiana.

Palabras clave: miembros superiores, entrenamiento físico, ejercicio, rehabilitación.

ABSTRACT

Pulmonary rehabilitation is an intervention whose goals are to reduce symptoms, to improve exercise tolerance, and to increase participation in everyday activities in individuals with chronic respiratory diseases. Physical training, which is at the core of pulmonary rehabilitation programs, is aimed at exercising the muscles involved in perambulation as well as those of the upper limbs, which are used in most everyday activities. It is recommended that training of the muscles of the upper limbs be included in all pulmonary rehabilitation programs. This paper reviews the available evidence on the causes of limited exercise tolerance of the upper limbs in persons with chronic respiratory diseases and on the usefulness of training these muscles. The paper also discusses the effects of this training and considers its application in everyday clinical practice.

Keywords: upper limbs, physical training, exercise, rehabilitation.

Rev Colomb Neumol 2011; 23 (3): 80-94.

(1) Fisioterapeuta, Coordinadora Programa de Rehabilitación Pulmonar. Fundación Neumológica Colombiana. Bogotá, Colombia.

Correspondencia: Correo electrónico: rehabilitacion@neumologica.org

Recibido: diciembre 19 de 2011 **Aceptado:** diciembre 29 de 2011

INTRODUCCIÓN

La rehabilitación pulmonar es una intervención cuyo objetivo es disminuir los síntomas, optimizar el estado funcional e incrementar la participación en las actividades cotidianas de las personas con enfermedades pulmonares crónicas. Los programas de rehabilitación pulmonar involucran el entrenamiento físico, la educación, la intervención nutricional y el soporte psicosocial, y es el entrenamiento físico el componente fundamental de los programas. Éste se centra en el entrenamiento de músculos de la deambulación como componente indispensable, pero además debe incluir el entrenamiento de los miembros superiores puesto que la realización de la mayoría de las actividades de la vida diaria involucra el uso de los brazos, que para ser utilizados requieren la acción de los músculos de la cintura escapular, hombros y codos, y porque los movimientos y las actividades realizadas con los miembros superiores pueden generar disnea y fatiga muscular, y así limitar la capacidad de los individuos para realizar estas actividades. El objetivo del artículo es hacer una revisión de la evidencia disponible acerca de las causas que limitan la capacidad para el ejercicio de miembros superiores en personas con enfermedades respiratorias crónicas, al igual que de la utilidad del entrenamiento de los miembros superiores, sus efectos y algunas consideraciones para su aplicación en la práctica clínica cotidiana.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este artículo es el resultado de una revisión no sistemática de la literatura con el fin de investigar las causas que limitan la capacidad para el ejercicio de miembros superiores tanto en individuos sanos como en aquellos con enfermedad respiratoria crónica, así como los efectos del entrenamiento de los miembros superiores sobre la fisiología pulmonar, síntomas (disnea y fatiga de miembros superiores), capacidad funcional y calidad de vida, además de la utilidad del entrenamiento de miembros superiores en patologías diferentes a las enfermedades respiratorias crónicas. Con el fin de sintetizar la información disponible, se reunieron las diversas pruebas y métodos de entrenamiento de los miembros superiores y los eventos adversos reportados en los artículos revisados.

La búsqueda bibliográfica, limitada a artículos publicados antes de 2010, se realizó en las bases de datos *Science Direct*, *The Cochrane Library*, *Ovid: EBM Reviews—Complete*, *Ovid: MEDLINE* y *Ovid: Your-Journals@Ovid*. Se utilizaron las siguientes palabras claves: *supported arm*, *unsupported arm*, *arm exercise*, *arm training*. Por otro lado, se excluyeron aquellos artículos que trataran acerca de pacientes con secuelas

de enfermedad cerebrovascular, parálisis cerebral o lesiones medulares, pacientes en ventilación mecánica o a quienes se les hubiera realizado cirugía de reducción de volumen pulmonar. Por último, se completó el proceso con una revisión de las referencias bibliográficas incluidas en las publicaciones encontradas y en libros electrónicos disponibles en: <http://books.google.com>

RESPUESTA AL EJERCICIO DE LOS MIEMBROS SUPERIORES EN INDIVIDUOS SANOS

Es importante recordar la importancia que tienen los miembros superiores en la vida de los individuos. Así como los miembros inferiores nos permiten deambular y desplazarnos, los superiores están involucrados en el desarrollo de múltiples actividades de la vida diaria, algunas de ellas esenciales para la supervivencia. Los miembros superiores nos permiten desarrollar tareas básicas necesarias para el autocuidado (alimentación, vestido, higiene personal), además de actividades lúdicas, de tiempo libre y laborales. La acción de los miembros superiores puede ser importante en la mayoría de los deportes no sólo en aquellos que involucran los miembros superiores para movilizar diversos instrumentos deportivos (golf, lanzamiento de bala, halterofilia, por mencionar algunos), sino también en aquellos como el atletismo, donde la posición de los brazos puede mejorar el equilibrio, la velocidad y la propulsión.

El conocimiento de las respuestas fisiológicas a la elevación y al ejercicio de los miembros superiores muestra que éstos pueden generar una exigencia a los diferentes sistemas involucrados en el ejercicio, similar o superior a la que se genera durante el entrenamiento de los miembros inferiores. En los individuos sanos el solo hecho de elevar los miembros superiores puede causar un aumento del consumo de oxígeno en 16%, la producción de dióxido de carbono en 29%, la frecuencia cardiaca en 16% y la ventilación minuto en 24%, con respecto a los valores en reposo (1). La elevación de los miembros superiores por encima de los 90 grados de flexión de hombro (posición en la cual se realizan la mayoría de actividades de la vida diaria que involucran a los miembros superiores) genera aumento de la capacidad funcional residual cuando se compara con los brazos en flexión de hombro por debajo de los 90 grados, indicando que la sola elevación de miembros superiores produce atrapamiento de aire (2).

El ejercicio de miembros superiores representa un estrés cardiopulmonar submáximo comparado con el ejercicio de miembros inferiores. Los valores de consumo de oxígeno, producción de dióxido de carbono, ventilación minuto, volumen corriente, frecuencia cardiaca

y umbral anaeróbico en ejercicio de elevada intensidad, son mayores para el ejercicio de piernas que para el ejercicio de brazos; sin embargo, cuando se compara en un mismo nivel de consumo de oxígeno, el ejercicio de los miembros superiores genera mayor producción de dióxido de carbono y mayor ventilación minuto (3), y cuando se compara en un mismo nivel de carga de trabajo, el consumo de oxígeno es significativamente mayor en el ejercicio de los brazos que en el de las piernas (4).

Por su parte, la respuesta cardiovascular al ejercicio de los brazos también es diferente respecto a aquella que se presenta en el ejercicio de las piernas: en un consumo de oxígeno similar, la frecuencia cardiaca, la presión arterial y la resistencia vascular periférica son mayores y el gasto cardiaco y el volumen sistólico menores para el ejercicio de los brazos cuando se compara con el de las piernas (5).

El volumen al final de la espiración durante el ejercicio de los brazos disminuye en individuos sanos pero en menor proporción que durante el ejercicio de las piernas, lo cual se atribuye a que el aumento de la ventilación minuto ocurre a expensas de un incremento del volumen corriente proporcionalmente menor al aumento de la frecuencia respiratoria, resultado de la fijación de la caja torácica y la pared abdominal requerida para mantener la posición del tronco durante el ejercicio de los miembros superiores. En consecuencia, el incremento del volumen corriente es relativamente pequeño y no requiere gran disminución del volumen al final de la espiración (6). Como complemento de esta observación, se documenta que para un nivel equivalente de ventilación minuto, el ejercicio de los brazos requiere mayor frecuencia respiratoria y menor volumen corriente comparado con el ejercicio de piernas (7); este patrón respiratorio "superficial" genera un mayor volumen de aire que se mueve en las vías aéreas de conducción pero que no participa en el intercambio gaseoso.

En individuos sanos el consumo de oxígeno pico alcanzado durante un ejercicio de miembros superiores representa entre el 60% y 75% del consumo de oxígeno alcanzado con un ejercicio de miembros inferiores (3, 8, 9).

RESPUESTA AL EJERCICIO DE LOS MIEMBROS SUPERIORES EN PACIENTES CON ENFERMEDAD PULMONAR

Las respuestas al ejercicio de los miembros superiores se han estudiado en individuos con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y en individuos con fibrosis quística.

