

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE MEDICINA**

Departamento de Medicina



**PARÁMETROS FISIOLÓGICOS DE LOS  
REANIMADORES DURANTE LA RESUCITACIÓN  
CARDIOPULMONAR**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR**

Juan Clemente Elvira García

Bajo la dirección del Doctor:

Fernando Martín Santos

**Madrid, 2003**

**ISBN: 84-669-2117-6**

## Agradecimientos.

---

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su amistad, ayuda, paciencia y colaboración a los profesores, Dr. Fernando Martín Santos y Dr. Manuel Elpidio Calvo.

Mi reconocimiento a los compañeros del Servicio SUMMA 061 Madrid, por su desinteresada colaboración y a los médicos de la Escuela de Medicina del Deporte de la Universidad Complutense de Madrid sin los cuales este trabajo no hubiera podido llevarse a cabo.

Por último, de forma muy particular, a mi esposa por su inestimable ayuda.

# Índice

Introducción	7
Capítulo I: La Era de la Resucitación	
1- Introducción	10
2- Primer manual de RCP.	11
3- Conceptos generales	12
3.1- Importancia de la presión de perfusión coronaria.	14
3.2- Bomba torácica-bomba cardiaca.	15
3.3- Resucitación cerebral	16
3.4- Cadena de supervivencia.	17
3.5- Estilos Utsteins.	18
3.6- Unión de Comités en Resucitación Internacional (ILCOR).	20
3.7- Enseñanza y reevaluación de RCP	24
Capítulo II: Técnicas de masaje cardiaco. Situación actual	
1- Introducción.	27
2- Descripción de las técnicas recomendadas por ILCOR 2000	28
2.1- Modelo matemático	28
2.2- Reanimación cardiopulmonar con compresión abdominal interpuesta (RCP-CAI).	29
2.3- RCP circunferencial (RCP-C).	29
2.4- RCP mecánica (thumper) (RCP –T).	30
2.5- RCP por masaje cardiaco directo (RCP-D).	31
2.6- RCP con válvula de inspiración de impedancia (RCP-ITV).	31
2.7- RCP por compresión-descompresión activa y compresión-descompresión abdominal (Lifestick).	33
2.8- Resucitación cardiopulmonar por compresión-descompresión activa (ACD).	34
3. Otras técnicas.	34
3.1- Pantalón antishock	35
3.2- Reanimación cardiopulmonar con compresión-ventilación simultánea.	36
3.3- Reanimación cardiopulmonar de alta frecuencia.	36
3.4- Reanimación cardiopulmonar sin ventilación.	36
3.5- Oscilador de Hayek.	37
3.6- Balón de contrapulsación, balón aórtico y bay-pass femoro-femoral con soporte extracorporeo	38
3.7- Técnicas innovadoras	38
4- Valoración de la eficacia de la reanimación cardiopulmonar.	39
5- Cuidados post-resucitación.	41

### Capítulo III: Antecedentes y estado actual de ACD

1- Introducción	43
2- Resumen histórico de la compresión-descompresión activa.	43
3- Antecedentes y estado actual del tema	44
4- Investigaciones sobre compresión y compresión-descompresión.	48
4.1- Investigaciones de laboratorio.	48
4.2- Investigación clínica en humanos. ámbito hospitalario.	52
4.3- Investigación clínica en ámbito extra-hospitalario.	55
4.4- Investigación en maniquís con resucitadores.	57
5- ACD y válvula inspiración con umbral de impedancia (ITV).	58
6- Dificultades durante el empleo de ACD.	59
7- Complicaciones de ACD.	59

### Capítulo IV: Hipótesis y Objetivos.

1- Hipótesis de trabajo	62
2- Objetivos	63

### Capítulo V: Materiales y métodos.

1- Primera fase	65
1.0- Diseño	65
1.1- Sujetos y ámbito de estudio	65
1.2- Test de esfuerzo	65
1.3- Procedimiento	68
1.4- Conceptos ergométricos	71
a) Consumo máximo de oxígeno (VO <sub>2</sub> max).	71
b) Porcentaje máximo de oxígeno.	71
c) Lactato.	72
d) Importancia de los umbrales.	72
1.5- Realización de las maniobras de resucitación.	73
1.6- Recogida y análisis de datos.	74
2.- Segunda fase	77
2.0- Diseño	77
2.1- Sujetos y ámbito de estudio	77
2.2- Recogida y análisis de datos	81
3.- Tercera fase	85
3.0- Diseño	85
3.1- Sujetos y ámbito de estudio	85
3.2- Recogida y análisis de datos.	86

### Capítulo VI: Resultados.

1. Primera fase	90
1.1- Resultados del test de máximo esfuerzo.	90
1.2- Resultados de la prueba.	91
2. Segunda fase	103
2.1- Resultados del test de máximo esfuerzo.	103

2.2- Resultados de las pruebas.	103
3- Tercera fase	114
3.1- Resultados.	114
<b>Capítulo VII: Discusión</b>	
1. Primera fase	119
2. Segunda fase	122
3. Tercera fase	126
4.- Futuro de la compresión descompresión activa	128
<b>Conclusiones</b>	130
<b>Bibliografía</b>	
Introducción	133
Capítulo I.- La era de la resucitación	137
Capítulo II.- Técnicas de masaje cardiaco. Situación actual	142
Capítulo III.- Antecedentes y estado actual de ACD	149
Capítulo V.- Materiales y métodos.	155
Capítulo VII.- Discusión.	156

## Tabla de abreviaturas

Asociación Americana del corazón	AHA
Compresiones cardiacas externas	CCE
Compresión descompresión activa	ACD-B/ACD
Consejo Europeo de resucitación	ERC
Consumos de oxígeno	VO <sub>2</sub>
Consumos máximos de oxígeno	VO <sub>2max</sub>
Estado fijo máximo de lactato	MLSS
Food and drug administration	FDA
Frecuencia cardiaca	Fc
International Committee of medical journal editors	ICMJE
International liason committee on resuscitation	ILCOR
Nuevo método de compresión descompresión activa	ACD-S
Potencia máxima	PR
Respiraciones por minuto	RER
Resucitación cardiopulmonar	RCP
Resucitación cardiopulmonar estándar	RCP-S
Retorno de circulación espontánea	ROSC
Soporte vital avanzado	SVA/ACLS
Soporte vital básico	SVB/BLS
Válvula de inspiración de impedancia	ITV
Ventilación por minuto	VE

### INTRODUCCIÓN.

Los intentos más remotos sobre reanimación se pueden encontrar en los antiguos tratados médicos orientales y occidentales<sup>1</sup>. A finales del siglo pasado, tras la introducción de la anestesia general, comienza a ser el paro cardíaco un problema clínico, apareciendo informes esporádicos sobre reanimación en tórax cerrado<sup>2-4</sup>. No fue hasta mayo de 1956 cuando el Dr. W.B. Kouwenhoven et al. abrieron la era moderna de la resucitación cardiopulmonar (RCP)<sup>5,6</sup>. Desde entonces muchos han sido los avances para intentar proporcionar al paciente, en paro cardiopulmonar (RCP), vía aérea, ventilación y circulación adecuadas<sup>7,8</sup>, así como una desfibrilación precoz<sup>7-9</sup>. El principal objeto es reanudar el funcionamiento del corazón y devolver al paciente el nivel neurológico óptimo previo al paro, meta final de la reanimación<sup>10</sup>.

Conocemos que las maniobras de masaje cardíaco durante la RCP standard (RCP), correctamente realizadas, producen 1/3 o menos del gasto cardíaco normal<sup>11,12</sup>, al ser insuficiente, surgen técnicas alternativas a al RCP, invasivas o no, que intentan mejorar la hemodinámica y supervivencia de los pacientes<sup>13,14</sup>. RCP por compresión-descompresión activa (ACD) es un método de masaje no invasivo, que aplica succión al tórax durante la fase de relajación de la RCP. Esta técnica tiene sus orígenes en un anecdótico parte médico informado por Lurie<sup>15</sup>, se aplicó masaje cardíaco a un paciente con un desatascador de cuarto de baño de forma exitosa.

Posteriormente Cohen et al.<sup>16</sup> desarrollaron este nuevo método. ACD se aplica con un aparato (Cardio-pump, Ambu-Dinamarca)<sup>®</sup> que está provisto de un émbolo central para la compresión y una copa de succión de silicona que lo rodea, utilizada para la descompresión, están sujetos a un disco de fibra de vidrio donde se apoyan las manos del resucitador. El borde inferior de la copa se coloca en el extremo inferior del esternón, quedando el émbolo en posición central y tercio inferior del mismo. El reanimador se coloca al lado del paciente, de rodillas, con los brazos extendidos sobre el dispositivo ACD. La relación compresión-descompresión es 1/1, siguiendo los consejos de la Asociación Americana del Corazón (AHA)<sup>7</sup> y del Consejo Europeo de Resucitación (ERC)<sup>8</sup>. Dependiendo de la constitución del paciente, la fuerza de compresión es de 30, 40 o 50 Kg (unidades dadas por el fabricante), para conseguir un descenso esternal de 3.8 a 5 cm y una descompresión torácica de 10 a 15 Kg. ACD, es un método no invasivo de masaje cardíaco externo válido en la aplicación de la RCP que ha sido aprobada por la Food and Drug Administration (FDA). Si bien esta técnica

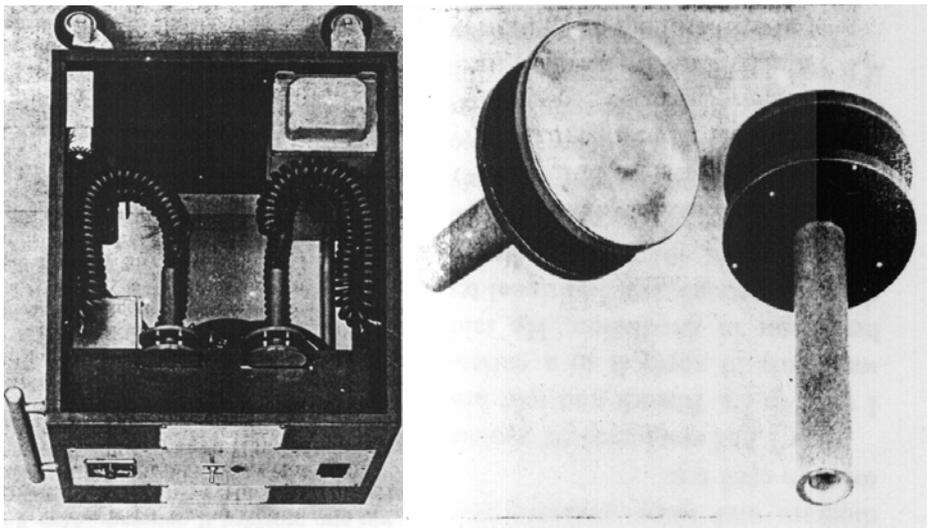
se muestra como prometedora, no está exenta de controversias. En los últimos años, numerosas investigaciones, realizadas en animales de experimentación y en humanos en ámbito hospitalario, demuestran que ACD, comparada con RCP, aumentan los flujos de perfusión coronaria, presión arterial sistólica, aumento del flujo cerebral, mejoras en la ventilación y liberación final del ET-CO<sub>2</sub><sup>17-24</sup>. A nivel extrahospitalario, existen resultados contradictorios sobre la supervivencia inicial, ingreso hospitalario, supervivencia a las 24 horas y alta hospitalaria<sup>25-31</sup>. Recientemente ha sido descrita una nueva postura de ACD<sup>32</sup> estando el reanimador de pie (ACD-S) y estudiada en maniqués por Baudin et al.<sup>33</sup> y Elvira y colaboradores en humanos<sup>34</sup>, sin embargo se conoce muy poco sobre la fatiga del reanimador así con la efectividad de las compresiones torácicas. Al mismo tiempo no sabemos que se hayan desarrollado investigaciones clínicas con el nuevo método de ACD-S en humanos. Por todo lo expuesto es oportuno interrogarse sobre la efectividad de un nuevo dispositivo terapéutico que cuando menos ha demostrado una eficacia similar respecto al tratamiento actualmente aplicado<sup>35,36</sup>.

**PALABRAS CLAVE:** Resucitación cardiopulmonar, Compresión descompresión activa, Consumos máximos de oxígeno, Maniqués, Parámetros fisiológicos.

## 1-INTRODUCCIÓN.

El desarrollo de las unidades de cuidados intensivos en los hospitales y la lucha contra el paro cardíaco, ocurrido en el seno de la anestesia general, impulsaron el desarrollo de técnicas precisas para poder controlar, vía aérea, ventilación, soporte circulatorio y desfibrilación, con el posterior cuidado post-reanimación.

No fue hasta el 6 de mayo de 1956 cuando los doctores Kouwenhoven, Knikerbocker y Jude<sup>1</sup> abrieron la era moderna de la resucitación cardiopulmonar (RCP). Mientras probaban un nuevo desfibrilador portátil, redactaron la siguiente nota: “Cuando se presionaron los electrodos sobre el tórax del animal (perro) en fase de fibrilación ventricular hubo un aumento significativo de la presión en la arteria femoral” (Fig.1).



**Fig. 1** Desfibrilador y sus palas usados en 1956 por Drs. Kouwenhoven, Knikerbocker y Jude

Esta observación provocó una extensa serie de experimentos en los cuales se aplicó la presión tanto al esternón como a los lados del tórax. Estas investigaciones demostraron que el perro se podía mantener con vida, durante un periodo de 30 minutos, mediante la aplicación de compresiones rítmicas sobre el tercio inferior del esternón.



**Fig. 2** Masaje cardiaco externo (informe Kouwenhoven).

Posteriormente se publicó el conocido informe Kouwenhoven<sup>2</sup> sobre la aplicación de masajes cardiacos externos en 100 perros y 20 pacientes informando de largos periodos de supervivencia (70%) en pacientes que recibían RCP después de sufrir paros cardiacos en ámbito hospitalario, estos alentadores resultados nunca se han repetido (Fig. 2).

De igual forma, el empleo de la adrenalina, el conocimiento de la fibrilación ventricular y la intubación traqueal eran ya conocidos desde principios del siglo XX, pero no se utilizaron de forma rutinaria en la reanimación de paciente hasta la segunda mitad del siglo.

## 2-PRIMER MANUAL DE RCP.

En 1960, de la mano de Peter Safar<sup>3,4</sup>, anestesista de Pittsburg (EEUU), es cuando nace la RCP tal como ahora la conocemos. Propuso un sistema organizado para luchar contra el paro cardiaco, sus famosas secuencias ABC (Vía aérea, ventilación, circulación) y DEF (fármacos, electrocardiograma, desfibrilación) proporcionan un esquema de trabajo eficaz y coherente (Fig. 3). Publicó en 1968 el primer manual de RCP y fue pionero de la investigación de la anoxia cerebral post-RCP. Los más conocidos son sus ensayos clínicos multicéntricos controlados sobre hipotermia, barbitúricos y calcioantagonistas.

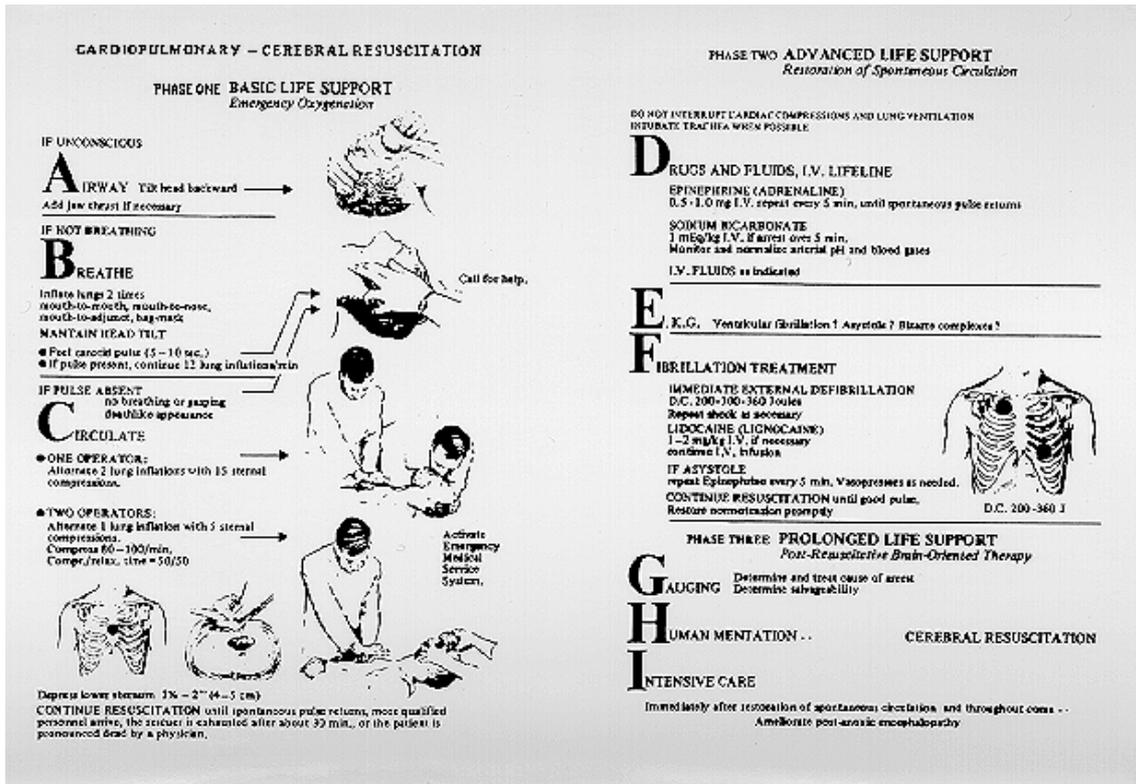


Fig. 3 Peter Safar (1957): The new cardiopulmonary-cerebral resuscitation (CPCR) system

### 3-CONCEPTOS GENERALES

Con la resucitación cardiopulmonar básica se intenta producir un flujo sanguíneo en el organismo y una ventilación adecuada hasta que sea posible la desfibrilación y/o aplicar soporte vital avanzado.

Existen varios factores determinantes en la supervivencia del paro cardiaco, estos incluyen la edad del paciente, la condición cardiaca que llevó al paro, enfermedades asociadas, ritmo cardiaco inicial, la velocidad con la que se instauran las medidas de soporte vital básico y avanzado y el cuidado avanzado post-reanimación<sup>5-12</sup>.

Los pacientes que inicialmente presentan asistolia o disociación electro-mecánica tienen un pronóstico sumamente pobre en contraste con aquellos que presentan fibrilación ventricular siempre que se desfibrile precozmente y reciba el apoyo del

soporte vital avanzado<sup>5,7</sup>. Afortunadamente aproximadamente el 70% de los paros cardiacos que ocurren fuera del hospital son secundarios a fibrilación ventricular<sup>5,6</sup>.

Es sabido, por esta razón, que el paro cardiaco presenciado, ya sea fuera del hospital o en ámbito hospitalario, responde en la mayoría de los casos a la desfibrilación, por lo que actualmente se apuesta a tener desfibriladores manuales, automáticos o semiautomáticos en aquellos lugares donde la densidad de población es alta, como rascacielos, eventos deportivos, aviones comerciales, estaciones de tren, metro, autobuses, etc<sup>5</sup>. Además de entrenar en estas técnicas a bomberos, policías, técnicos sanitarios, etc. El golpe precordial rara vez produce la buscada desfibrilación (<2%) si bien, debido a la velocidad de aplicación y simplicidad de ejecución, es recomendada<sup>4,13</sup>. La implantación de desfibriladores intracardiacos ha supuesto una mejora notable tanto en la mortalidad como en la morbilidad<sup>14</sup>.

La fibrilación ventricular puede tener un trazo típico o ser de grano fino semejando a una asistolia, por consiguiente cuando nos encontramos con una amplitud baja o una línea isoeletrica en el monitor, una vez supervisados los electrodos, se aconseja la desfibrilación puesto que no daña al paciente en paro cardiaco y puede revertir la fibrilación<sup>5,15</sup>.



**Fig. 4** Electrodo colocados correctamente, debajo de clavícula derecha y en línea media axilar a la izquierda del botón mamario.

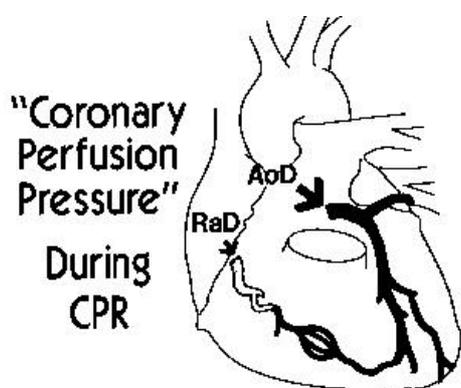
Durante la desfibrilación la colocación de los electrodos es esencial para el éxito de la despolarización del músculo ventricular (Fig.4)<sup>16</sup>. Si estos no están en posición correcta, la corriente no atravesará el corazón. Los niveles de energía recomendados para las tres primeras desfibrilaciones son 200, 200 y 360 Julios (AHA)<sup>17</sup> y 200, 200-300 y 360 Julios (ERC)<sup>18</sup>, las siguientes son a 360 J<sup>5</sup>. Sin embargo, no es la energía

(watts/segundo (w/s) ó Julios (J)) el parámetro más importante en la desfibrilación si no la densidad de corriente que atraviesa los ventrículos, esta depende del tamaño de los electrodos, su colocación y la resistencia entre los electrodos y el corazón<sup>19-21</sup>.

La resistencia transtorácica más baja para desfibrilar se obtiene usando electrodos de metal con una pasta que contenga un volumen alto de electrolitos. Puesto que el aire es muy poco conductor, se recomienda al final de espiración, recordando que en el paciente con neumotórax a tensión, en el lado izquierdo, es casi imposible desfibrilar<sup>22-25</sup>.

### 3.1-IMPORTANCIA DE LA PRESIÓN DE PERFUSIÓN CORONARIA.

La presión de perfusión coronaria (PPC) es la diferencia entre la presión diastólica aórtica (PA<sub>oD</sub>) y la presión diastólica atrial (PR<sub>aD</sub>). Ésta aumenta por varios mecanismos, siendo el más importante aquel que produce un aumento de la vasoconstricción periférica y por tanto del retorno venoso.



**Fig. 5** Presión de perfusión coronaria  $PPC=PA_{oD}-PR_{aD}$

En casos de asistolia o cuando no disponemos de un desfibrilador la supervivencia del paciente viene dada por la presión de perfusión coronaria<sup>26</sup>, las fibras miocárdicas del corazón usan el adenosín trifosfato como fuente de energía, cuando ésta se gasta, la desfibrilación produce asistolia, es pues vital una adecuada perfusión miocárdica para retardar el vaciamiento de adenosín trifosfato<sup>8,27</sup>.

3.2-BOMBA TORÁCICA-BOMBA CARDIACA.

Desde los trabajos de Kouwenhoven y colaboradores<sup>1,28</sup> se consideró que el masaje cardiaco externo producía el flujo sanguíneo por compresión del corazón entre el esternón y la columna vertebral (Fig. 6).

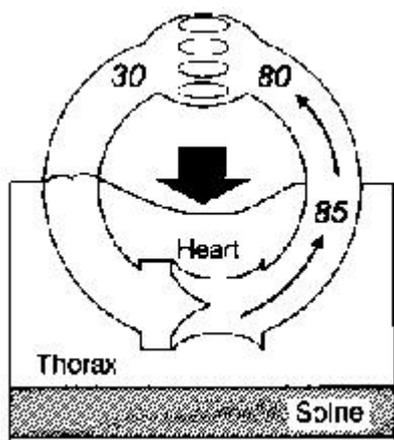


Fig. 6 Mecanismo de bomba cardiaca.

Esta teoría fue cuestionada por Weisfeldt<sup>29,30</sup> y colaboradores sugiriendo que el aumento de la presión intratorácica era el responsable del flujo sanguíneo durante la compresión torácica comportándose el corazón como una simple canalización pasiva (Fig. 7). Sus conclusiones se basaban en las siguientes observaciones:

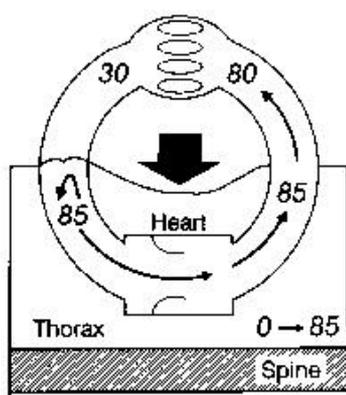


Fig. 7 Mecanismo de bomba torácica

1. Midió la presión en las cuatro cámaras del corazón en la fase de compresión y de relajación durante la RCP por el mecanismo de bomba torácica; comprobando que aumentaba simultáneamente y de forma similar que con el empleo de la compresión torácica externa.

2. La compresión del tórax después de la ventilación aumentaba la presión intratorácica y el consiguiente aumento de flujo carotideo.
3. La ventilación y compresión simultánea aumentaron la presión y el flujo carotideo.
4. Los estudios eco-cardiográficos (2D) mostraron que durante la compresión del tórax la válvula mitral no se cerraba.

Rankin y colaboradores<sup>31</sup> sostienen, por el contrario, que la citada teoría no es válida, manteniendo que el flujo de sangre depende de la compresión cardiaca y/o vascular y que un alto impulso de compresiones debe mejorar la RCP.

En perros se comparó el alto impulso (compresiones 120/min) con RCP (compresiones 60/min) mostrando un aumento significativo (8/13 vs 2/13,  $p=0.03$ ) de la supervivencia a los 30 minutos y a las 24 horas del paro cardiaco cuando se aplicó compresión torácica externa por alto impulso.

Raessler Kl y colaboradores compararon el masaje cardiaco directo (compresión cardiaca pura) con el chaleco para RCP (mecanismo de bomba torácica) constatando las diferencias de presión aórtica y atrial, encontrando que estas presiones aumentaban significativamente con el empleo del masaje cardiaco directo, aumentando también la supervivencia<sup>32</sup>.

### 3.3-RESUCITACIÓN CEREBRAL

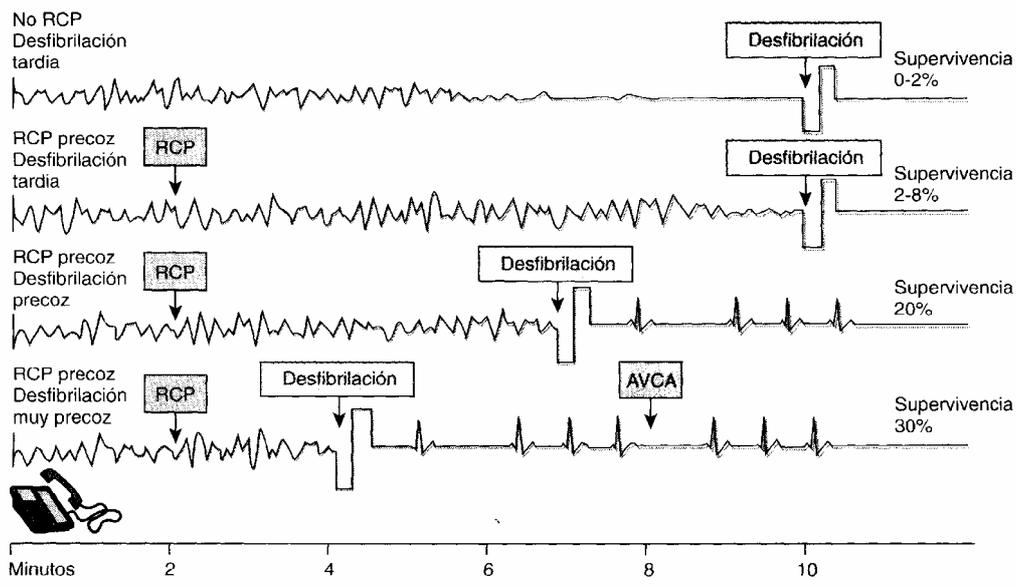
La importancia del SVB es indiscutible, pero la eficacia de la RCP en paros prolongados es modesta<sup>33-35</sup>. Cuando la RCP y la desfibrilación son retrasadas o cuando el cuidado post reanimación falla, la cadena de supervivencia se rompe. La corteza cerebral, el tejido más susceptible a la hipoxia, tiene un daño irreversible, resultando la muerte o daños neurológicos severos. La necesidad de preservar la viabilidad cerebral debe ser llevada a cabo en la investigación y en la practica de intervenciones.

3.4- CADENA DE SUPERVIVENCIA.

La esperanza del paciente en paro cardiaco depende de iniciar en los dos primeros minutos las maniobras de SVB para mantener la circulación y la oxigenación y continuar hasta poder desfibrilar a la víctima. El SVB es efectivo si la desfibrilación tiene lugar en un lapso de 8 a 10 minutos después del paro cardiaco. Actualmente a través de los programas PAD (desfibrilación por el público) la cadena de supervivencia ha mejorado significativamente, obteniendo una respuesta inferior a los 3 minutos en la desfibrilación de la víctima (Fig. 8 y 9).



**Fig. 8** Cadena de supervivencia.



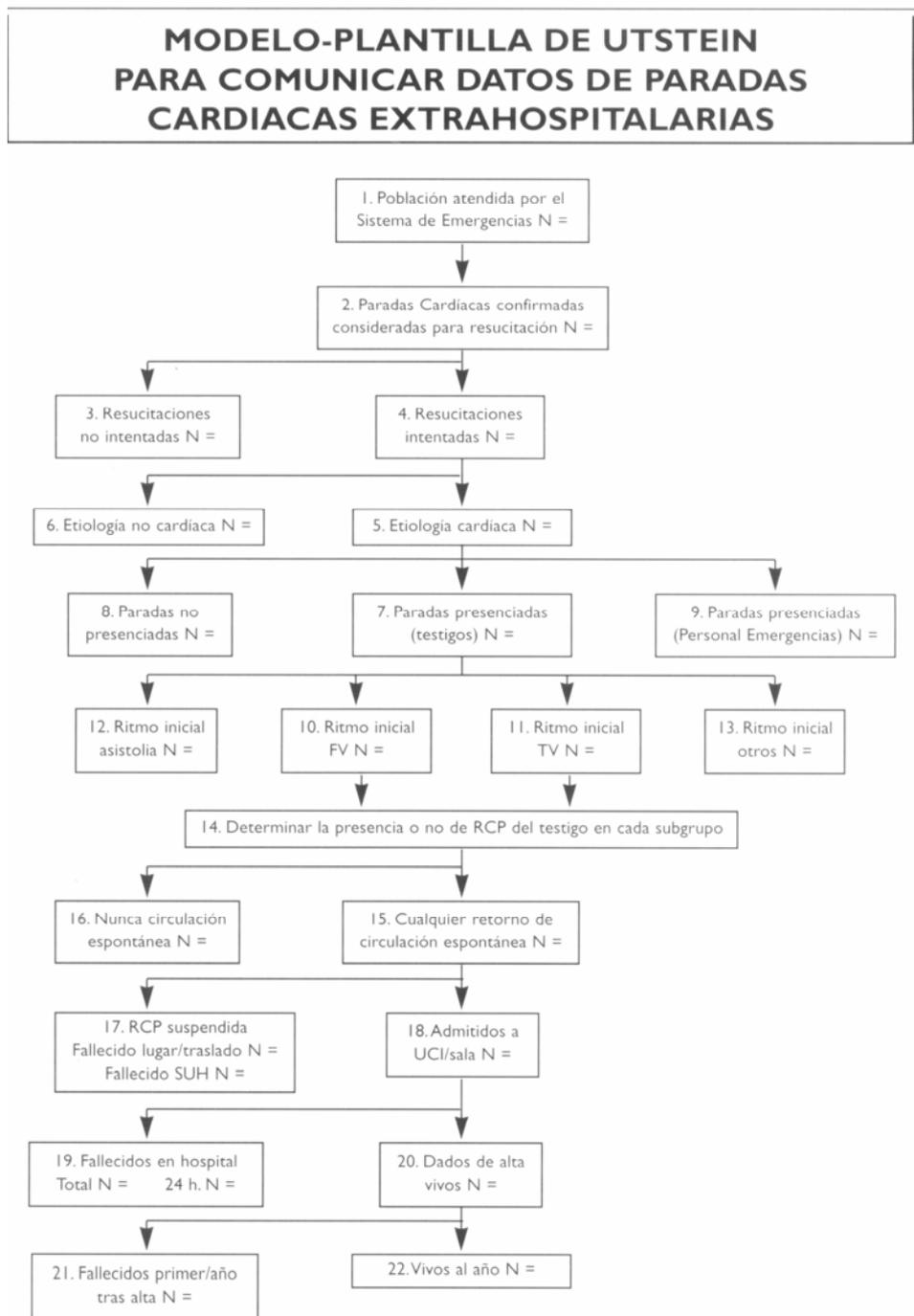
**Fig. 9** Diferencias en la supervivencia del alta hospitalaria de la FV en relación a la precocidad de la desfibrilación y de los cuidados avanzados de resucitación

### 3.5-ESTILOS UTSTEINS.

En Junio de 1990 miembros de la Asociación Americana del Corazón, del Consejo Europeo de Resucitación, de la Fundación Canadiense del Corazón y del Consejo Australiano de Resucitación se reunieron en Utstein (Noruega) abordando el problema de la terminología y nomenclatura relacionada con la resucitación cardiopulmonar. Se elaboraron una recomendaciones referentes a la parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria y se agruparon bajo la denominación de Estilo Utstein, publicadas en el verano de 1991<sup>36</sup>. Posteriormente, se publicaron las recomendaciones referentes a la población pediátrica, Estilo Utstein Pediátrico<sup>37</sup>. Las recomendaciones para trabajos de investigación en laboratorio, Estilo Utstein de laboratorio se publican en 1996<sup>38</sup>, las recomendaciones para las paradas intrahospitalarias en 1997, estilo Utstein intrahospitalario<sup>39</sup> y en el 2002 el estilo Utstein traumático<sup>40</sup>.

El estilo Utstein extrahospitalario<sup>36</sup> se basa en cinco apartados fundamentales que van a permitir la uniformidad en todos los aspectos relacionados con la RCP: Definiciones, variables individuales de la población, tiempo e intervalos con sus definiciones, descripción de los sistemas de emergencia encargados de la resucitación y un modelo de plantilla que se completará con datos que permitan la comparación de los resultados.

El modelo de plantilla es una representación gráfica de los datos que los investigadores deben comunicar. El denominador común comienza con los pacientes con parada cardiorrespiratoria de etiología cardiaca y se observa como este grupo decrece progresivamente hasta el número de pacientes vivos después de un año.



Los supervivientes a una parada cardíaca se evalúan específicamente a través de las categoría de función cerebral y función general de Glasgow-Pittsburgh, recomendando este registro tanto en la fase pre-parada, alta hospitalaria y año post-parada.

### 3.6-UNION DE COMITES EN RESUCITACIÓN INTERNACIONAL (ILCOR).

La resucitación es un área de investigación activa, excitante y en continua revisión, desde 1992 hasta 1997 aparecen cambios en el manejo del paro cardiaco y en el síndrome coronario agudo. En 1997 los líderes en enfermedades cardiovasculares (ECC) reconocían la necesidad de incorporar los nuevos avances científicos dentro de una guía internacional. Los miembros del consejo de La Unión de Comités en Resucitación Internacional (ILCOR) apoyaron la idea y decidieron desarrollar, en un plan bianual, los siguientes objetivos:

- Identificar todas las diferencias e inconsistencias entre las guías existentes y llevar a cabo revisiones basadas en evidencias sobre tópicos de resucitación.
- Dar aviso a la unión de consejos para que revisaran, borrarán o añadieran estos temas.

