

Influencia del consumo máximo de oxígeno y de la fuerza del tren superior en la calidad de la reanimación cardiopulmonar realizada por universitarios jóvenes

Ángel López González¹, Vicente Ferrer López², Mairena Sánchez López¹, Elías Rovira Gil¹, Vicente Martínez Vizcaíno¹

¹Universidad de Castilla-La Mancha. ²Universidad de Murcia.

Recibido: 30.11.2013

Aceptado: 20.12.2013

Resumen

Objetivos: 1) analizar por sexo el porcentaje medio de la frecuencia cardiaca máxima (PFCM) alcanzado en 5 minutos de reanimación cardiopulmonar (RCP); 2) examinar la asociación del índice de masa corporal (IMC) y la forma física con la proporción de compresiones torácicas externas (CTE) correctas; y 3) establecer los puntos de corte óptimos de consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), y fuerza muscular en brazos (kg) para realizar CTE correctas durante 5 minutos.

Métodos: Estudio cuasi-experimental que incluyó 63 estudiantes universitarios. Se determinaron IMC, capacidad cardiorrespiratoria y fuerza muscular manual. Tras formación previa, realizaron Reanimación Cardiopulmonar en maniquí durante 5 minutos.

Resultados: El PFCM alcanzado fue 64,2 en hombres y 76,9 en mujeres ($p = <0,001$). El porcentaje medio de CTE correctas fue mayor en participantes con normopeso/sobrepeso, alto nivel de VO_{2max} y fuerza manual. IMC, VO_{2max} y fuerza manual fueron predictores de adecuada profundidad de compresiones en modelos de regresión lineal múltiple controlando por edad y sexo. En curva característica de operación del receptor (ROC), el área bajo la curva normal para predecir CTE correctas fue 0,862 para VO_{2max} y 0,872 para la fuerza manual (puntos de corte de 44,5 ml/Kg/min y de 30,22 Kg respectivamente).

Conclusiones: Las características antropométricas y la forma física influyen en la realización de CTE correctas en una RCP. Nuestros datos sugieren que una adecuada forma física aumentará la capacidad de los reanimadores para realizar RCP-Básica.

Palabras clave:

Parada cardiaca.
Resucitación cardiopulmonar.
Índice de masa corporal.
Forma física.

Influence of maximal oxygen uptake and maximum strength of the upper body of university students in the ability to perform quality cardiopulmonary resuscitation

Summary

Background: It has been hypothesized that fitness and body mass index of the rescuers are predictors of the adequate of external chest compressions. The aims of this study were to: 1) analyze by sex the percentage of maximum heart rate (%EMHR) reached in 5 minutes of cardiopulmonary resuscitation (CPR); 2) examine the influence of both body mass index and fitness on predicting adequate chest compressions; and 3) estimate the optimal levels of them in 5 minutes of cardiopulmonary resuscitation (CPR).

Methods: Quasi-experimental study involving sixty three subjects were recruited from University of Castilla-La Mancha, Spain. We determined weight, height, cardiorespiratory (maximal oxygen uptake - VO_{2max}) and muscular fitness (handgrip-test). After previous training, participants performed cardiopulmonary resuscitation on a mannequin during 5 minutes.

Results: The %EMHR achieved was 64.2 in men and 76.9 in women. The mean percentage of adequate chest compressions was higher on the participants with normal weight/overweight ($p<0.001$), and on those who had a low level of cardiorespiratory ($p=0.004$) and muscular fitness ($p=0.011$). Body mass index, cardiorespiratory and muscular fitness are predictors of correct compression depth and chest compression when controlling for age and sex. The best cut-off points for predicting successful chest compressions were 44.45 ml/kg/min for VO_{2max} and 30.22 kg for muscular fitness.

Conclusions: Anthropometric and physical fitness conditions may influence the external chest compressions performance. Our data suggest that rescuers should improve their fitness in order to increase their capacity to provide cardiopulmonary resuscitation.

Key words:

Cardiac arrest.
Cardiopulmonary resuscitation.
Body mass index.
Physical fitness.

Este trabajo obtuvo el Accésit a la Mejor Comunicación Oral presentada a las V Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte. Zaragoza 2013.

Correspondencia: Ángel López González

E-mail: angel.lopez@uclm.es

Introducción

En España la supervivencia a los paros cardíacos (PC) tras realizarseles RCP se encuentra entre el 11% y 59% dependiendo de la actividad eléctrica registrada y de las características de la asistencia recibida¹⁻⁴.

Las CTE, combinadas con ventilaciones en una relación 30:2 son potencialmente eficaces para la supervivencia de las personas que sufren una parada cardiorrespiratoria (PCR) si se consiguen flujos sanguíneos adecuados^{5,6}. Para conseguirlos es necesaria una profundidad de compresión entre 5 y 6 cm, ciclos con una proporción entre el tiempo de compresión/descompresión del 50:50 conseguidos al comprimir en el centro del tórax a una frecuencia de 100–120 por minuto⁷. Además se han descrito otros determinantes de éxito como el tiempo de parada cardíaca, la duración y calidad de la reanimación cardiopulmonar (RCP)⁸, y el tiempo de interrupción de las CTE⁹.