De modo similar a lo que ocurre en individuos sanos, también en individuos con EPOC el consumo de oxígeno, la producción de dióxido de carbono, la ventilación minuto, la frecuencia respiratoria y el volumen corriente son mayores cuando se elevan los miembros superiores en comparación con los brazos no elevados. Este aumento es mayor en individuos con EPOC cuando se compara con individuos sanos (10). El atrapamiento de aire que se puede encontrar en reposo (11) también se presenta con el sólo hecho de elevar los brazos por encima de los 90 grados de flexión de hombro (2). Estos cambios en las variables metabólicas y ventilatorias además se observan durante las actividades de la vida diaria, en las cuales los pacientes con EPOC pueden llegar a utilizar desde un 43% (reemplazando bombillos o lámparas) hasta un 61% (levantando ollas) del consumo de oxígeno máximo (12). El patrón respiratorio también se altera con frecuencias respiratorias altas y volúmenes corrientes proporcionalmente bajos (13), tanto en ejercicio de carga constante como en ejercicio de carga incremental. Al igual que en sujetos sanos, al realizar un ejercicio máximo, los individuos con EPOC y con fibrosis quística alcanzan menor carga de trabajo, consumo de oxígeno, ventilación minuto, saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca con el ejercicio de los brazos cuando se compara con el de las piernas (4, 9, 14). Estos individuos no pueden mejorar el reclutamiento del diafragma debido al aplanamiento de sus fibras y deben recurrir al uso de los músculos accesorios de la respiración para incrementar la ventilación (15). En los sujetos con EPOC, el consumo de oxígeno alcanzado con el ejercicio de los brazos oscila entre 75% y 95% del consumo de oxígeno alcanzado con el ejercicio de las piernas; este valor, encontrado por Castagna y colaboradores, fue interpretado como un indicativo de que los músculos de las piernas pueden estar más afectados que los músculos de los brazos en términos de capacidad aeróbica. En este mismo estudio, en una prueba de ejercicio máxima, se encontró que la carga de trabajo alcanzada con los brazos y las piernas fue similar. Teniendo en cuenta que la masa muscular de los brazos es menor que la de las piernas, este hallazgo sugiere que la disfunción muscular es de menor magnitud en los brazos, lo cual puede explicarse porque el pectoral mayor, el latísimo del dorso y el serrato mayor (músculos con acción principal en el hombro) podrían tener un efecto de entrenamiento continuado ya que no sólo se activan con los movimientos de los brazos sino durante la respiración tranquila en los pacientes con EPOC, y estarían menos comprometidos que los músculos de las piernas. Sin embargo, estos hallazgos no deben generalizarse para todos los pacientes con EPOC puesto que otros estudios afirman que la carga de trabajo alcanzada con los brazos está entre 50% y

65% de aquella alcanzada con las piernas (Tabla 1), similar a lo encontrado en individuos sanos (8, 14).

De otro lado, en los sujetos con fibrosis quística se ha demostrado hiperinflación dinámica para el ejercicio de los brazos así como sucede en el ejercicio de las piernas (6).

UTILIDAD DEL ENTRENAMIENTO DE LOS MIEMBROS SUPERIORES

Las guías de práctica clínica basadas en la evidencia (16, 17), recomiendan incluir el entrenamiento de los miembros superiores durante la rehabilitación pulmonar de los pacientes con EPOC. En aquellos pacientes que acuden a un programa de rehabilitación y que presentan imposibilidad para llevar a cabo el entrenamiento de los miembros inferiores es posible implementar, como alternativa, el entrenamiento de los miembros superiores. Este tipo de entrenamiento se utiliza también en pacientes con enfermedades cardiopulmonares muy severas quienes son incapaces de realizar ejercicio en banda sinfín, o en bicicleta de miembros inferiores (3), en pacientes con enfermedad arterial periférica (18) o en casos con amputaciones de los miembros inferiores, patologías ortopédicas (19), artritis y paraplejía (20).

En los pacientes con enfermedad arterial periférica, el entrenamiento de los miembros inferiores genera claudicación que puede reducir la duración e intensidad y limitar los efectos del ejercicio sobre el sistema cardiovascular; con el ejercicio de los brazos, los pacientes pueden alcanzar mayores intensidades

de ejercicio permitiendo generar efectos de condicionamiento cardiovascular (18). El entrenamiento de los miembros superiores puede usarse en pacientes con enfermedad arterial periférica que se encuentren muy limitados para entrenarse con los miembros inferiores o en quienes tengan aversión al dolor isquémico inducido por el ejercicio.

Los pacientes con artroplastia de cadera pueden beneficiarse del entrenamiento de los miembros superiores y mejorar la distancia recorrida en la caminata de seis minutos, la velocidad de la marcha, la longitud y la cadencia del paso (19).

El entrenamiento de los miembros superiores en intervalos (30 minutos divididos en bloques de 10 minutos) genera aumento del consumo de oxígeno y ligero incremento del gasto calórico post-ejercicio, y puede contribuir a la pérdida de peso en pacientes obesos (21, 34).

El cambio que produce el entrenamiento de los miembros superiores sobre la tolerancia al ejercicio de los miembros inferiores, se atribuye a las adaptaciones cardiorrespiratorias y vasculares (adaptaciones centrales) más que a variaciones metabólicas y hemodinámicas localizadas (19, 20). Esta adaptación que se produce en los sistemas cardiovascular y respiratorio por el entrenamiento de los músculos de los miembros superiores, puede generar una mejoría del consumo de oxígeno y de la tolerancia al ejercicio en los músculos de los miembros inferiores, no por aumento de la extracción de oxígeno por parte de estos músculos, sino por mejoría del aporte de oxígeno a los mismos.

Tabla 1. Carga de trabajo máxima alcanzada en brazos y piernas en sujetos sanos y en sujetos con EPOC

Autores	Sujetos evaluados	Carga máxima alcanzada (vatios)		(Carga en brazos/ carga en piernas) x 100
		Brazos	Piernas	
Martin y colaboradores (1991) (3)	Sanos	129	253	51%
Gimenez y colaboradores (1992) (8)	Sanos	80	180	44%
Castagna y colaboradores (2007) (9)	Sanos	94	162	58%
Gimenez y colaboradores (1992) (8)	EPOC sin hipoventilación alveolar	75	150	50%
Gimenez y colaboradores (1992) (8)	EPOC con hipoventilación alveolar	30	60	50%
Carter y colaboradores (2003) (14)	Hombres con EPOC	44.4	68.4	64%
Carter y colaboradores (2003) (14)	Mujeres con EPOC	25.2	48.7	52%
Castagna y colaboradores (2007) (9)	EPOC	54	58	93%

FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA INTOLERANCIA AL EJERCICIO DE LOS MIEMBROS SUPERIORES EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RESPIRATORIA

Asincronía de la respiración (movimiento paradójico) (22, 23)

Es el movimiento de la pared abdominal hacia adentro durante la inspiración y hacia afuera durante la espiración, contrario (paradójico) a lo que ocurre en condiciones normales. Esta alteración de la sincronía de la respiración se presenta en individuos con EPOC durante el ejercicio de los brazos pero no durante el ejercicio de las piernas.

Debilidad de los músculos respiratorios y de la cintura escapular

La debilidad muscular no compromete a todos los músculos de igual manera. Los músculos inspiratorios (sometidos a la hiperinflación) muestran mayor debilidad que los músculos espiratorios, y la fuerza de los músculos de la mano y del bíceps está menos afectada que la de los músculos abductores de hombro (24). La debilidad de los abductores de hombro puede deberse a que los pacientes evitan las actividades de elevación de los miembros superiores por encima de la cabeza debido a la disnea que éstas les ocasionan.

Alteración del patrón respiratorio

Cuando los pacientes con EPOC realizan ejercicio o actividades de la vida diaria con los miembros superiores, tales como amarrarse los zapatos, cepillarse los dientes y peinarse el cabello, el patrón respiratorio se torna rápido y superficial (25). Este patrón respiratorio puede darse por debilidad del diafragma que hace que la ventilación minuto aumente a expensas de incrementos en la frecuencia respiratoria y no del volumen corriente (26) y, como se anotó, a la fijación de la caja torácica que tienen los pacientes con EPOC por efecto del reclutamiento de músculos accesorios de la respiración. El solo hecho de levantar los brazos mientras son soportados en un cabestrillo (con lo cual se anula la contracción de los músculos de la cintura escapular) ocasiona alteración del patrón respiratorio en individuos con EPOC (27).