La actual guía de resucitación del 2000<sup>41,42</sup> es más que una actualización de las recomendaciones hechas previamente para resucitación cardiopulmonar (RCP) y enfermedades cardiovasculares y publicadas por la Asociación Americana del Corazón (AHA) (1974, 1980, 1986 y 1992)<sup>17</sup> y por el Consejo Europeo de Resucitación (ERC) (1992, 1996 y 1998)<sup>18</sup>, es el resultado de la primera conferencia internacional hecha específicamente para hacer una guía internacional de resucitación. En todas las etapas de planificación, coordinación e implantación, los organizadores de la conferencia buscaron y lograron la participación de individuos y consejos fuera de los Estados Unidos. Las conclusiones se basaron en:

- a) Conferencias previas
- b) Criterios basados en la evidencia
- c) Recomendaciones

### A. CONFERENCIAS PREVIAS.

Para llegar a las conclusiones y resultados de la guía de RCP del 2000 han sido necesarios muchos años de trabajo por los diferentes concilios.

- 1966 - se realiza la primera Conferencia Nacional sobre RCP: Academia Nacional de Ciencia, Consejo Nacional de Investigación.
- 1973 - Segunda Conferencia Nacional sobre RCP: Asociación Americana del Corazón, Academia Nacional de Ciencias, Consejo Nacional de Investigación.
- 1979 - Tercer Conferencia Nacional sobre RCP: Asociación Americana del Corazón.
- 1983 - Primer Conferencia Nacional sobre Resucitación Pediátrica: Academia Americana de pediatría, Asociación Americana del Corazón.
- 1985 - Cuarta Conferencia Nacional sobre RCP y ECC: Asociación Americana del Corazón, Asociación Americana del Corazón.
- 1992 - Quinta Conferencia Nacional sobre RCP y ECC: Asociación Americana del Corazón con la colaboración de varios Consejos, Primera cita de la Unión de Comités en Resucitación Internacional ILCOR.
- 2000 - Primera Conferencia internacional sobre la Guía para RCP y ECC: Con la colaboración de AHA, ERC, Fundación de Corazón y Paro de Canadá (HSFC), Consejo de Resucitación de África del Sur (RCSA), Consejo Australiano de Resucitación (ARC), Consejo de Resucitación de América Latina (CLAR) y el Consejo de Resucitación de Nueva Zelanda (NZRC)

Los objetivos de la Conferencia sobre la Guía del 2000 fueron:

1. Crear la primera Guía Internacional apoyada por la evidencia científica y desarrollada con la colaboración internacional (más del 50% de los participantes pertenecían a organizaciones no americanas).
2. Establecer ILCOR<sup>43,44</sup> como único comité responsable de coordinar y comunicar las conclusiones
3. Organizar un documento donde se expliquen el desarrollo de la guía a partir de evidencias y se evalúe el éxito o fracaso de su desarrollo
4. Revisar recomendaciones de conferencias pasadas, basadas en evidencia científica que se hubieran acumulado desde las guías anteriores. Desarrollar guías de primeros auxilios para casa o trabajo.
5. Revisar y recomendar los cambios en los métodos recomendados para la enseñanza de conocimiento y habilidades del soporte vital básico (BLS/SVB), soporte avanzado en pediatría (PALS/SVAP) y soporte avanzado en cardiovascular (ACLS/SVA) ya sea en educación o en evaluación.

### B. GUÍA DE RESUCITACIÓN BASADA EN EVIDENCIA:

Los conferencistas usaron el criterio basado en evidencias para identificar, evaluar y premiar publicaciones científicas y proponer cambios necesarios. Aplicando herramientas y principios basados en evidencias en todos los aspectos:

- (1) Buscar evidencia: es una serie de estudios/publicaciones individuales.
- (2) Determinar el nivel de cada evidencia (un solo estudio de metodología)
- (3) Criticar la calidad de cada artículo.
- (4) Integrar todas las evidencias aceptables dentro de una recomendación final.

### C. RECOMENDACIONES.

La efectividad del soporte vital incluye todas las repuestas necesarias para manejar las situaciones críticas que amenazan la vida y que afectan a los sistemas cardiovascular, cerebrovascular y pulmonar. Incluye específicamente:

- (1) Reconocer una señal de alarma de paro o ataque al corazón. Tomar decisiones para prevenir complicaciones.
- (2) Dar inmediatamente soporte vital básico (SVB) en el lugar.
- (3) Dar soporte vital avanzado (SVA) en el lugar, tan rápido como sea posible, desfibrilar si es necesario y estabilizar a la víctima antes de ser transportada.
- (4) Transferir a la víctima estabilizada al hospital.

Todas las discusiones, decisiones y resultados han sido publicados en las siguientes guías:

1. Advanced Life Support Working Group of the European Resuscitation Council. The 1998 European Resuscitation Council guidelines for advanced life support. *Resuscitation* 1998; 37: 81-90.

2. Kloek W, Cummins R, Chamberlain RA, Bossaert LL, Callanan V, Carli P, Christenson J et al. The Universal ALS Algorithm: an advisory statement by the Advanced Life Support Working Group of the International Liason Committee on resuscitation. *Resuscitation* 1997; 34: 109-112.

3. The European Resuscitation Council Advanced Life Support Manual. Published 2001. Obtainable from the European Resuscitation Council, University of Anwerp, PO Box 113, B-2610 Antwerpo, (Wilrijk). Bélgica.

4. American Heart Association in collaboration with the International Liason Committee on Resuscitation (ILCOR). International Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care—A Consensus on Science. *Resuscitation* 2000; 46: 73-238.

### 3.7- ENSEÑANZA Y REEVALUACIÓN DE RCP

El entrenamiento en RCP ha sido recomendado para el personal sanitario desde hace más de 30 años por los diferentes comités de Resucitación, siendo aceptada su instrucción para el público en general desde 1974. El resultado es el desarrollo de una gran variedad de programas SVB y de SVA para enseñar, informar y evaluar dichas técnicas. Este tipo de cursos son teórico – práctico con su consiguiente evaluación (Megacode) y su duración varía de 4 a 20 horas.

Numerosos estudios han revaluado la eficacia de estos cursos, después de 3, 6 meses y 1 año de su realización, en la mayoría de los casos la memorización de las técnicas, fundamentalmente en SVB, es muy pobre, siendo atribuido a diferentes factores: tiempo de práctica, complejidad y gran cantidad de información dada. La mayoría de los instructores dedican más tiempo a la parte teórica que a la práctica, además, no suelen seguir un protocolo pre-establecido, siendo cuestionadas tanto la calidad como la exactitud de dichos cursos.

El uso de maniqués, bajo supervisión del instructor y con apoyo computarizado ha demostrado ser la prueba más objetiva y precisa para la enseñanza del SVB<sup>45-47</sup>.

A comienzos de 1990 se comenzó a establecer protocolos más simples y equipos de maniqués con diseño simplificado, habiéndose desarrollado numerosos métodos para el aprendizaje, reevaluación y simplificación de contenidos, destacando los cursos en video, practicar después de observar (videos con apoyo de instructores) y el uso de medios auditivos<sup>48-54</sup>.

Quedan pendientes el control de las secuencias de acción simplificada y las habilidades de los cursos de SVB.

La población a la que iría dirigida la educación del SVB<sup>17,18</sup> es:

- Personal sanitario. Se incluiría el SVA<sup>17,18</sup>
- Primer interviniente. Estos serían cualquier persona interesada en el tema, centros educativos, socorristas, grandes empresas, grandes almacenes, y

en definitiva, a todos y cada uno de nosotros, sin olvidar cursos dirigidos a parientes y amigos cercanos a personas de alto riesgo<sup>55</sup>.

- Personal de seguridad.

El ILCOR 2000 también enfoca la necesidad de enseñar SVB pediátrico a todos los individuos que estén entrenados en SVB adultos.

## 1-INTRODUCCIÓN.

El gasto cardiaco y las presiones de perfusión, que se producen durante el masaje cardiaco externo, varían considerablemente de unos sujetos a otros. Algunos cambios en la técnica del masaje o la ayuda de algunos instrumentos pueden incrementar el flujo sanguíneo y las presiones de perfusión consiguiendo una mayor oxigenación de órganos vitales.

Muchos han sido los avances para intentar proporcionar al paciente, en paro cardiopulmonar (PCR), vía aérea, ventilación y circulación adecuadas, así como una desfibrilación precoz<sup>1-3</sup>. El principal objeto es reanudar el funcionamiento del corazón y devolver al paciente el nivel neurológico óptimo previo al paro, meta final de la reanimación.

Desde que en 1960 Peter Safar<sup>4</sup> publicara las primeras recomendaciones en la atención de pacientes en parada cardiaca, tanto la mortalidad como la morbilidad siguen siendo similares, es por ello que en el año 2000 la AHA<sup>5</sup> y el ERC<sup>6</sup> proponen nuevas tendencias hacia técnicas y dispositivos que prometen aumentar la supervivencia en el paro cardiaco.

Conocemos que las maniobras de masaje cardíaco durante la RCP, correctamente realizadas, producen 1/3 o menos del gasto cardiaco normal<sup>7,8</sup>, al ser insuficiente, surgen técnicas alternativas a la RCP, invasivas o no, que intentan mejorar la hemodinámica y supervivencia de los pacientes<sup>9,10</sup>. Se han propuesto algunas modificaciones en las maniobras de masaje cardiaco durante la RCP para mejorar estos resultados. Todas ellas se aplican según las recomendaciones de la AHA<sup>5</sup> y ERC<sup>6</sup>, actualmente consensuadas junto con otras instituciones internacionales (ILCOR)<sup>11</sup> y se han mostrado prometedoras para mejorar la supervivencia de los pacientes y poder reemplazar a la técnica clásica del masaje cardiaco externo. Las técnicas aconsejadas en las últimas recomendaciones del ERC como alternativa al masaje cardiaco externo y clasificadas como clase II B son:

- Reanimación cardiopulmonar con compresión abdominal interpuesta (RCP-CAI)
- RCP circunferencial (RCP-C).
- RCP por compresión descompresión activa (ACD).
- RCP mecánica (Thumper) (RCP-T).
- RCP por masaje cardiaco directo (RCP-D).
- RCP con válvula de inspiración de impedancia (RCP-ITV).
- RCP por compresión descompresión activa y compresión descompresión abdominal (Lifestick).

Al margen de las maniobras empleadas, son el reconocimiento temprano de la falta de los signos vitales en el paciente, la activación de los servicios de emergencia, la RCP básica, la desfibrilación precoz, la intubación, y la medicación intravenosa la base de la supervivencia de los pacientes que han sufrido un paro cardiaco.

## 2-DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS RECOMENDADAS POR ILCOR 2000.

### 2.1-MODELO MATEMÁTICO.

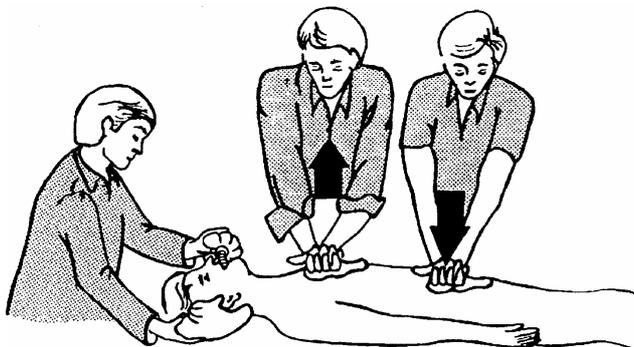
Alguno de estos métodos han sido estudiados en modelos matemáticos semejando la circulación hemodinámica del adulto<sup>12</sup>. Los valores de volumen/min y presión de perfusión durante las diferentes maniobras son mostrados en la tabla I.

**Tabla I** Modelo matemático.

Técnica	Volumen/min (l/min)	Presión de perfusión (mmHg)
<b>RCP-S</b>	1.3	25
<b>RCP-CAI</b>	2.4	45
<b>ACD</b>	1.6	30
<b>Lifestick</b>	3.1	58

---

2.2-REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR CON COMPRESIÓN ABDOMINAL INTERPUESTA (RCP-CAI).



**Fig. 1** Reanimación cardiopulmonar con compresión abdominal interpuesta (RCP-CAI)

Con esta técnica, un segundo reanimador comprime el abdomen durante la fase de relajación de las compresiones torácicas encontrando un aumento en la supervivencia de los pacientes en ámbito hospitalario cuando se compara con RCP standard<sup>13</sup>. La presión recomendada es de 100 mm Hg, dando la compresión con un ángulo desde el centro del abdomen a la parte izquierda de la columna vertebral para poder comprimir la aorta abdominal<sup>14</sup> (Fig. 1). No se han encontrado una mayor incidencia de trauma abdominal, regurgitación u otras complicaciones<sup>15</sup>. Con esta aplicación se conseguiría una mejor hemodinámica en las presiones en los órganos dianas a través del aumento del retorno venoso. Estos datos no han sido confirmados en ámbito extrahospitalario<sup>16</sup>.

2.3-RCP CIRCUNFERENCIAL (RCP-C).

Este método, llamado tradicionalmente chaqueta neumática, usa el mismo principio que la RCP con compresión y ventilación simultánea, siendo el inflado/desinflado rítmico de la chaqueta neumática peritorácica las que provocan los cambios de presión intratorácica, tiene el inconveniente de precisar de una gran consola y de un tiempo inicial prolongado para su colocación.

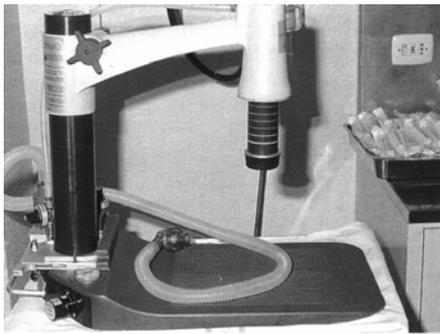
Comparado con RCP standard, ha demostrado aumentos en las presiones de los órganos vitales y de la presión de perfusión de coronaria, sin embargo, no se han

encontrado aumentos significativos en el retorno a la circulación espontánea ni en la supervivencia de los pacientes<sup>17</sup>.

El mecanismo de flujo sanguíneo se explica por un mecanismo mixto de bomba cardiaca y torácica<sup>18</sup>.

Recientemente este chaleco ha sido sustituido por una venda peritorácica que aplica una fuerza hidráulica en las caras laterales y anterior del tórax, siendo su manejo muy sencillo y no precisando de la gran consola. Cuando se comparó con RCP standard y la chaqueta mecánica, se encontraron aumentos en las presiones de perfusión, tanto aórticas como coronarias con respecto a RCP-S e iguales con la chaqueta, pero con la ventaja de ser una técnica portátil<sup>19</sup>.

#### 2.4-RCP MECÁNICA (THUMPER) (RCP-T).



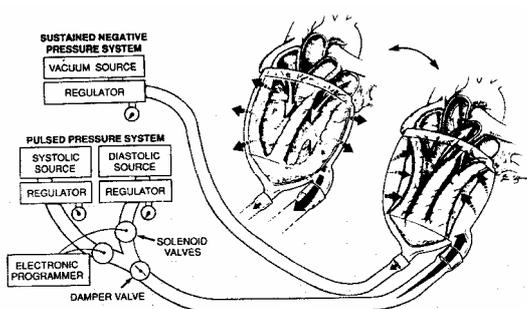
**Fig. 2** Compresor torácico y respirador.

El fin es la sustitución del trabajo del reanimador en la RCP standard. Aporta compresiones torácicas y ventilaciones durante la RCP. Consta de un pistón-compresor a gas y de un ventilador a presión<sup>20,21</sup>. No necesita energía eléctrica dado que funciona con altas presiones de oxígeno al 100% (Fig. 2) y puede programarse tanto en la presión de compresión como ventilación.

No se han demostrado mejoras en las presiones de perfusión ni en la supervivencia de los pacientes cuando se compara con el masaje cardiaco externo manual<sup>22,23</sup>. Sin embargo, en ámbito extrahospitalario se ha encontrado mayor eliminación de ETCO<sub>2</sub> cuando se compara con SVA<sup>24</sup>. Este modelo mecánico no precisa de reanimador.

### 2-5- RCP POR MASAJE CARDIACO DIRECTO (RCP-D).

La toracotomía con masaje cardiaco directo debe ser recomendada de forma rutinaria en pacientes en parada cardiaca con traumatismo abierto de tórax o que se encuentren en el seno de una cirugía cardiorotáica<sup>25,26</sup> (Fig. 3). Diversos estudios han demostrado que mejoras en las presiones de perfusión así como en la supervivencia de los pacientes cuando se compara con RCP-S<sup>27,28</sup>. Existe una nueva tendencia a realizar masaje cardiaco directo con toracotomía abierta mínimamente invasiva con resultados más que aceptables<sup>29,30</sup>, si bien el masaje cardiaco externo óptimamente dado es eficaz, menos lesivo e invasivo que el masaje cardiaco directo.

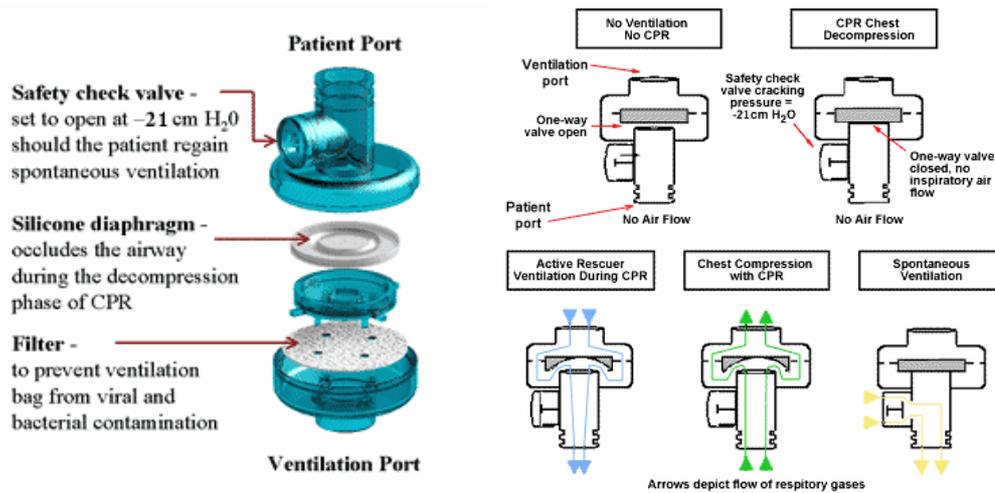


**Fig. 3** RCP con masaje mecánico

### 2.6-RCP CON VÁLVULA DE INSPIRACIÓN DE IMPEDANCIA (RCP-ITV).

La válvula de inspiración de impedancia (ITV) se utiliza para ventilar al paciente durante las maniobras de RCP. Ha sido recomendado recientemente su uso por la Asociación Americana del Corazón y puede utilizarse con la mayoría de las fuentes de ventilación, mascarilla, ambu, etc. También puede utilizarse con las diferentes modalidades de sellado o aislamiento de la vía aérea, mascarilla laríngea, combitube y tubo endotraqueal.

Tiene cuatro componentes válvula de seguridad, diafragma de silicona, diafragma de disco y un filtro (Fig. 4).



**Fig.4** Válvula ITV (Válvula de inspiración umbral de impedancia)

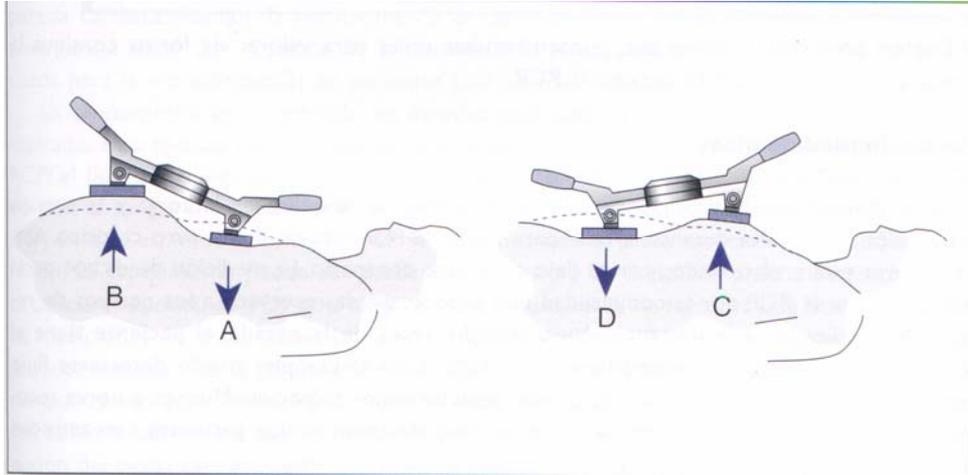
Se coloca entre la fuente de ventilación y la vía aérea, si el paciente no está intubado se conecta a la mascarilla facial fijándola firmemente sobre la cara del paciente (Fig. 5).



**Fig.5** Válvula ITV, ventilación con tubo endotraqueal y mascarilla facial.

La válvula crea un aumento de presión negativa intratorácica al dejar entrar el oxígeno de la fuente de ventilación hasta conseguir presiones de  $-21$  cm de  $H_2O$ , este aumento de presiones negativas mejora el flujo sanguíneo a los órganos vitales así como de las presiones de perfusión coronaria<sup>31,32</sup>.

2.7-RCP POR COMPRESIÓN DESCOMPRESIÓN ACTIVA Y COMPRESIÓN DESCOMPRESIÓN ABDOMINAL (LIFESTICK).



**Fig. 6** Lifestick resucitador.

Consta de dos parches que se fijan a la piel por medio de un adhesivo, uno en el centro del esternón y otro en epigastrio. Estos están unidos por un sistema de palanca rígido, ejerciendo alternativamente presión sobre la región torácica o abdominal (Fig. 6).

Tang y colaboradores<sup>33</sup> publican este nuevo método en 1997 que aplicaron en modelo porcino (n=20). Consiguiendo una mejora significativa en la eficacia hemodinámica, éxito en el ROSC, supervivencia a las 48 horas y recuperación cerebral.

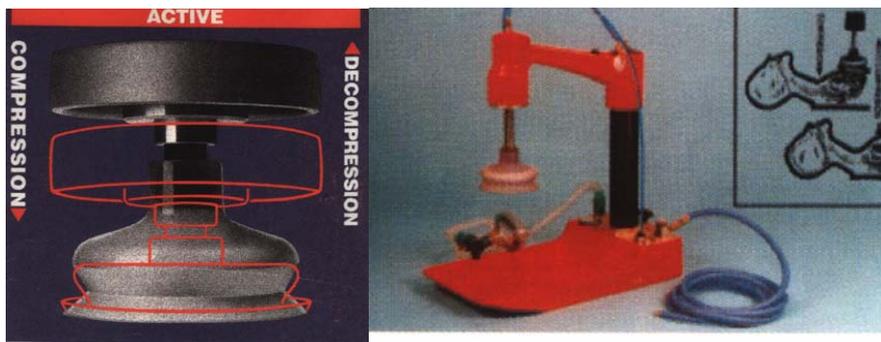
Wenzel y colaboradores<sup>34</sup> publican, en abril del 2000, en modelo porcino (n=12) el aumento significativo de las variables hemodinámicas y del flujo de sangre en los órganos vitales durante la aplicación de la RCP con el Lifestick resucitador (antes de aplicar epinefrina) cuando se compara con la RCP normal. Estos valores se igualaron en ambos grupos después del empleo de la epinefrina.

En el ámbito extrahospitalario se ha constatado su aplicación ventajosa en pacientes en asistolia y disociación electromecánica, así como un menor cansancio para

los reanimadores y menos efectos secundarios para los pacientes, si bien, se necesitan más estudios para evaluar la supervivencia<sup>35,36</sup>.

## 2.8-RESUCITACIÓN CARDIOPULMONAR POR COMPRESIÓN-DESCOMPRESIÓN ACTIVA (ACD).

ACD se realiza a tórax cerrado y emplea una copa de succión manual para descomprimir activamente el pecho durante la fase diastólica de la RCP<sup>37</sup> (Fig. 7). Se ha demostrado mejoras en las presiones de perfusión de los órganos diana<sup>38</sup>. Este aparato también se ha diseñado como un thumper para poder analizar las fuerzas de compresión y descompresión idóneas<sup>39,40</sup>.



**Fig. 7** Cardio pump manual. A la derecha cardio pump mecánico.

## 3. OTRAS TÉCNICAS.

Al margen de estas nuevas recomendaciones, existen otros métodos que intentan mejorar las presiones de perfusión, algunas de ellas son ya clásicas y han quedado en desuso, otras intercalan varias técnicas y otras son nuevas y de aplicación experimental por el momento. De entre todas ellas destacamos:

- Pantalón antishock.
- Reanimación cardiopulmonar con compresión-ventilación simultánea.
- Reanimación cardiopulmonar de alta frecuencia.
- Reanimación cardiopulmonar sin ventilación.
- Oscilador de Hayek.

- Balón de contrapulsación, balón aórtico y bay-pass femoro-femoral con soporte extracorporeo.
- RCP con aceleración de Gz periódica
- RCP con ITV y estimulador del nervio frénico
- RCP con ITV usando chaleco neumático abdominal.
- RCP con chaleco torácico-chaleco abdominal e ITV.
- RCP con chaleco torácico y compresión torácica.

### 3.1-PANTALÓN ANTISHOCK.

El pantalón antishock, tiene por objeto, la recuperación de la volemia en determinados casos de traumatismos, estamos hablando de los traumatismos cerrados en los miembros inferiores, su función es la de comprimir los miembros inferiores hasta una determinada presión en mmHg, este valor dependerá de la constitución del individuo, la gravedad de las lesiones y de su presión sanguínea. Por lo general, la presión adecuada de inflado, se aproximará a la presión diastólica del individuo. Se coloca sobre las piernas y el abdomen con un sistema de inflado independiente, consigue así elevar la resistencia vascular periférica y la presión arterial media, favoreciendo el flujo sanguíneo en la mitad superior del cuerpo (Fig. 8)<sup>41,42</sup>.



**Fig. 8** Pantalón antishock.

Sus indicaciones son:

- Presión sanguínea sistólica inferior a 90 mmHg con claros signos clínicos de shock.
- Inmovilización de Fractura de pelvis y de fémur con shock.
- Paciente que presente trauma múltiple y presenta signos y síntomas clínicos de shock.
- RCP, específicamente en asistolia y disociación electromecánica.

### 3.2-REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR CON COMPRESIÓN-VENTILACIÓN SIMULTÁNEA.

Consiste en hacer coincidir de forma sincrónica la ventilación con las compresiones torácicas, basándose en la idea de que al aumentar la presión intratorácica generaría un aumento del flujo sanguíneo durante las compresiones torácicas. En los estudios publicados en laboratorio se resalta el aumento de la presión de los órganos diana, si bien no existen diferencias significativas en la supervivencia<sup>43</sup>-. En estos estudios existe una clara diferencia con las diferentes técnicas de RCP utilizadas en los ciclos de compresión-ventilación.

En humanos no se ha constatado mejoras significativas en la supervivencia, ni en ámbito hospitalario<sup>48</sup> ni extrahospitalario<sup>49</sup>.

### 3.3-REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR DE ALTA FRECUENCIA.

Emplea alta frecuencia de compresiones torácicas en el masaje cardiaco externo, más de 100 compresiones por minuto, consiguiendo mejoras en las presiones de perfusión así como una mayor eliminación de ETCO<sub>2</sub><sup>50,51</sup>.

### 3.4-REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR SIN VENTILACIÓN.

Estudios experimentales ponen de manifiesto una idéntica supervivencia y un daño neurológico similar al comparar RCP sin ventilación con la RCP standard<sup>52-54</sup>.

En 1996, Idris<sup>55</sup> realizó un estudio sobre la necesidad de ventilación durante RCP concluyendo que el boqueo puede proporcionar una ventilación suficiente, así como la compresión – descompresión activa puede mejorar el intercambio alveolar.

Krischer JP y colaboradores<sup>49</sup> concluyeron que de la tríada: vía aérea, ventilación y circulación, es ésta última la más importante dado que los datos experimentales indican que existe una cantidad adecuada de oxígeno en la sangre durante los diez primeros minutos del paro cardiaco, incluso cuando la vía aérea se encuentra totalmente ocluida.

Newton JR<sup>50</sup> y Perry RJ<sup>51</sup> han demostrado la misma supervivencia, durante los primeros minutos, en pacientes tratados con compresión torácica más ventilación y aquellos que aquellos recibieron exclusivamente compresiones torácicas. Dar solo compresiones cardiacas externas sin ventilación hasta la llegada de los equipos de emergencia podría ser una opción para el personal no familiarizado con las técnicas de resucitación, máxime cuando las primeras instrucciones son dadas por teléfono. La relación compresión-ventilación 15:2 debe de ser de obligado cumplimiento cuando el primer interviniente tenga nociones de SVB.

Hallstrom<sup>56,57</sup> publica en el año 2000 sus dudas sobre la utilidad de realizar la ventilación boca a boca durante la RCP-S. El estudio fue realizado en la ciudad de Seattle en el que el Centro de Emergencias, de forma aleatoria, dio instrucciones a los testigos de una PCR, fuera del hospital, de realizar RCP-S ó RCP sin ventilación hasta la llegada de los equipos de emergencia, encontrando igual supervivencia en los dos grupos de pacientes.

### 3.5-OSCILADOR DE HAYEK.

La ventilación con presión negativa usando el "pulmón de acero" precedió al uso rutinario de la ventilación con presión positiva. La oscilación de la pared torácica con el oscilador de Hayek es un nuevo método de ventilación mecánica que proporciona ventilación con presión negativa. y aumento en el rendimiento cardíaco. En un estudio piloto realizado en humanos por Smithline<sup>58</sup> en PCR, fuera del hospital, encuentra

mejoras en la presión de perfusión coronaria y en las presiones de órganos diana cuando se compara con la técnica mecánica usando Thumper.

### 3.6-BALÓN DE CONTRAPULSACIÓN, BALÓN AÓRTICO Y BAY-PASS FEMORO-FEMORAL CON SOPORTE EXTRACORPOREO

Estos métodos avanzados y sofisticados, de uso estrictamente hospitalario<sup>59-62</sup>, han demostrado aumentos de la presión de perfusión coronaria, de las presiones de perfusión de los órganos diana, así como una mayor supervivencia de los pacientes. El by-pass femoro-femoral<sup>63,64</sup> presenta un futuro muy esperanzador durante la parada cardiaca<sup>65</sup>, aun consiguiendo mejoras hemodinámicas en la RCP, no se han encontrado mejoras significativas en la supervivencia a largo plazo<sup>66</sup>.

### 3.7-TÉCNICAS INNOVADORAS:

RCP con aceleración de Gz periódica, en modelo experimental, produce un mayor rendimiento cardiaco, un aumento del flujo sanguíneo capilar y una ventilación suficiente para mantener animales vivos en fibrilación ventricular durante 18 minutos<sup>67</sup>.

RCP con ITV y estimulador del nervio frénico es un novedoso método que ha sido descrito recientemente por Lurie<sup>68</sup>, emplea la válvula de inspiración de impedancia (ITV) con un estimulador eléctrico para el nervio férnico con el fin de provocar el llamado “reflejo de boqueada”.

RCP con chaleco torácico, chaleco abdominal e ITV (vest/binder pneumatic/ITV) ha demostrado mejoras significativas de la perfusión coronaria y de la supervivencia, siendo actualmente una de las técnicas más prometedoras<sup>69-71</sup>. Siendo la compresión del chaleco torácico y abdominal, de forma sincrónica, la que mejores resultados ha obtenido<sup>72</sup>.

RCP con chaleco torácico y compresión torácica es también un experimental y novedoso método que ha conseguido mejoras significativas en la presión de perfusión coronaria, presión arterial media y aumentos del ETCO<sub>2</sub> cuando se compara con RCP-S<sup>73</sup>.

#### 4-VALORACIÓN DE LA EFICACIA DE LA REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR.

Aunque existen diferentes métodos que pueden resultar útiles para valorar si la técnica de RCP que se está aplicando es correcta e intentar predecir si la resucitación va a resultar exitosa, no son de uso rutinario.

La palpación de pulso carotideo durante la RCP no indica eficacia en las maniobras puesto que representa el gradiente de presión sistólico-diastólico y no da información de la presión diastólica aórtica ni de la presión de perfusión miocárdica.

Noc y colaboradores<sup>74</sup> han estudiado la predicción electrocardiográfica del éxito de la reanimación cardiaca en porcinos, concluyendo que presiones de perfusión coronaria que se mantienen por debajo de 8 mmHg se corresponden con una onda de amplitud de FV menor de 0.25 mV y una frecuencia dominante menor de 9.9 Hz indicando fracaso en la desfibrilación.

Se ha demostrado que el aumento de la presión diastólica en la aorta y la presión de perfusión miocárdica durante la RCP son signos de reanimación de un paro cardiaco, pero la medición de dichos parámetros queda reservada a los equipos de investigación o a los pacientes que están en unidades de cuidados intensivos donde se encuentran altamente monitorizados.

El empleo del eco-doppler es un gran adelanto para detectar el flujo sanguíneo, así como para medir los parámetros hemodinámicos, pero su empleo queda reservado a unidades especializadas (Fig. 9). Por medio de los estudios eco-doppler trans-esofágicos se ha constatado que durante las compresiones torácicas externas las válvulas mitral y tricúspide se cierran y la válvula aórtica se abre, estando relacionado el gasto cardiaco con la frecuencia de contracción del corazón, por lo que cada compresión externa produce un volumen sistólico. En animales de experimentación una frecuencia de compresiones externas 120/min aumenta el rendimiento cardiaco, recomendando 100 compresiones cardiacas externas en humanos.



**Fig. 9** Eco-doppler.

La medida de gases arteriales, así como el empleo de oximetría no son indicadores de predicción de resucitación en pacientes con paro cardiaco.

La capnografía es un método no invasivo que mide la concentración de CO<sub>2</sub> en el aire espirado, al mismo tiempo que lo representa gráficamente y/o numéricamente. Nos permite estimar el CO<sub>2</sub> que llega transportado por la sangre a los pulmones pudiendo ser utilizada como un indicador precoz del retorno a la circulación espontánea<sup>75,76</sup>.

Durante la RCP el flujo sanguíneo a través del pulmón es bajo, la medida de concentración de CO<sub>2</sub> espirado refleja el flujo de sangre que pasa por el órgano, Levine<sup>77</sup> y Orliaguet<sup>78</sup> han concluido que niveles de concentración mayor de 10 mmHg durante las maniobras de reanimación se relacionan con la supervivencia cercana al 100%. Mauer<sup>79</sup> señala estas cifras por encima de 15 mmHg. Un aumento en el número de compresiones externas produce un aumento en la liberación del CO<sub>2</sub>, estas son estadísticamente significativas para valores de 80-100/min, no evidenciando diferencias para 120/min<sup>80</sup>.

Actualmente existen capnógrafos sencillos y simples de manejar, los cuales se pueden acoplar a un simple ambú (Fig. 10).