Todas las recomendaciones establecen que cualquier persona debe iniciar RCP en caso de PCR, y que el reanimador aun no recuperándose el paciente, únicamente la detendrá cuando su estado de agotamiento le impida continuar^{10,11}. Se sabe que entre el primer y quinto minuto de RCP aparece fatiga física y las CTE pierden calidad¹¹⁻¹⁵. *Sin embargo es frecuente tener que mantener la reanimación durante periodos prolongados hasta la llegada de los Servicios de Emergencias Médicas¹⁶, lo que reafirma la necesidad de que la población sea capaz de mantener la RCP con calidad durante largos periodos de tiempo¹⁶.*

Altos niveles de capacidad cardiorrespiratoria se han asociado a una disminución del esfuerzo cardíaco durante la RCP, pero no está totalmente aclarado si la calidad de las CTE está condicionada en mayor medida por la forma física del reanimador o por las propias exigencias de la RCP^{11,17-22}. Por otra parte se ha sugerido que la fuerza muscular del tren superior podría jugar un papel relevante en la calidad de las CTE^{22,23}.

La influencia del sexo y de la composición corporal en la calidad de las CTE es controvertida^{12,22-25}. Asimismo, la composición corporal se ha asociado tanto a la fuerza muscular como a la capacidad cardiorrespiratoria^{26,27}, por lo que el sexo y el peso podrían considerarse como posibles variables confusoras en la relación entre la forma física y la calidad de las CTE.

Es conveniente analizar la influencia independiente del IMC, de la capacidad cardiorrespiratoria y de la fuerza muscular manual en la capacidad para realizar las CTE de forma correcta de la población joven.

Hipótesis

Cualquier adulto joven necesita unas condiciones físicas adecuadas para realizar RCP básica de calidad en adultos.

Objetivos

Los objetivos de este estudio fueron: 1) analizar por sexo el porcentaje medio de la frecuencia cardíaca máxima (PFCM) alcanzado en 5 minutos de RCP; 2) examinar la asociación del índice de masa corporal (IMC), VO_{2max} y fuerza del tren superior con la proporción de CTE correctas; y 3) establecer los puntos de corte óptimos de VO_{2max} y fuerza muscular en brazos (kg) para realizar CTE correctas durante 5 minutos.

Material y método

Diseño y participantes

Diseño: Estudio cuasi-experimental de carácter transversal realizado entre Septiembre de 2011 y Abril de 2012 en la Facultad de Enfermería de Albacete, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), España. Se incluyeron en el estudio sesenta y tres (19 hombres) estudiantes de enfermería o medicina del Campus de Albacete sin conocimientos previos de RCP (Tabla 1). Todos recibieron formación teórica y práctica previa en RCP básica y realizaron voluntariamente una ergoespiometría máxima.

Participantes: El cálculo muestral se realizó mediante el software Epidat 3.1. Se estimó que para detectar diferencias entre hombres y mujeres de un 10 % en la frecuencia de secuencias de RCP con profundidad adecuada con un error del 5%, y una potencia de la prueba de un 80%, sería necesario incluir un mínimo de 45 participantes.

Los sujetos fueron seleccionados *por conveniencia* entre los voluntarios a los que se invitó a participar siguiendo criterios de accesibilidad a los espacios y horarios de los centros en los que se realizó el estudio.

Criterios de inclusión y exclusión

Fueron incluidos en el estudio aquellos sujetos que reunían los siguientes criterios: a) edad entre 19 y 45 años; b) capacidad de leer y escribir en lengua castellana para responder al cuestionario sobre

Tabla 1. Características antropométricas y forma física de la población estudiada, por sexo.

	Total (n=63)	Hombres (n=19)	Mujeres (n=44)	p
Edad (años)	22,7 (5,2)	23,3 (5,5)	22,4 (5,0)	0,516
Peso (Kg)	63,7 (10,3)	73,7 (7,2)	59,4 (8,3)	<0,001
Talla (m)	1,67 (0,80)	1,74 (0,05)	1,63 (0,06)	<0,001
IMC (Kg/m ²)	19,0 (2,6)	21,1 (2,1)	18,1 (2,3)	<0,001
Estatus ponderal (%)				
Bajo peso	43,5	0	62,8	<0,001
Normopeso	51,6	89,5	34,9	<0,001
Sobrepeso/obesidad	4,8	10,5	2,3	<0,001
Capacidad cardiorrespiratoria (VO_{2max} ; ml/kg/min)	40,7 (7,4)	49,1 (6,0)	37,1 (4,3)	<0,001
Fuerza muscular tren superior (dinamometría manual; kg)	30,2 (10,5)	43,1 (8,9)	24,7 (4,6)	<0,001

Valores medios \pm desviación estándar, excepto para la prevalencia de bajo peso, normopeso y sobrepeso/obesidad (en %); IMC: índice de masa corporal; En negrita: $p \leq 0,05$.

datos socio-demográficos y de salud; y c) no padecer ningún tipo de discapacidad o enfermedad que, según criterio del médico supervisor de la prueba, le impidiese realizar la ergoespirometría y prueba de RCP básica. Por otra parte, fueron excluidos del estudio aquellos sujetos que: a) tenían conocimientos o experiencia previa en RCP básica; y b) padecían enfermedad o disfunción cardiovascular u ortopédica que contraindicase o impidiese realizar la ergoespirometría o la prueba de RCP básica.