Sobrecarga del diafragma y contribución de otros músculos a la ventilación

Los músculos de la cintura escapular, que son accesorios de la respiración, pueden disminuir su par-

ticipación en la ventilación cuando son requeridos para realizar actividades que implican movimiento de los miembros superiores, soporte postural de los brazos y del tronco. A medida que empeora la obstrucción, la función diafragmática puede verse más alterada y la contribución de los músculos accesorios de la respiración a la ventilación puede ser más importante (22). Cuando se realiza la elevación de los miembros superiores, el reclutamiento muscular del diafragma disminuye y se genera mayor reclutamiento de los músculos accesorios de la respiración (15).

Cambios histoquímicos en las fibras musculares

Los cambios en las fibras musculares que se han encontrado en el bíceps de los pacientes con EPOC, no son tan consecuentes como los encontrados en los miembros inferiores; en algunos pacientes con EPOC e índice de masa corporal bajo, se ha observado una disminución en el diámetro de las fibras musculares tipo I y II (28), diferente a lo encontrado por Gea y colaboradores (29) quienes analizaron biopsias del músculo deltoides en individuos con EPOC con índice de masa corporal normal y encontraron que la concentración de enzimas oxidativas (creatinkinasa y fosfofructokinasa) y la proporción y el tamaño de las fibras musculares estaban preservadas. Los individuos con EPOC presentan una disminución de la fuerza muscular y del área de sección transversal del pectoral mayor y del latísimo del dorso cuando se les compara con individuos sanos (30).

Redistribución del flujo sanguíneo

Un esfuerzo sostenido de los músculos de los antebrazos, por ejemplo al realizar actividades con los brazos elevados por encima de la cabeza, puede disminuir el flujo sanguíneo y causar fatiga muscular, acortando el tiempo que la actividad puede ser mantenida. Además, se ha especulado que, en los pacientes con EPOC el flujo sanguíneo muscular periférico y la extracción de oxígeno durante el ejercicio están limitados por una redistribución del gasto cardíaco de los músculos de los miembros ejercitados a los músculos respiratorios en busca de mantener una ventilación alta durante el ejercicio (12).

Aumento de los niveles de ácido láctico (31)

Souza y colaboradores midieron los niveles de ácido láctico durante el ejercicio sin apoyo de los miembros superiores y encontraron que éstos aumentan de 1,8 mmol/L en reposo a 2,6 mmol/L al final del ejercicio incremental de miembros superiores. El ejercicio de

miembros superiores hace que se presente un umbral anaeróbico más temprano cuando se compara con el ejercicio de piernas y esto puede explicarse por la pequeña masa muscular de los miembros superiores comparada con la masa muscular de los inferiores (3). El incremento de los niveles de ácido láctico es un estímulo para que el centro respiratorio genere incremento en la ventilación, pero este mecanismo se limita en pacientes con EPOC debido a la "restricción" mecánica asociada a la hiperinflación dinámica, lo cual puede generar disociación neuromecánica que se manifiesta clínicamente como disnea.

Otras consideraciones

La ventilación minuto durante el ejercicio máximo de brazos es menor que en el ejercicio de piernas, lo cual sugiere que no se alcanza limitación ventilatoria y que este no es un factor limitante como sí lo es para el ejercicio de miembros inferiores en pacientes con EPOC (14). Sin embargo, en pacientes con fibrosis quística el índice de disnea (ventilación minuto pico/ventilación voluntaria máxima) al realizar ejercicio de miembros superiores fue 109% (normal < 85%), indicando que estos individuos sí presentan limitación ventilatoria al realizar ejercicio de miembros superiores (4). En individuos con EPOC la saturación de oxígeno es más alta al realizar ejercicio de los brazos comparado con el de las piernas (22); en un estudio realizado para medir el efecto del ejercicio sin apoyo sobre los niveles de ácido láctico no se presentaron disminuciones en la saturación de oxígeno de menos del 3% (31).

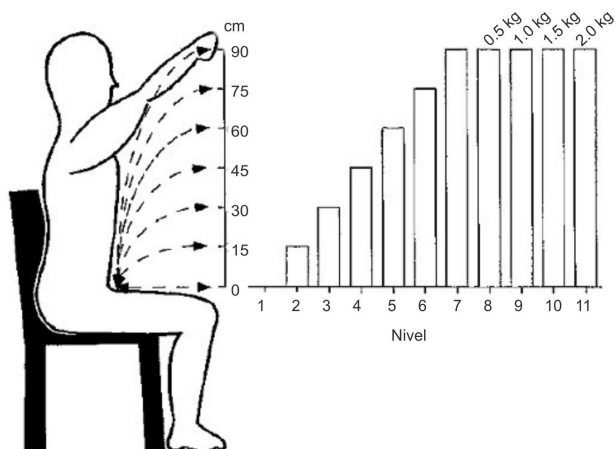


Figura 1. Representación de la prueba de los miembros superiores sin apoyo (Ver explicación en el texto) Adaptada de: Takahashi T, Jenkins S, Strauss G, Watson C, Lake F. A new unsupported upper limb exercise test for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil* 2003;23:430-437.

PRUEBAS PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DE EJERCICIO DE LOS MIEMBROS SUPERIORES

A continuación se describen algunas de las pruebas utilizadas para evaluar la capacidad de ejercicio de los miembros superiores. Éstas se han dividido en:

- Pruebas para evaluar la capacidad para el ejercicio pico o máximo.
- Pruebas para evaluar la capacidad funcional del ejercicio.
- Pruebas para evaluar la capacidad para el ejercicio sostenido.
- Pruebas para evaluar la fuerza muscular.

1. Capacidad para el ejercicio máximo

1.1 Ergometría de miembros superiores (32): el ejercicio se realiza en un ergómetro de brazos en el cual se mantiene una velocidad constante del braceo (60 revoluciones por minuto es la cadencia energética óptima puesto que produce menos estrés sobre la frecuencia cardiaca (33); la prueba inicia con dos a tres minutos de braceo sin carga (calentamiento), continúa con incrementos de 5 a 10 vatios cada dos minutos y finaliza cuando el paciente refiere fatiga muscular o cansancio, cuando hay signos y síntomas que indican que debe parar, porque el sujeto no es capaz de mantener la velocidad del braceo o porque pide parar por otros motivos (34). Antes de la prueba se puede permitir al paciente una o dos sesiones de práctica de cinco minutos (8) y durante la prueba se pueden dar estímulos verbales para que mantenga la velocidad del braceo (33). Unas desventajas de esta prueba son, en primer lugar, que el ejercicio en ergómetro de brazos no se asemeja a los movimientos utilizados en las actividades de la vida diaria y, en segunda instancia, que los ergómetros son costosos y no siempre están disponibles.

1.2 Test de ejercicio sin apoyo de los miembros superiores (Unsupported Upper Limb Exercise Test – UULEX) (35) (Figura 1): el paciente se sienta en una silla, con ambos pies apoyados en el suelo frente a una pared en la cual se ubica un cartel, el cual consiste en unas bandas de colores dispuestas de forma horizontal; cada una mide 0,84 m de ancho y 0,08 m de alto, y están identificadas por números (del 1, la más baja, hasta 8, la más alta) y colores (azul oscuro, rojo, amarillo, verde claro, rosado, negro, naranja y azul claro); adicionalmente, la distancia entre los centros de las bandas es 0,15 m. El cartel se ajusta para que el primer nivel quede a la altura de las rodillas. Se registra el máximo nivel que el paciente es capaz de alcanzar. La prueba inicia con un calentamiento de dos minutos

durante los cuales se realiza un movimiento de una barra plástica (peso: 0,2 kg, calibre: 25 mm y longitud 0,84 m) desde una posición neutral hasta el nivel uno. Una vez el paciente ha alcanzado su máximo nivel, la barra es reemplazada por una más pesada (0,5 kg) y el paciente continúa el ejercicio hasta el nivel más alto. Cada minuto se incrementa el peso de la barra en 0,5 kg hasta un máximo de 2 kg. La cadencia del test es controlada utilizando un metrónomo (para mantener un movimiento de 30 repeticiones por minuto); el tiempo de realización de la prueba se registra en segundos. La prueba se termina si se alcanza el 85% de la frecuencia cardíaca máxima predicha, si hay disminución de la saturación de oxígeno por debajo de 85% o si el paciente es incapaz de continuar desarrollando la prueba de manera correcta. Se evalúa percepción del esfuerzo con escala de Borg y percepción de disnea con escala de Borg modificada. Esta prueba es reproducible en pacientes con EPOC y puede ser más relevante que una prueba en cicloergómetro debido a que se asemeja más a las actividades de la vida diaria realizadas con los miembros superiores. Los equipos utilizados para realizar la prueba son económicos y no se requiere gran cantidad de espacio.