**Fig. 10** Capnógrafos.

## 5-CUIDADOS POST-RESUCITACIÓN.

Una vez que las maniobras de RCP han conseguido restablecer la circulación espontánea, los objetivos del soporte vital avanzado son evitar la recurrencia del paro cardiaco y conseguir la mejor recuperación posible de las funciones cerebrales. Es necesario que el reanimador inicie estas medidas en el mismo instante de la recuperación del pulso del paciente y las continúe hasta su ingreso en la unidad de cuidados intensivos.

Los cuidados post-reanimación incluyen:

1º Evaluación del estado de la vía aérea, ventilación, circulación y función cerebral.

2º Vigilancia continua del estado del paciente, mediante exploraciones clínicas repetidas y el empleo de dispositivos para monitorizar el CO<sub>2</sub>, la oxigenación y el ritmo electrocardiográfico.

3º Tratamiento inmediato de las amenazas contra la vía aérea, ventilación, circulación y función cerebral.

4º Transporte a la unidad de cuidados intensivos manteniendo la vigilancia y el tratamiento inicial.

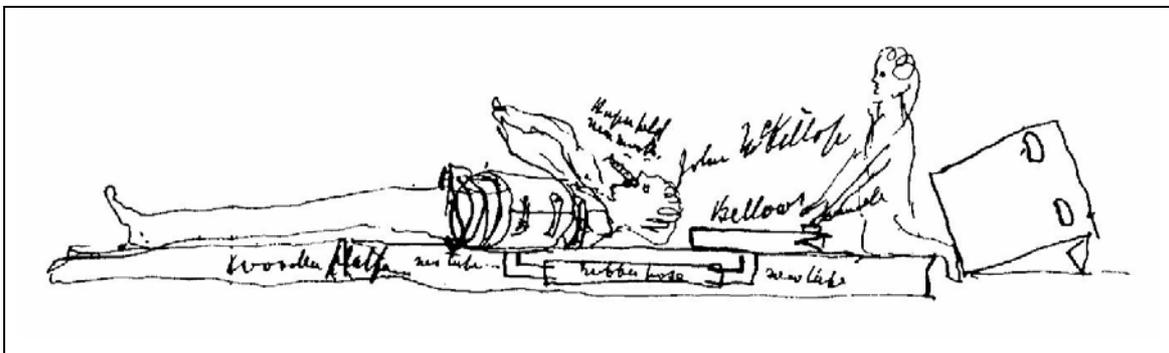
## 1-INTRODUCCIÓN.

En el capítulo anterior se han mencionado los diferentes dispositivos que se emplean en la resucitación para intentar mejorar la compresión durante el paro cardíaco, entre ellas se menciona el concepto de descompresión, utilizando un moderno y sencillo aparato manual, llamado Cardio-pump (Ambu Dinamarca®).

El método de compresión-descompresión activa se aplica con un aparato que está provisto de un pistón central para la compresión y una copa de succión que lo rodea, utilizada para la descompresión, en esta fase se realiza una presión negativa en el tórax aumentando el retorno venoso al corazón durante la fase diastólica de la resucitación, consiguiendo así un aumento del volumen sistólico final y un aumento de la perfusión coronaria.

## 2-RESUMEN HISTÓRICO DE LA COMPRESIÓN-DESCOMPRESIÓN ACTIVA.

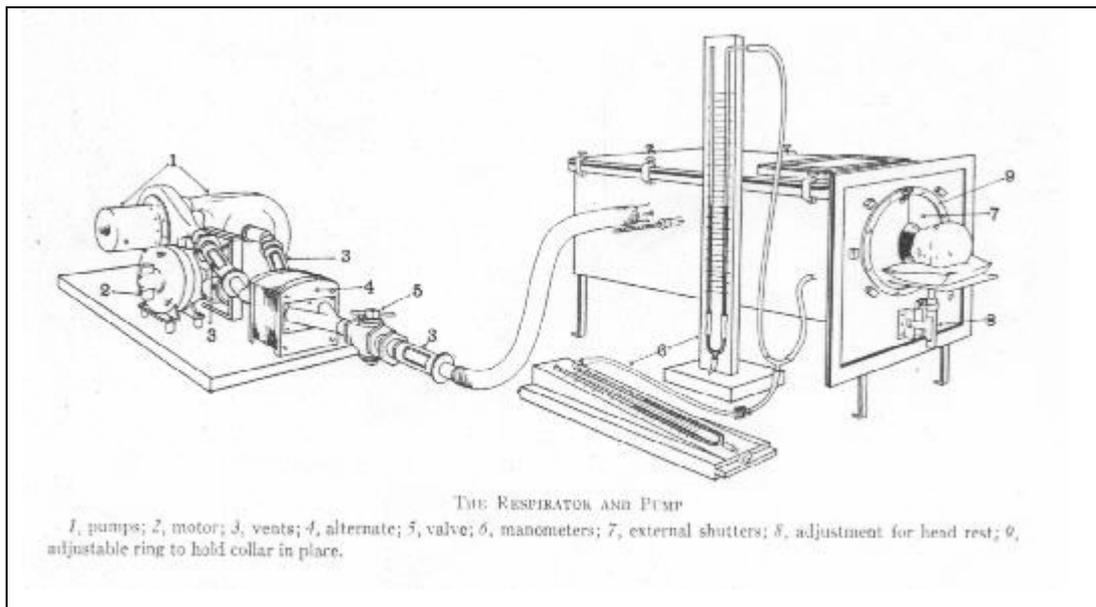
Lerman<sup>1</sup> mencionó en 1994 al biomotor de Rudolf Eisenmenger como el precursor de la compresión descompresión activa (ACD). R. Eisenmenger<sup>2</sup> publicó en 1903 un dispositivo para la respiración artificial que consistía en una prensa toraco-abdominal (Fig.1) de aire que se operaba con un fuelle de pie generando presión y vacío en el abdomen y parte inferior del tórax, proponiendo su uso para pacientes en parada cardíaca causada por intoxicación de humos o ahogamiento. En 1911 publicó una resucitación exitosa de un paciente que se suicidó por ahorcamiento.



**Fig.1** Prensa toraco-abdominal (1903).

El fuelle de pie se reemplazó por un electromotor en 1924 (Fig. 2).

Eisenmenger fue el primero en proponer ACD-CPR, construyó el dispositivo, lo usó con éxito en un paciente en parada cardíaca. Fue el primero en proponer “la teoría de la bomba cardíaca” y en establecer la conexión entre la eliminación del dióxido de carbono, rendimiento cardíaco y pronóstico de la parada cardíaca.



**Fig.2** Biomotor (1924).

### 3-ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA

El concepto de ACD se vuelve a retomar cuando Lurie y sus colaboradores<sup>3</sup> informan de un caso muy llamativo que ocurrió en la ciudad de San Francisco (Estados Unidos) en 1989. Ellos cuentan que un hombre mayor sufrió un colapso mientras estaba en casa con su mujer, ésta angustiada y sin conocimientos de las técnicas de resucitación cardiopulmonar (RCP) y por alguna razón desconocida, agarró el desastascador del cuarto de baño y se puso a aplicarlo en el pecho de su marido, reviviéndole (Fig. 3).



**Fig.3** Desastascador

La pareja no buscó atención médica sino que fue varios meses después cuando el hombre sufrió un segundo colapso, también en el domicilio estando en esta ocasión su hijo. Éste recurrió al sistema médico de emergencia y procedió a aplicar la RCP básica. Al comprobar que su padre continuaba sin pulso, recordó la experiencia que había tenido su madre usando el desatascador, lo aplicó y de nuevo el hombre revivió. El paciente fue llevado al hospital en ambulancia donde ingresó en condición estable.

Basados en este anecdótico parte médico, Cohen y sus colaboradores<sup>4</sup> han desarrollado e investigado una copa de succión de mano como anexo a la RCP manual standard (RCP-S). (fig. 4).



**Fig.4** Comparación del tamaño de un desatascador y las partes que componen el cardio pump.

Este nuevo método es llamado reanimación cardiopulmonar por ACD. El dispositivo, patentado por Ambu-Dinamarca y con el nombre de Cardio-pump®, consiste en una copa de succión de goma de silicona, pistón central de acero inoxidable y una palanca de fibra de vidrio reforzada. Actualmente, el pistón es de polietileno y la palanca ha sido sustituida por un disco (Fig. 5).



**Fig.5** Primer cardio-pump® y a la derecha modificaciones actuales.



La copa de succión tiene un diámetro de 13.5 cm e incorpora un cierre hermético de labio exterior que se adapta al tórax del paciente, el borde exterior del labio tiene dos áreas que proporcionan un cierre adecuado sobre una amplia gama de superficies, tales como piel (diaforética), grandes senos, pecho peludo, deformidad pectoral, uso de gel, etc.



En la parte superior del disco ha sido introducido un dinamómetro para verificar la fuerza aplicada durante la compresión y la descompresión (Fig. 6).

**Fig.6** Dinamómetro.

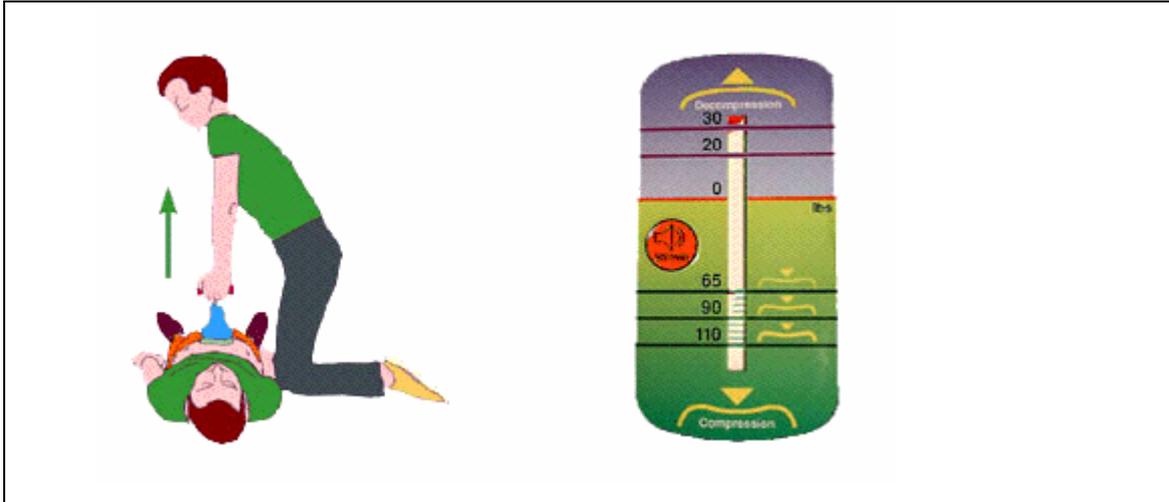
En la parte inferior separando el pistón central de la copa de succión se ha incorporado una goma de teflón con forma de disco con tres brazos con el fin de evitar rozadoras en la piel del paciente (Fig. 7).



**Fig.7** Partes de que consta el cardio-pump.

La altura y peso del aparato son de 15 cm y 750 g respectivamente.

Durante la RCP por ACD el aparato se sitúa a nivel medio del esternón. El borde inferior de la copa se coloca en el extremo inferior, quedando el émbolo en posición central y en el tercio inferior del mismo. El reanimador se coloca al lado del paciente, de rodillas, con los brazos extendidos sobre el dispositivo ACD. La cabeza del reanimador queda sobre la vertical del aparato (Fig. 8). Éste método no invasivo de masaje cardíaco externo ha sido aprobado recientemente por la Food and Drug Administration (FDA).



**Fig.8** Posición del reanimador y figura del dinamómetro.

Las compresiones se llevan a cabo según las pautas de la Asociación Americana del Corazón (AHA)<sup>5</sup> y el Consejo Europeo de Resucitación (ERC)<sup>6</sup>, con una frecuencia de 80-100 compresiones/minuto utilizando un ciclo de trabajo de 1/1, es decir 50% para la compresión y 50% para descompresión. La profundidad que se aplica al tórax es de 3.8 a 5 cm, usando una fuerza de compresión de 30, 40 ó 50 Kg (Unidades dadas por el fabricante) para pacientes de 40, 50-70, más de 70 Kg respectivamente. La descompresión se lleva a cabo a través de la retirada activa del aparato contra la resistencia de la pared del pecho hasta que se obtiene la extensión anterior del tórax sin despegar la copa, para ello se realiza una fuerza de 10 a 15 Kg dependiendo del peso del paciente (10 para 40-70 Kg y 15 para más de 70 Kg).

Las características de la compresión dependen de múltiples factores como pueden ser, por parte del reanimador: la edad peso, talla, experiencia, tiempo de compresión, etc y por parte de los pacientes: peso, altura, edad, etc, sin olvidar la influencia que existe

en el entorno donde se realicen las maniobras de compresión durante la RCP, ya sea standard o con cualquier otra técnica.

#### 4-INVESTIGACIONES SOBRE COMPRESIÓN Y COMPRESIÓN-DESCOMPRESIÓN.

Las investigaciones realizadas han sido:

- Investigaciones de laboratorio
- Investigaciones clínica en humano ámbito hospitalario
- Investigaciones clínica en humano ámbito extrahospitalario
- Investigaciones en maniquís con reanimadores.

##### 4.1-INVESTIGACIONES DE LABORATORIO.

Los beneficios hemodinámicos de la ACD fueron comprobados originalmente por Cohen y colaboradores<sup>7</sup>. Este grupo utilizó un modelo canino en el cual los animales fueron anestesiados y fibrilados durante un periodo de 30 sg. Se llevaron, entonces, a cabo pruebas secuenciales y al azar cada dos minutos de RCP standard y ACD. Obtuvieron durante el empleo de ACD una mejoría significativa en la presión arterial sistólica, aumento del flujo sanguíneo intracardiaco y volumen por minuto (Ecodoppler), mejora de la presión de perfusión coronaria y mayor liberación final de CO<sub>2</sub>. Este estudio no está carente de limitaciones dado que la fuerza de compresión no fue controlada, pudiendo explicar algunas de las diferencias observadas (Tabla I).

### Capítulo III: Antecedentes y estado actual de ACD

**Tabla I** Investigación en el laboratorio. Cohen et al (modelo canino 1992)

<b>Perfusión coronaria</b>	CDA $18 \pm 11$ mmHg STD CPR $8 \pm 6$ mmHg $p < 0.02$
<b>Presión arterial sistólica</b>	CDA $58 \pm 19$ mmHg STD CPR $13 \pm 7$ mmHg $p < 0.05$
<b>Ventilación por minuto</b>	CDA $4.2 \pm 1.4$ mmHg STD CPR $2.0 \pm 1.2$ mmHg $p < 0.01$
<b>Flujo sanguíneo intracardiaco (Presión D. Atrial)</b>	No diferencias significativas
<b>Valores de pH, P<sub>CO2</sub> y P<sub>O2</sub></b>	No diferencias significativas

Posteriormente la perfusión de los órganos diana fue evaluada independientemente por dos grupos utilizando un método de microesferas radioetiquetadas.

Chang y colaboradores<sup>8</sup>, realizaron en 5 canes, después de inducir fibrilación ventricular, pruebas de 6 minutos de RCP Standard seguidas de ACD alternadas. La RCP se desarrollo manualmente en ambos grupos y se aplicaron fuerzas de compresión comparables y contrastadas mediante el uso de un medidor de fuerza. Encontraron un aumento significativo de la presión arterial sistólica y de las perfusiones miocárdica, cerebral y renal durante el empleo de ACD.

**Tabla II** Chang y colaboradores

	Presión basal	S-CPR	ACD-CPR	Valor p
<b>Cerebro</b>				
<b>Frontal</b>	$16.6 \pm 4.5$	$10.6 \pm 7.0$	$14.6 \pm 6.8$	0.01
<b>Parietal</b>	$16.1 \pm 5.3$	$10.3 \pm 6.6$	$14.2 \pm 6.5$	0.01
<b>Corazón</b>				
<b>Epicardio</b>	$43.2 \pm 13.0$	$17.4 \pm 9.1$	$24.1 \pm 12.3$	0.06
<b>Miocardio</b>	$56.9 \pm 14.5$	$22.1 \pm 13.0$	$30.4 \pm 18.5$	0.05
<b>Endocardio</b>	$72.0 \pm 18.8$	$16.6 \pm 12.5$	$29.5 \pm 23.0$	0.12
<b>Riñón</b>	$433.6 \pm 158$	$21.4 \pm 12.2$	$31.8 \pm 10.0$	0.05

Flujos en ml/min/100 mg de tejido.

Lindner y colaboradores<sup>9</sup> aplicaron, en modelo porcino (n=14) y al azar, ACD o RCP standard después de inducir fibrilación ventricular durante 30 s. En esta investigación se utilizó un mecanismo neumático modificado que permitía mantener la fuerza de compresión constante, y demostró una mejora significativa de la perfusión miocárdica y cerebral durante ACD. A todos los animales se les administró epinefrina aumentando a los 90 s. la perfusión miocárdica y cerebral en ambos grupos. Sin embargo, a los 5 minutos después de la administración, el grupo ACD acusó nuevamente una mejora en la perfusión miocárdica y cerebral. Por último, encontraron un aumento en la liberación final de CO<sub>2</sub> durante ACD similar al trabajo previo de Cohen<sup>8</sup>.

**Tabla III** Lindner y colaboradores.

Investigador	Perfusión miocardia		Perfusión cerebral	
	STD	ACD	STD	ACD
Chang	22±13	30±18	10±7	14±6
Lindner	18±8	30±10	13±5	30±12

Flujos en ml/min/100 mg de tejido. P<0.05 vs STD

Kern y colaboradores<sup>10</sup> compararon tres técnicas de masaje cardiaco externo en modelo porcino (n=36), 1° ACD con un dispositivo de succión modificado que incluye un transductor de precisión para la aplicación de la técnica, 2° RCP con un transductor de fuerza y 3° RCP estándar. Cuando comparó ACD con RCP estándar, no encontró mejoras ni en las presiones de perfusión coronaria, ni en las de flujo miocárdicos, ni en los ingresos hospitalarios, ni en la supervivencia a las 24 h.

Lurie y colaboradores<sup>11</sup> (marzo 1995) en modelo porcino estudiaron ACD con una válvula de inspiración de impedancia (ACD+ITV CPR) (n=8) con umbral puesto a 40 cm H<sub>2</sub>O, y se comparó con ACD (n=9). Realizaron estudios comparativos a los 2, 7 y 13 minutos encontrando aumentos significativamente estadísticos en la presión de perfusión coronaria, flujos de órganos vitales y menores requisitos de energía para la desfibrilación cuando se emplea ACD+ITV.

Prengel y colaboradores<sup>12</sup> (1996) compararon ACD frente a ACD+IPPV y contrastaron los resultados de intercambio de gases, hemodinámicos y flujo de sangre

en el miocardio encontrando mayor flujo de sangre miocárdica, presión arterial, presión venosa central y ventilación por minuto cuando se aplica ACD+IPPV.

Carlí y colaboradores<sup>13</sup> comparó los efectos sobre la ventilación de ACD con RCP estándar y RCP mecánica en modelo canino (n=9) encontrando un importante aumento de la ventilación por minuto así como en la eliminación de CO<sub>2</sub> durante ACD.

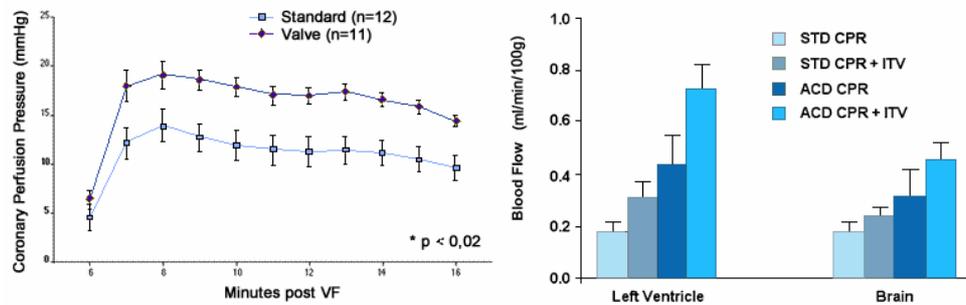
Tucker y colaboradores<sup>14</sup> investigaron, en modelo canino, la hemodinámica durante la aplicación de ACD comparándola con RCP de alto impulso. Estos estudios mostraron una mejora en la hemodinámica cardiopulmonar y un aumento no significativo de la perfusión coronaria cuando se aplicó ACD. Igualmente mostraron una mejoría en el vaciado del ventrículo izquierdo durante la compresión y cambios de volumen/presión durante la fase de descompresión activa.

L Wik y colaboradores<sup>15</sup>, en 1996 en un estudio realizado en porcinos, concluyen que la presión de perfusión carotídea y cerebral no mejoran con compresiones superiores a 5 cm de profundidad, así evidenció un aumento de la eliminación de ETCO<sub>2</sub> y de la presión de perfusión coronaria con descompresiones activas de 2 cm, no aumentando con valores superiores.

Sunde y colaboradores<sup>16</sup> estudió en 1998, también en porcinos, las variaciones hemodinámicas durante la fase de compresión a diferentes ciclos, 30/70, 50/50 y 70/30 y la descompresión activa efectuada entre 2 y 4 cm concluyendo que una reducción en la compresión (30/70) reduce la presión de perfusión cerebral, aórtica y del atrio derecho, la ETCO<sub>2</sub> era significativamente más alta en 70/30 y no encontró diferencias significativas entre los tres ciclos en la presión de perfusión coronaria.

En Noviembre de 1999, Sugiyama y colaboradores<sup>17</sup> evalúan un prototipo de válvula de impedancia relacionando la descompresión activa y la presión intratorácica en un sistema de pulmón mecánico. Confirmaron que existe un aumento significativo de gases respiratorios durante la fase de descompresión en la ACD y una disminución de la presión intra-torácica, mientras la presión es cercana a cero cm de H<sub>2</sub>O cuando la válvula no estaba funcionando.

En septiembre de 2001 Lurie y colaboradores<sup>18</sup> publican la aplicación de la válvula con umbral de impedancia como anexo a la compresión descompresión activa. Este simple dispositivo aumenta el retorno venoso durante la RCP al aumentar la presión negativa intratorácica de la fase de descompresión de la pared del tórax. Los estudios realizados en modelo porcino consiguieron presiones sistólicas de 100 mmHg y presiones diastólicas de más de 55 mmHg, valores que no se consiguieron en RCP standard si bien en ambas técnicas se consiguió un aumento significativo tanto de la presión de perfusión coronaria como del flujo de sangre al órgano vital (microesferas radioetiquetadas) cuando se comparó con el empleo de una válvula “farsante” (placebo) (Fig. 9).



**Fig.9** Presiones de perfusión coronaria y flujos en órganos vitales.

#### 4.2-INVESTIGACIÓN CLÍNICA EN HUMANOS. ÁMBITO HOSPITALARIO.

Las investigaciones iniciales en humanos con ACD fueron llevadas a cabo por Cohen y colaboradores<sup>19</sup> en el hospital universitario de North Shore Facultad de Medicina de la Universidad de Cornell (Manhasset, Nueva York USA). El estudio se realizó en la unidad médica de cuidados intensivos, salas de hospital y con el apoyo del laboratorio de cateterización cardiaca. Los pacientes en paro cardiaco se sometieron aleatoriamente a RCP standard o ACD según el protocolo establecido en el hospital. Se asignaron 29 pacientes para el grupo RCP-ACD y 33 para el grupo RCP standard. Las características clínicas de los pacientes eran similares en ambos grupos. Los parámetros que se midieron fueron reanimación inicial definida como el retorno de la circulación espontánea (ROSC) y de la presión sanguínea sistólica por encima de los 90 mm Hg. durante un mínimo de una hora. También fue medida la supervivencia al cabo de 24 horas, el alta hospitalaria y el resultado neurológico determinado mediante la escala de

Glasgow para el coma al cabo de 24 horas de la reanimación. Los resultados principales que obtuvieron se muestran en la tabla IV.

**Tabla IV.** Cohen y colaboradores.

	RCP-ACD	RCP Standard	Valor de p
<b>Reanimación inicial</b>	18 (62%)	10 (30%)	<0.03
<b>Supervivencia 24 h.</b>	13 (45%)	3 (9%)	<0.004
<b>Alta hospitalaria</b>	2 (7%)	0	No significativo
<b>Glasgow (3-15)</b>	8.0	3.5	P<0.02

Los autores llegaron a las siguientes conclusiones: Existe una mejora muy significativa, estadísticamente, respecto a las tasas de reanimación inicial, supervivencia a las 24 horas y resultado neurológico post-reanimación para el grupo ACD. El alta hospitalaria no muestra una diferencia significativa entre los dos grupos. Hay que tener en cuenta que en este estudio un mínimo del 60% de los pacientes padecían una enfermedad terminal, además de los 28 pacientes sometidos inicialmente a reanimación, 11 fueron calificados como no actos para la reanimación y no pudieron ser sometidos a más intentos de RCP.

Tucker y colaboradores<sup>20,21,22</sup> realizaron un estudio similar al de Cohen en ámbito hospitalario, cada prueba alternó, al azar, pacientes en la aplicación de ACD o RCP standard. El método elegido se prosiguió durante todo el periodo de esfuerzo que duró la reanimación. Las víctimas que habían sido reanimadas con éxito y posteriormente sufrieron un nuevo paro, durante la hospitalización recibieron el método inicial. Los resultados que obtuvo son similares a los de Cohen a excepción de los resultados neurológicos donde no encontró diferencias significativas, estadísticamente, entre los dos grupos (Tabla V ).

**Tabla V** Tucker y colaboradores.

Investigador	ROSC		Supervivencia a las 24 h.		Alta hospitalaria	
	STD	ACD	STD	ACD	STD	ACD
<b>Tucker</b>	9/28(32)	15/25(60)	6/28(21)	12/25(48)	3/28(11)	6/25(24)
<b>Cohen</b>	10/33(30)	18/29(62)	3/33(9)	13/29(45)	0/29(0)	2/29(7)
<b>Total</b>	19/61(31)	33/54(61)	9/61(15)	25/54(46)	3/61(5)	8/54(15)

P<0.05 ACD versus RCP

Schultz y colaboradores<sup>23</sup> estudiaron la hemodinámica cardiopulmonar durante la ACD y RCP standard en 21 pacientes. Las presiones arteriales, radiales de pico se vieron aumentadas durante la compresión y la descompresión cuando se aplicó ACD, las presiones atriales se vieron disminuidas en el grupo ACD durante la fase de descompresión, no existiendo diferencias durante la compresión entre los dos grupos. La presión de perfusión coronaria que se calculó como el gradiente entre la arteria radial y el atrio derecho, durante la descompresión, se vio significativamente aumentada en el grupo ACD.

Rivers y colaboradores<sup>24</sup> compararon, en 17 víctimas, la presión de perfusión coronaria para lo cual colocaron catéteres aórticos y en atrio derecho. Los pacientes recibieron una secuencia consecutiva de RCP mecánica, standard y con ACD en intervalos de 5 minutos. La duración media del paro cardiaco en estos pacientes fue de  $25 \pm 12$  min. A pesar de realizar la ACD en la última secuencia, ésta proporcionó aumentos significativos en las tensiones de perfusión coronaria comparado con las otras dos técnicas.

Malzer concluye, en 1996, que no existen diferencias significativas en las presiones de perfusión coronaria ni en la eliminación final de  $\text{ETCO}_2$ , en paradas prolongadas, cuando comparó ACD con RCP<sup>25</sup>.

En el mismo año, se publica el ensayo Ontario<sup>26</sup> donde se describe que no existen mejoras en el estado neurológico ni en la supervivencia de los pacientes tratados con ACD y RCP tanto en ámbito hospitalario como extrahospitalario.

Los estudios ecocardiográficos transesofágicos<sup>22,27,28</sup> realizados en seres humanos bastante después de sufrir un paro cardiaco, han apuntado a la fase de descompresión activa de ACD como la causa del aumento del volumen en ventrículo izquierdo y de la presión de perfusión. Este modelo bifásico depende de la producción de una presión intratorácica negativa durante la fase de descompresión que sirve para mejorar el retorno venoso, volumen ventricular izquierdo y volumen sistólico.

#### 4.3-INVESTIGACIÓN CLÍNICA EN ÁMBITO EXTRA-HOSPITALARIO.

Lurie y colaboradores<sup>29</sup> alternaron, al azar, a 130 víctimas en paro cardíaco, fuera del hospital, 53 recibieron ACD y 77 RCP standard. Las técnicas de reanimación fueron llevadas a cabo por técnicos del servicio médico de emergencia en el MN de St Paul. Dentro de la población total se apreció una tendencia hacia una mejora en el ROSC, admisión en cuidados intensivos y recuperación del estado neurológico básico en el grupo de ACD, aunque esta tendencia no llegó a adquirir a significación estadística. Sin embargo, cuando comparó a los pacientes en los que se consiguió ROSC en menos de 10 minutos, tuvieron una mejoría en su estado neurológico post-reanimación en el grupo al que se le practicó ACD, aunque hay que recalcar que en este dato tampoco existieron diferencias significativas.

TM de Schwab y colaboradores<sup>30</sup> llevaron a cabo un ensayo clínico aleatorio en dos ciudades de USA, San Francisco n=297 ACD frente 310 RCP y Fresno n=117 ACD frente a 136 RCP. Estos autores no encontraron ninguna diferencia significativa entre las dos técnicas en las dos ciudades con respecto al ROSC, admisión hospitalaria, alta hospitalaria ni en la mejora cerebral.

Nolan y colaboradores<sup>31</sup> en un estudio comparativo en tres ciudades del Reino Unido, n=267 ACD frente a 309 RCP no encontraron diferencias significativas en ninguno de los parámetros que se analizan en el estilo Utstein.

Skogvoll y colaboradores<sup>32</sup> en un estudio llevado a cabo en la región de Trondheim (Noruega), analizó los resultados de las paradas cardíacas durante 4 años atendidas en sistema de emergencia extrahospitalaria. n=431 donde en el 43% se aplicó ACD y en el 57% RCP. No encontró ninguna diferencia significativa entre ambos grupos, ni ninguna evidencia de beneficio clínico cuando se aplicó ACD. En un 11% de los casos de ACD no se pudo aplicar la técnica correctamente.

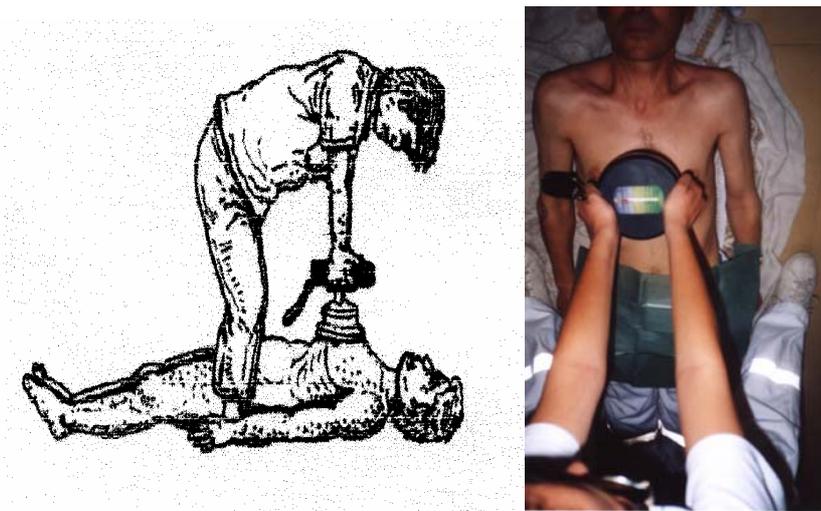
Ellinger y colaboradores<sup>33</sup> (1994) compararon ACD (n=26) con RCP (n=30) en humanos y en ámbito extra-hospitalario no encontró diferencias significativas según las pautas Utstein, recomendando un plan de instrucción para el empleo de la ACD, no aconseja el uso de gel para desfibrilación por desplazamiento de la ventosa y apunta a

un aumento mayor de la fatiga en los reanimadores cuando se emplea la técnica de ACD. En seis pacientes predeterminados para ACD no se pudo aplicar la técnica. Uno por cifoescoliosis y cinco por tórax excesivamente grandes (cuatro mujeres).

Luiz y colaboradores<sup>34</sup>, en 1996, concluyen que ACD no mejora el resultado de la técnica de resucitación durante su empleo fuera del hospital y recomienda su uso bajo vigilancia estricta de expertos en uso hospitalario.

Ahnefeld y colaboradores<sup>35</sup> (1995) publica la posibilidad de una nueva postura de aplicación de ACD, estando el reanimador de pie a horcajadas mirando al paciente.

Elvira y colaboradores<sup>36</sup> (1997) en el XXXII Congreso Nacional de la SEMIUC publican la validez de este método alternativo de ACD (n=4) cuando se realiza en humanos, en ámbito extra-hospitalario, comparándolo con ACD estándar (n=3) y RCP (n=4). Apuntan a que determinados factores como el disponer de poco espacio para las maniobras de RCP y la fatiga del reanimador podrían indicar la utilización de esta nueva técnica. Con esta técnica, el reanimador se coloca en posición de horcajadas, de pie, mirando a la cara del paciente (Fig. 10), realizando el masaje de dos formas diferentes: 1ª El tronco del reanimador se extiende y flexiona según la fase de la maniobra, manteniendo los brazos extendidos sobre el dispositivo de ACD. 2ª El reanimador flexiona y extiende los brazos, sin mover el tronco. En ambas, la compresión-descompresión se realiza siempre en sentido vertical al tórax del paciente.



**Fig.10** Posición del reanimador con ACD a horcajadas de pie.

Mauer y colaboradores<sup>37</sup> publica en 1999 un estudio retrospectivo a nivel internacional de los trabajos publicados hasta la fecha. n=2866 de los cuales se aplicó ADC a 1410 pacientes y RCP a 1456, no encontró diferencias estadísticamente significativas entre ambas técnicas. Cuando aplicó chi-cuadrado encontró una diferencia significativa,  $p < 0.05$ , para ACD en la supervivencia global de los pacientes siendo el resultado neurológico final igual en los dos grupos.

Plaisance y colaboradores<sup>38</sup> publicaron en 1999 un estudio comparativo llevado a cabo en Francia en las ciudades de París (área metropolitana) y en Thionville, donde se aplica ACD a 373 pacientes y RCP a 377. Estos autores encontraron diferencias significativas en los pacientes ingresados en el hospital sin deterioro neurológico (6% para ACD frente a 2% para RCP,  $p < 0.01$ ) y en la supervivencia al año ( 5% para ACD frente al 2% para RCP). Llama la atención en este estudio que más del 80% de los pacientes se encontraban en asistolia y la resucitación fue muy prolongada encontrando un 7% de pacientes con hemoptisis con ACD frente a 1% con RCP.

En marzo del 2000 Plaisance y colaboradores<sup>39</sup> publica un estudio piloto realizado por el Servicio de Urgencias Extrahospitalarias de la ciudad de París (SAMU) donde compara ACD (10 pacientes) con ACD + Válvula-ITV (10 pacientes). En él concluye que al usar la válvula de inspiración aumenta la eficacia de la RCP y consigue presiones arteriales diastólicas mayores de 50 mmHg.