Formación

Los participantes (en grupos de 15) recibieron una sesión teórica de Soporte Vital Básico (SVB) basada en "2010 European Resuscitation Council Guidelines"; finalizada esta se les informó sobre los objetivos, metodología del estudio, así como de sus aportaciones personales al mismo. Recibieron, 48 h antes de la medición de las variables antropométricas y de forma física, una sesión de 30 min. de autoformación estandarizada en RCP básica, bajo la supervisión de un instructor, según el método CPR *Anytime Personal Learning Programs*; metodología que permite que cada alumno practique con un maniquí, siguiendo las instrucciones dadas en un DVD de enseñanza y correcciones aportadas por el instructor.

Aspectos éticos y legales

Todos los participantes fueron informados detalladamente de la naturaleza y riesgos de este estudio y firmaron el consentimiento informado. El protocolo del estudio fue aprobado de acuerdo con la declaración de Helsinki por el Comité de Ética de Investigación Clínica del Hospital Universitario de Albacete, España.

Variables

Además de las variables socio-demográficas (edad, estudios, etc.), se recogieron en todos los individuos:

- *Peso*. Media de dos determinaciones realizadas con balanza Seca-770 homologada, con el individuo descalzo y en ropa ligera.
- *Talla*. Media de dos determinaciones con tallímetro de pared Seca-222, estando el individuo descalzo, en posición erecta, y haciendo coincidir su línea media sagital con la línea media del tallímetro.
- *IMC*. Calculado como el cociente del peso (kg) y talla (m²).

El IMC se categorizó, conforme a los puntos de corte por sexo y edad definidos por la Organización Mundial de la Salud en bajo peso (<18,5 kg/m²) y normopeso/sobrepeso (18,5-≥25 kg/m²)²⁸.

Frecuencia cardíaca máxima

Valor máximo de frecuencia cardíaca alcanzada en la ergoespirometría de esfuerzo máximo.

Forma física

Se evaluaron dos componentes de la forma física:

- *Fuerza muscular*: la fuerza máxima del tren superior (capacidad de producir la máxima tensión muscular con una contracción muscular) fue evaluada con dinamómetro manual digital Takei TTK 5101 (rango, 5-100 kg, precisión 0,1 kg) que valora la fuerza de presión

manual máxima en ambas manos (con ajuste previo del agarre del dinamómetro en función del tamaño de la mano) realizando dos intentos con cada mano de forma alternativa, con el sujeto de pie y el brazo paralelo al cuerpo. El resultado considerado fue la media de las cuatro medidas (kg).

El nivel de fuerza muscular manual se categorizó en percentiles por edad y sexo (P<25=Bajo, P25->75=Alto).

- *Capacidad cardiorrespiratoria*: se estimó mediante el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), determinado con test de esfuerzo máximo según protocolo de Bruce en rampa sobre ergómetro tapiz rodante (HP-Cosmos, modelo Pulsar 3P). El protocolo comenzó en 1,6 km/h y una pendiente de 0° y se incrementó progresivamente hasta los 8 km/h y 18° de pendiente en el minuto 15. El electrocardiograma de esfuerzo se realizó con el electrocardiógrafo Cardinal Health mod. Ergoline ER800. Para el registro de gases respirados se usó un Espirómetro basal y de esfuerzo y sistema automático de análisis de gases respirados (modelo Oxycorn Alpha - Jaeger). Los instrumentos fueron calibrados antes de cada sesión según protocolo y con correcciones de presión barométrica, temperatura y humedad. La frecuencia cardíaca (FC) se monitorizó por medio de un pulsómetro colocado en posición apical por medio de fijación alrededor del tórax (Suunto mod. t6).

La capacidad cardiorrespiratoria se dicotomizó según los puntos de corte del *Cooper Institute* para adultos entre 20-30 años ($VO_{2max} \geq 38$ ml/kg/min para mujeres y ≥ 43 ml/kg/min para hombres= Alta)²⁹.

Evaluación de la capacidad del reanimador

- *Frecuencia cardíaca máxima en RCP*. Valor máximo de frecuencia cardíaca alcanzada a lo largo del Test de RCP.
- *PFCM*: resultado de establecer la proporción entre la FC en RCP y la FC max obtenida en la ergoespirometría.