2. Capacidad funcional del ejercicio

2.1 Test de actividades de la vida diaria simuladas: incluye tres tareas que deben ser efectuadas en el menor tiempo posible con la alternativa de poder descansar entre tareas y durante éstas si es necesario. Las tres tareas son:

- Lavar platos (los pacientes deben lavar, enjabonar y poner en un estante dos juegos de platos y una olla).
- Tareas de tablero (los pacientes cubren un tablero limpio con escritura continua y luego lo borran); con esta actividad se simulan actividades como limpiar una ventana, una pared o un espejo.
- Poner comestibles en estanterías (los pacientes cargan, desempacan y guardan dos bolsas de comestibles que pesan 8 libras cada una). Se registra el tiempo que tardan en realizar las tres actividades incluyendo los tiempos de descanso.

2.2 Prueba de campo para actividades de la vida diaria (ADL Field Test) (37, 51) (Figura 2): se le pide al paciente desarrollar un circuito de cuatro actividades

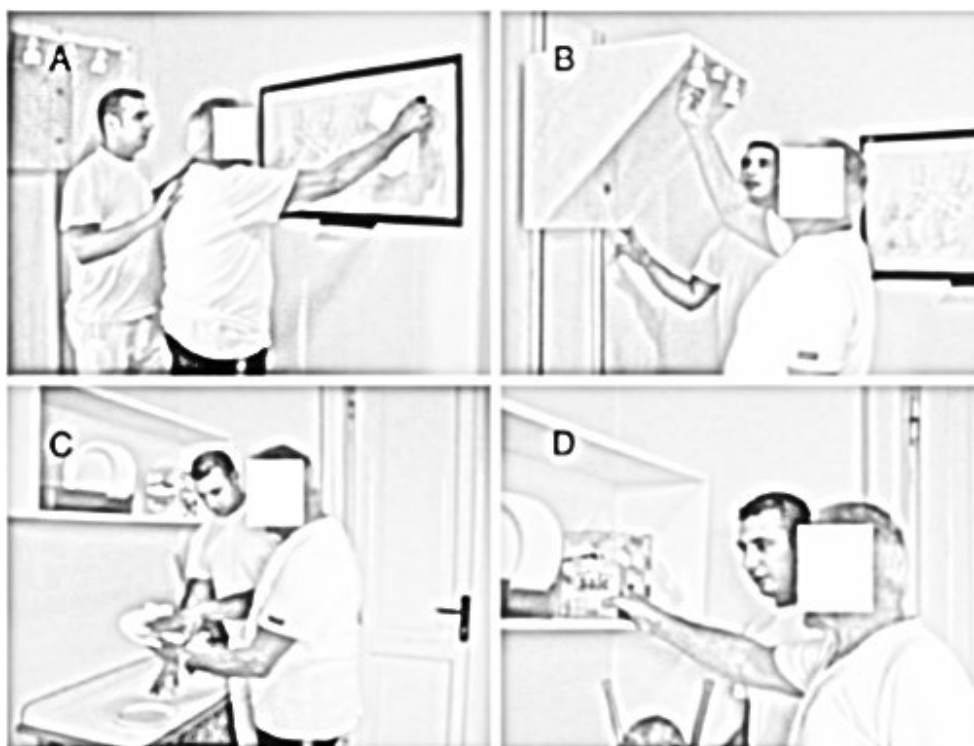


Figura 2. Prueba de actividades de la vida diaria.

Actividades desarrolladas en el test de campo de actividades de la vida diaria. Adaptada de: Costi S, Crisafulli E, Antoni F, Beneventi C, Fabbri L, Clini E. Effects of unsupported upper extremity exercise training in patients with COPD: A Randomized Clinical Trial. Chest 2009; 136:387-95.

simuladas que requieren la elevación de los miembros superiores sobre los hombros; las actividades son las siguientes:

- Limpiar un tablero simulando la acción de limpieza de una ventana.
- Atornillar y destornillar tres bombillos colocados en un tablero por encima de la cabeza del paciente.
- Secar por completo diez platos y ponerlos en un estante fijo sobre el nivel del hombro.
- Trasladar un número de bolsas de comestibles con un peso entre 500 y 1.000 gramos (por ejemplo bolsas de sal, azúcar, pasta) de un estante inferior a un estante superior que se encuentra a nivel del hombro. Los pacientes deben realizar este circuito lo más rápido posible durante 10 minutos; se registra el número de veces que lo realizan. Se les permite parar si lo necesitan.

2.3 Prueba de tablero de clavijas y anillos (Pegboard and ring test - PBRT) (38) (Figura 3): el sujeto se sienta delante de un tablero que se ubica de tal manera que dos clavijas queden al nivel de los hombros y las otras dos a 20 cm por encima del nivel de los hombros. Se ubican 10 anillos de media onza cada uno en la clavija inferior, y se instruye a los sujetos para que los muevan uno por uno usando ambas manos; los anillos deben pasarse de las clavijas inferiores a las superiores, luego éstos deben retornarse uno por uno de las clavijas superiores a las inferiores y así sucesivamente durante un período de seis minutos. Se puede permitir realizar un ciclo de movimientos superior e inferior para familiarizarse con el procedimiento. Al paciente se le debe explicar que debe movilizar la mayor cantidad de anillos en 6 minutos, y que puede detenerse para descansar si lo requiere. Se monitorea la disnea y la fatiga de los miembros superiores y se registra la oximetría de pulso, la frecuencia cardíaca y la presión arterial. Esta prueba, además de ser simple y poco costosa, es válida y fiable para medir la capacidad funcional de los brazos en pacientes con EPOC.

3. Capacidad para el ejercicio sostenido

3.1 Prueba de carga constante con los brazos no apoyados (26): el paciente sentado en una silla, con los pies apoyados en el suelo, levanta una barra de madera por encima de su cabeza con los codos rectos haciendo flexión y extensión de hombro, hasta el cansancio; se registra el tiempo total en segundos.

3.2 Prueba de ejercicio sostenido en ergómetro de brazos (36): se evalúa la capacidad de sostener una car-

ga de trabajo constante durante un período de tiempo. La carga de trabajo se calcula con un test incremental y se realiza la prueba hasta el agotamiento.

3.3 Prueba de desempeño de las extremidades superiores (Upper extremity performance test): consiste en completar el máximo número de elevaciones de los brazos en un minuto manteniendo un peso libre en la mano. Cada brazo se evalúa con dos ejercicios: flexión de hombro y abducción de hombro. El peso para cada paciente se determina antes de la prueba para producir fatiga en un minuto (3 a 5 libras para hombres y 2 a 4 libras para mujeres) (36).

4. Evaluación de la fuerza muscular de los miembros superiores

4.1 Dinamometría de la mano (39): se puede utilizar para evaluar la fuerza muscular antes y después de la rehabilitación pulmonar, identificar la debilidad, ayudar a prescribir programas específicos de fortalecimiento y medir el progreso del entrenamiento. Se ha demostrado su confiabilidad para la medición de fuerza del pectoral mayor y de la flexión del hombro en pacientes con EPOC. Sin embargo, la fuerza de estos músculos debe mejorar entre 1,2 kg en el pectoral y 3,7 kg en la flexión de hombro para que el dinamómetro pueda detectar los cambios, por lo cual se recomienda utilizar esta forma de evaluación con precaución.

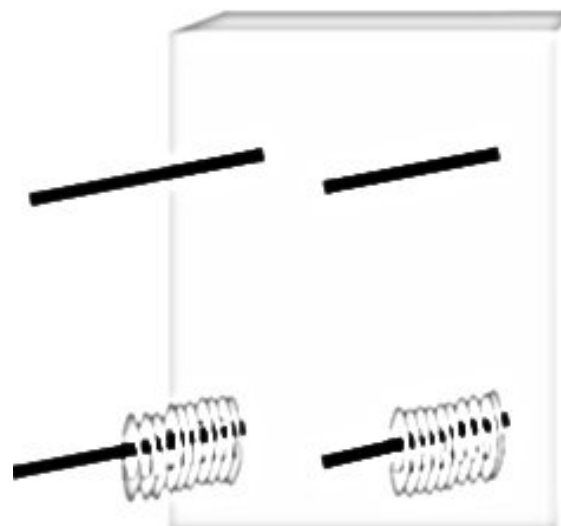


Figura 3. Prueba de tablero de clavijas y anillos. Equipo usado en la prueba de tablero de clavijas y anillos (Pegboard and ring test (PBRT)). Adaptada de: Zhan S, Cerny F, Gibbons W, Mador M, Wu Y. Development of an unsupported arm exercise test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation* 2006; 26:180-87

4.2 Prueba de repetición máxima (RM) (40): expresa valores de fuerza dinámica máxima medida en kilogramos. La prueba de repetición máxima mide la cantidad de peso que se puede vencer de forma concéntrica una sola vez. En esta prueba se realiza un calentamiento de tres o cuatro repeticiones del movimiento con una carga muy liviana, para luego ir alcanzando el máximo peso que se puede desplazar. La prueba de 1 RM puede ser inapropiada para evaluar la fuerza en relación con la salud en personas de mediana y edad avanzada, de ahí que en estos casos sea más apropiado determinar el peso con el que se pueden realizar tres repeticiones (3 RM), cinco repeticiones (5 RM) o diez repeticiones máximas (10 RM).