#### 4.4-INVESTIGACIÓN EN MANIQUÍ CON RESUCITADORES.

Existen diferentes tipos de maniquís para el aprendizaje y evaluación de las técnicas de RCP que van desde un torso simple hasta los más complejos que están equipados con programas informáticos para la recogida de datos. Baudin y colaboradores<sup>40</sup> recomiendan el aprendizaje de la RCP en diferentes maniquís debido a que algunos de ellos no siguen de forma lineal la resistencia de la compresión cuando esta excede de 3 cm. La mayor parte de los estudios se realizan en maniquís fabricados por Ambu, Drager y Laerdal, existiendo en cada fabricante una amplia gama. Los más sofisticados son Ambu Man, Ambu Multiman, Drager CPR-Max y Laerdal Resuscitator, todos ellos muestran una relación bastante lineal entre la profundidad y la fuerza exigida para comprimir el tórax. En todos ellos es posible medir la profundidad de la

compresión, la relación compresión relajación, el desplazamiento de la compresión, y número de compresiones al estar equipados de programas informáticos para la recogida de estas medidas.

Skogvoll E y Wik L<sup>41</sup>, en 1997, comparan RCP standard con ACD en un maniquí Ambu Cardiopump equipado con un programa informático para la recogida de datos concluyendo que menos de 1/5 de los 33 paramédicos que realizaron el estudio lograron la descompresión adecuada, encontrando además una reducción significativa ( $p < 0.001$ ) en la relación de compresión, profundidad y relación de la misma. Concluyendo que estos factores pudiesen tener repercusión clínica a la hora de realizar ACD.

Baudin y colaboradores<sup>42</sup> comparan ACD con una nueva posición estando el reanimador de pie, ACD-S. 12 resucitadores realizaron un ensayo aleatorio evaluando los parámetros fisiológicos durante las dos técnicas encontrando, en los reanimadores, unos altos consumos de oxígeno en ambas técnicas, si bien no encontró diferencias significativas en el número de compresiones, profundidad y relación de las mismas.

#### 5-ACD Y VÁLVULA INSPIRACIÓN CON UMBRAL DE IMPEDANCIA (ITV).

Durante los dos últimos años se ha desarrollado la válvula ITV para la realización de RCP en pacientes adultos no traumáticos, no siendo estudiada en mujeres embarazadas ni en menores de 18 años.

El prototipo fue estudiado por Sugiyama y colaboradores<sup>43</sup>, demostrando un aumento en el intercambio de gases a nivel alveolar y siendo aconsejada para diferentes enfermedades pulmonares.

En la actualidad, la válvula ITV se utiliza en la ventilación del paciente cuando se emplea ACD (Fig. 11). Pocos trabajos de investigación se han llevado a cabo con la combinación de ambas técnicas, si bien todos ellos demuestran un aumento significativo en las presiones de perfusión coronarias, presiones de órganos vitales, aumento en la eliminación de  $ETCO_2$ , aumentos en las presiones, tanto sistólicas como diastólicas, durante las maniobras (superiores a 100 y 55 mmHg respectivamente) y un aumento significativo de la supervivencia<sup>44-48</sup>.



**Fig.11** ACD + Válvula ITV

#### 6-DIFICULTADES DURANTE EL EMPLEO DE ACD.

Skogvoll<sup>31</sup> y Ellinger<sup>32</sup> y sus colaboradores ya comentaron en sus trabajos la dificultad de agarre de la ventosa con el empleo del gel durante la desfibrilación, así como la dificultad para realizar correctamente ACD en tórax gruesos y/o con cifoescoliosis severas. Menciona la aparición de dolor en manos, antebrazos y región lumbar en los reanimadores.

En este sentido, Ambú® tenía publicada en 1993 una guía de actuación de ACD, siendo modificada en 1996, por medio de los trabajos de Schneider<sup>49</sup> y Wik<sup>50</sup>, como manual del instructor para ACD. Se compone de dos partes:

1. Manual de ACD. Aprender y entrenar (taller).
2. Manual de ACD. Estudiante e instructor.

Ambos siguen las indicaciones ILCOR para el masaje cardiaco, ya sea con uno o dos resucitadores.

#### 7-COMPLICACIONES DE ACD.

Rabl<sup>51,52</sup> en 1996 realiza un primer trabajo en el cual a 25 pacientes se les realizó RCP estándar, a 16 ACD y a 15 RCP seguida de ACD. Los resultados obtenidos en las autopsias se muestran en la Tabla VI.

**Tabla VI** . Rabl y colaboradores

	Fracturas costales (% de pacientes)	Fracturas esternales (% de pacientes)	No lesión (% de pacientes).
RCP	28	16	68
ACD	68	68	25
RCP+ACD	93	93	0

Baudin y colaboradores<sup>53</sup> (1999) realizaron ACD mecánica en 38 cadáveres realizando posteriormente autopsia. Encontrando una correlación significativa entre la fuerza aplicada en la compresión y la aparición de fractura esternal y/o fracturas costales ( $p < 0.048$ ). Encontró un mayor riesgo de fractura esternal en mujeres, así como una mayor incidencia de fracturas de costillas en relación con el aumento de edad.

El mismo autor<sup>54</sup> y en el mismo año publica un estudio comparativo realizado en pacientes que recibieron ACD o RCP fuera del hospital, que no fueron recuperados y a los cuales se les realizó autopsia. Encontró un aumento significativo de fracturas esternales y costales cuando se aplicó ACD.

Plaisance<sup>39</sup> apunta un aumento de hemoptisis cuando se aplica ACD con respecto a RCP.

Klintschar y colaboradores<sup>55</sup> publican en 1998 de un caso de una mujer de 84 años en la que se aplicó durante los primeros 3 minutos RCP seguido de 15 minutos de ACD, la autopsia reveló que la muerte era debida a un infarto agudo de miocardio con rotura del área infartada y posterior taponamiento, además encontró fracturas costales, fractura transversa de esternón, ruptura de la bolsa pericárdica y ventrículo y atrio derecho, así como laceraciones en la aorta ascendente. A su juicio, la extensa lesión cardiaca no ha sido informada previamente cuando se ha realizado RCP y sugiere que la edad del paciente, la preexistencia de un taponamiento y la aplicación de ACD en áreas incorrectas del tórax contribuyeron a la magnitud de dicha lesión cardiaca.

En los últimos años, numerosas investigaciones, realizadas en animales de experimentación y en humanos en ámbito hospitalario, demuestran que compresión descompresión activa (ACD), comparada con resucitación cardiopulmonar standard (RCP-S), aumenta los flujos de perfusión coronaria, presión arterial sistólica, liberación final del ET-CO<sub>2</sub>, aumento del flujo cerebral y mejoras en la ventilación, aunque a nivel extrahospitalario, existen resultados contradictorios sobre la supervivencia inicial, ingreso hospitalario, supervivencia a las 24 horas y alta hospitalaria.

Sin embargo se conoce muy poco sobre la fatiga en el reanimador cuando se aplica ACD.

Al mismo tiempo, no existen estudios, ni de laboratorio ni en humanos, que hayan desarrollado investigaciones con el nuevo método de compresión descompresión activa (ACD-S) estando el reanimador a horcajadas de pie frente al paciente.

Por todo lo expuesto parece interesante realizar un estudio sobre la efectividad del nuevo método de ACD, además de la repercusión en la fatiga/efectividad del reanimador.

## 1-HIPÓTESIS DE TRABAJO

La técnica de compresión descompresión activa produce más gasto metabólico en los reanimadores que la tradicional RCP-S debido a que se aplica una segunda fuerza para la descompresión siendo válida su aplicación para el uso clínico en humanos.

## 2-OBJETIVOS

1. Comparar la eficacia de las compresiones durante el masaje cardíaco externo manual sobre maniqués monotorizados, y la fatiga producida en los reanimadores, estando monotorizados ergoespirométricamente para analizar el gasto metabólico, cuando se realizan maniobras de resucitación cardiopulmonar.
2. Comparar la eficacia de las compresiones torácicas durante el empleo de la nueva postura de compresión-descompresión activa en la resucitación cardiopulmonar con el masaje cardíaco externo manual y con la compresión-descompresión activa tradicional, sobre maniqués monotorizados. Se realiza simultáneamente un estudio ergoespirométrico para medir el gasto metabólico en los reanimadores.
3. Realización de un estudio piloto en humanos donde se compara la fatiga subjetiva, el acoplamiento a las técnicas de resucitación cardiopulmonar estándar, compresión-descompresión activa y la nueva postura de compresión-descompresión activa, de los reanimadores, analizando las complicaciones que pudieran surgir tanto en los pacientes como en los resucitadores.

## **1-PRIMERA FASE**

### **1.0-DISEÑO**

Se compara la fatiga/efectividad de profesionales en técnicas de resucitación cardiopulmonar estándar con personal médico no experimentado y con buena preparación física.

Estudio experimental de efectividad con personal externo al 061.

### **1.1- SUJETOS Y ÁMBITO DE ESTUDIO**

14 reanimadores con experiencia media de  $6\pm 2$  años en técnicas de RCP-S del Servicio Especial de Urgencias (061 Madrid), actualmente SUMMA 061 Instituto Madrileño de la Salud (Imsalud), que no practican habitualmente ejercicio físico sometido a ningún programa deportivo, denominado para el análisis de resultados como Grupo profesional.

14 reanimadores de la Escuela de Medicina del Deporte de la Universidad Complutense de Madrid, profesionales de la salud (médicos), sin experiencia práctica, pero sí teórica, en maniobras de resucitación, que realizan regularmente ejercicios físicos duros que consisten en un programa durante los dos últimos años, de tres a cinco sesiones por semana, de 20 a 60 minutos de actividades físicas intercaladas (correr, ciclismo, o nadar). Este programa es similar al que recomienda el Colegio Médico Americano de Deportes para mantener un buen estado cardiopulmonar en los adultos, denominado Grupo deportista.

### **1.2-TEST DE ESFUERZO**

Previamente todos los sujetos realizaron una prueba ergométrica, con análisis ergoespirométrico sobre cicloergómetro (Ergoline 900 Ergometrics, Barcelona)<sup>®</sup> (test de esfuerzo) (Fig. 1).



**Fig. 1** Cicloergómetros.

El test de esfuerzo se realiza para determinar:

- La predicción de las capacidades máximas para desempeñar trabajo
- Estimar indirectamente el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2 \text{ max}$ ), es decir la potencia aeróbica máxima ( $VO_2 \text{ max}$ ).
- Medir la capacidad aeróbica (umbrales aeróbico y anaróbico).

La prueba de esfuerzo puede ser realizada en un cicloergómetro o en una banda sin fin. El cicloergómetro tiene la ventaja de que es un equipo poco costoso, ocupa poco espacio, hace poco ruido, permite determinar muy bien la presión arterial y obtener buenos registros electrocardiográficos. Si embargo si la persona no está acostumbrada a usar la bicicleta, la fatiga de los músculos cuádriceps es la mayor limitación.

Las pruebas de esfuerzo pueden ser clasificadas como máxima o submáxima, las cuales se realizan de acuerdo a la condición de cada individuo y el objetivo de la prueba.

Las pruebas de esfuerzo submáximas se realizan en una banda sin fin y son utilizadas comúnmente previa al alta hospitalaria en pacientes que han sufrido un infarto agudo de miocardio, permitiendo determinar el pronóstico (alto, medio o bajo riesgo).

El test de esfuerzo máximo realizado en cicloergómetro se considera el mejor para medir las respuestas cardiovasculares al ejercicio. Esta prueba mide la cantidad máxima

de oxígeno que puede transportar la sangre hacia aquellos órganos del cuerpo activos durante el ejercicio, mediante la realización de esta prueba y la medición de la frecuencia cardiaca se puede estimar, con un alto grado de validez el  $VO_2$  max. Las bases teóricas de estas pruebas se fundamentan en las relaciones que existen entre la frecuencia cardiaca, la carga/potencia ergométrica y el  $VO_2$  max.

El test de esfuerzo máximo se realiza siguiendo el protocolo de rampa comenzando a 0 W/min ( $W$ =vatios) e incrementando a 25 W/min hasta que voluntariamente el sujeto se encuentra fatigado o cuando se da por finalizada la prueba dependiendo de los siguientes parámetros:

1° Se logró el objetivo de la prueba:

- a) El sujeto alcanza su frecuencia cardiaca máxima prevista (220 latidos/min menos edad), esto es que sobrepase el 100% de la frecuencia cardiaca máxima ajustada a la edad (desviación standard  $\pm 10$  latidos/min)
- b) Se llegó al consumo de oxígeno máximo.

2° Aparición de síntomas y signos de intolerancia al ejercicio

- a) Sensación de falta de aire
- b) Mareos y/o nauseas
- c) Confusión mental
- d) Palidez general.
- e) Ataxia (perdida de coordinación durante el ejercicio)
- f) Piloerección en el pecho

3° Cambios electrocardiográficos

- a) Desnivel del segmento ST
- b) Aparición de arritmias
- c) Extrasístoles ventriculares frecuentes mayores del 30%

4° Respuestas anormales en la presión arterial.

- a) Falta de un aumento en la presión arterial sistólica con el aumento en la carga/potencia ergométrica
- b) Un aumento de la presión arterial sistólica mayor de 200 mmHg
- c) Un aumento de la presión arterial diastólica mayor de 20 mmHg.

### 1.3-PROCEDIMIENTO

Antes de cada prueba, se calibra el cicloergómetro

Se le explica al sujeto el tipo de vestimenta a usar, así como sugerencias en cuanto al consumo de alimentos y otras sustancias.

Todos los reanimadores, en orden aleatorio, que realizaron las maniobras de resucitación. No se les permitió estimulantes (café, té) ni tabaco durante las horas previas al estudio. En ninguno de los reanimadores hubo ingesta de medicamentos previa a la prueba. No se permitió la ingesta de comida 2 horas antes de las maniobras en el laboratorio.

Es de vital importancia explicar al sujeto el concepto de la prueba, leer la hoja de consentimiento antes de ser firmada por el participante.

Aclarar todas las dudas respecto a los procedimientos.

Informar de la confidencialidad de la información obtenida en estas pruebas, no pudiendo ser revelada sin el consentimiento escrito de los participantes.

Se entrega un informe médico deportivo a cada uno de los participantes (Fig. 2).

## Capítulo V: Materiales y métodos.

EDAD: 21            PESO: 78,2            TALLA: 1,78

DIRECCION:

Teléfono:

Estudio: RCP

-----

**ERGOMETRIA**

ERGOMETRO: Cicloergómetro            PROTOCOLO: Rampa

VALORES MAXIMOS:

Ventilación.....: 107,1 l/min  
Cociente respiratorio...: 1.14  
Frecuencia cardiaca.....: 190 lpm  
VO<sub>2</sub>.....: 3032 ml/min  
VO<sub>2</sub>/Kg.....: 38,8 ml/kg/min  
VO<sub>2</sub>/FC.....: 16

UMBRAL AEROBICO

Ventilación.....: 33,1 l/min  
% de VE máx.....: 30 %  
Frecuencia cardiaca....: 118 lpm  
% de FC máx.....: 62 %  
VO<sub>2</sub>.....: 17,7 ml/kg/min  
% del VO<sub>2</sub> máx.....: 45,6 %  
VO<sub>2</sub>/FC.....: 12

UMBRAL ANAEROBICO

Ventilación.....: 60,3 l/min  
% de VE máx.....: 56,3 %  
Frecuencia cardiaca....: 158 lpm  
% de FC máx.....: 83 %

VO<sub>2</sub>.....: 29,7 ml/kg/min  
% del VO<sub>2</sub> máx.....: 76,5 %  
VO<sub>2</sub>/FC.....: 15

VALORACION:

Los valores de consumo de oxígeno son normales y correspondientes a población general sedentaria. Umbral aeróbico ligeramente bajo y umbral anaeróbico normal para la actividad física desarrollada.

INTENSIDADES DE TRABAJO RECOMENDADAS:

- Continuo extensivo: 118 lpm
- Continuo intensivo: 158 lpm
- Interválico extensivo: 160-180 lpm
- Interválico intensivo: > 190 lpm

**Fig. 2** Informe médico deportivo

Registrar parámetros biométricos: peso, talla y edad

Realizar electrocardiograma basal.

Tomar presión arterial y frecuencia cardiaca.

Se ajusta correctamente la altura del asiento en el cicloergómetro, la rodilla debe colocarse con una extensión apropiada. En esta prueba los metatarsos hacen contacto con el pedal, estando las rodillas completamente extendidas.

Colocación de un metrónomo a 100 latidos/minuto que equivale a 50 vueltas (revoluciones) completas del pedal por minuto.

El sujeto pedalea sin resistencia hasta alcanzar 50 revoluciones/minuto durante 1 minuto sirviendo de calentamiento. Se comienza a 0 W/min y se va incrementando a 25 W/min con una frecuencia de pedal de 60 a 80 revoluciones/minuto hasta finalizar la prueba.

Con el sistema automático CPX, medical Graphics, St, Paul, MN<sup>®</sup> fueron medidos los siguientes parámetros:

### **Parámetros ergoespirométricos**

- Potencia máxima, PM.
- Ventilación/minuto, VE.
- Frecuencia cardiaca, Fc.
- Respiraciones por minuto, RER
- Consumos de oxígeno, VO<sub>2</sub>.
- Consumos máximos de oxígeno, VO<sub>2</sub>max.

El volumen tidal fue determinado por el aumento de la ventilación usando el criterio de un aumento en el equivalente para el oxígeno, el volumen final de PO<sub>2</sub> y con un aumento del equivalente en la ventilación para el dióxido de carbono.

#### 1.4- CONCEPTOS ERGOMÉTRICOS

##### a) Consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> max).

Es definido como el máximo nivel de oxígeno que puede ser alcanzado durante un ejercicio dinámico exhaustivo, que compromete grandes masas musculares. Es el mejor indicativo de la capacidad aeróbica de una persona y representa la cantidad de oxígeno transportado y usado en el metabolismo celular. El VO<sub>2</sub> max se obtiene cuando al realizar una prueba de esfuerzo cardiopulmonar el consumo de oxígeno, VO<sub>2</sub>, no se incrementa, alcanzando una fase de meseta, a pesar de incrementar la carga. De acuerdo al principio de Fick, el VO<sub>2</sub> max está determinado por el gasto cardiaco máximo y la máxima extracción de oxígeno por los tejidos, es decir la máxima diferencia arteriovenoso de oxígeno.

El VO<sub>2</sub> max está relacionado con la edad, sexo, hábitos de ejercicio, herencia y estado clínico cardiopulmonar. Los valores normales para los adultos sanos suelen oscilar entre 25 y 50 ml/(kg×min)

El cálculo del consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> max) por unidades de peso del cuerpo se halla a través de la ecuación:

$$VO_2 \text{ max (ml/(Kg * min))} = \frac{VO_2 \text{ max (l/min)*1000 (ml/l)}}{\text{Peso del sujeto (Kg)}}$$

*Unidades:*

$$(ml/(Kg * min)) = \frac{(l/min)*1000 (ml/l)}{(Kg)} = \frac{ml/min}{Kg} = \frac{ml}{Kg * min}$$

Nota: 1Kg=2.205 libras.

##### b) Porcentaje máximo de oxígeno.

Indican la intensidad del ejercicio durante la prueba, siendo valores compatibles con el tiempo de cansancio observado durante la sesión.

**c) Lactato.**

La elevación del lactato en sangre es una indicación de que algunas fibras musculares no tienen la capacidad de soportar la carga aeróbica. Sin embargo, otras fibras tienen bastante capacidad para la energía aeróbica y estas fibras utilizan el lactato producido por las fibras de capacidad aeróbica limitada. Por debajo del umbral de lactato, todo el lactato producido es utilizado para energía aeróbica u otros propósitos. Cuando medimos el lactato en el flujo sanguíneo, somos testigos del movimiento del lactato. Mucho del lactato será transportado a las fibras que tienen capacidad aeróbica donde será nuevamente convertido en piruvato y "aeróbicamente" procesado. Por encima del umbral de lactato, el lactato se acumula porque el cuerpo no tiene la capacidad de utilizar todo.

Algunos científicos del deporte se refieren a los dos niveles de umbral, uno que es 1,0 mmol por encima de la base y el otro que corresponde al estado fijo máximo de lactato (MLSS). Los distintos programas de entrenamiento utilizan distintos niveles. La idea principal es que la mayoría de los programas de entrenamiento se diseñan sobre la base del MLSS, el máximo estado fijo que un atleta puede mantener durante una sesión de entrenamiento extendida.

**d) Importancia de los umbrales.**

Para la mayoría de los atletas, los umbrales son datos importantes que deben conocer. El umbral de lactato (se utiliza para referirse al máximo estado fijo de lactato) es el paso más rápido que un atleta puede mantener durante un período de tiempo extendido sin acumular cantidades adicionales de lactato. Muchos entrenadores creen que este paso ejercerá la mayor cantidad de estrés en los músculos. Obviamente si los atletas aumentaran su velocidad, ejercerían más estrés y promovería más adaptación en las fibras que no han sido reclutadas hasta llegar a niveles intensos de ejercicio que se encuentran por encima del umbral de lactato.

Sin embargo, los esfuerzos por encima del umbral de lactato generan excesos de lactato en los músculos en poco tiempo y el volumen total de ejercicio será menor.

Además, los esfuerzos frecuentes en niveles por encima del umbral de lactato pueden dañar la estructura celular de los músculos.

### 1.5-REALIZACIÓN DE LAS MANIOBRAS DE RESUCITACIÓN.

Las técnicas de masaje cardíaco externo se realizaron siguiendo las recomendaciones del Consejo Europeo de Resucitación sobre resucitación cardiopulmonar avanzada, sobre un maniquí monotorizado (Ambu-man-C ACD-CPR manikin, Ambu Internacional)<sup>®</sup> que registra cuantitativamente, cada tres minutos y a través de un programa informático, los siguientes parámetros:

- El número de compresiones por minuto.
- Porcentaje de ciclos correctos de las compresiones, establecidas como válidas el 50% del total del ciclo, el cual incluye una fase de compresión torácica y una segunda fase de descompresión pasiva de la pared torácica.
- Profundidad del masaje cardíaco establecido como válido de 38 a 51 mm.
- Porcentaje de ciclos incorrectos.
- Desplazamiento de las manos durante el masaje sobre el tórax del maniquí.

El masaje cardíaco se realizó con una frecuencia de aproximadamente 90 compresiones/min, con la ayuda de un metrónomo, hasta que el sujeto pidió voluntariamente el cese de prueba por sensación subjetiva de fatiga o hasta un total máximo de 18 minutos de maniobras de masaje cardíaco. Durante las maniobras se evaluó ergoespirométricamente el gasto metabólico (CPX, Medical Graphics, St, Paul, MN)<sup>®</sup>, los reanimadores no podían ver los valores que se registraban.



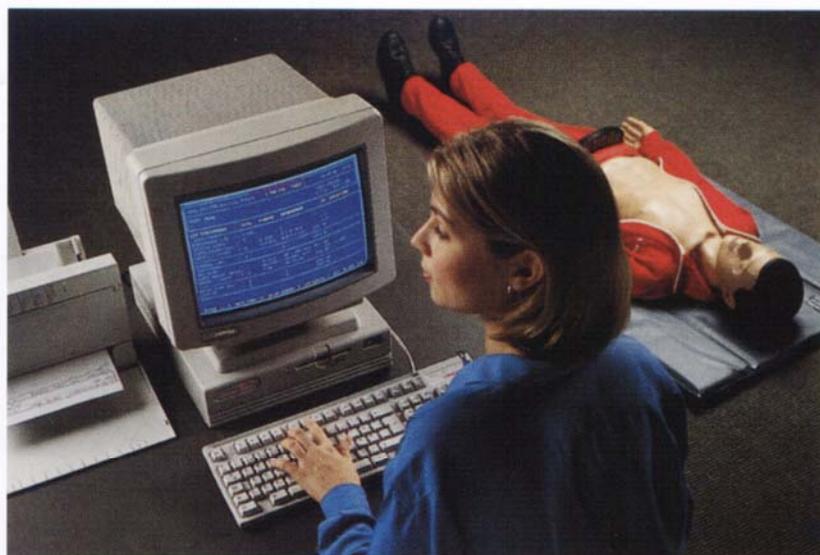
**Fig. 3** Realización del test de esfuerzo.

Para esta medida, al reanimador se le puso una boquilla que encaja anatómicamente en la boca y queda abierta en la parte distal. En su parte superior se coloca un sensor para la determinación de los datos espirométricos. Así mismo, se pone una pinza nasal para la obstrucción de las fosas nasales (Fig. 3). Durante las pruebas al sujeto se le determina la frecuencia cardiaca, de forma constante, al estar monotorizado electrocardiográficamente, sin permitirle ver los monitores (EK 56, Hellige, Freiburg, Germany)<sup>®</sup>.

Se les realizó una extracción capilar (50  $\mu$ l), antes y después de cada prueba, para la determinación del lactato. El rango terapéutico está entre 0.6 y 1.2 mmol/l usando un analizador de lactato automatico (YS1 23 L. Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH)<sup>®</sup>.

#### 1.6-RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS.

Los datos de Ambu Man y del CPX fueron almacenados directamente en un sistema informático (Fig. 4). Las variables cuantitativas se resumieron en su media y desviación estándar (DE) junto con su intervalo de confianza al 95%. Se compararon a los 6, 12 y 18 minutos de las maniobras de masaje cardiaco externo.



Ambu RCP software



Fig. 4 Software de Ambu Man.

Para el análisis entre pares de variables cuantitativas se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Se determinó el contraste de la hipótesis nula de que el coeficiente es igual a 0. Cuando la relación fue lineal, se ajustó a un modelo de regresión múltiple. La estimación de parámetros se calculó mediante el método de mínimos cuadrados.

Se analizó el comportamiento de las variables cuantitativas por la variable independiente, mediante el test de la t de Student (en comparaciones de una variable con dos categorías) y/o el análisis de la varianza (ANOVA). Se corrigió el nivel de significación con el test de Scheffe, mediante esta técnica se evaluaron las diferencia de medias debido al efecto individual, o principal de cada factor y/o al efecto de sus interacciones. Los cambios en media en el tiempo se estudiaron con el test de análisis de la varianza para medidas repetidas (MANOVA).

En todos los casos se comprobó la distribución de la variable frente a los modelos teóricos y se contrastó la hipótesis de homogeneidad de varianzas.

En todos los contrastes de hipótesis se rechazó la hipótesis nula con un error de tipo I o error  $\alpha$  menor de 0.05.

El paquete informático que se utilizó para el análisis fue SPSS para Windows versión 7.5. El test de Kolmogorov-Smirnov fue usado para demostrar la distribución gaussiana de los datos.

## 2.- SEGUNDA FASE

### 2.0-DISEÑO

Se estudia la fatiga/efectividad de los profesionales con las tres técnicas, resucitación cardiopulmonar estándar (RCP-S), compresión descompresión activa (ACD-B) y nuevo método de compresión descompresión activa (ACD-S).

Estudio experimental a triple brazo.

### 2.1- SUJETOS Y ÁMBITO DE ESTUDIO

14 reanimadores, grupo de profesionales, con experiencia media de  $6\pm 2$  años en técnicas de RCP-S del Servicio Especial de Urgencias (061 Madrid), actualmente SUMMA 061 Instituto Madrileño de la Salud (Imsalud), que no practican habitualmente ejercicio físico sometido a ningún programa.

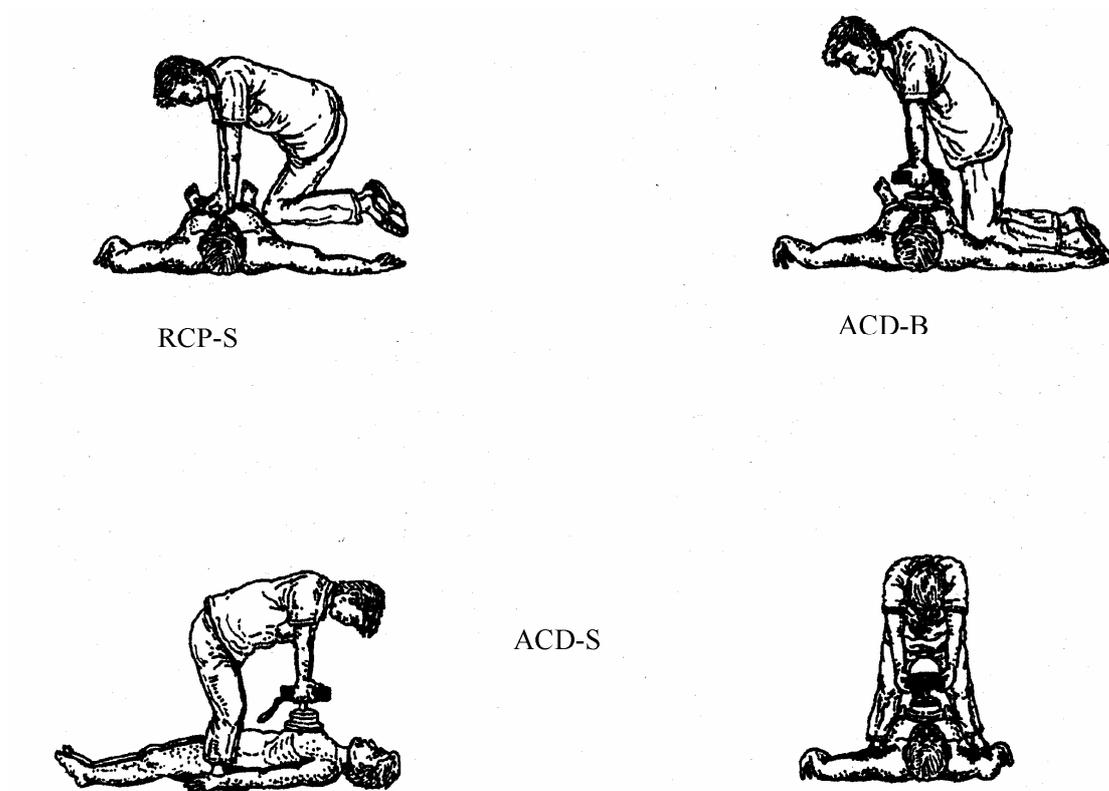
Previamente todos los sujetos realizaron una prueba ergométrica con análisis ergoespirométrico sobre cicloergómetro (Ergoline 900 Ergometrics, Barcelona)<sup>®</sup> (test de esfuerzo) como se explicó en la primera fase, para determinar la potencia aeróbica máxima ( $VO_2$  max), así como la capacidad aeróbica (umbrales aeróbico y anaróbico), consistente en protocolo de rampa comenzando a 0 W/min e incrementando a 25 W/min con una frecuencia de pedal de 60 a 80 revoluciones por minuto hasta que voluntariamente el sujeto se encuentra fatigado o cuando queda establecido la finalización de la prueba.

Los parámetros que se midieron son:

1. Biométricos: Edad, talla, peso.
2. Ergoespirométricos: Potencia máxima, volumen/minuto, frecuencia cardiaca, respiraciones por minuto y consumos máximos de oxígeno. Estos parámetros son medidos con el sistema automático CPX, Medical Graphics, St, Paul, MN)<sup>®</sup>

Todos los reanimadores, por orden aleatorio, realizaron las tres maniobras de resucitación (RCP-S, ACD-B y ACD-S) (Fig. 5) con 24 horas de intervalo entre cada una de ellas. No se permitieron estimulantes (café, té) ni tabaco durante las horas

previas al estudio. La posible ingestión de medicamentos se notificó en cada caso. No se ingirió comida durante 2 horas antes de las pruebas de laboratorio.



**Fig.5** Las tres maniobras utilizadas

Las técnicas de resucitación se realizaron sobre un muñeco monitorizado (Ambu-Man-C ACD-CPR manikin, Ambu Internacional)<sup>®</sup> que evalúa el número, eficacia y profundidad del masaje cardíaco, porcentaje de ciclos incorrectos y desplazamiento del masaje sobre el tórax del maniquí (Fig. 6).



**Fig. 6** Ambu Man con ACD

Ambu-Man-C ACD-CPR manikin, Ambu Internacional<sup>®</sup> está preparado con una tabla que se inserta en el dorso del maniquí y sobresale en un lateral con el fin de poder realizar ACD-B, de esta forma al realizar la descompresión las rodillas del reanimador sujetan el muñeco al suelo.

Para realizar ACD-S hubo que incorporar una tabla que sobresaliera bilateralmente del dorso del Ambu Man, el muñeco se sujetó a la tabla mediante dos correas que se situaron una en el cuello y la otra en la cintura, ambas cosidas a la tabla.

El masaje cardíaco se realizó con una frecuencia de aproximadamente 90 compresiones/min, con la ayuda de un metrónomo. La descompresión fue supervisada durante las pruebas ACD según los parámetros establecidos por Ambu Internacional<sup>®</sup>.

Durante las maniobras se evaluó ergoespirométricamente el gasto metabólico (CPX, Medical Graphics, St, Paul, MN) midiendo volumen/minuto (VE), frecuencia cardíaca (FC), respiraciones por minuto (RER), consumos de oxígeno ( $VO_2$ ), consumos máximos de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y porcentajes de  $VO_2$  max.

Se les realizó una extracción capilar (50  $\mu$ l) antes y después de cada prueba para la determinación del lactato venoso, nivel terapéutico 0.6-1.2 mmol/l usando un analizador de lactato automatico (YS1 23 L. Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH). Durante las pruebas el sujeto estuvo monotorizado electrocardiográficamente.

Las técnicas de masaje cardíaco externo se realizaron, siguiendo las recomendaciones del Consejo Europeo de Resucitación sobre resucitación cardiopulmonar avanzada, sobre un maniquí monotorizado (Ambu-man-C ACD-CPR manikin, Ambu Internacional)<sup>®</sup> que registra cuantitativamente cada tres minutos, a través de un programa informático (Fig. 7):

- El número de compresiones por minuto.
- Porcentaje de ciclos correctos de las compresiones, establecidas como válidas el 50% del total del ciclo, el cual incluye una fase de compresión torácica y una segunda fase de descompresión pasiva de la pared torácica.
- Profundidad del masaje cardíaco establecido como válido de 38 a 51 mm, con una resistencia para la compresión establecida en 11 Kp/cm.
- Porcentaje de ciclos incorrectos.
- Desplazamiento de las manos durante el masaje sobre el tórax del maniquí.

El masaje cardíaco se realizó con una frecuencia de aproximadamente 90 compresiones/min, con la ayuda de un metrónomo, hasta que el sujeto pidió voluntariamente el cese de prueba por sensación subjetiva de fatiga o hasta un total máximo de 18 minutos de maniobras de masaje cardíaco. Durante las maniobras se evaluó ergoespirométricamente el gasto metabólico (CPX, Medical Graphics, St, Paul, MN).