Compresiones torácicas externas (CTE)

Entre los 4 y 6 días después de la sesión de formación, cada participante realizó RCP sobre maniquí de forma ininterrumpida, con una relación compresión/ventilación de 30:2 durante 5 min. o hasta el agotamiento. La prueba se realizó sobre maniquí electrónico de enseñanza de RCP (*Laerdal Resusci Anne CPR-D and SkillReporter*®; *Laerdal Medical*; Stavanger, Noruega) colocado en el suelo.

Se proporcionó *feedback* acústico marcado por el metrónomo interno del maniquí y visual con monitor de ordenador que permitió la visualización del ritmo, localización, profundidad y velocidad de compresión, así como de la relajación del tórax.

Se consideraron CTE correctas aquellas que, en consonancia con las recomendaciones del *European Resuscitation Council*⁷, consiguieron durante la prueba: (a) 100-120 compresiones/min; (b) en el centro del tórax; (c) relajación total de la presión sobre el tórax; (d) profundidad comprendida entre 50 y 60 mm; y (e) proporción compresión/descompresión igual al 50%.

Las mediciones fueron obtenidas minuto a minuto durante la prueba.

La prueba finalizaba cuando los participantes lograban el objetivo (5 min. de CTE), o no podían continuar por limitaciones físicas como agotamiento físico o dolor en las extremidades.

Todas las mediciones fueron realizadas por los mismos investigadores en las mismas horas del día y en condiciones estandarizadas.

Análisis estadístico

Se valoró el ajuste de las diferentes variables a una distribución normal tanto mediante procedimientos gráficos como mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov.

Las diferencias por sexo en las variables demográficas, antropométricas y de forma físicas se analizaron mediante t de Student. Mediante la prueba χ^2 se compararon las diferencias de sexo entre las categorías de IMC.

Mediante análisis de la varianza (ANOVA) se contrastaron las diferencias en las puntuaciones medias de CTE (%) correctas entre categorías de estatus ponderal, niveles de capacidad cardiorrespiratoria y niveles de fuerza muscular manual.

Mediante modelos de regresión lineal múltiple, controlando por edad y sexo, se estimaron los porcentajes medios de CTE correctas y sus componentes (ritmo de compresión, punto de compresión, relajación del tórax tras cada compresión, profundidad, relación de compresión/descompresión) como variables dependientes, y el IMC, la capacidad cardiorrespiratoria, y la fuerza muscular como variables independientes.

Las curvas ROC representaron gráficamente la sensibilidad y especificidad de la capacidad cardiorrespiratoria (VO_{2max}) y la fuerza muscular de los brazos (kg) indicando los puntos de corte que permiten discriminar a los reanimadores que harán CTE correctas, y el área bajo la curva normal tanto para la capacidad cardiorrespiratoria como para la fuerza muscular.

Como criterio de significación estadística bilateral se utilizó $p \leq 0,05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software IBM® SPSS® Statistics 19.

Resultados

Los 63 participantes completaron el estudio. La Tabla 1 muestra las características de los participantes.

La FC (Tabla 2) alcanzada fue significativamente mayor en mujeres que en hombres ($p = <0,001$) en los minutos analizados.

Al comparar el porcentaje promedio de CTE correctas según estatus ponderal y capacidad cardiorrespiratoria y fuerza muscular en análisis

bivariante (Tabla 3), se observó que los participantes con normopeso/sobrepeso ($p < 0,001$), mayores niveles de VO_{2max} ($p = 0,004$) y mayor fuerza manual ($p = 0,011$) alcanzaron un mayor porcentaje en la media de CTE correctas.

El análisis de regresión lineal múltiple (Tabla 4) reveló que, controlando por edad y sexo, el IMC, la capacidad cardiorrespiratoria y la fuerza muscular contribuyen de forma significativa ($p < 0,05$) e independiente en la predicción de la media del porcentaje de CTE con profundidad correcta; mientras que el IMC fue el único predictor significativo de la relación de compresión/descompresión. Ni el IMC, ni el VO_{2max} o los niveles de fuerza manual explicaron las variaciones en la media del número de compresiones, punto de compresión y relajación adecuada del tórax.

El área bajo la curva normal para predecir el éxito de CTE utilizando curvas ROC para el VO_{2max} (Figura 1) fue de 0,868 (IC a 95% de 0,77 a 0,95, $p = <0,001$) y para la fuerza muscular (Figura 2) de 0,872 (IC a 95% de 0,78 a 0,96, $p = <0,001$). Los mejores puntos de corte (Figuras 1 y 2) fueron 44,45 ml/kg/min. para el VO_{2max} (sensibilidad 0,73%, especificidad 0,85%) y 30,22 kg de fuerza muscular manual (sensibilidad 0,80%, especificidad 0,56%).

Tabla 3. Diferencias en la media (DE) del porcentaje de compresiones torácicas correctas por categorías de índice de masa corporal, capacidad cardiorrespiratoria y fuerza muscular del tren superior.