4.3 Prueba de ejercicio sin apoyo utilizando los movimientos en diagonal de las técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva (31): se realiza utilizando la segunda diagonal (flexión, abducción y rotación externa de hombro). Se hace ejercicio durante dos minutos seguido de un minuto de descanso; la prueba inicia levantando 250 g y se va incrementando en 250 g al inicio de los siguientes dos minutos. La frecuencia del movimiento es impuesta por un metrónomo programado para realizar 20 repeticiones por minuto. La prueba se puede realizar en posición sedente e interrumpir si el paciente presenta excesiva disnea o fatiga muscular.

MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO

El entrenamiento de los miembros superiores puede estar dirigido a:

- Mejorar la capacidad aeróbica, para lo cual se utiliza una carga de trabajo por encima del 50% de la capacidad de ejercicio pico (41).
- Optimizar la fuerza muscular, para lo cual se utilizan modalidades de ejercicio donde los individuos deben mover resistencias externas (pesas, barras, bandas elásticas).
- Mejorar el desempeño en las actividades de la vida diaria, para lo cual se utilizan modalidades de entrenamiento que involucran la repetición de movimientos que se realizan habitualmente.

La fuerza o potencia se entiende como la capacidad que tiene un músculo de vencer una carga externa y se interpreta como equivalente a los términos *resistance*, *strength*, *weight training* o *weightlifting* del idioma inglés; la resistencia (capacidad aeróbica) es la capacidad que tiene un individuo de mantener una carga de trabajo constante durante un período de tiempo prolongado y debe interpretarse como sinónimo del término *endurance* del idioma inglés (40).

Para el entrenamiento pueden utilizarse modos de ejercicio soportado o denominado también con apoyo (ergometría de miembros superiores o entrenamiento con remos), o no soportado conocido como entrenamiento sin apoyo (levantamiento de pesos libres, de barras de madera, o estiramiento de bandas elásticas); la ventaja de este último es que simula las actividades de la vida diaria que se realizan sin apoyo de los miembros superiores y requiere menos equipo, por lo cual puede resultar menos costoso.

1. Entrenamiento con cicloergometría de los miembros superiores (36, 26): La carga de trabajo inicial se determina con una prueba incremental escogiendo aquella que coincida con una percepción del esfuerzo de 12 a 14 en la escala de Borg, una percepción de disnea de 3 en la escala de Borg modificada o una carga que puede oscilar entre 50% (42) y 60% (43) de la carga máxima alcanzada en una prueba incremental; una carga de 80% (44, 45), utilizada en algunos estudios es mal tolerada por aumento de disnea y fatiga de los miembros superiores con grandes demandas ventilatorias y probablemente no está indicada para ser considerada en la prescripción inicial del entrenamiento (46). El ejercicio puede llevarse a cabo de manera continua o con intervalos. En el modo continuo, el paciente debe mantener una carga constante durante un tiempo hasta de 15 minutos; cuando es capaz de mantener este tiempo, se puede incrementar la carga de trabajo (47); no obstante, Celli recomienda mantener el entrenamiento hasta por 30 minutos (43). En el protocolo con intervalos se alternan períodos de entrenamiento con otros de descanso que se modifican durante el transcurso del entrenamiento (18).

2. Entrenamiento de resistencia contra gravedad (Gravity Resistance) (36): este programa de entrenamiento incluye una serie de cinco ejercicios de baja resistencia – alta repetición, buscando incrementar la resistencia de los músculos de los brazos y el hombro. Cada ejercicio se coordina con la respiración en niveles que aumentan de forma progresiva: 1) Número de movimientos del brazo por exhalación (de uno a seis), 2) Número de series (una a dos) de 10 repeticiones de cada ejercicio, y 3) Añadiendo pesos en las manos (de 1 a 5 libras). Los pacientes entrenan una vez al día durante una semana y luego dos veces al día. El entrenamiento empieza en el primer nivel y la progresión al siguiente nivel se hace semanalmente con supervisión del terapeuta.

3. Técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva (36): este programa involucra ejercicios de baja frecuencia y cargas progresivas con pesos para mejorar la fuerza y la resistencia muscular. Utiliza ejercicios en diagonales de movimiento diseñados para fortalecer los

músculos débiles, ejercitando funcionalmente ciertos músculos que participan en un patrón de movimiento. El entrenamiento incluye cuatro ejercicios con el mismo peso y coordinados con la respiración durante la exhalación. Cada ejercicio se realiza en tres series de cuatro a diez repeticiones. El peso inicial es el máximo peso con que el individuo puede completar seis repeticiones del primer ejercicio (de una a cinco libras); el aumento de peso se hace cuando el paciente puede completar tres series de al menos seis repeticiones de cada ejercicio. La justificación para usar los ejercicios en diagonal es que en un solo patrón de movimiento se involucra mayor número de músculos respecto a otros ejercicios (31).

4. Entrenamiento en circuito (48, 49): incluye ergometría de miembros superiores con diferentes niveles de carga, lanzar una bola contra una pared por encima de la horizontal, pasar una bolsa de frijoles por encima de la cabeza, halar una soga sobre una polea y mover anillos a través de un alambre, sin tocarlo, manteniendo los brazos por encima de la horizontal. Cada ejercicio se realiza durante 40 segundos, seguido de 20 segundos de descanso, en total, durante 3 minutos.

5. Levantamiento de barras de madera (50, 26): se realizan los siguientes ejercicios: flexión y extensión de hombro en combinación con flexión y extensión de codo; flexión y extensión aislada de codos; abducción y aducción horizontal y círculos de hombro. La carga inicial y la duración del trabajo se eligen para proporcionar una carga de trabajo que coincida con una percepción del esfuerzo de 12 a 14 en la escala de Borg o una percepción de disnea de 3 en la escala de Borg modificada. Se inicia con medio minuto de cada ejercicio hasta un total de 3½ minutos. El incremento en el peso de la barra se hace semanalmente a tolerancia.

6. Levantamiento de pesos libres (51): se calcula la carga que puede soportar cada músculo con una repetición máxima y con 50% de la carga alcanzada; se realizan tres series de 10 repeticiones de cada ejercicio. Se entrenan cinco músculos involucrados en la respiración o en el soporte de la cintura escapular durante el desarrollo de las actividades de la vida diaria con los brazos no soportados: a) Ejercicio I (pectorales): a partir de los hombros en 90° de abducción en el plano coronal con los codos flexionados a 90°, se le pide al paciente que haga aducción de los codos en el plano horizontal y regrese a la posición inicial, b) Ejercicio II (deltoides): a partir de la extensión y aducción de los brazos en posición anatómica se le pide al paciente que realice abducción en el plano escapular hasta los 100° y vuelva a la posición inicial, c) Ejercicio III (tríceps braquial): se inicia con el hombro derecho flexionado a 180° en el plano sagital con el codo flexionado por completo; se le pide al paciente que extienda el codo y

vuelva a la posición inicial. El brazo izquierdo descansa en posición anatómica, después de la realización de tres series, y se repite el movimiento con el brazo izquierdo, d) Ejercicio IV (trapecio y tríceps braquial): a partir de los 90° de abducción de hombro en el plano coronal, codos totalmente flexionados y pesas descansando sobre los hombros se le pide al paciente que realice abducción completa mientras extiende los codos para alcanzar los 180° de abducción del hombro en el plano coronal y regrese a la posición inicial, e) Ejercicio V (bíceps braquial): a partir de los miembros superiores extendidos y aducidos en posición anatómica y los hombros en rotación externa se le pide al paciente que flexione los codos, manteniéndolos cerca del tórax, y vuelva a la posición inicial. Al final de las tres series de cada ejercicio al paciente se le pregunta la percepción de la disnea y la fatiga de miembros superiores; si esta percepción es menor o igual a 3 en la escala de Borg modificada, al día siguiente se incrementa el número de repeticiones de 10 a 12 y luego de 12 a 15. Una vez se alcanzan 15 repeticiones por movimiento con una percepción de disnea y fatiga menor o igual a 3, se incrementa el peso en 500 g y se vuelve a 10 repeticiones de cada serie. Los pacientes descansan 30 segundos entre series y un minuto entre los diferentes movimientos.