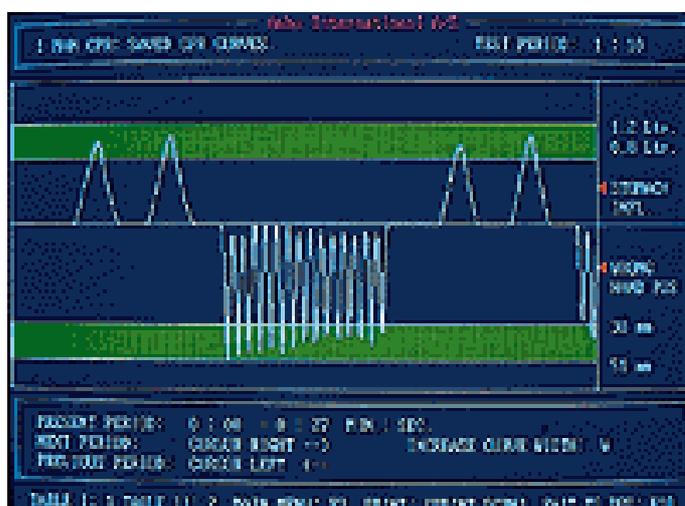


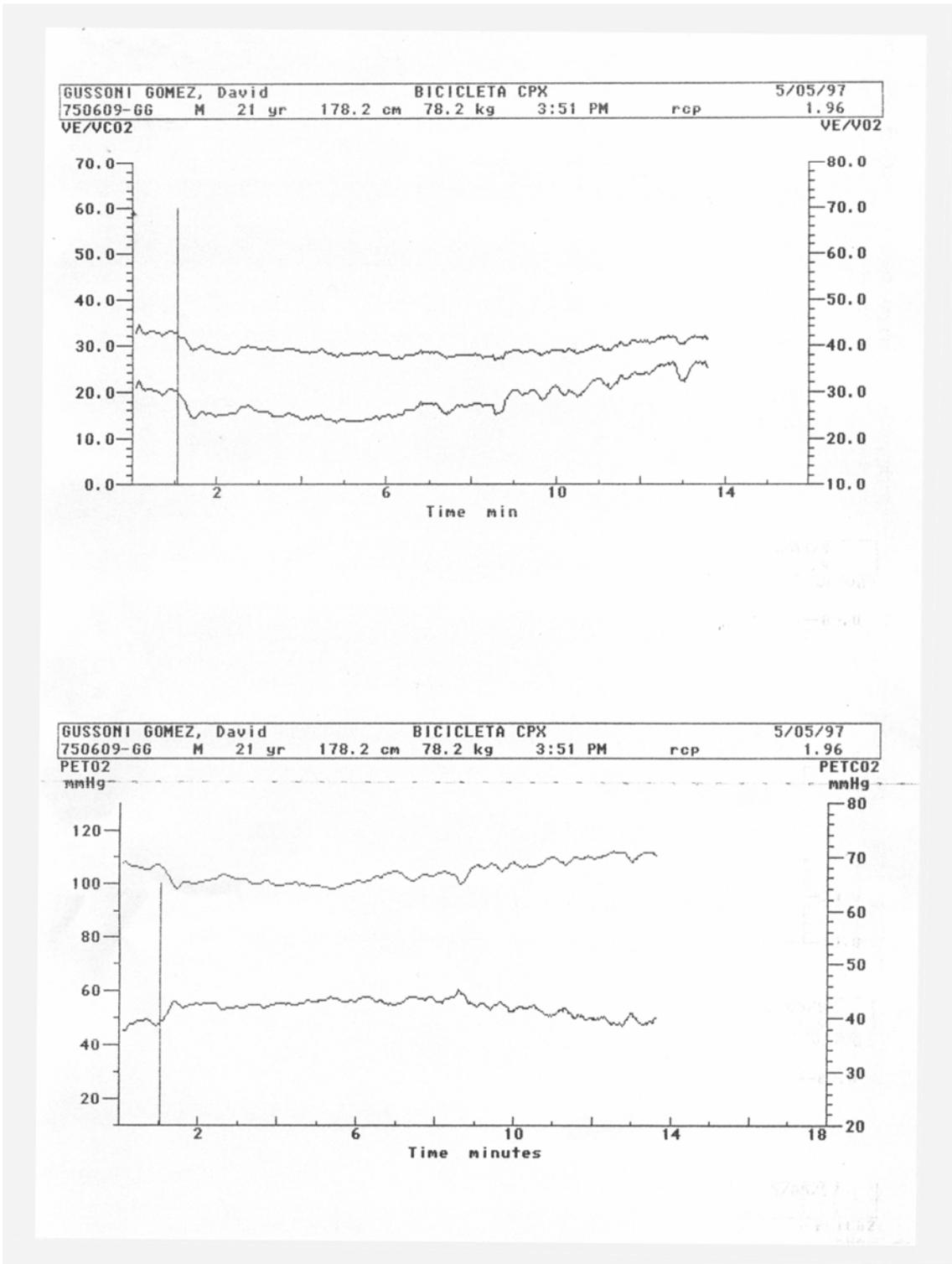
Fig. 7 Gráfica del software del Ambu-Mam

Para esta medida, al reanimador se le puso una boquilla que encaja anatómicamente en la boca y queda abierta en la parte distal. En su parte superior se coloca un sensor para la determinación de los datos espirométricos. Así mismo, se pone una pinza nasal para la obstrucción de las fosas nasales. Durante las pruebas al sujeto se le determina la frecuencia cardíaca, de forma constante, al estar monotorizado electrocardiográficamente, sin permitirle ver los monitores.

## 2.2-RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos de Ambu-man y del CPX son almacenados directamente en un sistema informático (Fig. 8 y 9). Las variables cuantitativas se resumieron en su media y desviación estándar (DE) junto con su intervalo de confianza al 95%. Se compararon a los 6, 12 y 18 minutos de las maniobras de masaje cardíaco externo.





**Fig. 9** Gráficas obtenidas durante el test de esfuerzo del CPX

Para el análisis entre pares de variables cuantitativas se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Se determinó el contraste de la hipótesis nula de que el coeficiente es igual a 0. Cuando la relación fue lineal, se ajustó a un modelo de

regresión múltiple. La estimación de parámetros se calculó mediante el método de mínimos cuadrados.

Se analiza el comportamiento de las variables cuantitativas por la variable independiente, mediante el test de la t de Student (en comparaciones de una variable con dos categorías) y/o el análisis de la varianza (ANOVA). Se corrigió el nivel de significación con el test de Scheffe. Mediante esta técnica se evaluaron la diferencia de medias debido al efecto individual, o principal de cada factor y/o al efecto de sus interacciones. Los cambios en media en el tiempo se estudiaron con el test de análisis de la varianza para medidas repetidas (MANOVA).

En todos los casos se comprobó la distribución de la variable frente a los modelos teóricos y se contrastó la hipótesis de homogeneidad de variancias.

En todos los contrastes de hipótesis se rechazó la hipótesis nula con un error de tipo I o error  $\alpha$  menor de 0.05.

El paquete informático que se utilizó para el análisis fue SPSS para Windows versión 9.0.

### **3.-TERCERA FASE**

#### **3.0-DISEÑO**

Se realiza un estudio sobre fatiga y complicaciones de las tres técnicas, resucitación cardiopulmonar estándar (RCP-S), compresión descompresión activa (ACD-B) y nuevo método de compresión descompresión activa (ACD-S), cuando se aplican en humanos en ámbito extrahospitalario.

Estudio descriptivo a triple brazo.

#### **3.1- SUJETOS Y ÁMBITO DE ESTUDIO**

El estudio fue realizado por un equipo de una unidad móvil medicalizada extrahospitalaria (UVI móvil) del Servicio de Urgencias 061 Madrid INSALUD, actualmente El servicio de Urgencias médicas de Madrid (SUMMA) 061 IMSALUD, compuesto por médico, enfermero y dos técnicos sanitarios (conductor, celador).

SUMMA 061 IMSALUD cubre la Comunidad de Madrid, de 7995 Km<sup>2</sup>, con 16 UVIS móviles, abarcando una población próxima a los 5 millones de personas (34 distritos sanitarios). En el área metropolitana de Madrid, de 607 Km<sup>2</sup> y cerca de 2.9 millones de habitantes (18 distritos sanitarios), existen 7 UVIS móviles. Siendo los distritos de Moncloa, Tetuan y Centro donde opera la UVI móvil que realizó este trabajo, con una población de alrededor de 450.000 habitantes.

En la Comunidad de Madrid, alrededor de 13.000 personas mueren al año por enfermedad cardiovascular (ECV), lo que supone un 37.7 % del total de fallecimientos, un 26% por enfermedad cerebrovascular (ECE) y un 24% por cardiopatía isquémica (CI). Al igual que el resto de las comunidades, supone la primera causa de muerte en la población general, expresados en tasas por 100.000 o en mortalidad proporcional. El 83% de los fallecidos por ECV lo hacen después de cumplir los 64 años (77.8% CI y 88% ECE). La cardiopatía isquémica es la primera causa de muerte entre los 45 y 49 años y la segunda a partir de los 50 años<sup>1,2</sup>.

Los pacientes atendidos fueron aquellos que sufrieron PCR de origen cardiaco, con presencia de testigo, normotérmicos no traumáticos y con edad superior a los 16 años.

Se realizaron maniobras de resucitación de tres formas diferentes:

1. Primer cuatrimestre RCP-S.
2. Segundo cuatrimestre ACD-B.
3. Tercer cuatrimestre ACD-S. realizando el masaje de dos formas diferentes: 1ª El tronco del reanimador se extiende y flexiona según la fase de la maniobra, manteniendo los brazos extendidos sobre el dispositivo de ACD o 2ª El reanimador flexiona y extiende los brazos, sin mover el tronco o ambas, según su adaptación al cardio pump<sup>(R)</sup>. La compresión-descompresión se realiza siempre en sentido vertical al tórax del paciente.

Las maniobras fueron practicadas siempre por dos únicos reanimadores, con experiencia media de 3 años en RCP-S, que se turnaron según su estimación subjetiva de la fatiga. Previamente habían realizado un curso teórico-practico de ACD en maniqués (Ambu-man)<sup>(R)</sup>. Ambos reanimadores desconocían el trabajo en curso.

### 3.2-RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS.

Durante el año 1996 se realizó RCP a los pacientes en parada cardiorrespiratoria (PCR) de origen cardiaco con posterior seguimiento durante el año 1997, siguiendo los consejos del ERC<sup>(8)</sup> y las pautas recomendadas para la comunicación uniforme de datos en la parada cardiaca extrahospitalaria estilo Utstein (Tabla I).

**Tabla I** Hoja de recogida de datos según el Estilo Utstein

Fecha: ___/___/___	Nº Aviso: _____
UVI Móvil: _____	Médico: _____
Nombre paciente: _____	
Sexo: <input type="checkbox"/> Hombre <input type="checkbox"/> Mujer	Fecha nacimiento: ___/___/___
Etiología: <input type="checkbox"/> Cardíaca <input type="checkbox"/> Otra:	
Hospital receptor: _____	
Médico responsable _____	
(o persona de contacto en hospital)	
Hora estimada de la parada ___: ___	<input type="checkbox"/> RCP
Hora de detención del vehículo ___: ___	<input type="checkbox"/> CDA
Hora de contacto con el paciente ___: ___	<input type="checkbox"/> CDA-S
Lugar de la parada: <input type="checkbox"/> Domicilio <input type="checkbox"/> Lugar público <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Otro	
Parada presenciada: <input type="checkbox"/> Por testigo <input type="checkbox"/> Por equipo emerg. <input type="checkbox"/> No presenciado	
<u>RCP por testigo</u> : <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/> Presente	Hora estimada comienzo ___: ___
Calidad de RCP por testigo <input type="checkbox"/> Adecuada <input type="checkbox"/> No adecuada <input type="checkbox"/> No valorada	
RCP por equipo emergencias <input type="checkbox"/> Intentada <input type="checkbox"/> No intentada	Hora de comienzo ___: ___
Ritmo presente <input type="checkbox"/> FV <input type="checkbox"/> TV <input type="checkbox"/> Asistolia <input type="checkbox"/> Otro	
Desfibrilación <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	Hora 1ª desfibrilación ___: ___
Intubación endotraqueal <input type="checkbox"/> Intubado <input type="checkbox"/> No intubado	Hora de intubación: ___: ___
Circulación espontánea <input type="checkbox"/> Recuperada <input type="checkbox"/> No recuperada	Hora de recuperación ___: ___
Abandono RCP (muerte) <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	Hora de abandono ___: ___

Observaciones (complicaciones del paciente y/o del reanimador): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Se midieron saturaciones por pulsioximetría (StO<sub>2</sub>) en los pacientes, a nivel digital con dos aparatos (Ohmeda Biox 3740<sup>(R)</sup> y ISSO 3300<sup>(R)</sup>), durante la reanimación. Se anotaron las complicaciones que surgieron durante las maniobras de masaje cardíaco externo, tanto para el paciente como para los reanimadores.

El seguimiento de los pacientes se realizó a las 24 horas, al mes y al año de la parada, donde se evaluó el Score de Glasgow-Pittsburg (Tabla II).

**Tabla II** Hoja de seguimiento (Modelo Estilo Utstein).

<b>Nombre del paciente:</b> _____		
<u>EVALUACION A LAS 24 HORAS</u>		
MUERTO _____	FECHA Y HORA _____	CAUSA _____
VIVO _____	GLASGOW _____	SALA _____ UCI _____
RESPIRACION ESPONTANEA _____	CONTROLADA _____	
<u>EVALUACION AL MES.</u>		
DADO DE ALTA FECHA ___/___/___		
SCORE GLASGOW-PITTSBURG _____		
DESTINO DEL PACIENTE _____		Tlno. _____
MUERTO ___	FECHA ___/___/___	CAUSA POSIBLE _____
<u>EVALUACION AL AÑO.</u>		
VIVO ____.. FECHA ___/___/___		
SCORE DE GLASGOW-PITTSBURG _____		
MUERTO ___	FECHA ___/___/___	CAUSA POSIBLE _____

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El análisis estadístico se ha realizado con el programa "Origin 6.0" utilizando "One way Anova", el nivel significativo fue 0.05, los datos son expresados en medias  $\pm$ SD.

## **Referencias**

<sup>1</sup>Epidemiología de las enfermedades cardiovasculares en la Comunidad de Madrid. Documento Técnico de salud pública nº 30. Conserjería de Sanidad y Servicios Sociales.

<sup>2</sup>Boletín Epidemiológico de la Comunidad de Madrid. Mortalidad por enfermedades cardiovasculares 1996; 4(13): 3-16.

## **1.PRIMERA FASE**

### **1.1-RESULTADOS DEL TEST DE MÁXIMO ESFUERZO.**

Con el test de máximo esfuerzo los resultados que se obtienen son:

- Predicción de las capacidades máximas para desempeñar trabajo
- Estimación indirecta del consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  max), es decir, la potencia aeróbica máxima ( $VO_2$  max).
- Medida de la capacidad aeróbica (umbrales aeróbico y anaróbico).

Los 28 reanimadores aceptaron y firmaron la realización del test de esfuerzo, los ECG basales, frecuencia cardiaca, tensión arterial se encontraron dentro de la normalidad.

### **PARÁMETROS BIOMÉTRICOS**

Para los reanimadores del Grupo profesional: Edad media de  $34\pm 6$  años, altura media de  $172\pm 6$  cm y peso medio de  $80\pm 13$  Kg

Para el Grupo deportista: Edad media de  $34\pm 6$  años, altura media de  $176\pm 5$  cm y peso medio de  $77\pm 11$  Kg.

### **PARÁMETROS ERGOMÉTRICOS**

Los parámetros ergométricos obtenidos durante el test de máximo esfuerzo se representa en la Tabla I

**Tabla I** Test de máximo esfuerzo.

	Deportistas	Profesionales	Valor de p
<b>Valores máximos</b>			
<b>VO<sub>2max</sub> (mL/Kg/min)</b>	45±9	33±5	P<0.001
<b>VE (L/min)</b>	144±35	111±25	P<0.001
<b>Fc (pulsaciones/min)</b>	183±10	181±12	NS*
<b>Valores a volumen tidal</b>			
<b>VO<sub>2</sub> (L/min)</b>	1.9±0.4	1.4±0.2	P<0.001
<b>VE (L/min)</b>	44±10	34±5	P<0.001
<b>Fc (pulsaciones/min)</b>	131±10	123±11	NS*

Valores dados en medias±DE.

NS\* no existen diferencias significativas.

## 1.2- RESULTADOS DE LA PRUEBA.

Las técnicas de masaje cardiaco externo se realizaron sobre un maniquí monotorizado (Ambu-man-C ACD-CPR manikin, Ambu Internacional)<sup>®</sup>, el masaje cardiaco se realizó con una frecuencia de aproximadamente 90 compresiones/min, con la ayuda de un metrónomo, hasta que el sujeto pidió voluntariamente el cese de prueba por sensación subjetiva de fatiga o hasta un total máximo de 18 minutos de maniobras de masaje cardiaco.

A los 6, 12 y 18 minutos de la realización de la maniobra de masaje cardiaco externo, se compararon en los dos grupos, profesionales y deportistas, los siguientes parámetros:

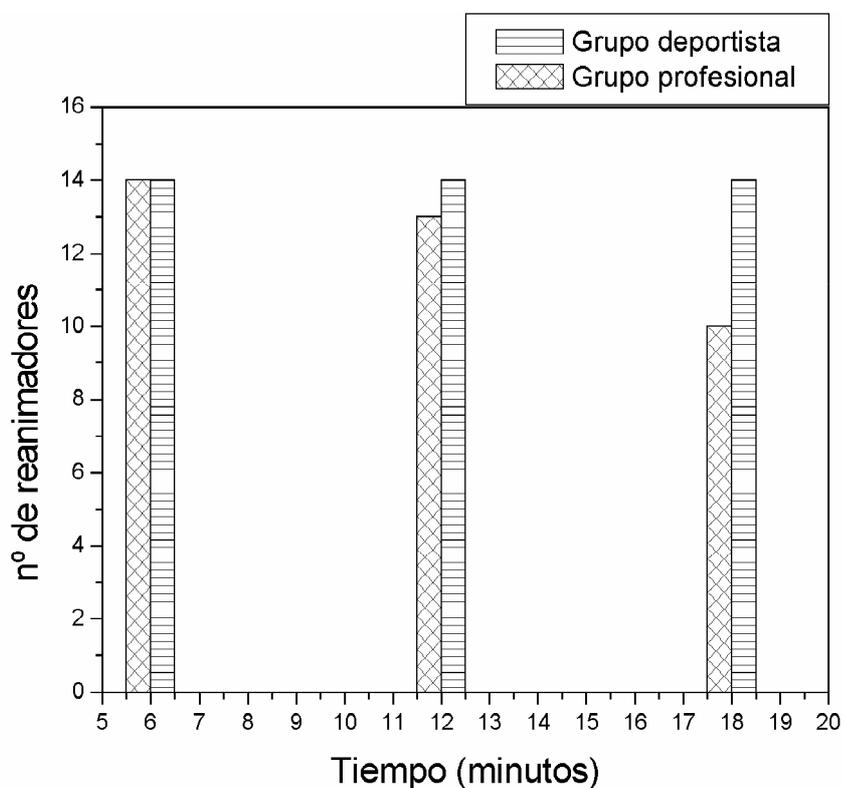
- Duración de la prueba
- Potencia máxima, PM.
- Ventilación/minuto, VE.
- Frecuencia cardiaca, Fc.
- Respiraciones por minuto, RER
- Consumos de oxígeno, VO<sub>2</sub>.
- Consumos máximos de oxígeno, VO<sub>2max</sub>.
- El número de compresiones por minuto.

- Porcentaje de ciclos correctos de las compresiones, establecidas como válidas el 50% del total del ciclo, el cual incluye una fase de compresión torácica y una segunda fase de descompresión pasiva de la pared torácica.
- Profundidad del masaje cardíaco establecido como válido de 38 a 51 mm.
- Porcentaje de ciclos incorrectos.
- Desplazamiento de las manos durante el masaje sobre el tórax del maniquí.

Se les realizó una extracción capilar antes y después de cada prueba para poder determinar las variaciones en el nivel de lactato.

### Duración.

La duración total que se empleó en las compresiones torácicas externas fue diferente para los dos grupos. En el grupo de profesionales, 13 sujetos llegaron a los 12 minutos y sólo 10 completaron la máxima duración programada para el test (18 minutos). En el grupo de deportistas, todos acabaron la prueba. Por lo tanto, los resultados del análisis estadístico solo se pudieron comparar a los 6 y a los 12 minutos (Fig 1).



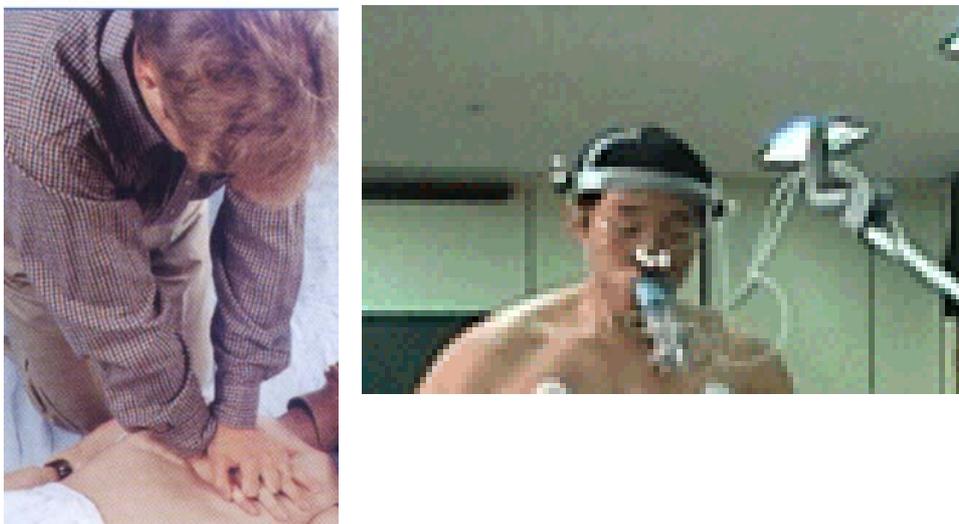
**Fig. 1** Duración de las maniobras

Los tiempos medios empleados fueron: Para el Grupo profesional  $16\pm 3$  minutos y para el Grupo deportista  $18\pm 0$  minutos.

Las razones, para la no terminar el test fue la fatiga subjetiva de los sujetos y la aparición de una gran ampolla, de unos 5 cm de diámetro, en la palma de la mano que está en contacto con el tórax del maniquí.

La causa de la aparición de la ampolla se debió a la fricción obligada de la mano y el muñeco, durante la realización de las maniobras.

La boquilla en su parte distal está abierta, siendo por donde el sujeto respira y elimina la secreción salival, la cual cae directamente sobre las manos del reanimador, facilitando el calentamiento de la zona donde se comprime al muñeco. Un 30% de los reanimadores de ambos grupos sufrieron esta complicación, la cual obligó al uso de guantes de látex y a secar el tórax del muñeco a los 6 y 12 minutos, empleando sólo dos segundos en la limpieza (Fig. 2).



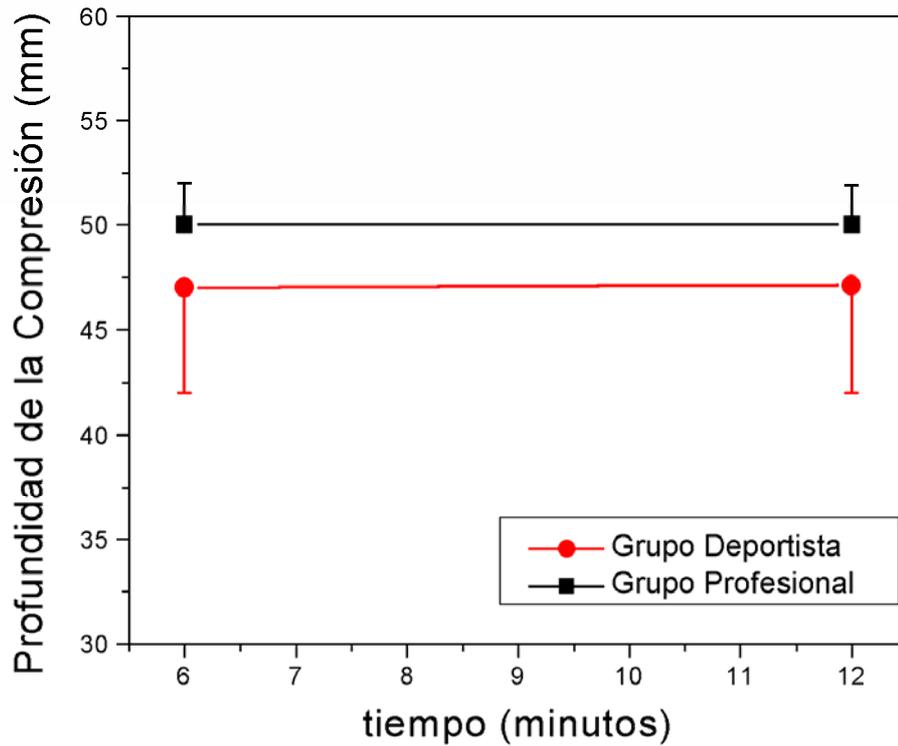
**Fig 2**

### **Compresiones por minuto.**

Todos los reanimadores mantuvieron el ciclo de 80-100 compresiones/minuto que marcan los Consejos de Resucitación (ILCOR). La existencia de un metrónomo, programado a 90 sonidos/minuto, facilitó el número adecuado de compresiones torácicas/minuto.

**Profundidad de las compresiones.**

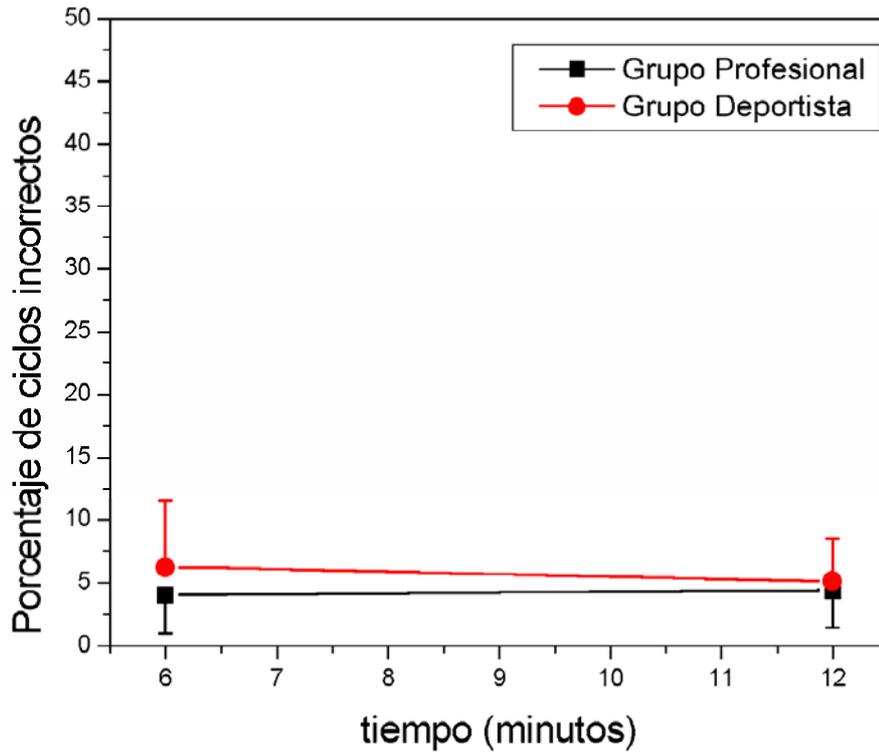
Los límites estándar de profundidad del tórax en el maniquí van de 38 a 51 mm. No hemos encontrado diferencias significativas entre los dos grupos ( $p > 0.05$ ) (Fig. 3), a los 6 ( $p < 0.001$ ) y a los 12 minutos ( $p < 0.01$ ), ambos grupos dieron una profundidad de compresión dentro de los límites validados.



**Fig. 3** Profundidad de compresion/tiempo.

**Ciclos incorrectos.**

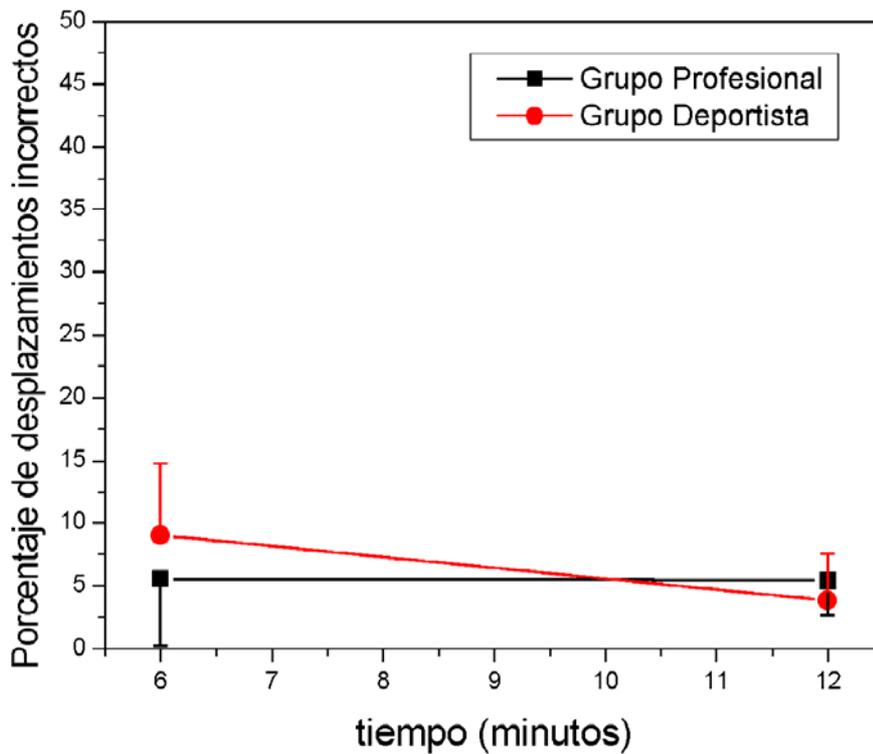
No existieron diferencias significativas entre ambos grupos ( $p > 0.05$ ), realizaron entre un 4 a un 6% de ciclos incorrectos en el total de la prueba, a los 6 ( $p < 0.001$ ) y a los 12 minutos ( $p < 0.01$ ) (Fig. 4).



**Fig. 4** Porcentaje de ciclos incorrectos/tiempo.

**Desplazamiento de la compresión.**

No existieron diferencias significativas entre grupos, si bien en el Grupo deportista del 9% de compresiones desplazadas a los 6 minutos de la prueba, mejoran hasta obtener sólo un 4% a los 12 minutos. En el Grupo profesional se mantiene un 5% de desplazamiento de la compresión a los 6 ( $p < 0.001$ ) y 12 minutos ( $p < 0.01$ ) (Fig. 5).

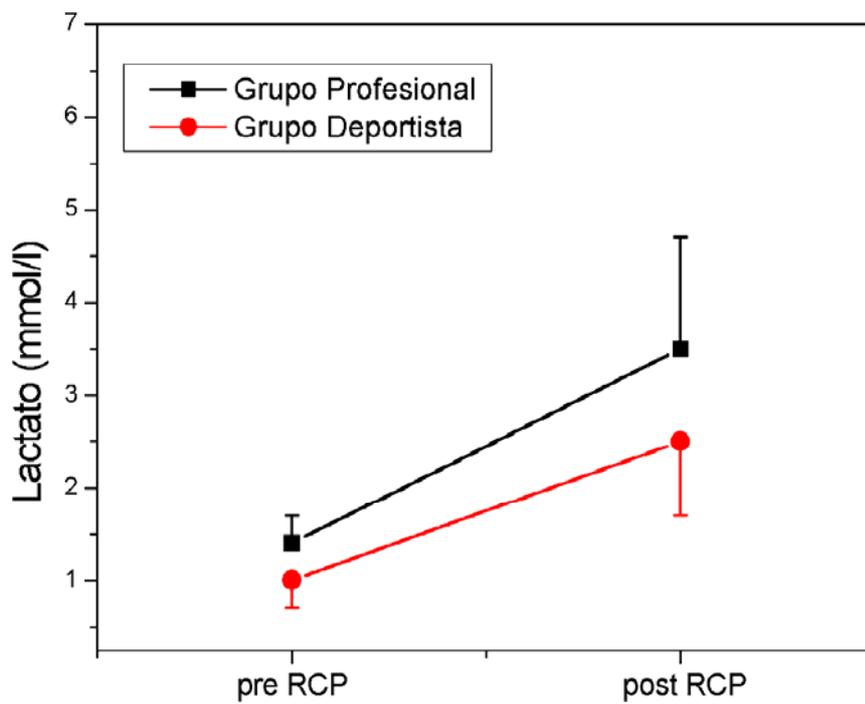


**Fig. 5** Porcentaje de desplazamientos incorrectos/tiempo.

**Variables fisiológicas.**

**Niveles de lactato capilar.**

Los niveles de lactato aumentan significativamente en los dos grupos al final de la prueba. No hay diferencias significativas entre grupos al inicio y final de la prueba. La toma de muestras se realizó a los 18 minutos excepto para 4 reanimadores del Grupo profesional que se obtuvo a los 12 minutos ( $p < 0.001$ ) (Fig. 6).



**Fig. 6** Niveles de lactato.

**Frecuencia cardíaca.**

Existen diferencias significativas entre ambos grupos como se muestra en la Tabla II. En el Grupo deportista, de deportistas, los valores son significativamente menores ( $p < 0.01$ ) a lo largo de toda la prueba, manteniéndose las medias a los 6 ( $p < 0.01$ ) y a los 12 minutos ( $p < 0.01$ ) en cambio en el Grupo profesional, de profesionales, hay un incremento significativo de la frecuencia cardíaca de los 6 a los 12 minutos ( $p < 0.01$ ).

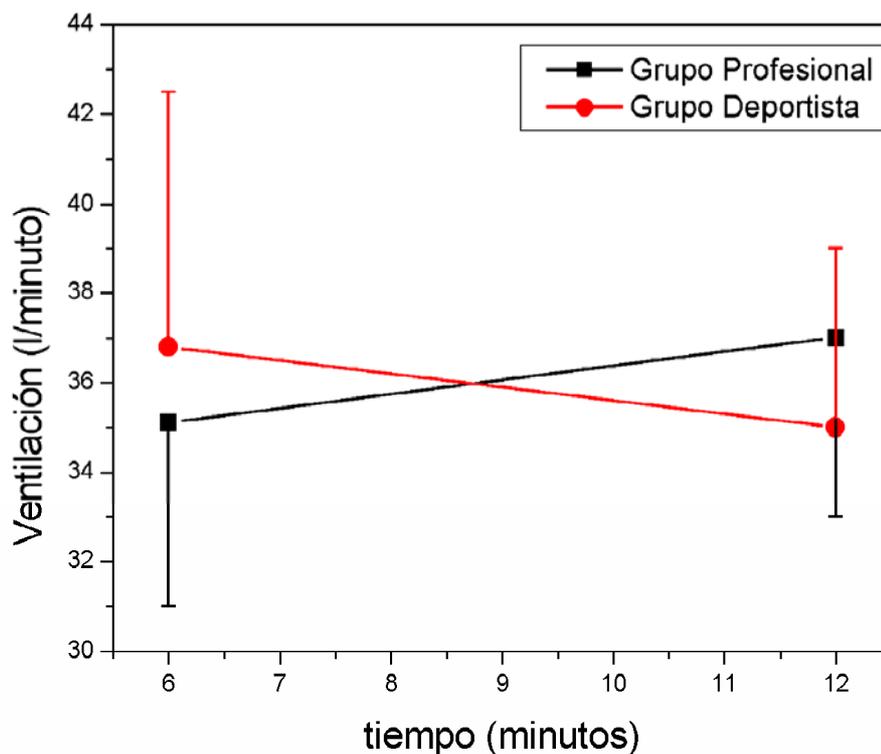
**Tabla II** Frecuencia cardíaca (pulsaciones/min).