	Compresiones torácicas correctas (%)	p
IMC		
Bajo peso (n=26)	34,20 (29,04)	<0,001
Normopeso/Sobrepeso (n= 35)	70,92 (25,29)	
Capacidad cardiorrespiratoria		
Baja (n= 27)	42,32 (29,21)	0,004
Alta (n= 35)	65,65 (30,98)	
Fuerza muscular		
Baja (n= 8)	28,82 (40,93)	0,011
Alta (n= 54)	59,44 (29,09)	

Alto nivel de capacidad cardiorrespiratoria = $VO_{2max} \geq 38$ ml/kg/min para mujeres y ≥ 43 ml/kg/min para hombres con edad comprendida entre 20 y 30 años.

Las categorías de fuerza muscular categorizados mediante percentiles por edad y sexo: $P < 25$ = Baja y $P 25 - > 75$ = Alta; DE: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal; En negrita: $p \leq 0,05$.

Tabla 2. Frecuencia cardiaca (FC) y porcentaje de la FCmax. en cinco puntos tras 5 minutos de RCP.

	Total (n = 63)		Hombres (n = 19)		Mujeres (n = 44)		P
	FC (latidos/min)	PMFC (%)	FC (latidos/min)	PMFC (%)	FC (latidos/min)	PMFC (%)	
1 min	89,9 (19,1)	47,4	87,0 (21,1)	45,0	91,1 (34,6)	48,4	0,002
2 min	126,7 (19,6)	66,8	118,0 (19,7)	61,1	130,7 (32,7)	69,4	0,000
3 min	132,7 (20,9)	69,9	121,0 (20,1)	62,6	137,9 (29,2)	73,3	0,000
4 min	135,5 (22,2)	71,4	122,3 (20,0)	63,3	141,2(32,2)	75,0	0,000
5 min	138,6 (22,4)	73,1	124,1 (20,9)	64,2	144,8 (32,8)	76,9	0,000

Valores medios \pm desviación estándar; FC: Frecuencia cardiaca en RCP; PMFC: porcentaje de la FC en RCP sobre la FC máxima (medida en ergoespiometría de esfuerzo máximo); En negrita: $p \leq 0,05$.

Figura 1. Curva ROC (receiver operating curve) que identifica el mejor punto de corte de la capacidad cardiorrespiratoria para realizar compresiones torácicas correctas (%).

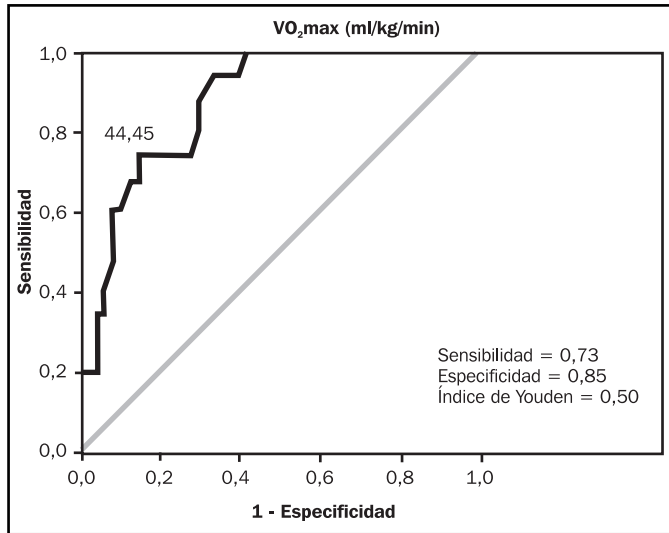


Figura 2. Curva ROC (receiver operating curve) que identifica el mejor punto de corte de fuerza muscular en los brazos para realizar compresiones torácicas correctas (%).

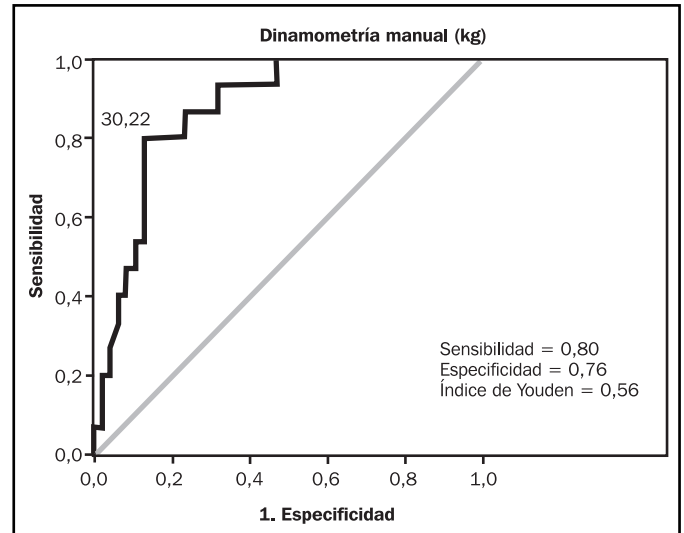


Tabla 4. Índice de masa corporal y forma física como predictores de compresiones torácicas correctas en modelo de regresión lineal múltiple, controlando por edad y sexo.