7. Entrenamiento con bandas elásticas: son ejercicios que se realizan moviendo bandas elásticas (Theraband®, Hygenic Corporation, OH, USA), haciendo tres series de 8 a 12 repeticiones de cada ejercicio, en arco completo de movimiento. Se debe instruir a los pacientes para que respiren correctamente y eviten maniobra de Valsalva. El color de la banda se cambia (se incrementa la resistencia) una vez el paciente puede desarrollar las tres series con una técnica correcta y dentro del rango total de movimiento (60).

El entrenamiento se realiza siguiendo algunos principios del entrenamiento: frecuencia, intensidad y sobrecarga. La frecuencia se refiere al número de veces por semana en que se realiza el entrenamiento, la intensidad hace alusión al porcentaje de carga impuesto y la sobrecarga a los parámetros que se deben aumentar para someter al organismo a una carga de trabajo superior a la que está acostumbrado. Para el entrenamiento de fuerza se utilizan sesiones de dos a tres veces por semana durante 8 a 12 semanas o programas más cortos (de seis semanas) con sesiones diarias (47, 52). La progresión, se puede hacer semanalmente aumentando el número de series, repeticiones o peso según la percepción de síntomas (disnea y fatiga de miembros superiores). Cuando se entrena con pesas, los incrementos se pueden hacer aumentando entre 250 y 500 g cada tres sesiones según la tolerancia del paciente (47).

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE LOS MIEMBROS SUPERIORES

Los efectos del entrenamiento pueden medirse como mejoría de la capacidad para el ejercicio, disminución de la sintomatología y mejoría de la calidad de vida.

1. La mejoría de la tolerancia al ejercicio es medida como el aumento de la carga de trabajo alcanzada en la prueba incremental y el aumento del tiempo de resistencia en cicloergómetro (45, 36, 26, 32), el aumento del tiempo en la prueba de ejercicio sin apoyo no soportado de miembros superiores (UULEX) (49) y el aumento del número de repeticiones (levantamiento de brazos) en la prueba de desempeño de las extremidades superiores (36) y en la prueba de carga constante con brazos no apoyados (59).

2. Mejoría de la fuerza muscular (52-54): el entrenamiento de fuerza mejora el peso movilizado con la prueba de RM (repetición máxima) en 33% para la flexión de codo, así como la fuerza del latísimo del dorso y de los músculos pectorales y la fuerza para la flexión, extensión y abducción de hombro.

3. Disminución de la sensación de disnea durante el ejercicio (44, 45): la disminución de la disnea se acompaña de aumento de la capacidad inspiratoria, que sugiere que la mejoría de la mecánica ventilatoria con el entrenamiento puede contribuir a reducir la carga mecánica sobre el sistema respiratorio y así disminuir la disnea. Otra razón que se ha postulado y que explica la disminución de la disnea con el entrenamiento es la desensibilización (técnica utilizada en Psiquiatría para disminuir las fobias, en la cual los individuos son sometidos gradualmente a un estímulo que les genera ansiedad o temor –por ejemplo serpientes o alturas– en un ambiente seguro, lo cual disminuye la ansiedad o el temor asociado con el estímulo). Esta alternativa se ha estudiado para el entrenamiento de miembros inferiores (55), pero este concepto podría aplicarse también para la disnea producida durante el entrenamiento o las actividades de la vida diaria que involucran los miembros superiores. En un estudio realizado por Belman y colaboradores (56) se encontró que la percepción de la disnea medida con la escala de Borg disminuía al segundo día de realizar ejercicio, mientras que la frecuencia cardíaca, el consumo de oxígeno, la ventilación minuto, la frecuencia respiratoria y el volumen corriente permanecían constantes sugiriendo que la percepción de la disnea disminuye sin un cambio en índices que indiquen un verdadero efecto de entrenamiento; es posible que la repetición del ejercicio en presencia de personal médico sirva como una forma de desensibilización durante los programas de rehabilitación pulmonar.

4. Disminución de la sensación de fatiga muscular de los miembros superiores (37, 45): al comparar el esfuerzo de los brazos en una ventilación minuto estandarizada durante una prueba incremental en ergómetro de miembros superiores, la fatiga es menor después del programa de entrenamiento. También se ha documentado disminución de la fatiga de miembros superiores en la prueba de tablero de clavijas y anillos y durante la prueba de campo para actividades de la vida diaria.

5. Disminución de los requerimientos ventilatorios para la elevación de los miembros superiores (15, 32, 44, 57): durante el isotiempo de la prueba de resistencia, se ha comprobado disminución de la ventilación minuto, del consumo de oxígeno, de la producción de dióxido de carbono y del equivalente ventilatorio para el oxígeno. Esta disminución de los requerimientos ventilatorios puede hacer que se desarrollen actividades con los miembros superiores con menor sensación de disnea.

6. Disminución de la hiperinflación dinámica (44, 45): al comparar el ejercicio de miembros superiores antes y después de un programa de entrenamiento, la capacidad inspiratoria evaluada en una carga de trabajo estandarizada fue mayor. Esto se acompañó de una disminución en la ventilación minuto dada principalmente por disminución de la frecuencia respiratoria. El patrón respiratorio también mejora puesto que la ventilación minuto se reduce por disminución de la frecuencia respiratoria.

7. Efectos sobre la disnea en las actividades de la vida diaria: aunque Costi y colaboradores (37) encontraron mejoría de la disnea evaluada en el cuestionario de London Chest en los dominios de autocuidado y actividades domésticas, una revisión sistemática realizada por Janaudis-Ferreira (47) no encontró diferencias significativas en la disnea en las actividades de la vida diaria en el grupo que recibió entrenamiento de miembros superiores comparado con el grupo control.

8. Mejoría de la capacidad funcional: se ha documentado un aumento del número de veces en que los pacientes realizan las actividades de la vida diaria, a través de la evaluación con la prueba de campo para actividades de la vida diaria (37), así como mejoría de la función de los miembros superiores medida como aumento del número de anillos movilizados en la prueba de tablero de clavijas y anillos (58).

9. Efectos sobre la calidad de vida: una revisión sistemática realizada para evaluar el impacto del entrenamiento de fuerza no encontró efectos del entrenamiento de miembros superiores sobre la limitación de la actividad y la restricción en la participación (39).

Además, estudios realizados antes de 2009 (41, 59) encontraron que el entrenamiento no soportado en pacientes con EPOC no tiene efecto sobre el dominio de disnea del Chronic Respiratory Questionnaire cuando se compara con el entrenamiento de miembros inferiores. Sin embargo, en un estudio más reciente Subin y colaboradores (49) sí demostraron mejoría en todos los dominios de la calidad de vida evaluados con el cuestionario en mención. La evidencia disponible no es concluyente y, por lo tanto, no es posible conocer el efecto que tiene el entrenamiento de miembros superiores sobre la calidad de vida; se requiere mayor investigación al respecto.

10. Otros efectos: se han evaluado los resultados cualitativos de un programa de entrenamiento de fuerza de los miembros superiores e inferiores utilizando bandas elásticas en pacientes con EPOC, y se ha encontrado mejoría en el control y confianza al realizar actividades de la vida diaria. Los pacientes manifestaron mejoría en las actividades de cuidado personal, labores domésticas, actividades de tiempo libre y roles como cuidar a los nietos y tareas físicas como transportar bolsas de mercado; además reportaron mayor control de la respiración y cambios en la apariencia física (60).

CONSIDERACIONES PRÁCTICAS PARA EL ENTRENAMIENTO DE LOS MIEMBROS SUPERIORES EN REHABILITACIÓN PULMONAR

Cuando se realiza entrenamiento con ergómetro de miembros superiores es importante tener en cuenta la posición de los brazos con respecto al ergómetro. La posición de la manivela debe estar al nivel de los hombros de tal manera que éstos formen un ángulo de 90 grados con el tronco; la posición de los codos es aquella que permita una flexión de mínimo 30 grados (Figura 4). El ángulo de codo de 30 grados es más eficiente y menos estresante comparado con un ángulo de 15 grados puesto que produce menor consumo de oxígeno y ventilación minuto. No se ha demostrado que la posición del hombro a 90 grados genere alguna ventaja mecánica sobre el braceo en el ergómetro (61).