	<b>6 minutos.</b>	<b>12 minutos.</b>
<b>Grupo de deportistas</b>	110±5	112±4
<b>Grupo de profesionales</b>	130±8	138±8

Medias±DE

**Ventilación/minuto.**

No se encuentra diferencias significativas entre ambos grupos, manteniéndose entre los 35 y 37 l/min ( $p < 0.01$  a los 6 y 12 minutos) (Fig. 7).



**Fig.7** Ventilación/tiempo

**Velocidad de intercambio respiratorio.**

En ambos grupos, los valores de la velocidad de intercambio respiratorio fueron menores en la segunda parte de la prueba ( $p < 0.05$  a los 12 minutos frente a los 6 minutos). No se detectaron diferencias significativas entre ellos. Los valores obtenidos se muestran en la tabla III.

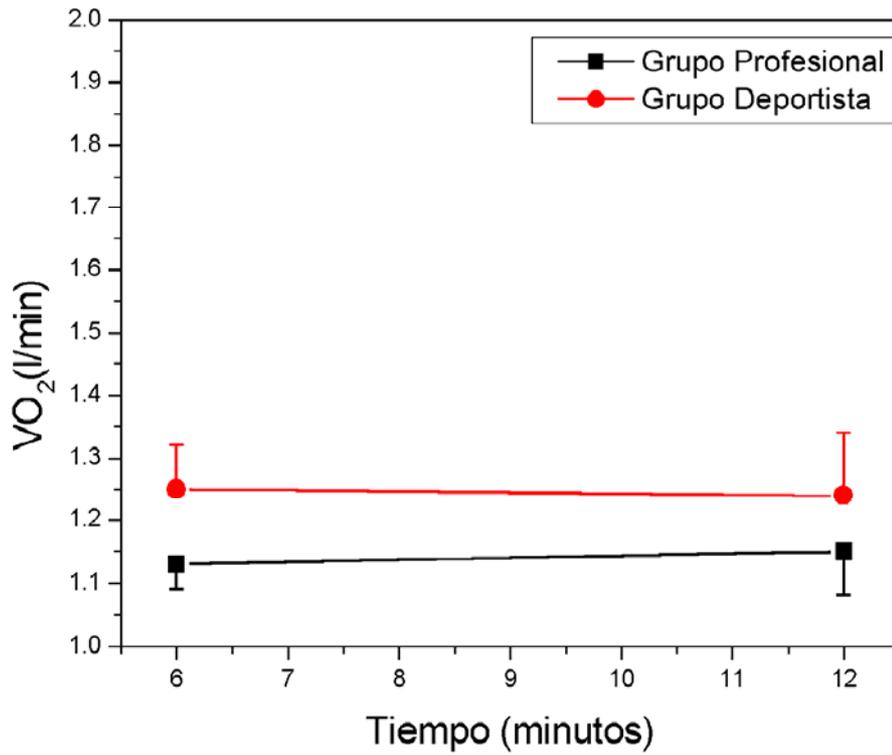
**Tabla III** Velocidad de intercambio respiratorio.

	6 minutos.	12 minutos.
Grupo de deportistas	0.96±0.1	0.92±0.05
Grupo de profesionales	0.95±0.1	0.91±0.08

Respiraciones/minuto. Medias±DE

**Consumo de oxígeno,  $VO_2$ .**

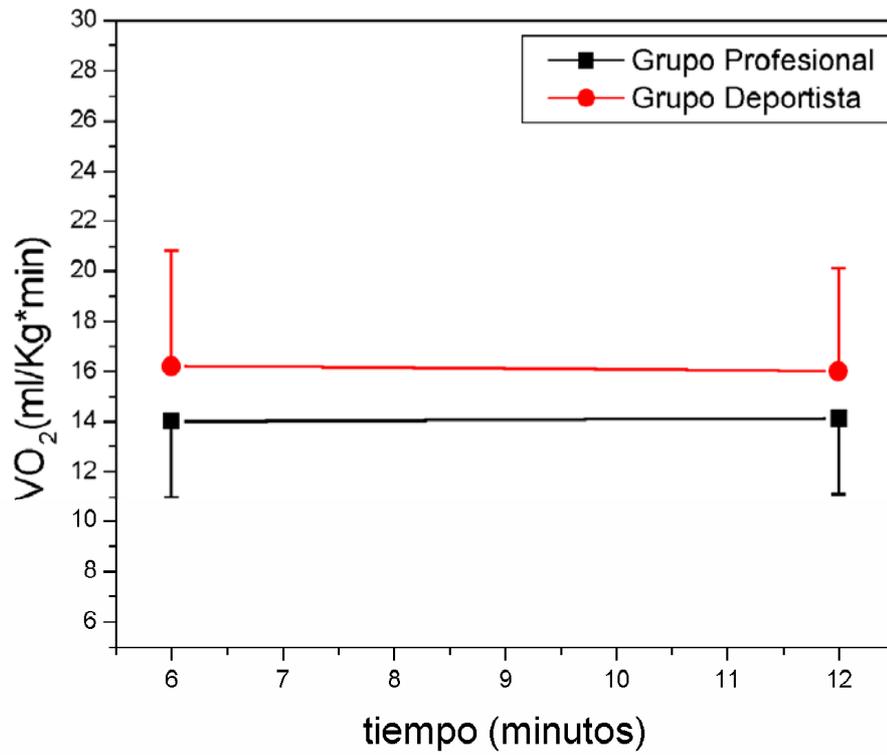
No se encuentran diferencias significativas a los 6 y 12 minutos entre ambos grupos ( $p < 0.05$ ). Los resultados obtenidos se muestran en la figura 8 donde las unidades se expresan en l/min.



**Fig. 8**  $VO_2$  (l/min)/tiempo

**Consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> max).**

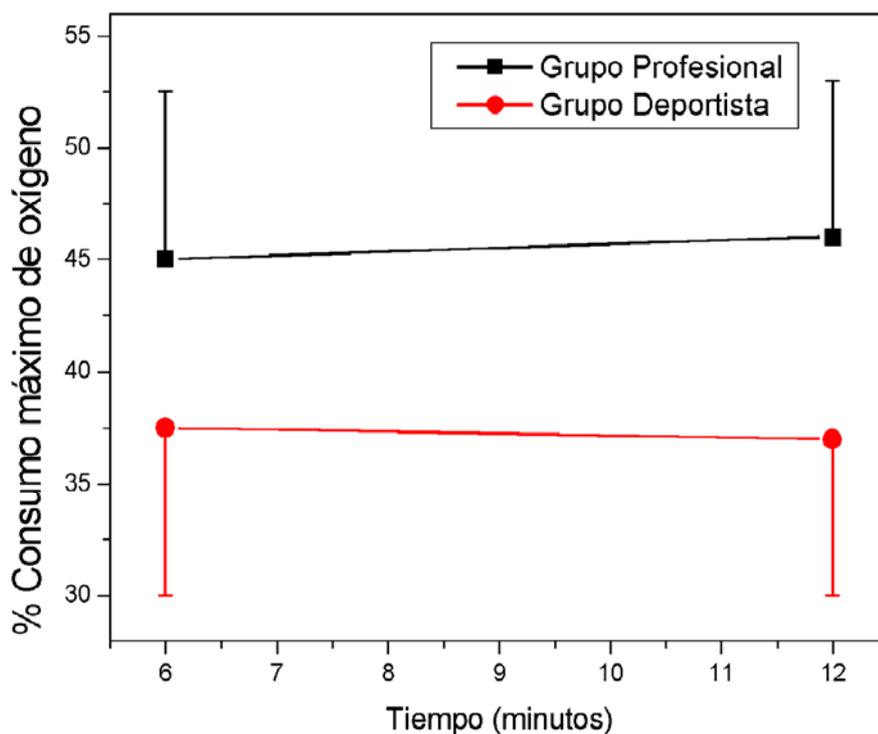
No se encuentran diferencias significativas a los 6 y 12 minutos entre ambos grupos ( $p < 0.05$ ) (Fig. 9).



**Fig. 9** VO<sub>2</sub> (ml/Kg×min)/tiempo

### Porcentajes del consumo máximo de oxígeno

Establecidos en porcentaje, no encontramos diferencias significativas a los 6 minutos, pero si se encuentran a los 12 minutos ( $p < 0.05$ ), en el Grupo profesional el porcentaje de consumos máximos de oxígeno es mayor que en el Grupo deportista (Tabla IV y Fig. 10).



**Fig. 10** Porcentaje del  $VO_2$  max.

**Tabla IV** Porcentaje de consumo máximo de oxígeno.

	6 minutos.	12 minutos.
Grupo de deportistas	37.5±7.5	37±7
Grupo de profesionales	45±7.5	46±7

Medias±DE

## 2. SEGUNDA FASE

### 2.1-RESULTADOS DEL TEST DE MÁXIMO ESFUERZO.

Se encontró las siguientes características biométricas y ergométricas en el grupo de profesionales:

#### Parámetros biométricos

Edad media  $34\pm 6$  años, altura media  $172\pm 6$  cm y peso medio  $80\pm 13$  Kg.

#### Parámetros ergométricos

Los parámetros ergoespirmétricos obtenidos durante el test de máximo esfuerzo se representa en la Tabla V

**Tabla V** Test de máximo esfuerzo.

Valores máximos	
Potencia (W)	228±38
VO <sub>2max</sub> (mL/Kg/min)	33±5
VE (L/min)	111±25
Fc (pulsaciones/min)	181±12
Valores a volumen tidal	
Potencia (W)	94±20
VO <sub>2</sub> (L/min)	1.4±0.2
VE (L/min)	34±5
Fc (pulsaciones/min)	123±11

Valores dados en medias±DE.

### 2.2-RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.

Las tres técnicas de resucitación; RCP-S, ACD-B y ACD-S, se realizaron por todos los reanimadores del grupo de profesionales, por orden aleatorio, sobre un muñeco monitorizado (Ambu-Man-C ACD-CPR manikin, Ambu Internacional)<sup>®</sup> que

evalúa el número, eficacia y profundidad del masaje cardíaco, porcentaje de ciclos incorrectos y desplazamiento del masaje sobre el tórax del maniquí.

El masaje cardíaco se realizó con una frecuencia de aproximadamente 90 compresiones/min, con la ayuda de un metrónomo. La descompresión fue supervisada durante las pruebas ACD según los parámetros establecidos por Ambu Internacional<sup>®</sup>. Durante las maniobras se evaluó ergoespirométricamente el gasto metabólico (CPX, Medical Graphics, St, Paul, MN) midiendo volumen/minuto (VE), frecuencia cardíaca (FC), respiraciones por minuto (RER), consumos de oxígeno ( $VO_2$ ), consumos máximos de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y porcentajes de  $VO_2$  max.

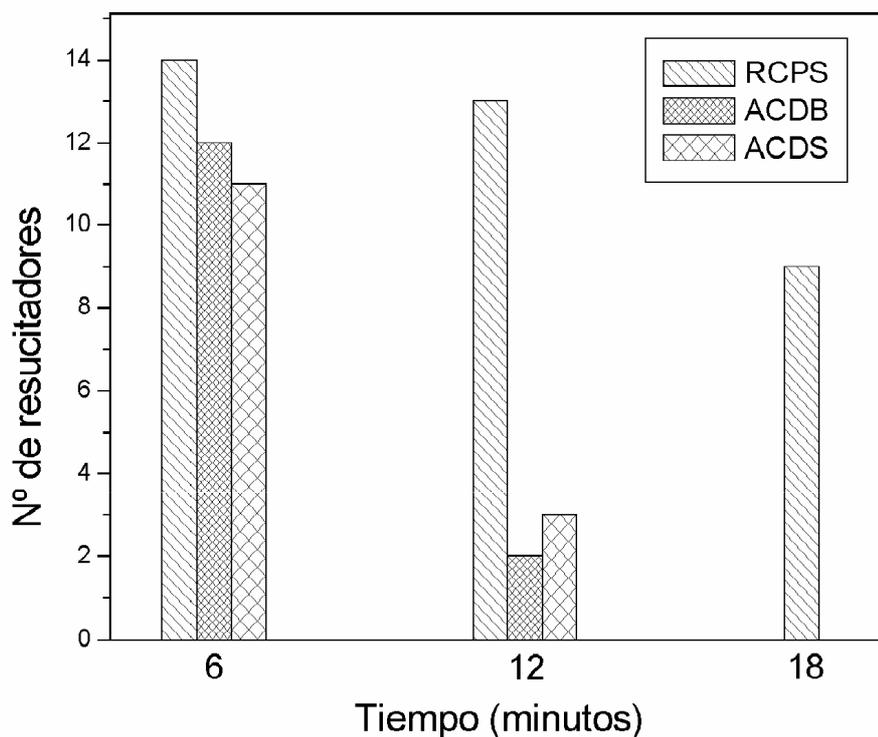
Todos los parámetros se compararon a los 6, 12 y 18 minutos.

Se les realizó una extracción capilar antes y después de cada prueba para poder determinar las variaciones en el nivel de lactato.

### **Duración.**

- Con RCP-S: Todos los sujetos completaron los 6 primeros minutos, 13 llegaron a los 12 minutos y 9 completaron la duración máxima del test (18 minutos).
- Con ACD-B: 12 completaron los primeros 6 minutos, 2 los 12 minutos y ninguno llegó a los 18 minutos.
- Con ACD-S: 11 completaron los 6 primeros minutos, 3 los 12 minutos y ninguno llegó a los 18 minutos (Fig. 11).

El tiempo medio empleado para RCP-S fue  $16\pm 3$  minutos siendo significativamente mayor para las técnicas de ACD ( $p<0.01$ ), ACD-B  $9\pm 3$  minutos y ACD-S  $9\pm 4$  minutos.



**Fig. 11** Duración de las maniobras.

Debido a la corta duración de los reanimadores con las dos técnicas de ACD, el análisis estadístico de los grupos se ha realizado para los valores de 6 minutos.

Las razones, para la no completar el test, fue:

En ACD-S y ACD-B: dolor en las extremidades inferiores (antebrazos y manos) y columna vertebral a nivel lumbar, a lo que hay que sumar la fatiga subjetiva de los sujetos.

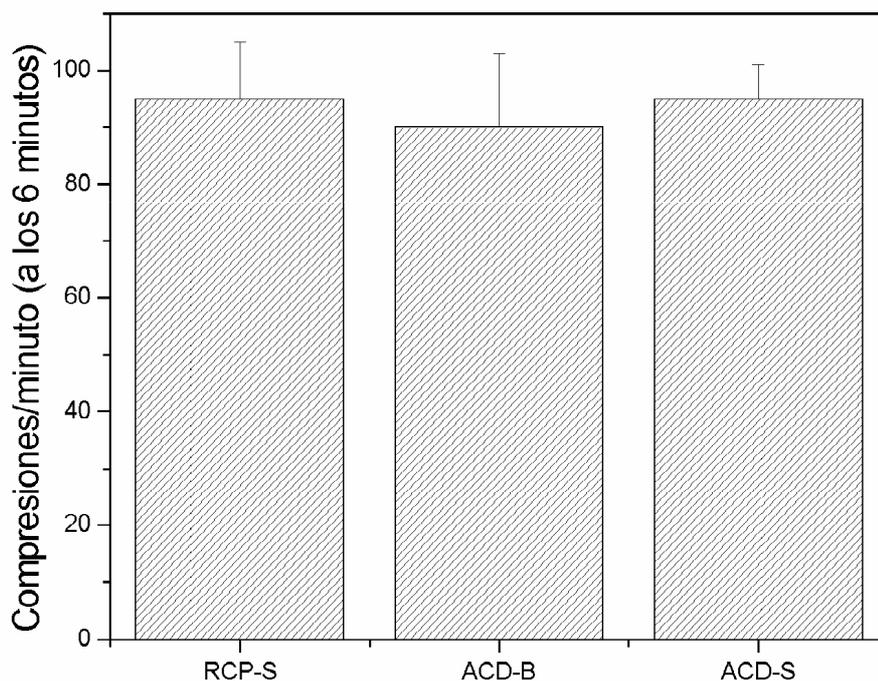
En RCP-S: Un 30% de los resucitadores aparece una gran ampolla, de unos 5 cm de diámetro, en la palma de la mano que está en contacto con el tórax del maniquí.

La causa de la aparición de la ampolla se debió a la fricción obligada de la mano y el maniquí, durante la realización de las maniobras.

La boquilla en su parte distal está abierta, siendo por donde el sujeto respira y elimina la secreción salival, la cual cae directamente sobre las manos del reanimador, facilitando el calentamiento de la zona donde se comprime al muñeco, la cual obligó al uso de guantes de látex y a secar el tórax del muñeco a los 6 y 12 minutos, empleando sólo dos segundos en la limpieza.

### Compresiones por minuto.

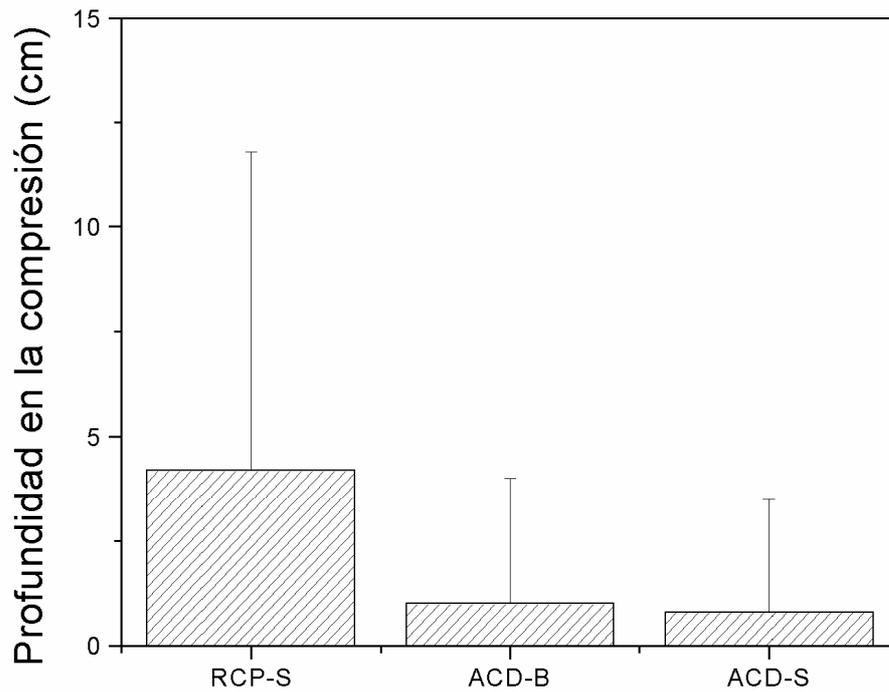
Todos los reanimadores mantuvieron el ciclo de 80-100 compresiones/minuto que marcan los Consejos de Resucitación (ILCOR). La existencia de un metrónomo, programado a 90 sonidos/minuto, facilitó el número adecuado de compresiones torácicas/minuto. No existieron diferencias significativas entre las tres técnicas (Fig. 12).



**Fig. 12** N° compresiones/minuto.

### Profundidad de las compresiones

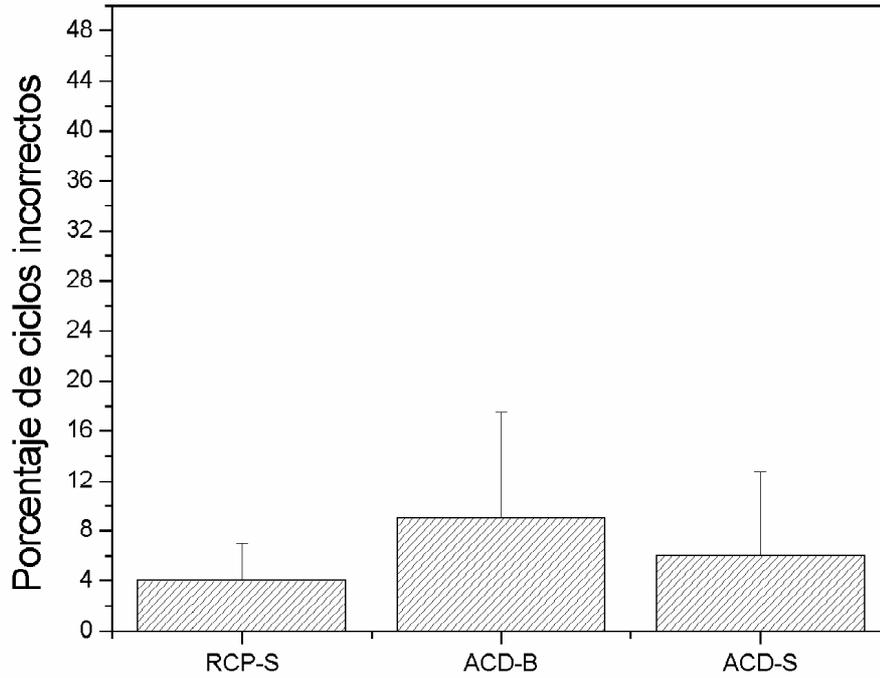
La profundidad de las compresiones fue más alta en RCP-S que con las otras dos técnicas, aunque quedaron dentro de los valores funcionales. No existieron diferencias significativas (Fig. 13).



**Fig. 13** Profundidad en la compresión.

**Porcentaje de ciclos incorrectos.**

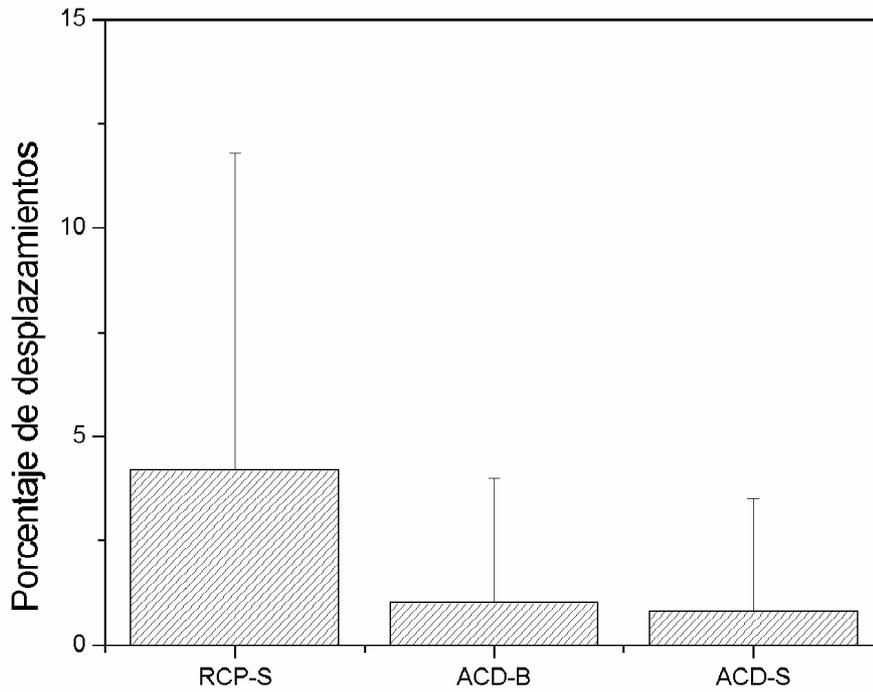
No se encuentran diferencias significativas en el porcentaje de ciclos incorrectos entre las tres técnicas (Fig.14).



**Fig. 14** Porcentaje de ciclos incorrectos

**Porcentaje de desplazamientos incorrectos.**

Se ha encontrado diferencias significativas en el porcentaje de localización incorrecta de las manos y del cardiopump, siendo RCP-S mayor que ACD-B y ACD-S ( $p < 0.05$ ) pero no existiendo diferencias significativas entre ACD-B y ACD-S. (Fig 15)



**Fig. 15** Porcentaje de desplazamiento manos/cardiopum

**Parámetros fisiológicos durante las sesiones:**

**Niveles de lactato capilar.**

Los niveles de lactato aumentan significativamente al final de las tres pruebas. Hay diferencias significativas entre ellas ( $p < 0.01$ ). después de RCP-S en comparación con ACD-B y ACD-S. La toma de muestras se realizó al finalizar las maniobras, siendo en el tiempo muy diferentes para RCP-S que para ACD.

**Tabla VI** Niveles de lactato capilar después de las maniobras

<b>Prueba</b>	<b>Nivel de lactato capilar</b> mmol/l
RCP-S	4±2
ACD-B	5±3
ACD-S	6±2

**Frecuencia cardíaca.**

Existen diferencias significativas entre RCP-S ( $p < 0.01$ ) con ACD-B y ACD-S, no encontrándolas entre las dos últimas técnicas (Tabla VII).

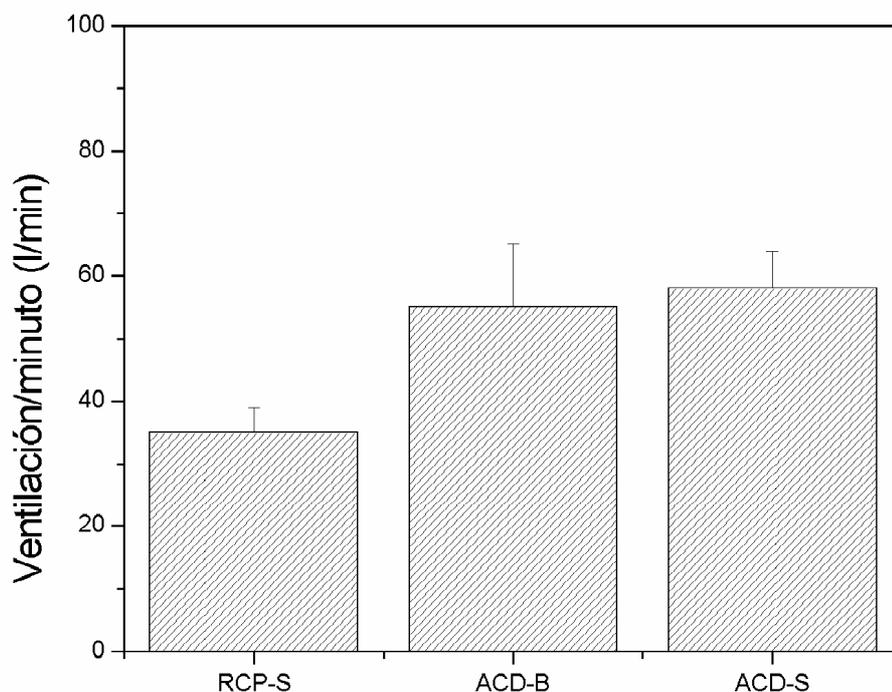
**Tabla VII** Frecuencia cardíaca (pulsaciones/min).

<b>Técnica</b>	<b>Frecuencia cardíaca a los 6 minutos</b> (pulsaciones/min)
RCP-S	130±20
ACD-B	150±20
ACD-B	150±22

Medias±DE

**Ventilación/minuto.**

Existen diferencias significativas entre RCP-S ( $38 \pm 4$  l/min) ( $p < 0.05$ ) con ACD-B ( $55 \pm 10$ ) y ACD-S ( $58 \pm 6$ ), no encontrándolas entre las dos últimas técnicas (Fig 16).



**Fig. 16** Ventilación/minuto

**Velocidad de intercambio respiratorio.**

No se detectaron diferencias significativas entre ellas. Los valores obtenidos se muestran en la tabla VIII.

**Tabla VIII** Velocidad de intercambio respiratorio.

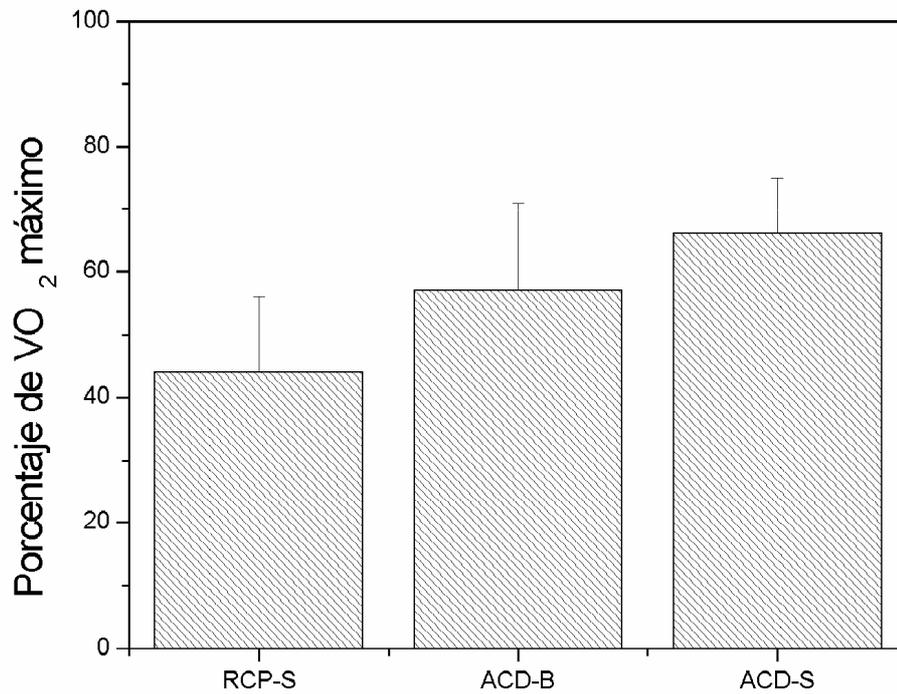
Técnica	Velocidad de intercambio respiratorio
RCP-S	$0.98 \pm 0.02$
ACD-B	$0.99 \pm 0.03$
ACD-S	$0.99 \pm 0.04$

Respiraciones/minuto. Medias  $\pm$  DE

**Porcentaje de consumo de oxígeno.**

Se encuentran diferencias significativas entre las tres técnicas, siendo en RCP-S, ( $p < 0.01$ ) menor que en las otras dos.

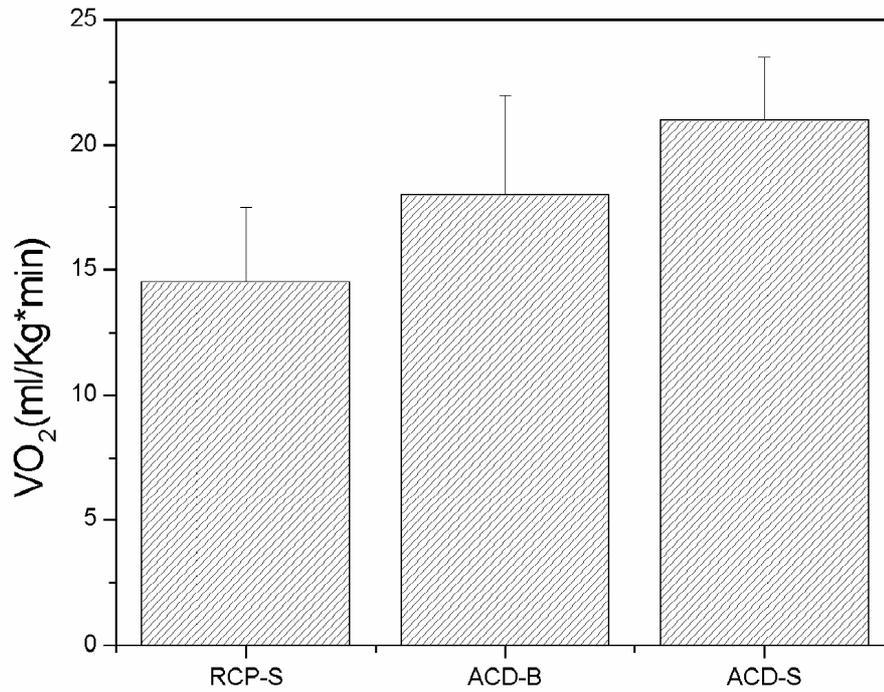
Entre ACD-B y ACD-S también existen diferencias significativas,  $p < 0.05$ , siendo mayor el consumo de oxígeno para ACD-S (Fig. 17 ).



**Fig. 17** Porcentaje de  $VO_2$  máximo

**Consumo máximo de oxígeno (ml/Kg×min).**

Establecidos en porcentaje, encontramos diferencias significativas siendo en RCP-S ( $p < 0.01$ ) menor que en las otras dos. Entre ACD-B y ACD-S también existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) siendo mayor para ACD-S (Fig. 18).



**Fig. 18** Consumo máximo de O<sub>2</sub> (ml/kg×min)

### 3-TERCERA FASE

#### 3.1-RESULTADOS.

Durante el año 1996, de los 27 pacientes encontrados en PCR se atendieron 11 de origen cardiaco, confirmadas y aptas para resucitación. Cuatro utilizando RCP-S, tres ACD-B y cuatro ACD-S.

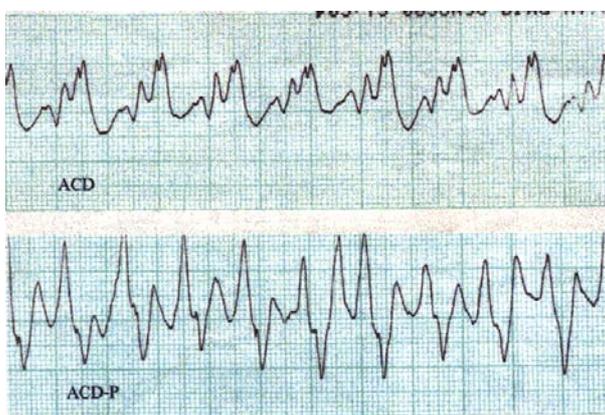
El lugar del suceso fue el domicilio particular de los pacientes. La edad media  $74\pm 14$  años, 9 hombres y 2 mujeres. Siempre existió presencia de testigo, en 6 casos se realizó RCP básica por parte del testigo, de los cuales el 50% fue con buena calidad.

El intervalo de tiempo que transcurrió desde la parada-hasta el contacto con el paciente por la UVI móvil fue:

- Sin RCP básica por parte del testigo  $6\pm 3$  min.
- Con RCP básica de calidad o sin calidad  $14\pm 3$  min.

La existencia y calidad de RCP básica por el testigo, ritmo inicial encontrado a la llegada de la UVI móvil, retorno de circulación espontanea (ROSC), duración del mismo, tiempo de las maniobras de RCP-S, éxitus, ingreso hospitalario y evaluación del paciente a las 24 horas se muestran en la tabla IX.

La figura 19 muestra las tiras de ritmo durante la realización de ACD-B y ACD-S respectivamente. ACD-P corresponde a ACD-S donde se pueden observar complejos con mayor amplitud.



**Fig. 19** Gráficas de ECG realizadas durante ACD-B y ACD-S (ACD-P).

## Capítulo VI: Resultados.

**Tabla IX** Existencia y calidad de RCP básica por el testigo, ritmo inicial encontrado a la llegada de la UVI móvil, retorno de circulación espontánea (ROSC), duración del mismo, tiempo de las maniobras de RCP-S, éxitus, ingreso hospitalario y evaluación del paciente a las 24 horas.