Variable dependiente	Variable independiente	β	IC 95%	β - estandarizada	p
Ritmo de compresión (min^{-1})	IMC	0,556	(-0,14 - 1,25)	0,293	0,116
	Capacidad cardiorrespiratoria	0,137	(-0,17 - 0,44)	-0,130	0,596
	Fuerza muscular	-0,062	(-0,29 - 0,17)	0,202	0,374
Compresiones con localización correcta (%)	IMC	17,808	(-8,09 - 43,71)	0,243	0,174
	Capacidad cardiorrespiratoria	5,347	(-6,04 - 16,73)	0,204	0,351
	Fuerza muscular	2,244	(-6,41 - 10,90)	0,122	0,606
Compresiones con adecuada relajación torácica (%)	IMC	-0,094	(-17,74 - 17,55)	-0,002	0,992
	Capacidad cardiorrespiratoria	1,681	(-6,07 - 9,44)	0,099	0,420
	Fuerza muscular	2,393	(-3,50 - 8,29)	0,200	0,666
Compresiones con profundidad correcta (%)	IMC	82,360	(42,90 - 121,82)	0,476	<0,001
	Capacidad cardiorrespiratoria	27,474	(10,13 - 44,82)	0,444	0,002
	Fuerza muscular	17,105	(3,92 - 30,29)	0,394	0,012
Adecuada relación compresión/descompresión	IMC	0,707	(0,08 - 1,33)	0,373	0,027
	Capacidad cardiorrespiratoria	-0,129	(-0,40 - 0,14)	-0,190	0,351
	Fuerza muscular	0,063	(-0,14 - 0,27)	0,132	0,548
Compresiones correctas (%)	IMC	5,409	(2,65 - 8,17)	0,446	<0,001
	Capacidad cardiorrespiratoria	2,063	(0,84 - 3,28)	0,476	0,001
	Fuerza muscular	1,194	(0,26 - 2,12)	0,389	0,013

Variables independientes incluidas en el modelo: índice de masa corporal (IMC), Capacidad cardiorrespiratoria ($\text{VO}_{2\text{max}}$), y fuerza muscular del tren superior (dinamometría). Ajustados por edad y sexo; IC 95%: Intervalo de confianza 95%.

Discusión

Este estudio analiza el PFCM que se alcanza durante la RCP así como la influencia independiente del IMC, de la capacidad cardiorrespiratoria y de la fuerza muscular manual en la capacidad para realizar las CTE de

forma correcta de la población joven. En general, nuestros datos muestran que el PFCM alcanzado fue mayor en mujeres que en hombres. Los individuos con normopeso/sobrepeso y altos niveles de forma física (cardiorrespiratoria y muscular) son capaces de realizar mejor las CTE que los sujetos con bajo peso o bajo nivel de forma física. Aunque los

tres factores (IMC y niveles de forma física cardiorrespiratoria y muscular) muestran una capacidad de predicción significativa de éxito en la realización de CTE correctas en modelos de regresión lineal múltiple, la capacidad cardiorrespiratoria es la que muestra una asociación más fuerte. Un VO_{2max} igual o mayor a 44,45 ml/kg/min y una fuerza igual o superior a 30,22 kg de presión manual son las condiciones de forma física óptimas para aumentar la probabilidad de realizar CTE de calidad.

El PFCM requerido en nuestro estudio coincide con lo comunicado por otros autores¹⁷⁻²³; al *diferenciar* por sexos nuestros datos son similares a los comunicados previamente¹⁹. Nuestros datos, coincidiendo con los autores citados indican que *una RCP*, independientemente de su duración, *supone* un esfuerzo submáximo y aeróbico.

No hay evidencia consistente sobre la influencia que el sexo, el peso o la altura tienen sobre la probabilidad de realizar CTE correctas. Se ha sugerido que las mujeres tienen menos probabilidades de realizar CTE adecuadas que los hombres, y que estas diferencias podrían atribuirse a diferencias en el peso y la altura entre ambos géneros^{12,13,15,21,22,24,25}. En nuestro estudio la profundidad es el único criterio de calidad de las CTE influenciado por el sexo, y estas diferencias desaparecen cuando se controlan factores de confusión (edad, IMC, capacidad cardiorrespiratoria y fuerza muscular del tren superior). Por otro lado, en nuestro estudio el IMC se asoció significativamente a la profundidad adecuada de las compresiones, a la relación compresión/descompresión y al porcentaje medio de CTE correctas, pero no con los otros criterios de corrección (ritmo de compresión, colocación de las manos y adecuada relajación del tórax), ésta débil asociación puede ser debida al sistema de *feedback*, tal y como sugieren otros autores³⁰.