Explicar a los pacientes que la disnea que experimentan con actividades de mínimo esfuerzo efectuadas con los miembros superiores se debe a un patrón respiratorio rápido y asincrónico, que ellos mismos pueden constatar, puede hacer que se tranquilicen, eliminen el temor para desarrollar las actividades de los miembros superiores y adopten un patrón respiratorio consciente (25). Durante el entrenamiento de fuerza se debe supervisar la realización de los ejercicios para obtener movimientos en cámara lenta con respiración controlada durante la fase de levantamiento del peso (62).

Al realizar entrenamiento de fuerza en un programa de rehabilitación pulmonar ambulatorio, es importante familiarizar a los pacientes con el entrenamiento con pesos libres y bandas elásticas, los cuales constituyen una forma práctica, simple y económica de entrenamiento de fuerza, y no sólo entrenarlos en máquinas de pesas, de tal manera que puedan continuar con una rutina de ejercicios de fuerza en casa cuando finalice el programa de rehabilitación ambulatorio (39, 41).

Los programas de rehabilitación pulmonar deben incluir estrategias que enseñen a los pacientes a apoyar (soportar) los brazos durante las actividades o a que realicen descansos frecuentes en los cuales los brazos permanezcan abajo como una estrategia para disminuir la disnea durante las actividades que se llevan a cabo con los miembros superiores elevados (2, 27); en esta posición la mecánica de tórax no resulta tan constreñida, lo cual puede hacer posible la realización de tareas con los miembros superiores. Además, las pausas o el hacer las actividades en un ritmo más lento pueden prevenir el desarrollo de fatiga de los músculos del cuello y el hombro (63) y permite que se restablezca el flujo sanguíneo que puede verse disminuido durante la contracción muscular (12).

En la práctica clínica se deberían adaptar programas de entrenamiento de fuerza para pacientes con alteraciones músculo-esqueléticas (47), que puedan ser aplicados a pacientes con patologías que limiten los arcos de movimiento articular o que presenten dolores articulares crónicos.

EVENTOS ADVERSOS ASOCIADOS CON EL ENTRENAMIENTO DE LOS MIEMBROS SUPERIORES

En general, el entrenamiento de los miembros superiores es bien tolerado y se informan pocos eventos adversos (47); sin embargo, se debe ser cuidadoso en la prescripción del entrenamiento en pacientes con condiciones que puedan limitar el ejercicio de miembros superiores. Teniendo en cuenta que los pacientes con este tipo de condiciones patológicas se excluyen de los estudios de investigación (37), la información sobre los potenciales efectos adversos del entrenamiento de los miembros superiores es limitada. En la revisión hecha para la elaboración de este documento, se encontraron dos eventos adversos: un caso de bursitis sintomática del hombro (26) que se presentó en un estudio en el cual se comparaba el entrenamiento con apoyo (ergometría de miembros superiores) y sin apoyo (elevación de barras de madera), y un caso de dolor de espalda (36) que los autores consideraron podía atribuirse al entrenamiento de los miembros superiores.



Figura 4. Posición de los miembros superiores en el ergómetro de miembros superiores.

La figura en plano sagital muestra la ubicación del hombro, en un ángulo de 90 grados con el tronco; la figura en plano transversal muestra 30 grados de flexión de codo. Adaptada de: Drongelen V, Maas J, Scheel-Sailer A, Van Der Woude L. Sub-maximal arm crank ergometry: Effects of crank axis positioning on mechanical efficiency, physiological strain and perceived discomfort. *J Med Eng Tech*, 2009 33(2): 151–57.

CONCLUSIONES

Existen numerosas pruebas y formas de entrenamiento que pueden aplicarse a los pacientes con enfermedades respiratorias crónicas en los programas de rehabilitación pulmonar. Los beneficios del entrenamiento de miembros superiores se demuestran claramente en la mejoría de la fuerza muscular, la capacidad aeróbica y la capacidad para el ejercicio y con menor evidencia para la disminución de la sintomatología (disnea y fatiga de miembros superiores). Un área clave que requiere futura investigación es el impacto que tienen los programas de entrenamiento de los miembros superiores sobre la disminución de la limitación de la actividad, el aumento de la participación de los pacientes con enfermedades respiratorias crónicas y cómo lo anterior puede repercutir en la calidad de vida. El uso del entrenamiento de miembros superiores como alternativa al entrenamiento de miembros inferiores en pacientes con diversas patologías, hace que se pueda ofrecer la rehabilitación pulmonar a un gran número de pacientes, a pesar que estén afectados por condiciones de salud que pueden limitar la práctica del ejercicio de los músculos de la ambulación.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa su agradecimiento a los Drs. Alejandro Casas Herrera y Carlos Torres Duque por los comentarios críticos al texto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Couser J, Martínez F, Celli B. Respiratory response and ventilatory muscle recruitment during arm elevation in normal subjects. *Chest* 1992; 101: 336-40.
2. McKeough Z, Alison J, Bye P. Arm positioning alters lung volumes in subjects with COPD and healthy subjects. *Aust J Physiother* 2003; 49: 133-37.
3. Martin T, Zeballos R, Weisman I. Gas exchange during maximal upper extremity exercise. *Chest* 1991; 99: 420-25.
4. Alison J, Regnis J, Donnelly P, Adams R, Sutton J, Bye P. Evaluation of supported upper limb exercise capacity in patients with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156: 1541-1548.
5. Celli B. Upper extremity exercise in rehabilitation of COPD en: Advancing the frontiers of cardiopulmonary rehabilitation. Disponible en: URL: <http://books.google.com>. Consultado: octubre 8/2010.
6. Alison J, Regnis J, Donnelly P, Adams R, Sullivan C, Bye P. End-expiratory lung volume during arm and leg exercise in normal subjects and patients with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158: 1450-58.