	<b>RCP (n=4)</b>	<b>ACD-B(n=3)</b>		<b>ACD-S (n=4)</b>	
<b>No RCP básica</b>	<b>3</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	
Ritmo	3 asistolias	1 asistolias		1 F.V.	
ROSC	1 caso	Si		No	
Duración de ROSC (min)	6	12		--	
Éxitus	Si	Si		Si	
Ingreso hospitalario	No	No		No	
Evolución a las 24 horas	--	--		--	
<b>RCP de calidad</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		<b>2</b>	
Ritmo	1 DEM	-		1 F.V.	1 F.V.
ROSC	si	--		Si	Si
Duración de ROSC (min)	--	--		--	--
Éxitus	No	--		No	No
Duración de RCP (min)	24	--		16	13
Ingreso hospitalario	Si	--		Si	Si
Evolución a las 24 horas	Éxitus	--		coma	coma
<b>RCP sin calidad</b>	<b>0</b>	<b>2</b>		<b>1</b>	
Ritmo	--	asistolia	1 F. V.	asistolia	
ROSC	--	Si	Si	Si	
Duración de ROSC (min)	--	--	--	14	
Éxitus	--	No	No	Si	
Duración de RCP (min)	--	16	18	--	
Ingreso hospitalario	--	Si	Si	No	
Evolución a las 24 horas	--	Éxitus	Coma	--	

Existe una clara relación entre la RCP-S realizada por el testigo, ya sea de calidad o no, con el ritmo encontrado, ROSC, ingreso hospitalario y evaluación a las 24 horas.

Se observa que de los 6 pacientes en los que se practicó RCP-S de testigo, en cinco existió ingreso hospitalario. El ritmo presente fue: en tres casos de fibrilación ventricular (F.V.), 1 caso en asistolia y 1 en disociación electromecánica (DEM). Los tres casos donde el ritmo inicial fue de F.V. pudieron ser evaluados a las 24 h (2 coma

grado III y 1 grado IV). Al alta hospitalaria dos pacientes presentaron un Glasgow-Pittsburgh (CPC-OPC) de 2-2 y 3-3 respectivamente. Al año, solo en un caso, se pudo evaluar CPC-OPC (2-2).

En los 4 pacientes sin RCP-S de testigo, no hubo ingreso hospitalario.

Durante las maniobras de RCP-S, la  $StO_2$  encontrada fue  $70\pm 1$ ,  $90\pm 1$  y  $92\pm 1$  para RCP-S, ACD-B y ACD-S respectivamente, existiendo diferencia significativa entre los valores obtenidos aplicando RCP-S y ACD ( $p < 0.001$ ), no existen diferencias significativas entre ACD-B y ACD-S.

**Tabla X** Duración de las maniobras de RCP y n° de cambios realizados por los resucitadores en cada PCR.

TÉCNICA	TIEMPO (MIN)	Nº DE CAMBIOS	TIEMPO/NºC*
RCP	24	4	6.0
RCP	36	7	5.1
RCP	32	5	6.4
RCP	33	7	4.7
ACD-B	16	3	5.3
ACD-B	18	4	4.5
ACD-B	58	9	6.4
ACD-S	20	2	10.0
ACD-S	13	2	6.5
ACD-S	20	2	10.0
ACD-S	62	5	12.4

**TIEMPO/NºC\*** tiempo medio por reanimador entre cada cambio.

El acoplamiento a las técnicas de resucitación, por parte de los reanimadores, fue evaluado según las complicaciones que surgieron durante las maniobras. Al aplicar RCP-S, se fatigaron por el propio esfuerzo de la técnica, la ACD-B exige mayor esfuerzo al incorporar la necesidad de realizar fuerza en la descompresión, apareciendo dolor en brazos y zona dorsal, en todos casos se dio desplazamiento de la ventosa. Con

ACD-S se añade dolor en manos, muñecas y zona lumbar, mejorando sustancialmente al aplicar las dos variantes de forma intercalada, no se dio desplazamiento de la ventosa.

Las complicaciones que surgieron en todos los pacientes cuando se aplicó ACD-B fueron: equimosis y/o excoriaciones dérmicas en la zona de aplicación de la ventosa, además en dos de ellos apareció hemoptisis no franca. Con ACD-S aparecieron equimosis y/o excoriaciones dérmicas en dos casos, en un tercero, apareció hemoptisis masiva que obligó a suspender la técnica, el paciente no padecía de coagulopatía conocida, ni llevaba tratamiento anticoagulante ni antiagregante.

## **1-PRIMERA FASE**

Trabajos previos sobre resucitación muestran que una adecuada compresión cardiaca externa (CCE) es vital para la supervivencia de las víctimas en parada cardiaca y como el cansancio del reanimador influye sobre la calidad de la misma. Es por esto que este trabajo ha evaluado los efectos del entrenamiento aeróbico a través de varios indicadores durante las maniobras de masaje cardiaco. Los más importantes son: el tiempo de fatiga del resucitador y la adecuada compresión.

Baudin y colaboradores<sup>1</sup>, indican que la respuesta fisiológica de experimentados resucitadores presentan un valor de  $VO_2$  max de aproximadamente 45 ml/(Kg×min)) en una sesión de RCP-S de al menos 30 minutos, no dando ningún dato de que realicen pruebas de parámetros aeróbicos.

En el presente trabajo, el Grupo profesional presentó un  $VO_2$  max moderado pero considerablemente menor (aproximadamente 32 ml/(kg×min)) que los individuos del Grupo deportista, este contraste permite evaluar la influencia del ejercicio físico en la respuesta fisiológica durante las pruebas de RCP-S.

Lo más importante que se ha encontrado es que profesionales no experimentados en prácticas de RCP-S (Grupo deportista), pero con nociones teóricas y físicamente preparadas muestran diferente respuesta fisiológica que los profesionales que realizan habitualmente RCP-S pero no realizan ejercicios físicos estandarizados con asiduidad (Grupo profesional).

La duración de la prueba fue más larga en el Grupo deportista, donde todos los sujetos finalizan la prueba establecida en 18 minutos, en cambio en el Grupo profesional, 4 profesionales de los 14 muestran signos de fatiga que les fuerza a parar antes del final.

En situaciones reales, las maniobras de RCP-S pueden requerir un tiempo máximo de 30 minutos, lo que implica que las unidades médicas de emergencia lleven dos técnicos especialistas en soporte vital avanzado y maniobras RCP-S.

La media de los valores de la prueba de RCP-S indican que el porcentaje de ciclos incorrectos y del desplazamiento de las manos son similares en ambos grupos. La profundidad de las compresiones cardiacas externas (CCE) fue considerablemente menor en el Grupo deportista a lo largo de todo el tiempo, aunque el valor medio estuvo dentro de los valores limites (38 a 51 mm).

La respuesta fisiológica difiere mucho entre ambos grupos, Los profesionales del Grupo profesional mostraron valores de frecuencia cardiaca significativamente más altos desde el principio al fin de la prueba, también mostraron una tendencia al dar las compresiones con un nivel más alto en el porcentaje de VO<sub>2</sub> máximo.

Estos resultados sugieren que en el Grupo profesional se produce una mayor economía de movimientos durante las maniobras las cuales pueden ser atribuidas a la experiencia en RCP-S, pero presentan un mayor porcentaje de VO<sub>2</sub> máximo, es decir, a un nivel más alto de esfuerzo.

Para el Grupo deportista, los resultados obtenidos sugieren que la preparación física tiene un significativo efecto en la respuesta fisiológica al hacer la resucitación. Las personas con preparación física pueden dar compresiones cardiacas externas a un nivel más bajo en intensidad durante el ejercicio, sin diferencias significativas, pero, por otro lado, tienen una alta resistencia a la fatiga.

Finalmente los niveles de lactato en sangre aumentan significativamente en los dos grupos después de la prueba aunque no existen diferencias significativas entre ambos, sin olvidar que 4 sujetos del Grupo profesional terminaron la prueba con antelación, (Grupo profesional 16±3 minutos y Grupo deportista 18±0), esto indica que las maniobras de RCP-S requieren un ejercicio físico intenso-moderado. El hecho de que no existan diferencias significativas entre ambos grupos, puede deberse al sesgo del Grupo profesional o estar relacionado con el hecho de que la mayoría de los sujetos del Grupo deportista realizan ejercicios donde están involucradas fundamentalmente las extremidades inferiores (paseos, carrera, bicicleta y natación) mientras que las pruebas de CCE involucra principalmente el tronco y las extremidades superiores.

El dar CCE es un ejercicio con una intensidad moderada que requiere un cierto nivel de preparación física, esto lo muestra el aumento de los niveles de lactato en sangre después de la prueba en ambos grupos. Además el gasto metabólico durante la RCP-S no es despreciable (un  $VO_2$  de aproximadamente 14 ml/(kg×min)) o el equivalente metabólico de 4 para el Grupo profesional) que pueden compararse a actividades análogas a la bicicleta recreativa o a nadar. Esto es lo que se denomina comúnmente “moderada intensidad” para un adulto sano.

Las observaciones que hemos realizado en este trabajo están de acuerdo con las sugeridas por Baudin<sup>1</sup> que muestran la necesidad de tener un mínimo nivel de condiciones físicas para dar RCP-S. Semejante conclusión se mantiene por el hecho de que individuos con preparación física sin experiencia en RCP-S fueron tan efectivos dando las maniobras como los profesionales sedentarios.

Hightower D<sup>2</sup>, Del Guercio<sup>3,4</sup> Ward KB<sup>5</sup> han sugerido que existe una mala perfusión de los órganos diana debido a una incorrecta CCE. Además, se ha reportado recientemente que el personal no entrenado alcanza un estado de fatiga relativamente rápido, lo cual se traduce en que después de ese tiempo, se comience a dar compresiones inadecuadas y no se asegure la perfusión de los órganos vitales, el problema se agrava cuando los resucitadores no se dan cuenta de su fatiga ni de los efectos que puedan producirse sobre la CCE.

Por otro lado, los límites de esta investigación son el hecho de que los estudios han sido realizados en un laboratorio con los sujetos monotorizados ergoespirómetricamente y sobre un maniquí, bajo estas condiciones los resucitadores pueden hacer peor las maniobras de RCP-S que cuando se encuentren en una situación real donde prima la situación de urgencia.

## 2. SEGUNDA FASE.

La técnica de ACD ha sido introducida para mejorar el resultado de RCP-S, se realiza con el resucitador arrodillado al lado del paciente. Existe un método de aplicación de la técnica donde el reanimador se coloca a horcajadas de pie, mirando la cara del paciente, ACD-S. Baudin et al.<sup>6</sup> compararon, en un estudio randomizado y cruzado, ambas pruebas con 20 profesionales de edad media  $30.8 \pm 7.9$  años. Aplicaron ambos métodos sobre un maniquí Ambu-Man, obteniendo los siguientes resultados: la duración de la prueba de ACD-B fue de  $15.5 \pm 10.2$  minutos frente a ACD-S cuyo tiempo fue de  $13.2 \pm 7.1$  minutos ( $p=0.48$ ). El agotamiento fue similar para ambas técnicas, si bien esta fue medida por una escala de valores del 1 al 9, siendo este último el de completo cansancio. No encontró diferencias significativas ni en la frecuencia cardiaca ni en los niveles de lactato, si bien los consumos de oxígeno fueron significativamente mayores en ACD-S. Concluyen que el decrecimiento de las fuerzas de compresión entre las dos técnicas, así como la diferencia entre las fuerzas de compresión entre ACD-S y ACD-B parecen no tener relevancia clínica, siendo la fatiga del reanimador juzgada a través del consumo de oxígeno superior en ACD-S

En el presente trabajo, 14 reanimadores profesionales con experiencia media de  $6 \pm 2$  años en técnicas de RCP-S y un año en ACD, que participaron en la primera fase del estudio, Grupo profesional, realizaron además de las maniobras de RCP-S, las pruebas de ACD-B y ACD-S con el objetivo de evaluar ergoespirométricamente el gasto metabólico y la eficacia de las compresiones cardíacas externas de las tres técnicas. La realización de las pruebas fue por orden aleatorio y con un intervalo de 24 horas entre cada una de ellas.

El primer dato a destacar es que el tiempo de duración de RCP-S es significativamente mayor que las técnicas de ACD, donde solamente 2 reanimadores llegan a los 12 minutos en ACD-B y 3 en ACD-S y ninguno consigue finalizar la prueba. Estos resultados muestran la evidencia de una mayor carga fisiológica para los resucitadores durante las técnicas de ACD cuando se comparan con RCP-S. Los valores de la frecuencia cardiaca, niveles de lactato al final de la prueba y VE (volumen/minuto) obtenidos durante las sesiones ACD confirman las diferencias significativas con RCP-S.

Los consumos de oxígeno  $VO_2$  (l/min) y los consumos máximos de oxígeno  $VO_2$  max (ml/(Kg×min)) son significativamente menores en RCP-S comparada con las técnicas de ACD ( $p<0.01$ ), siendo ACD-S significativamente mayor que ACD-B ( $p<0.05$ )

Los porcentajes de  $VO_2$  max, que indican la intensidad del ejercicio con respecto a la fatiga en el tiempo, fueron de ejercicio moderado para RCP-S, intenso para ACD-B y muy intenso para ACD-S:

- RCP-S: %  $VO_2$  max.=45.75%
- ACD-B: %  $VO_2$  max=58.0%
- ACD-S: %  $VO_2$  max=64.4%

Estos valores son compatibles con la duración de las pruebas en las diferentes sesiones. Estos datos contrastan con los reportados por Baudin. Debido a que estos autores no aportan datos ergoespirométricos, solo pueden ser explicados por una mayor velocidad en la compresión-descompresión, con ayuda del metrónomo, realizada en este trabajo (90 compresiones/min frente a 80 compresiones/minuto).

Los niveles de lactato en sangre, después de la realización de las técnicas, ratifican que la RCP-S demanda un ejercicio moderado a los resucitadores, mientras que las técnicas ACD corresponde a un ejercicio de gran intensidad. Se han encontrado diferencias significativas entre RCP-S y las técnicas ACD, si bien no existen entre ACD-S y ACD-B.

Estos resultados se confirman con los valores del volumen tidal en las técnicas de ACD, los cuales indican que estas cargas de trabajo son difíciles de mantener en individuos sedentarios.

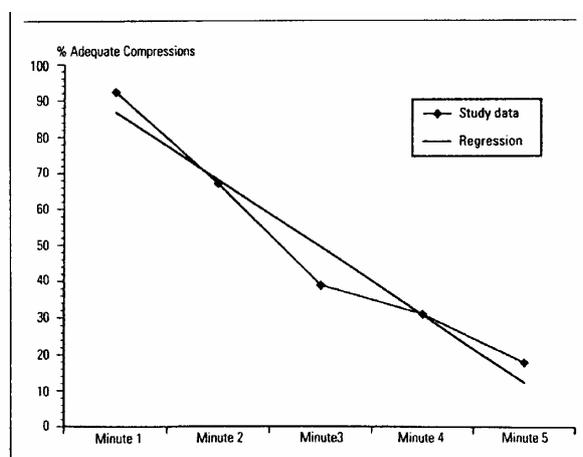
La profundidad de las compresiones fue más alta en RCP-S (52.2 mm), un decrecimiento fue observado en la profundidad de las compresiones durante ACD-S a los 6 minutos, aun cuando quedaron dentro de los valores funcionales. No existieron diferencias significativas con respecto a las ciclos incorrectas en las tres técnicas.

La posición incorrecta y desplazamiento de manos/cardiopump fue significativamente más alto para RCP-S, esto puede estar relacionado con la ventosa del cardiopump que mantiene una posición estable a lo largo de la sesión de resucitación, lo cual indica la gran adherencia que tiene con el maniquí Ambu-Man, ambos diseñados por Ambu®.

Es sabido que tanto las características fisiológicas de los resucitadores, el conocimiento de las técnicas de RCP-S, junto con el maniquí empleado en la realización de dichas pruebas pueden influir en los resultados. A este respecto mencionaremos dos ejemplos:

Skogvoll y colaboradores<sup>7</sup> comparan RCP-S y ACD-B en un maniquí Ambu Man y reportan una reducción significativa, entre un 10% y un 20%, en la velocidad de la compresión, profundidad y duración de ACD-B. No aportando datos ergoespirométricos de los resucitadores.

Hightower y colaboradores<sup>8</sup> concluyen que existe una reducción significativa en la eficacia de las compresiones en RCP-S después del 2 minuto hasta el minuto 5, presentando un decrecimiento lineal (Fig. 1). Este trabajo fue realizado con un maniquí ResusciAnnie with Skillmeter, Laerdal®. Parece mostrar que en el minuto 6, utilizando el ajuste lineal que presenta, ninguno de los 11 resucitadores (enfermeras) con 3.7 años de experiencia, sin mencionar edad ni datos ergoespirométricos, no realizarían ningún ciclo de compresión-relajación correcto.



**Fig. 1** Gráfica de % de compresiones adecuadas con el tiempo en RCP-S

Nuestros resultados muestran que las tres técnicas fueron dadas correctamente, aunque sin olvidar que existe un leve decrecimiento en la profundidad de las compresiones con el tiempo (en 6 minutos en ACD-S). No existen diferencias significativas en el número de compresiones y eficacia de las mismas. Estos resultados pueden ser explicados por una buena ejecución de la técnica de CCE.

Las técnicas de ACD tienen una mayor demanda fisiológica en los resucitadores que RCP-S, no existiendo diferencias significativas entre ACD-B y ACD-S, si bien en esta última existe un mayor grado de fatiga y disminución de la eficacia de las compresiones. Por tanto, desde un punto fisiológico no hay razón para pensar que RCP-S deba de ser reemplazada por las técnicas de ACD y menos cuando la capacidad funcional de los resucitadores están dentro de la media de la población.

### **3-TERCERA FASE.**

ACD-S es una técnica que puede mejorar la aplicación de la ACD, el reanimador se coloca de pie sobre la vertical del paciente. Debido a esta posición, la fuerza lleva la misma dirección que la compresión, no existiendo desplazamiento de la ventosa durante la descompresión.

Existe una clara relación entre la RCP-S básica del testigo y el ritmo encontrado, ROSC, ingreso hospitalario y evaluación a las 24 h, al margen de la técnica de masaje cardiaco empleada.

El intervalo paro cardiaco-contacto con el paciente por la UVI móvil, es más prolongado en los pacientes en los que se aplicó RCP-S por el testigo. Quien presencié la parada fue a pedir ayuda a personas próximas. En todos los casos, fueron médicos o enfermeros quienes comenzaron RCP-S básica y activaron el servicio de urgencias extrahospitalario.

Estudios sobre el uso de la oximetría, para valorar la perfusión tisular durante la RCP-S, han demostrado que la tensión de oxígeno desciende con rapidez cuando el paciente cae en paro cardiaco, no ha demostrado ser una guía útil para el pronóstico del PCR. La  $StO_2$  depende de la existencia de flujo pulsátil y por tanto, es impracticable en la monitorización de pacientes en PCR

Cuando se aplica ACD-B o ACD-S, la  $StO_2$  presenta valores dentro de la normalidad, lo que pudiera indicar un mayor gasto cardiaco y un aumento de la perfusión periférica junto con un aumento del volumen ventilatorio en la fase de descompresión con respecto a la RCP-S. No se han encontrado factores básicos (esmalte en las uñas, luz ambiental potente, etc) que pudieran influir en la fiabilidad de la prueba.

ACD no está exenta de complicaciones, aunque en este sentido, se han realizado pocos estudios. Rabl et al.<sup>9,10</sup> muestran en un estudio post-mortem, que existe un mayor número de fracturas costales y esternales que en RCP-S. Plaisance et al. han encontrado hemoptisis en un 5.4% frente al 1.3% en RCP-S<sup>12</sup>. Esto podría explicarse a que durante la fase de descompresión el émbolo se levanta de 3 a 6 cm del tórax del paciente,

quedando la ventosa adherida a él, siendo en la fase de compresión cuando se produce, en un primer lugar, un choque del émbolo contra la pared externa similar al de un puño-percusión, para posteriormente comprimir el tórax.



**Fig. 2** Se observa la distancia libre al tórax del paciente y el disco de teflón.

El cardio pump<sup>(R)</sup> han sido provisto de un disco de teflón para amortiguar el golpe pre-compresión y evitar, al mismo tiempo, el contacto directo del pistón central con la piel del paciente (Fig. 2). Sin embargo, siguen apreciándose equimosis y excoriaciones en la zona de contacto del teflón.

En este trabajo, la hemoptisis aparece en tres de siete pacientes, cuando se aplicó ACD, siendo masiva en uno de ellos. Esta complicación puede estar directamente relacionada con la fase de descompresión o con la relación descompresión-ventilación asincrónica.

El dispositivo de ACD no dispone de un anclaje correcto para las manos y exige al reanimador un mayor esfuerzo para su sujeción principalmente en la maniobra de descompresión. Surge dolor en los dedos y muñecas de las manos, así como en brazos y columna lumbar cuando se aplica la técnica.

**Futuro de la compresión descompresión activa.**

Los trabajos publicados, hasta la fecha, en ámbito extrahospitalario con compresión descompresión activa no demuestran mejoras con respecto a la resucitación cardiopulmonar estándar clásica, quizás un cambio en el modelo de diseño del cardiopump (aceptado por Ambu Dinamarca<sup>®</sup>) y las buenas perspectivas que se han publicado con la válvula de impedancia (no aprobada, en la actualidad, en Europa ni en Estados Unidos) podrían mejorar el futuro de los pacientes en paro cardiaco cuando se les aplique compresión descompresión activa, sin olvidar las complicaciones que puedan surgir con el empleo simultaneo de estas dos técnicas.

## Conclusiones.

---

1° Las observaciones que hemos realizado muestran que la resucitación cardiopulmonar estándar es un ejercicio con una intensidad moderada por lo que se requiere tener un cierto nivel de preparación física. Esto lo evidencia el aumento de los niveles de lactato en sangre post-resucitación cardiopulmonar estándar y el no despreciable gasto metabólico durante las maniobras que puede compararse a actividades análogas como practicar regularmente natación o bicicleta recreativa.

2° El tiempo que el reanimador soporta la realización de las maniobras de RCP fue más prolongado para el personal físicamente preparado, los cuales requieren un menor esfuerzo durante el ejercicio. En los profesionales se produce una mayor economía de movimientos durante las maniobras, lo cual puede ser atribuido a su experiencia en resucitación cardiopulmonar estándar, pero sin olvidar que presentan un mayor porcentaje de consumos máximos de oxígeno, es decir, un nivel más alto de esfuerzo.

3° El tiempo que los profesionales soportan las maniobras de resucitación cardiopulmonar estándar es significativamente mayor que en las técnicas de compresión descompresión activa.

4° El ejercicio físico que se realiza con las técnicas de compresión descompresión activa es intenso, requiere un alto grado de preparación física, queda demostrado por los porcentajes de consumo máximo de oxígeno y los niveles de lactato encontrados al final de las pruebas, por lo que se recomienda un cambio de reanimador en un tiempo inferior a los 5 minutos.

5° No existen diferencias ergométricas en los resucitadores, ni en la calidad de las compresiones cuando realizan compresión descompresión activa con el método normal o con el nuevo método.

6° Compresión descompresión activa es un método válido y no invasivo de masaje cardiaco externo, como está demostrado por el retorno a la circulación espontánea, ingreso hospitalario, alta hospitalaria y su posterior seguimiento al mes y al año por la escala de Glasgow-Pittsburg.

## Conclusiones.

---

7° Se ha encontrado hemoptisis en tres de siete pacientes cuando se aplicó compresión descompresión activa, en uno de ellos se suspendió la técnica, siendo una complicación pulmonar con graves consecuencias. También se encontraron excoriaciones y tatuaje de la ventosa en el tórax de los pacientes.

8° El dispositivo actual para realizar la ACD no dispone de un anclaje correcto para las manos, por lo que surge dolor en los dedos, antebrazos y columna lumbar en los reanimadores.

**Referencias.**

---

- <sup>1</sup> Weisfeldt M, Halperin HA. Cardiopulmonary resuscitation: beyond cardiac massage. *Circulation* 1986; 74: 443-451.
- <sup>2</sup> Hooker DR, Kouwenhoven WB, Langworthy OR. The effect of alternating current on the heart. *Am J Physiol* 1933; 103: 449-454.
- <sup>3</sup> Maass D. Die methode der Wiederbelebung bei Herztod nach Chloroformeinathmung. *Berl Klin Wochenschr* 1892; 12:265.
- <sup>4</sup> Crile GW, The resuscitation of the apparently dead and a demonstration of the pneumatic rubber suit as a means of controlling blood pressure. *Trans South Surg Gynecol Assoc* 1904; 16: 362-370.
- <sup>5</sup> Kouwenhoven WB, The development of the defibrillator. *Ann Intern Med* 1969; 449-458.
- <sup>6</sup> Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. Closed Chest cardiac massage. *J Am Med Assoc* 1960; 173: 1064-1067.
- <sup>7</sup> American Heart Association, Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiac care. *J Am Med Assoc* 1992; 268: 2171-2295.
- <sup>8</sup> European Resuscitation Council. Guidelines for basic and Adult life support. *Resuscitation* 1992; 24: 103-122 . European Resuscitation Council. Guidelines for resuscitation Edited by Leo Bossaert Elsevier Science B.V. 1998.
- <sup>9</sup> Cummins RO. From Concept to Standard-of-Care? review of the Clinical Experience with automated external defibrillator. *Ann Emerg Med.* 1989; 18: 1269-1275.
- <sup>10</sup> Safar P, Bircher N. Cardiopulmonary Cerebral. Resuscitation: World Federation of Societies of Anaesthesiologists International CPR Guidelines. 3<sup>a</sup>.ed. Philadelphia, Pa: WB Saunders Co; 1988
- <sup>11</sup> Paradis NA, Martin GB, Rivers EP. Coronary perfusion pressure and the return of spontaneous circulation in human Cardiopulmonary Resuscitation. *JAMA.*1990; 263: 1106-1113.
- <sup>12</sup> Sanders AB, Ogle M, Ewy GA. Coronary perfusion pressure during cardiopulmonary resuscitation. *Am J Emerg Med* 1985; 3: 11-14.
- <sup>13</sup> Advanced Cardiac Life Support, American Heart Association. 2<sup>a</sup> ed. española,1996; 11-1,11-8.

- <sup>14</sup> Lindner KH. And Wenzel V. New mechanical methods for cardiopulmonary resuscitation (CPR) literature study and analysis of effectiveness anaesthetist. 1997 46 3 220-230.
- <sup>15</sup> Lurie Kg, Lindo C, Chin J. CPR: the P stands for plumber's helper. J Am Med Assoc 1990; 264: 1661.
- <sup>16</sup> Cohen TJ, Tucker KJ, Lurie KG, Redberg RF, Dutton JP, Dwyer KA, Chin MC, Gelb AM, Scheinman MM, Schiller NB, Callahan ML. Active compression decompression resuscitation: a new method of cardiopulmonary resuscitation. J Am Med Assoc 1992; 267: 2916-2923.
- <sup>17</sup> Lindner KH, Pfenninger EG, Schurman W, Lurie KG, Schurmann W, Lindner IM, Ahnefeld FW. Effects of active compression decompression resuscitation on myocardial and cerebral blood flow in pigs. Circulation 1993; 88: 1254-1263.
- <sup>18</sup> Chang MW, Coffen P, Lurie KG, Shultz JJ, Yakse P, Jarvis G, Lindstrom P, Voss G, White CW. Tissue perfusion during standard vs. Active compression decompression CPR in the dog. Circulation 1992; 86: 926.
- <sup>19</sup> Tucker KJ, Khan JH, Savitt MA. active compression decompression resuscitation: Effects on pulmonary ventilation. Resuscitation 1992; 26: 125-131.
- <sup>20</sup> Engoren M, Plewa MC, Buderer NF, Hymel G, Brookfield L. Effects of simulated mouth-to-mouth ventilation during external cardiac compression or active compression decompression in a swine model of witnessed cardiac arrest. Ann Emerg med.1997; 29(5): 607-615.
- <sup>21</sup> Cohen TJ, Goldner BG, Maccaro PC, Ardito AP, Trazzera S, Cohen MD, Dibs SR. A Comparison of active compression decompression cardiopulmonary resuscitation with standard cardiopulmonary resuscitation for cardiac arrests occurring in the hospital. N Engl J Med 1993; 329:1918-1921.
- <sup>22</sup> Shultz JJ, Coffeen P, Sweeney M, Detloff B, Kehler C, Pineda E, Yakshe P, Adler SW, Chang M, Lurie KG. Evaluation of standard active compression decompression CPR in an acute human model of ventricular fibrillation.Circulation 1994;89(2):684-693.
- <sup>23</sup> Tucker KJ, Redberg RF, Schiller NB, Cohen TJ. Active compression decompression resuscitation: Analysis of transmitral flow and left ventricular volume by transesophageal echocardiography in humans. J Am Coll Cadiol 1993; 22: 1485-1493.
- <sup>24</sup> Guly UM, Robertson CE. Active decompression improves the haemodynamic state

during cardiopulmonary resuscitation. *Br Heart J* 1995; 73: 372-376.

<sup>25</sup> Lurie KG, Shultz JJ, Schwab T, Gisch T, Long LA, Madison C, Frascone RJ, Callahan ML. Active compression decompression CPR improves prehospital cardiopulmonary arrest survival. *Clin Res.*1993;41: 253A.

<sup>26</sup> Orliaguet GA, Carli PA, Rozemberg A, Janniere D, Sauval P, Delpech P. End-tidal carbon dioxide during Out-of-Hospital cardiac arrest Resuscitation: Comparison of Active compression decompression and standard CPR. *Annd Emerg Med* 1995; 25(1):48-51.

<sup>27</sup> Lurie KG, Shultz JJ, Callahan ML, Schwab TM, Gisch T, Rector T, Frascone RJ, Long L. Evaluation of active compression decompression CPR in victims of out of hospital cardiac arrest *JAMA* 1994; 271(18): 1405-1411.

<sup>28</sup> Plaisance P, Adnet F, Vicaut E, Hennequin B, Magne P, Prudhomme C. Benefit of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation as a prehospital advanced cardiac life support. –A randomized multicenter study. *Circulation* 1997; 95(4): 955-961.

<sup>29</sup> Mauer D, Schneider T, Dick W, Withelm A, Elich D, Mauer M. Active compression –decompression resuscitation a prospective, randomized study in a two-tiered EMS system with physicians in the field *Resuscitation* 1996; 33(2): 125-134.

<sup>30</sup> Panzer W, Bretthauer M, Klingler H, Bahr J, Rathgeber J, Kettler D. ACD versus standard CPR in a prehospital setting *Resuscitation* 1996; 33 (2): 117-124.

<sup>31</sup> Stiell IG, Hebert PC, Wells GA, Laupacis A, Vandemheen K, Dreyer JF, Eisenhauer MA, Gibson J, Higginson LA, Kirby AS, Mahon JL, Maloney JP, Weitzman BN. The Ontario trial of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation for in-hospital and prehospital cardiac arrest. *JAMA* 1996; 275(18): 1417-1423.

<sup>32</sup> Ahnefelb F.W. Die active compression-decompression ACD reanimation, *Notfallmedizin* 1995, 21: 428-431.

<sup>33</sup> Baudin M., Schirmer M., Nogler M, Semenitz B, Falk M., Kroesen G. Hörtnagl H, Gilly H. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation in standing position over the parent. Pros and cons of new method. *Resuscitation* 1997, 34: 7-10.

<sup>34</sup> Elvira J.C. ; XXXII Congreso Nacional de la SEMIUC (1997)

<sup>35</sup> Theresa M, Schwab M.D., Michael L. Calahan M.D. Christopher D. Madsen , Thomas A. And Utecht DM A randomized clinical trial of active compression-

decompression CPR vs standard CPR in out of hospital cardiac arrest in two cities  
JAMA 1995 273: 1261-1268.

<sup>36</sup> Keith Lurie, MD. Pamela Sukhum BA, Wolfgang Voelckel MD Todd Zielinski MS  
and Patrick Plaisance MD. Recent advances in mechanical cardiopulmonary  
resuscitation devices Current opinion in critical care 1999 5: 184-192.

## Referencias

---

- <sup>1</sup> Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. Closed Chest cardiac massage. *J Am Med Assoc* 1960; 173: 1064-1067
- <sup>2</sup> Kouwenhoven WB, The development of the defibrillator. *Ann Intern Med* 1969; 449-458.
- <sup>3</sup> Safar P, Bircher N. *Cardiopulmonary Cerebral. Resuscitation: World Federation of Societies of Anaesthesiologists International CPR Guidelines*. 3<sup>a</sup>.ed. Philadelphia, Pa: WB Saunders Co; 1988.
- <sup>4</sup> Safar P: Ventilatory efficiency of mouth to mouth resuscitation *JAMA* 1958;167:335-341
- <sup>5</sup> Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care. *JAMA* 1992;268:2172-302.
- <sup>6</sup> Standards and Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) and Emergency Cardiac Care (ECC). *JAMA* 1985;255:2905-84.
- <sup>7</sup> Eisenberg MS, Bergner L, Hallstrom A. Cardiac resuscitation in the community: importance of rapid provision and implication of program planning. *JAMA* 1979;241:1905-7.
- <sup>8</sup> Ewy GA. Cardiopulmonary resuscitation. In: Ewy GA, Bressler R, eds. *Cardiovascular Drugs and the Management of Heart Disease*. New York: Raven Press, 1982;p.351-76.
- <sup>9</sup> Kern KB, Ewy GA. Cardiopulmonary resuscitation in patients with acute myocardial infarction. In: Francis GS, Alpert JS, eds. 2nd. ed. Boston, New York, Toronto, London: Little Brown and Co., 1995;p.367-86.
- <sup>10</sup> Sanders AB, Berg RA, Burrell M. The efficacy of an ACLS training program for resuscitation from cardiac arrest in a rural community. *Ann Emerg Med* 1994;23:56-9.
- <sup>11</sup> Valenzuela TD, Spaite DW, Meislin HW, et al. Case and survival definitions in out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 1992;267:272-4.
- <sup>12</sup> Ewy GA. Practical aspects of cardiac resuscitation. *Heart Dis Stroke* 1993;2(1):33-6.
- <sup>13</sup> Monsieurs KG, Handley AJ, Bossaert LL; European Resuscitation Council. *European Resuscitation Council Guidelines 2000 for Automated External Defibrillation*. A statement from the Basic Life Support and Automated External Defibrillation Working Group(1) and approved by the Executive Committee of the European Resuscitation Council. *Resuscitation* 2001 Mar;48(3):207-9

- <sup>14</sup> Akhtar M, Jazayeri M, Sra J, et al. Role of implantable cardioverter-defibrillators in the management of patients with ventricular tachycardia and ventricular fibrillation. In: Akhtar M, Myerburg RJ, Ruskin JN, eds. Sudden Cardiac Death: Prevalence, Mechanisms, and Approaches to Diagnosis and Management. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1996;p.588-99.
- <sup>15</sup> Ewy GA, Dahl CF, Zimmerman M, et al. Ventricular fibrillation masquerading as ventricular standstill. Crit Care Med 1981;12:841-4.
- <sup>16</sup> Ewy GA, Horan WJ. Effectiveness of direct current defibrillation: role of paddle electrode size: II. Am Heart J 1977;93:674-5.
- <sup>17</sup> American Heart Association, Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiac care. J Am Med Assoc 1992; 268: 2171-2295
- <sup>18</sup> European Resuscitation Council. Guidelines for basic and Adult life support. Resuscitation 1992; 24: 103-122
- <sup>19</sup> Ewy GA. Cardiac arrest and resuscitation: defibrillators and defibrillation. In: Harvey WP, ed. Current Problems in Cardiology. Chicago: Yearbook Medical Publishers, Inc., 1978;p.1-71.
- <sup>20</sup> Connell PN, Ewy GA, Dahl CF, et al. Transthoracic impedance to defibrillator discharge. Effect of electrode size and electrode-chest wall interface. J Electrocardiol 1973;6(4):313-7.
- <sup>21</sup> Dahl CF, Ewy GA, Ewy MD, et al. Transthoracic impedance to direct current discharge: effect of repeated countershocks. Med Instrument 1976;10(3):151-4.
- <sup>22</sup> Thomas ED, Ewy GA, Dahl CF et al. Effectiveness of direct current defibrillation: role of paddle electrode size. Am Heart J 1977;93:463-7.
- <sup>23</sup> Ewy GA, Taren D. Relative impedance of gels to defibrillator discharge. Med Instrument 1979;12:295.
- <sup>24</sup> Ewy GA. Defibrillating cardiac arrest victims. J Cardiovasc Med 1982;7:28-49.
- <sup>25</sup> Ewy GA, Hellman DA, McClung S, et al. Influence of ventilation phase on transthoracic impedance and defibrillation effectiveness. Crit Care Med 1980;8:164-6.
- <sup>26</sup> Sanders AB, Ogle M, Ewy GA. Coronary perfusion pressure during cardiopulmonary resuscitation. Am J Emerg Med 1984;3(1):11-4.
- <sup>27</sup> Kern KB, Garewal HS, Sanders AB, et al. Depletion of myocardial adenosine triphosphate during prolonged untreated ventricular fibrillation: effect on defibrillation success. Resuscitation 1990;20:221-9.