Algunos estudios han indicado que la condición física de los reanimadores puede ser beneficiosa para garantizar la adecuación de las CTE durante períodos relativamente largos en paros cardíacos^{18,22}. Nuestros datos confirman los hallazgos que sugieren que altos niveles de capacidad cardiorrespiratoria y fuerza muscular del tren superior son independientemente beneficiosos para lograr un mayor porcentaje de CTE correctas durante paros cardíacos prolongados, aunque la fuerza de asociación entre el nivel de capacidad cardiorrespiratoria con la corrección de las CTE es algo mayor que la fuerza muscular del tren superior. Además, nuestros datos sugieren que los reanimadores con niveles por encima de VO_{2max} 44,45 ml/kg/min y una fuerza de presión manual por encima de 30,22 kg son capaces de lograr mayor corrección en las CTE.

Por último, nuestros datos indican como muchos otros, que cualquier persona sin discapacidad física importante podría ser capaz de realizar una adecuada secuencia de RCP con la cadencia de 30:2 compresión/ventilación, pero no todos serían capaces de conseguir suficiente profundidad en las CTE²⁰.

Las limitaciones de nuestro estudio incluyen el hecho de que la RCP no se realizó sobre pacientes reales, siendo la situación en el laboratorio muy diferente de la que suele rodear al paro cardíaco y los reanimadores podrían variar su respuesta cuando la sensación de urgencia está presente. Una segunda limitación podría ser la influencia que sobre la técnica podría tener el *feedback* audiovisual durante las maniobras de RCP, lo que podría limitar la generalización de nuestros hallazgos a las situaciones en las que este *feedback* no se utiliza; futuros estudios con un tamaño muestral adecuado deberían cuantificar esta influencia.

Nuestro estudio no analiza la influencia que las ventilaciones pudieran tener sobre el incremento de los indicadores de fatiga estudiados.

Frente a la mayoría de estudios en los que la efectividad de las CTE decae en los dos primeros minutos de RCP, en nuestro estudio, esta se mantiene a lo largo de 5 minutos. La razón de esta discrepancia podría atribuirse a la edad (jóvenes universitarios en nuestro estudio), al tipo de formación recibida, a que la formación en RCP era todavía muy reciente y, sobre todo, a las condiciones en las que se realizó el experimento, ya que se incluía un *feedback* auditivo (marcaba el ritmo) y visual (los participantes veían curvas con la profundidad de las compresiones e indicaciones de mala posición de las manos). *Sin embargo, McDonnals et al, en un estudio de diseño muy similar al nuestro, estudiantes de Ciencias de la Salud, también encuentran que la profundidad de las CTE decaen en el tiempo*¹⁴. *Resulta difícil conocer cuáles son las razones que justifican las diferencias entre este último estudio y el nuestro, podríamos señalar que en el citado estudio, un pequeño grupo de estudiantes formados en RCP eran los que formaban a sus propios compañeros, y en el nuestro, éramos los investigadores los que impartíamos tanto la formación teórica como la práctica, y los que transmitíamos la información acerca del estudio en que iban a participar.*

Conclusiones

Nuestros resultados tienen interés clínico ya que ponen de relieve cómo el estatus ponderal y el nivel de forma física pueden influir en la corrección de las CTE (incluso para quienes no tienen experiencia o entrenamiento en RCP). Como consecuencia de nuestros resultados, sería recomendable que los *integrantes de Servicios de Emergencias Médicas* realizaran actividad física moderada/vigorosa de forma regular con el fin de mejorar su estado de forma física, y consecuentemente aumentar su capacidad de proporcionar RCP adecuada durante paros cardíacos prolongados.

Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los participantes en el estudio su entusiasta colaboración, también agradecen a Margarita Carrión y María José García, enfermeras del Centro de Medicina del Deporte de Albacete, España.

Bibliografía

- Rossetti AO, Oddo M, Logroscino G, Kaplan PW. Prognostication after cardiac arrest and hypothermia: a prospective study. *Ann Neurol*. 2010;67(3):301-7.
- Alvarez-Fernández JA, Gazmuri RJ. [Avoidable mortality after out-of-hospital cardiac arrest]. *Med Clin (Barc)*. 2008;130(18):710-4.
- McNally B, Robb R, Mehta M, Vellano K, Valderrama AL, Yoon PW, et al. Out-of-hospital cardiac arrest surveillance - Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival (CARES), United States, October 1, 2005-December 31, 2010. *MMWR Surveill Summ*. 2011;60(8):1-19.
- Ballesteros S. Supervivencia extrahospitalaria tras una parada cardiorrespiratoria en España: una revisión de la literatura. *Emergencias*. 2013;25:137-42.