7. Cerny F, Ucer C. Arm work interferes with normal ventilation. *Appl Ergon* 2004; 35: 411-15.
8. Gimenez M, Predine E, Marchand M, Servera E, Ponz J, Polu J. Implications of lower and upper limb training procedures in Patients with Chronic Airway Obstruction. *Chest* 1992; 101: 279S-88S.
9. Castagna O, Boussuges A, Vallier J, Prefaut C, Brisswalter J. Is impairment similar between arm and leg cranking exercise in COPD patients? *Respir Med* 2007; 101: 547-553.
10. Baarends E, Schols A, Slebos D, Mostert R, Janssen P, Wouters E. Metabolic end ventilatory response pattern to arm elevation in patients with COPD and healthy age-matched subjects. *Eur Respir J* 1995; 8: 1345-51.
11. Díaz O, Villafranca C, Ghezzi H, Borzone G, Leiva A, Milic-Emil J, et al. Role of inspiratory capacity on exercise tolerance in COPD patients with and without tidal expiratory flow limitation at rest. *Eur Respir J* 2000; 16: 269-75.
12. Velloso M, Stella S, Cendon S, Silva A, Jardim J. Metabolic and ventilatory parameters of four activities of daily living accomplished with arms in COPD patients. *Chest* 2003; 123: 1047-53.
13. Franssen F, Wouters E, Baarends E, Akkermans M, Schols A. Arm mechanical efficiency and arm exercise capacity are relatively preserved in chronic obstructive pulmonary disease. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 10: 1570-76.
14. Carter R, Holiday D, Stocks J, Tjep B. Peak physiologic responses to arm and leg ergometry in male and female patients with airflow obstruction. *Chest* 2003; 124: 511-18.
15. Epstein S, Celli B, Martínez F, Couser J, Roa J, Pollock M, Benditt J. Arm training reduces the VO₂ and VE cost of unsupported arm obstructive pulmonary exercise and elevation in chronic disease. *J Cardiopulm Rehabil* 1997; 17 (3): 171-77.
16. Nici L, Donner C, Wouters E, Zuwallack R, Ambrosino N, Bourbeau J, Carone M, et al. American Thoracic Society/ European Respiratory society Statement on Pulmonary Rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 173: 1390-13.
17. Ries A, Bauldoff G, Carlin B, Casaburi R, Emery Ch, Mahler D, Make B, et al. Pulmonary rehabilitation: JOINT ACCP/ACVPR Evidence – Based Clinical Practice Guidelines. *Chest* 2007; 131: 4S-42S.
18. Treat-Jacobson D, Bronas U, Leon A. Efficacy of arm-ergometry versus treadmill exercise training to improve walking distance in patients with claudication. *Vasc Med* 2009; 14: 203-13.
19. Maire J, Dugué B, Faillenot-Maire A, Smolander J, Tordi N, Paratte B, et al. Influence of a 6-week arm exercise program on walking ability and health status after hip arthroplasty: A 1-year follow-up pilot study. *J Rehabil Res Dev* 2006; 43 (4): 445-50.
20. Franklin B. Exercise testing, training and arm ergometry. *Sports Med* 1985; 2: 100-119.
21. Lyons S, Richardson M, Bishop P, Smith J, Heath H, Giesen J. Excess post-exercise oxygen consumption in untrained males: effects of intermittent durations of arm ergometry. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006; 31: 196-01.
22. Celli B, Rassulo J, Make B. Dyssynchronous breathing during arm but not leg exercise in patients with chronic airflow obstruction. *N Engl J Med* 1986; 314 (23): 1485-90.
23. Panka G, Oliveira M, França D, Parreira V, Britto R, Velloso M. Ventilatory and muscular assessment in healthy subjects during an activity of daily living with unsupported arm elevation. *Rev Bras Fisioter* 2010; 14 (4): 337-43.
24. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Distribution of muscle weakness in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil* 2000; 20 (6): 353-360.
25. Tangri S, Woolf CR. The breathing pattern in chronic obstructive lung disease during the performance of some common daily activities. *Chest* 1973; 63: 126-27.
26. Martinez F, Strawderman R, Flaherty K, Cowan M, Orens J, Wald J. Respiratory response during arm elevation in isolated diaphragm weakness. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160: 480-486.
27. Dolmage E, Maestro L, Avendano M, Goldstein R. The ventilatory response to arm elevation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1993; 104: 1097-00.
28. Sato Y, Asoh T, Honda Y, Fujimatsu Y, Higuchi I, Oizumic K. Morphologic and histochemical evaluation of muscle in patients with chronic pulmonary emphysema manifesting generalized emaciation. *Eur Neurol* 1997; 37: 116-21.
29. Gea J, Pasto M, Carmona M, Orozco- Levi M, Palomeque J, Broquetas J. Metabolic characteristics of the deltoid muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2001; 17: 939-45.
30. Bernard S, Leblanc P, Whittom F, Carrier G, Jobin J, Belleau R, et al. Peripheral Muscle Weakness in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J. Respir Crit Care Med* 1998; 158: 629-34.
31. Souza G, Castro A, Velloso M, Silva C, Jardim J. Lactic acid levels in patients with chronic obstructive pulmonary disease accomplishing unsupported arm exercises. *Chron Respir Dis* 2010; 7 (2): 75-82.
32. Martinez F, Vogel P, Dupont D, Stanopoulos I, Gray A, Beamis J. Supported arm exercise vs. unsupported arm exercise in the rehabilitation of patients with severe chronic airflow obstruction. *Chest* 1993; 103: 1397-02.
33. MacMasters W, Harned D, Duncan P. Effect of exercise speed on heart rate, systolic blood pressure, and rate-pressure product during upper extremity ergometry. *Phys Ther* 1987; 67 (7): 1085-88.
34. Lyons S, Richardson M, Bishop P, Smith J, Heath H, Giesen J. Excess post-exercise oxygen consumption in untrained males: effects of intermittent durations of arm ergometry. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006; 31: 196-01.
35. Takahashi T, Jenkins S, Strauss G, Watson C, Lake F. A new unsupported upper limb exercise test for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil* 2003; 23: 430-37.
36. Ries AL, Ellis B, Hawkins RW. Upper extremity exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1988; 93: 688-92.
37. Costi S, Crisafulli E, Antoni F, Beneventi C, Fabbri L, Clini E. Effects of unsupported upper extremity exercise training in patients with COPD: A Randomized Clinical Trial. *Chest* 2009; 136: 387-95.
38. Zhan S, Cerny F, Gibbons W, Mador M, Wu Y. Development of an unsupported arm exercise test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil* 2006; 26: 180-87.
39. O'Shea S, Taylor N, Paratz J. Measuring muscle strength for people with chronic obstructive pulmonary disease: retest reliability of hand-held dynamometry. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 32-6.
40. López J, Fernández A. Fisiología del ejercicio. Buenos Aires, Madrid: Médica Panamericana; 2006.

41. Ennis S, Alison J, Mckeough Z. The effects of arm endurance and strength training on arm exercise capacity in people with chronic obstructive pulmonary disease. *Phys Ther Rev* 2009; 14 (4): 226-39.
42. Castagna O, Boussuges A, Vallier J, Prefaut C, Brisswalter J. Is impairment similar between arm and leg cranking exercise in COPD patients? *Respir Med* 2007; 101: 547-53.
43. Hodgkin J, Celli B, Connors G. Pulmonary rehabilitation: guidelines to success. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
44. Gigliotti F, Coli C, Bianchi R, Romagnoli I, Lanini B, Binazzi B, Scano G. Exercise training improves exertional dyspnea in patients with COPD: evidence of the role of mechanical. *Chest* 2003; 123 (6): 1570-76.
45. Gigliotti F, Coli C, Bianchi R, Grazzini M, Stendardi L, Castellani C, et al. Arm exercise and hyperinflation in patients with COPD. *Chest* 2005; 128: 1225-32.
46. McKeough Z, Alison J, Speers B, Bye P. Physiological responses to high intensity, constant-load arm exercise in COP. *Respir Med* 2008; 102: 348-53.
47. Janaudis-Ferreira T, Goldstein R, Wadell K, Brooks D. Arm exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. A systematic review. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2009; 29: 277-83.
48. Lake, F, Henderson K, Briffa T, Openshaw J, Musk A. Upper limb and lower limb exercise training in patients with chronic airflow obstruction. *Chest* 1990; 97: 1077-82.
49. Subin, Rao V, Prem V, Sahoo. Effect of upper limb, lower limb and combined training on health-related quality of life in COPD. *Lung India* 2010; 27 (1): 4-7.
50. Martinez F, Vogel P, Dupont D, Gray S, Beamis J. Supported arm exercise vs. unsupported arm exercise in the rehabilitation of patients with severe chronic airflow obstruction. *Chest* 1993; 103: 1397-02.
51. Costi S, Crisafulli E, Antoni F, Beneventi C, Fabbri L, Clini E. Effects of unsupported upper extremity exercise training in patients with COPD: A Randomized Clinical Trial. *Chest* 2009; 136: 387-95.
52. O'shea S, Taylor N, Paratz J. Pheripheral muscle strength training in COPD: a systematic review. *Chest* 2004; 126: 903-14.
53. Ike D, Jamami M, Marmorato D, Ruas G, Pessoa B, Pires V. Efeitos do exercício resistido de membros superiores na força muscular periférica e na capacidade funcional do paciente com DPOC. *Fisioter Mov* 2010; 23 (3): 429-37.
54. O'shea S, Taylor N, Paratz J. Pheripheral muscle strength training in COPD: A Systematic Review. *Chest* 2004; 126: 903-14.
55. Carrieri-Kohlman V, Gormley J, Douglas M, Paul S, Stulberg M. Exercise training decreases dyspnea and the distress and anxiety associated with it: monitoring alone may be as effective as coaching. *Chest* 1996; 110: 1526-35.
56. Belman J, Brooks LR, Ross DJ, Mohsenifar Z. Variability of breathlessness measurement in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1991; 99: 566-71.
57. Couser J, Martínez F, Celli B. Pulmonary rehabilitation that includes arm exercise reduces metabolic and ventilatory requirements for simple arm elevation. *Chest* 1993; 103: 37-41.
58. Janaudis-Ferreira T, Hill K, Goldstein R, Robles-Ribeiro P, Beauchamp M, Dolmage T, et al. Resistance arm training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *Chest*; 2011; 139 (1): 151-8. Epub 2010 Ago 19.
59. Holland E, Hill C, Nehez E, Ntoumenopoulos G. Does unsupported upper limb exercise training improve symptoms and quality of life for patients with chronic obstructive pulmonary disease? *J Cardiopulm Rehab* 2004; 24: 422-27.
60. O'Shea S, Taylor N, Paratz J. Qualitative outcomes of progressive resistance exercise for people with COPD. *Chronic Respiratory Disease* 2007; 4: 135-42.
61. Drongelen V, Maas J, Scheel-Sailer A, Van Der Woude L. Sub-maximal arm crank ergometry: Effects of crank axis positioning on mechanical efficiency, physiological strain and perceived discomfort. *J Med Eng Tech* 2009; 33 (2): 151-57.
62. Killian S, McCartney N, Stubbing D, Jones N. Randomised controlled trial of weightlifting exercise in patients with chronic airflow limitation. *Thorax* 1992; 47: 70-75.
63. Sundelin G, Hagberg M. Electromyographic signs of shoulder muscle fatigue in repetitive arm work paced by the methods-time measurement system. *Scand J Work Environ Health* 1992; 18: 262-8.