5. Kouwenhoven W, Jude J, Knickerbocker G. Closed-chest cardiac massage. *JAMA*. 1960;173:1064-7.
6. Cunningham LM, Mattu A, O'Connor RE, Brady WJ. Cardiopulmonary resuscitation for cardiac arrest: the importance of uninterrupted chest compressions in cardiac arrest resuscitation. *Am J Emerg Med*. 2012;30(8):1630-8.
7. Koster RW, Baubin MA, Bossaert LL, Caballero A, Cassan P, Castrén M, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation*. 2010;81(10):1277-92.
8. Larsen MP, Eisenberg MS, Cummins RO, Hallstrom AP. Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a graphic model. *Ann Emerg Med*. 1993;22(11):1652-8.
9. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, Sørebo H, Svensson L, Fellows B, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA*. 2005;293(3):299-304.
10. Deschilder K, De Vos R, Stockman W. The effect on quality of chest compressions and exhaustion of a compression-ventilation ratio of 30:2 versus 15:2 during cardiopulmonary resuscitation—a randomised trial. *Resuscitation*. 2007;74(1):113-8.
11. Bjørshol CA, Søreide E, Torsteinbø TH, Lexow K, Nilsen OB, Sunde K. Quality of chest compressions during 10min of single-rescuer basic life support with different compression: ventilation ratios in a manikin model. *Resuscitation*. 2008;77(1):95-100.
12. Ochoa FJ, Ramalle-Gómara E, Lisa V, Saralegui I. The effect of rescuer fatigue on the quality of chest compressions. *Resuscitation*. 1998;37(3):149-52.
13. Ashton A, McCluskey A, Gwinnutt C, Keenan A. Effect of rescuer fatigue on performance of continuous external chest compressions over 3 min. *Resuscitation*. 2002;55(2):151-5.
14. McDonald CH, Heggie J, Jones CM, Thorne CJ, Hulme J. Rescuer fatigue under the 2010 ERC guidelines, and its effect on cardiopulmonary resuscitation (CPR) performance. *Emerg Med J*. 2013;30:623-7.
15. Abelairas C, Romo V, Barcala R, Palacios A. Efecto de la fatiga física del socorrista en los primeros cuatro minutos de la reanimación cardiopulmonar posrecaete acuático. *Emergencias*. 2013;25:184-90.
16. Sugerman NT, Edelson DP, Leary M, Weidman EK, Herzberg DL, Vanden Hoek TL, et al. Rescuer fatigue during actual in-hospital cardiopulmonary resuscitation with audiovisual feedback: a prospective multicenter study. *Resuscitation*. 2009;80(9):981-4.
17. Baubin M, Schirmer M, Nogler M, Semenitz B, Falk M, Kroesen G, et al. Rescuer's work capacity and duration of cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 1996;33(2):135-9.
18. Lucía A, de las Heras JF, Pérez M, Elvira JC, Carvajal A, Alvarez AJ, et al. The importance of physical fitness in the performance of adequate cardiopulmonary resuscitation. *Chest*. 1999;115(1):158-64.
19. Riera SQ, González BS, Alvarez JT, Fernández MeM, Saura JM. The physiological effect on rescuers of doing 2min of uninterrupted chest compressions. *Resuscitation*. 2007;74(1):108-12.
20. Betz AE, Callaway CW, Hostler D, Rittenberger JC. Work of CPR during two different compression to ventilation ratios with real-time feedback. *Resuscitation*. 2008;79(2):278-82.
21. Russo SG, Neumann P, Reinhardt S, Timmermann A, Niklas A, Quintel M, et al. Impact of physical fitness and biometric data on the quality of external chest compression: a randomised, crossover trial. *BMC Emerg Med*. 2011;11:20.
22. Hansen D, Vranckx P, Broekmans T, Eijnde BO, Beckers W, Vandekerckhove P, et al. Physical fitness affects the quality of single operator cardiocerebral resuscitation in healthcare professionals. *Eur J Emerg Med*. 2012;19(1):28-34.
23. Ock SM, Kim YM, Chung J, Kim SH. Influence of physical fitness on the performance of 5-minute continuous chest compression. *Eur J Emerg Med*. 2011;18(5):251-6.
24. Meissner T, KC, Hanefeld Ch. Basic life support skills of high school students before and after cardiopulmonary resuscitation training: a longitudinal investigation. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2012;20:31.
25. Kriksionaitiene A, Stasaitis K, Dambrauskiene M, Dambrauskas Z, Vaitkaitiene E, Dobožinskas P, et al. Can lightweight rescuers adequately perform CPR according to 2010 resuscitation guideline requirements? *Emerg Med J*. 2012.
26. Bandini LG, Schoeller DA, Dietz WH. Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. *Pediatr Res*. 1990;27(2):198-203.
27. Esco MR, Olson MS, Williford HN. The relationship between selected body composition variables and muscular endurance in women. *Res Q Exerc Sport*. 2010;81(3):272-7.
28. Expert Panel on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight in Adults. Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults: executive summary. *Am J Clin Nutr*. 1998;68(4):899-917.
29. Farrell SW, Kampert JB, Kohl HW, Barlow CE, Macera CA, Paffenbarger RS, et al. Influences of cardiorespiratory fitness levels and other predictors on cardiovascular disease mortality in men. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(6):899-905.
30. Abella BS, Edelson DP, Kim S, Retzer E, Myklebust H, Barry AM, et al. CPR quality improvement during in-hospital cardiac arrest using a real-time audiovisual feedback system. *Resuscitation*. 2007;73(1):54-61.