- <sup>28</sup> Hooker DR, Kouwenhoven WB, Langworthy OR. The effect of alternating current on the heart. *Am J Physiol* 1933; 103: 449-454.
- <sup>29</sup> Weisfeldt M, Halperin HA. Cardiopulmonary resuscitation: beyond cardiac massage *Circulation* 1986; 74: 443-451
- <sup>30</sup> Beyar R, Halperin HR, Tsitlik JE, Guerci AD, Kass D, Weisfeldt ML, Chandra NC. Circulatory assistance by intrathoracic pressure variations: optimization and mechanisms studied by a mathematical model in relation to experimental data. *Circ Res* 1989 Apr;64(4):703-20
- <sup>31</sup> Feneley MP, Maier GW, Kern KB, et al. Influence of compression rate on initial success of resuscitation and 24-hour survival after prolonged manual cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Circulation* 1988;77:240-50.
- <sup>32</sup> Raessler KL, Kern KB, Sanders AB, et al. Aortic and right atrial systolic pressures during cardiopulmonary resuscitation: a potential indicator of the mechanism of blood flow. *Am Heart J* 1988;115(5):1021-9.
- <sup>33</sup> Advanced cardiac life support in perspective, in *Textbook of Advanced Cardiac Life Support*. Dallas, American Heart Association, 1987, pp 1-10
- <sup>34</sup> Safar P: History of cardiopulmonary-cerebral resuscitation, in Kaye W, Bircher N (eds): *Cardiopulmonary Resuscitation*. New York, Churchill Livingstone, Inc, 1989, pp 1-54
- <sup>35</sup> Pepe P: Advanced cardiac life support: State of the art, in Vincent JL (ed): *Emergency and Intensive Care*. Berlin, Springer-Verlag, 1990, pp 565-585
- <sup>36</sup> Cummins RO, Chamberlain DA, Abramson NS, Allen M, Baskett Pi, Becker L, et al. Recommended guidelines for uniform reporting of data from out-of-hospital cardiac arrest: The Utstein Style. A statement for health professionals from a task force of the American Heart Association, the European Resuscitation Council, the Heart and Stroke Foundation of Canada, and the Australian Resuscitation Council. *Circulation* 1991; 84: 960-975
- <sup>37</sup> Zaritsky A, NadkarnyV, Hazinsky MF, Foltin G, Quan L, Wright J, et al. Recommended guidelines for uniform reporting of pediatric advanced life support: The pediatric Utstein style. *Circulation* 1995; 92: 2006-2020
- <sup>38</sup> Idris AH, Becker LB, Ornato JP, Hedges JR, Bircher NG, Chandra NC, et al. Utstein-Style Guidelines for Uniform Reporting of Laboratory CPR Research. *Circulation* 1996; 2324-2336

<sup>39</sup> Cummins RO, Chamberlain D, Hazinski MF, Nadkarni Y, Kloeck W, Kramer E, et al. Recommended guidelines for reviewing, reporting, and conducting research on in-hospital resuscitation: the in-hospital "Utstein style". A statement for healthcare professionals from the American Heart Association, the European Resuscitation Council, the Heart and Stroke Foundation of Canada, the Australian Resuscitation Council, and the Resuscitation Councils of Southern Africa. *Circulation* 1997; 95: 2213-2239. También publicado en *Resuscitation* 1997; 34: 151-186.

<sup>40</sup> Dick WF, Baskett PJ, Grande C, Deloos H, Kloeck W, Lackner C, Lipp M, Mauritz W, Nerlich M, Nicholl J, Nolan J, Oakley P, Parr M, Seekamp A, Soreide E, Steen PA, van Camp L, Wolcke B, Yates D. "Recommendations for uniform reporting of data following major trauma the Utstein style" (as of July 17, 1999). An International Trauma Anaesthesia and Critical Care Society (ITACCS). *Acta Anaesthesiol Belg* 2000;51(1):18-38

<sup>41</sup> de Latorre F, Nolan J, Robertson C, Chamberlain D, Baskett P; European Resuscitation Council. European Resuscitation Council Guidelines 2000 for Adult Advanced Life Support. A statement from the Advanced Life Support Working Group(1) and approved by the Executive Committee of the European Resuscitation Council. *Resuscitation* 2001 Mar;48(3):211-21

<sup>42</sup> Wolcke B, Schneider T, Mauer D, Dick W. Ventilation volumes with different self-inflating bags with reference to the ERC guidelines for airway management: comparison of two compression techniques *Resuscitation* 2000 Oct;47(2):175-8

<sup>43</sup> Lexow K, Skogvoll E, Sunde K, Steen PA New guidelines for basic and advanced resuscitation of adults and children *Tidsskr Nor Laegeforen* 2002 Jan 30;122(3):282-4

<sup>44</sup> Genzwuerker HV, Isovich H, Ellinger K ILCOR/ERC recommendations for out-of-hospital 12-lead ECG and fibrinolysis are not well adopted at present. *Resuscitation* 2002 Mar;52(3):305-6

<sup>45</sup> Liberman M, Lavoie A, Mulder D, Sampalis J. Cardiopulmonary resuscitation: errors made by pre-hospital emergency medical personnel. *Resuscitation* 1999 Sep;42(1):47-55

<sup>46</sup> Ochoa FJ, Ramalle-Gomara E, Lisa V, Saralegui I. The effect of rescuer fatigue on the quality of chest compressions. *Resuscitation* 1998 Jun;37(3):149-52

<sup>47</sup> Elding C, Baskett P, Hughes A. The study of the effectiveness of chest compressions using the CPR-plus. *Resuscitation* 1998 Mar;36(3):169-73

- <sup>48</sup> Davies N, Gould D. Updating cardiopulmonary resuscitation skills: a study to examine the efficacy of self-instruction on nurses' competence. *J Clin Nurs* 2000 May;9(3):400-10
- <sup>49</sup> Liberman M, Golberg N, Mulder D, Sampalis J. Teaching cardiopulmonary resuscitation to CEGEP students in Quebec--a pilot project. *Resuscitation* 2000 Nov;47(3):249-57
- <sup>50</sup> Nyman J, Sihvonen M. Cardiopulmonary resuscitation skills in nurses and nursing students. *Resuscitation* 2000 Oct;47(2):179-84
- <sup>51</sup> Donnelly P, Assar D, Lester C. A comparison of manikin CPR performance by lay persons trained in three variations of basic life support guidelines. *Resuscitation* 2000 Aug 1;45(3):195-9
- <sup>52</sup> Brennan RT, Braslow A. Skill mastery in public CPR classes. *Am J Emerg Med* 1998 Nov;16(7):653-7
- <sup>53</sup> Wenzel V, Lehmkuhl P, Kubilis PS, Idris AH, Pichlmayr I. Poor correlation of mouth-to-mouth ventilation skills after basic life support training and 6 months later. *Resuscitation* 1997 Oct;35(2):129-34
- <sup>54</sup> Eisenberg MS, Hallstrom AP, Carter WB, Cummins RO, Bergner L, Pierce J: Emergency CPR instruction via telephone. *Am J Public Health* 1985;75:47-50
- <sup>55</sup> Goldberg RJ: Physicians and CPR training in high-risk family members. *Am J Public Health* 1987;77:671-672

## Referencias

---

- <sup>1</sup> Cummins RO. From Concept to Standard-of-Care? review of the Clinical Experience with automated external defibrillator. *Ann Emerg Med.* 1989; 18: 1269-1275
- <sup>2</sup> Weisfeldt M, Halperin HA. Cardiopulmonary resuscitation: beyond cardiac massage *Circulation* 1986; 74: 443-451.
- <sup>3</sup> Kouwenhoven WB, The development of the defibrillator. *Ann Intern Med* 1969; 449-458.
- <sup>4</sup> Safar P, Bircher N. Cardiopulmonary Cerebral. Resuscitation: World Federation of Societies of Anaesthesiologists International CPR Guidelines. 3<sup>a</sup>.ed. Philadelphia, Pa: WB Saunders Co; 1988.
- <sup>5</sup> American Heart Association, Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiac care. *J Am Med Assoc* 1992; 268: 2171-2295.
- <sup>6</sup> European Resuscitation Council. Guidelines for basic and Adult life support. *Resuscitation* 1992; 24: 103-122 . European Resuscitation Council. Guidelines for resuscitation Edited by Leo Bossaert Elsevier Science B.V. 1998.
- <sup>7</sup> Paradis NA, Martin GB, Rivers EP. Coronary perfusion pressure and the return of spontaneous circulation in human Cardiopulmonary Resuscitation. *JAMA.*1990; 263: 1106-1113
- <sup>8</sup> Sanders AB, Ogle M, Ewy GA. Coronary perfusion pressure during cardiopulmonary resuscitation. *Am J Emerg Med* 1985; 3: 11-14.
- <sup>9</sup> Advanced Cardiac Life Support, American Heart Association. 2<sup>a</sup> ed. española,1996; 11-1,11-8
- <sup>10</sup> Lindner KH. And Wenzel V. New mechanical methods for cardiopulmonary resuscitation (CPR) literature study and analysis of effectiveness anaesthetist. 1997 46 3 220-230
- <sup>11</sup> Handley AJ, Becker LB, Allen M, van Drenth A, Kramer EB, Montgomery WH. Single rescuer adult basic life support. An advisory statement from the Basic Life Support Working Group of the International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR). *Resuscitation* 1997; 34: 101-108.
- <sup>12</sup> Babbs CF. CPR techniques that combine chest and abdominal compression and decompression: hemodynamic insights from a spreadsheet model. *Circulation.* 1999 Nov 23;100(21):2146-52.

- <sup>13</sup> Sack JB, Kesselbrenner M B, Bregman D. Survival from in-hospital Cardiac Arrest with Interposed Abdominal Counterpulsation During Cardiopulmonary Resuscitation. *JAMA* 1992; 267: 379-385
- <sup>14</sup> Babbs CF. The evolution of abdominal compression in cardiopulmonary resuscitation. *Acad Emerg Med.* 1994 Sep-Oct;1(5):469-77.
- <sup>15</sup> Babbs CF, Sack JB, Kern KB. Interposed abdominal compression as an adjunct to cardiopulmonary resuscitation. *Am Heart J.* 1994 Feb;127(2):412-21.
- <sup>16</sup> Adams CP, Martin GB, Rivers EP, Ward KR, Smithline HA, Rady MY. Hemodynamics of interposed abdominal compression during human cardiopulmonary resuscitation. *Acad Emerg Med.* 1994 Sep-Oct;1(5):498-502.
- <sup>17</sup> Halperin HR, Tsitlik JE, Gelfand M, Weisfeldt ML, Gruben KG, Levin HR, Rayburn BK, Chandra NC, Scott CJ, Kreps BJ, et al. A preliminary study of cardiopulmonary resuscitation by circumferential compression of the chest with use of a pneumatic vest. *N Engl J Med.* 1993 Sep 9;329(11):762-8.
- <sup>18</sup> Beattie C, Guerci AD, Hall T, Borkon AM, Baumgartner W, Stuart RS, Peters J, Halperin H, Robotham JL. Mechanisms of blood flow during pneumatic vest cardiopulmonary resuscitation. *J Appl Physiol.* 1991 Jan;70(1):454-65.
- <sup>19</sup> Halperin H, Berger R, Chandra N, Ireland M, Leng C, Lardo A, Paradis N. Cardiopulmonary resuscitation with a hydraulic-pneumatic band. *Crit Care Med.* 2000 Nov;28(11 Suppl):N203-6.
- <sup>20</sup> Shultz JJ, Iskos D, Lurie KG. Alternative Mechanical Methods of Cardiopulmonary Resuscitation. *Am J Ther.* 1996 Sep;3(9):661-666.
- <sup>21</sup> Wik L. Automatic and manual mechanical external chest compression devices for cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 2000 Sep;47(1):7-25.
- <sup>22</sup> Mauer D, Wolcke B, Dick W. Alternative methods of mechanical cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 2000 Apr;44(2):81-95.
- <sup>23</sup> Coma-Canella I, Garcia-Castrillo Riesgo L, Ruano Marco M, Loma-Osorio Montes A, Malpartida de Torres F, Rodriguez Garcia JE. [Guidelines of the Spanish Society of Cardiology for cardiopulmonary resuscitation] *Rev Esp Cardiol.* 1999 Aug;52(8):589-603
- <sup>24</sup> Dickinson ET, Verdile VP, Schneider RM, Salluzzo RF. Effectiveness of mechanical versus manual chest compressions in out-of-hospital cardiac arrest resuscitation: a pilot study. *Am J Emerg Med.* 1998 May;16(3):289-92.

- <sup>25</sup> Kern KB, Sanders AB, Janas W, Nelson JR, Badylak SF, Babbs CF, Tacker WA, Ewy GA. Limitations of open-chest cardiac massage after prolonged, untreated cardiac arrest in dogs. *Ann Emerg Med.* 1991 Jul;20(7):761-7.
- <sup>26</sup> Robello CD, Crowe DT Jr. Cardiopulmonary resuscitation: current recommendations. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1989 Nov;19(6):1127-49.
- <sup>27</sup> Haskins SC. Internal cardiac compression. *J Am Vet Med Assoc.* 1992 Jun 15;200(12):1945-6
- <sup>28</sup> Alifimoff JK. Open versus closed chest cardiac massage in non-traumatic cardiac arrest. *Resuscitation.* 1987 Mar;15(1):13-21.
- <sup>29</sup> Rozenberg A, Incagnoli P, Delpéch P, Spaulding C, Vivien B, Kern KB, Carli P. Prehospital use of minimally invasive direct cardiac massage (MID-CM): a pilot study. *Resuscitation.* 2001 Sep;50(3):257-62.
- <sup>30</sup> Paiva EF, Kern KB, Hilwig RW, Scalabrini A, Ewy GA. Minimally invasive direct cardiac massage versus closed-chest cardiopulmonary resuscitation in a porcine model of prolonged ventricular fibrillation cardiac arrest. *Resuscitation.* 2000 Nov;47(3):287-99
- <sup>31</sup> Langhelle A, Stromme T, Sunde K, Wik L, Nicolaysen G, Steen PA. Inspiratory impedance threshold valve during CPR. *Resuscitation.* 2002 Jan;52(1):39-48.
- <sup>32</sup> Lurie KG, Voelckel WG, Zielinski T, McKnite S, Lindstrom P, Peterson C, Wenzel V, Lindner KH, Samniah N, Benditt D. Improving standard cardiopulmonary resuscitation with an inspiratory impedance threshold valve in a porcine model of cardiac arrest. *Anesth Analg.* 2001 Sep;93(3):649-55.
- <sup>33</sup> Tang W, Weil MH, Schock RB, Sato Y, Lucas J., Sun S, Bisera J. Phased chest and abdominal compression-decompression. *Circulation* 1997; 95; 1335-1340.
- <sup>34</sup> Wenzel V, Lindner KH, Prengel AW, Strohmenger HU. Effect of phased chest and abdominal compression-decompression cardiopulmonary resuscitation on myocardial and cerebral blood flow in pigs. *Crit Care Med* 2000 Apr;28(4):1107-12.
- <sup>35</sup> Arntz HR, Agrawal R, Richter H, Schmidt S, Rescheleit T, Menges M, Burbach H, Schroder J, Schultheiss HP. Phased chest and abdominal compression-decompression versus conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2001; 104: 768-772.
- <sup>36</sup> Arntz HR, Agrawal R, Richter H, Schmidt S, Rescheleit T, Menges M, Burbach H, Schroder J, Schultheiss HP. Phased chest and abdominal compression-decompression

versus conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2001 Aug 14;104(7):768-72

<sup>37</sup> Lurie Kg, Lindo C, Chin J. CPR: the P stands for plumber's helper. *J Am Med Assoc* 1990; 264: 1661.

<sup>38</sup> Lindner KH, Pfenninger EG, Schurman W, Lurie KG, Schurmann W, Lindner IM, Ahnefeld FW. Effects of active compression decompression resuscitation on myocardial and cerebral blood flow in pigs. *Circulation* 1993; 88: 1254-1263.

<sup>39</sup> Magallon Pedrera I. [Manual cardiac compressor. An apparatus for the active compression-decompression in cardiopulmonary resuscitation] *Rev Enferm.* 1995 Oct;18(206):75-8.

<sup>40</sup> Wenzel V, Fuerst RS, Idris AH, Banner MJ, Rush WJ, Orban DJ. Automatic mechanical device to standardize active compression-decompression CPR. *Ann Emerg Med.* 1995 Mar;25(3):386-9.

<sup>41</sup> Niemann JT, Rosborough JP, Criley JM. Continuous external counterpressure during closed-chest resuscitation: a critical appraisal of the military antishock trouser garment and abdominal binder. *Circulation* 1986 Dec;74(6 Pt 2):IV102-7.

<sup>42</sup> Joyce SM, Barsan WG, Hedges JR, Lukes SJ. Effect of a pneumatic antishock garment on drug delivery via distal venous access. *Ann Emerg Med* 1984 Oct;13(10):885-90.

<sup>43</sup> Hou SH, Lue HC, Chu SH. Comparison of conventional and simultaneous compression-ventilation cardiopulmonary resuscitation in piglets. *Jpn Circ J.* 1994 Jun;58(6):426-32.

<sup>44</sup> Berkowitz ID, Chantarojanasiri T, Koehler RC, Schleien CL, Dean JM, Michael JR, Rogers MC, Traystman RJ. Blood flow during cardiopulmonary resuscitation with simultaneous compression and ventilation in infant pigs. *Pediatr Res.* 1989 Dec;26(6):558-64.

<sup>45</sup> Henik RA, Wingfield WE, Angleton GM, Porter RE. Effects of body position and ventilation/compression ratios during cardiopulmonary resuscitation in cats. *Am J Vet Res.* 1987 Nov;48(11):1603-6.

<sup>46</sup> Luce JM, Ross BK, O'Quin RJ, Culver BH, Sivarajan M, Amory DW, Niskanen RA, Alferness CA, Kirk WL, Pierson LB, Butler J. Regional blood flow during cardiopulmonary resuscitation in dogs using simultaneous and nonsimultaneous compression and ventilation. *Circulation.* 1983 Feb;67(2):258-65.

- <sup>47</sup> Babbs CF, Tacker WA, Paris RL, Murphy RJ, Davis RW. CPR with simultaneous compression and ventilation at high airway pressure in 4 animal models. *Crit Care Med*. 1982 Aug;10(8):501-4.
- <sup>48</sup> Chandra N, Rudikoff M, Weisfeldt ML. Simultaneous chest compression and ventilation at high airway pressure during cardiopulmonary resuscitation. *Lancet*. 1980 Jan 26;1(8161):175-8.
- <sup>49</sup> Krischer JP, Fine EG, Weisfeldt ML, Guerci AD, Nagel E, Chandra N. Comparison of prehospital conventional and simultaneous compression-ventilation cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med*. 1989 Dec;17(12):1263-9.
- <sup>50</sup> Newton JR Jr, Glower DD, Wolfe JA, Tyson GS Jr, Spratt JA, Fenely MP, Rankin JS, Olsen CO. A physiologic comparison of external cardiac massage techniques. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1988 May;95(5):892-901.
- <sup>51</sup> Perry RJ, Man GC, Jones RL. Effects of positive end-expiratory pressure on oscillated flow rate during high-frequency chest compression. *Chest*. 1998 Apr;113(4):1028-33.
- <sup>52</sup> Kern KB. Cardiopulmonary resuscitation without ventilation. *Crit Care Med* 2000 Nov;28(11 Suppl):N186-9.
- <sup>53</sup> Locke CJ, Berg RA, Sanders AB, et al. Bystander cardiopulmonary resuscitation. *Arch Intern Med* 1995;155:938-43.
- <sup>54</sup> Berg RA, Wilcoxson D, Hilwig RW, et al. The need for ventilatory support during bystander CPR. *Ann Emerg Med* 1995;26:342-50.
- <sup>55</sup> Idris AH. Reassessing the need for ventilation during CPR. *Ann Emerg Med*. 1996 May;27(5):569-75.
- <sup>56</sup> Hallstrom AP. Dispatcher-assisted "phone" cardiopulmonary resuscitation by chest compression alone or with mouth-to-mouth ventilation. *Crit Care Med*. 2000 Nov;28(11 Suppl):N190-2.
- <sup>57</sup> Hallstrom A, Cobb L, Johnson E, Copass M. Cardiopulmonary resuscitation by chest compression alone or with mouth-to-mouth ventilation. *N Engl J Med*. 2000 May 25;342(21):1546-53.
- <sup>58</sup> Smithline HA, Rivers EP, Rady MY, Blake HC, Nowak RM. Biphasic extrathoracic pressure CPR. A human pilot study. *Chest*. 1994 Mar;105(3):842-6.

- <sup>59</sup> Nozari A, Rubertsson S, Wiklund L. Intra-aortic administration of epinephrine above an aortic balloon occlusion during experimental CPR does not further improve cerebral blood flow and oxygenation. *Resuscitation*. 2000 Apr;44(2):119-27.
- <sup>60</sup> Deakin CD, Barron DJ. Haemodynamic effects of descending aortic occlusion during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 1996 Nov;33(1):49-52.
- <sup>61</sup> Stamatelopoulos SF, Kochilas L, Saridakis NS, Zakopoulos NA, Mouloupoulos SD. Left intraventricular balloon pump optimization during intractable cardiac arrest. *Int J Artif Organs*. 1996 Jul;19(7):422-30.
- <sup>62</sup> Emerman CL, Pinchak AC, Hagen JF, Hancock D. Hemodynamic effects of the intra-aortic balloon pump during experimental cardiac arrest. *Am J Emerg Med*. 1989 Jul;7(4):378-83.
- <sup>63</sup> Angelos M, Safar P, Reich H. A comparison of cardiopulmonary resuscitation with cardiopulmonary bypass after prolonged cardiac arrest in dogs. Reperfusion pressures and neurologic recovery. *Resuscitation* 1991 Apr;21(2-3):121-35
- <sup>64</sup> Angelos MG, Gaddis ML, Gaddis GM, Leasure JE. Improved survival and reduced myocardial necrosis with cardiopulmonary bypass reperfusion in a canine model of coronary occlusion and cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1990 Oct;19(10):1122-8
- <sup>65</sup> Safar P, Abramson NS, Angelos M, Cantadore R, Leonov Y, Levine R, Pretto E, Reich H, Sterz F, Stezoski SW, et al. Emergency cardiopulmonary bypass for resuscitation from prolonged cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 1990 Jan;8(1):55-67
- <sup>66</sup> Martin GB, Rivers EP, Paradis NA, Goetting MG, Morris DC, Nowak RM. Emergency department cardiopulmonary bypass in the treatment of human cardiac arrest. *Chest* 1998 Mar;113(3):743-51
- <sup>67</sup> Adams JA, Mangino MJ, Bassuk J, Kurlansky P, Sackner MA. Novel CPR with periodic Gz acceleration. *Resuscitation*. 2001 Oct;51(1):55-62.
- <sup>68</sup> Lurie K. Bringing back the nearly dead. The hope and the challenge. *Minn Med*. 2002 Apr;85(4):39-42.
- <sup>69</sup> Niemann JT, Rosborough JP, Niskanen RA, Alferness C, Criley JM. Mechanical "cough" cardiopulmonary resuscitation during cardiac arrest in dogs. *Am J Cardiol*. 1985 Jan 1;55(1):199-204.
- <sup>70</sup> Luce JM, Rizk NA, Niskanen RA. Regional blood flow during cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Crit Care Med*. 1984 Oct;12(10):874-8.

- <sup>71</sup> Niemann JT, Rosborough JP, Niskanen RA, Criley JM. Circulatory support during cardiac arrest using a pneumatic vest and abdominal binder with simultaneous high-pressure airway inflation. *Ann Emerg Med.* 1984 Sep;13(9 Pt 2):767-70.
- <sup>72</sup> Criley JM, Niemann JT, Rosborough JP, Hausknecht M. Modifications of cardiopulmonary resuscitation based on the cough. *Circulation.* 1986 Dec;74(6 Pt 2):IV42-50.
- <sup>73</sup> Hwang SO, Lee KH, Cho JH, Oh BJ, Gupta DS, Ornato JP, Lee SH, Yoon J, Choe KH. Simultaneous sternothoracic cardiopulmonary resuscitation: a new method of cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 2001 Mar;48(3):293-9.
- <sup>74</sup> Noc M, Weil MH, Tang W, Sun S, Pernat A, Bisera J. Electrocardiographic prediction of the success of cardiac resuscitation. *Crit Care Med.* 1999 Apr;27(4):708-14.
- <sup>75</sup> Grmec S, Klemen P. Does the end-tidal carbon dioxide (EtCO<sub>2</sub>) concentration have prognostic value during out-of-hospital cardiac arrest? *Eur J Emerg Med.* 2001 Dec;8(4):263-9.
- <sup>76</sup> Ahrens T, Schallom L, Bettorf K, Ellner S, Hurt G, O'Mara V, Ludwig J, George W, Marino T, Shannon W. End-tidal carbon dioxide measurements as a prognostic indicator of outcome in cardiac arrest. *Am J Crit Care.* 2001 Nov;10(6):391-8.
- <sup>77</sup> Levine RL, Wayne MA, Miller CC. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med.* 1997 Jul 31;337(5):301-6.
- <sup>78</sup> Orliaguet GA, Carli PA, Rozenberg A, Janniere D, Sauval P, Delpech P. End-tidal carbon dioxide during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation: comparison of active compression-decompression and standard CPR. *Ann Emerg Med.* 1995 Jan;25(1):48-51.
- <sup>79</sup> Mauer D, Schneider T, Elich D, Dick W. Carbon dioxide levels during pre-hospital active compression decompression versus standard Cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 1998 Oct-Nov;39(1-2):67-74.
- <sup>80</sup> Cantineau JP, Lambert Y, Merckx P, Reynaud P, Porte F, Bertrand C, Duvaldestin P. End-tidal carbon dioxide during cardiopulmonary resuscitation in humans presenting mostly with asystole: a predictor of outcome. *Crit Care Med.* 1996 May;24(5):791-6.

**Referencias.**

- <sup>1</sup> W.H. Maleck, K.P. Koetter. Eisenmenger's Biomotor Predecessor of Active-Compression-Decompression Cardiopulmonary Resuscitation. *Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther.* 1999;35
- <sup>2</sup> Eisenmenger R Suction and air pressure over the abdomen, its applications and effect (in German). *Med. Wochenschr* 89: 807 1939.
- <sup>3</sup> Lurie Kg, Lindo C, Chin J. CPR: the P stands for plumber's helper. *J Am Med Assoc* 1990; 264: 1661
- <sup>4</sup> Cohen TJ, Tucker KJ, Lurie KG, Redberg RF, Dutton JP, Dwyer KA, Chin MC, Gelb AM, Scheinman MM, Schiller NB, Callaham ML. Active compression decompression resuscitation: a new method of cardiopulmonary resuscitation. *J Am Med Assoc* 1992; 267: 2916-2923.
- <sup>5</sup> American Heart Association, Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiac care. *J Am Med Assoc* 1992; 268: 2171-2295.
- <sup>6</sup> European Resuscitation Council. Guidelines for basic and Adult life support. *Resuscitation* 1992; 24: 103-122 . European Resuscitation Council. Guidelines for resuscitation Edited by Leo Bossaert Elsevier Science B.V. 1998
- <sup>7</sup> Cohen TJ, Tucker KJ, Redberg RF, Lurie KG, Chin MC, Dutton JP, Scheinman MM, Schiller NB, Callaham ML. Active compression-decompression resuscitation: a novel method of cardiopulmonary resuscitation. *Am Heart J.* 1992 Nov;124(5):1145-50.
- <sup>8</sup> Chang MW, Coffeen P, Lurie KG, Shultz J, Bache RJ, White CW. Active compression-decompression CPR improves vital organ perfusion in a dog model of ventricular fibrillation. *Chest.* 1994 Oct;106(4):1250-9.
- <sup>9</sup> Lindner KH, Pfenninger EG, Lurie KG, Schurmann W, Lindner IM, Ahnefeld FW. Effects of active compression-decompression resuscitation on myocardial and cerebral blood flow in pigs. *Circulation.* 1993 Sep;88(3):1254-63.
- <sup>10</sup> Kern KB, Figge G, Hilwig RW, Sanders AB, Berg RA, Otto CW, Ewy GA. Active compression-decompression versus standard cardiopulmonary resuscitation in a porcine model: no improvement in outcome. *Am Heart J.* 1996 Dec;132(6):1156-62.
- <sup>11</sup> Lurie KG, Coffeen P, Shultz J, McKnite S, Detloff B, Mulligan K. Improving active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation with an inspiratory impedance valve. *Circulation.* 1995 Mar 15;91(6):1629-32.

- <sup>12</sup> Prengel AW, Lindner KH, Pfenninger EG, Georgieff M. Effects of ventilation on hemodynamics and myocardial blood flow during active compression-decompression resuscitation in pigs. *Anesthesiology*. 1996 Jan;84(1):135-42.
- <sup>13</sup> Carli PA, De La Coussaye JE, Riou B, Sassine A, Eledjam JJ. Ventilatory effects of active compression-decompression in dogs. *Ann Emerg Med*. 1994 Nov;24(5):890-4.
- <sup>14</sup> Tucker KJ, Khan J, Idris A, Savitt MA. The biphasic mechanism of blood flow during cardiopulmonary resuscitation: a physiologic comparison of active compression-decompression and high-impulse manual external cardiac massage. *Ann Emerg Med*. 1994 Nov;24(5):895-906.
- <sup>15</sup> Wik L, Naess PA, Ilebekk A, Steen PA. Simultaneous active compression-decompression and abdominal binding increase carotid blood flow additively during cardiopulmonary resuscitation (CPR) in pigs. *Resuscitation*. 1994 Jul;28(1):55-64.
- <sup>16</sup> Sunde K, Wik L, Naess PA, Ilebekk A, Nicolaysen G, Steen PA. Effect of different compression--decompression cycles on haemodynamics during ACD-CPR in pigs. *Resuscitation*. 1998 Feb;36(2):123-31.
- <sup>17</sup> Sugiyama A, Lurie KG, Maeda Y, Satoh Y, Imura M, Hashimoto K. Utilization of a model lung system to assess the effects of an inspiratory impedance threshold valve on the relationship between active decompression and intra-thoracic pressure. *Resuscitation* 1999 Nov;42(3):231-4
- <sup>18</sup> Lurie KG, Voelckel WG, Zielinski T, McKnite S, Lindstrom P, Peterson C, Wenzel V, Lindner KH, Samniah N, Benditt D. Improving standard cardiopulmonary resuscitation with an inspiratory impedance threshold valve in a porcine model of cardiac arrest. *Anesth Analg* 2001 Sep;93(3):649-55.
- <sup>19</sup> Cohen TJ, Goldner BG, Maccaro PC, Ardito AP, Trazzera S, Cohen MB, Dibs SR. A comparison of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation with standard cardiopulmonary resuscitation for cardiac arrests occurring in the hospital. *N Engl J Med*. 1993 Dec 23;329(26):1918-21.
- <sup>20</sup> Tucker KJ, Galli F, Savitt MA, Kahsai D, Bresnahan L, Redberg RF. Active compression-decompression resuscitation: effect on resuscitation success after in-hospital cardiac arrest. *J Am Coll Cardiol*. 1994 Jul;24(1):201-9.
- <sup>21</sup> Tucker KJ, Redberg RF, Schiller NB, Cohen TJ. Active compression-decompression resuscitation: analysis of transmitral flow and left ventricular volume by

transesophageal echocardiography in humans. Cardiopulmonary Resuscitation Working Group. *J Am Coll Cardiol.* 1993 Nov 1;22(5):1485-93.

<sup>22</sup> Tucker KJ, Khan JH, Savitt MA. Active compression-decompression resuscitation: effects on pulmonary ventilation. *Resuscitation.* 1993 Oct;26(2):125-31.

<sup>23</sup> Shultz JJ, Coffeen P, Sweeney M, Detloff B, Kehler C, Pineda E, Yakshe P, Adler SW, Chang M, Lurie KG. Evaluation of standard and active compression-decompression CPR in an acute human model of ventricular fibrillation. *Circulation.* 1994 Feb;89(2):684-93.

<sup>24</sup> Rivers EP, Lozon J, Enriquez E, Havstad SV, Martin GB, Lewandowski CA, Goetting MG, Rosenberg JA, Paradis NA, Nowak RM. Simultaneous radial, femoral, and aortic arterial pressures during human cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med.* 1993 Jun;21(6):878-83.

<sup>25</sup> Malzer R, Zeiner A, Binder M, Domanovits H, Knappitsch G, Sterz F, Laggner AN. Hemodynamic effects of active compression-decompression after prolonged CPR. *Resuscitation.* 1996 Jun;31(3):243-53.

<sup>26</sup> Stiell IG, Hebert PC, Wells GA, Laupacis A, Vandemheen K, Dreyer JF, Eisenhauer MA, Gibson J, Higginson LA, Kirby AS, Mahon JL, Maloney JP, Weitzman BN. The Ontario trial of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation for in-hospital and prehospital cardiac arrest. *JAMA.* 1996 May 8;275(18):1417-23.

<sup>27</sup> Pell AC, Pringle SD, Guly UM, Steedman DJ, Robertson CE. Assessment of the active compression-decompression device (ACD) in cardiopulmonary resuscitation using transoesophageal echocardiography. *Resuscitation.* 1994 Mar;27(2):137-40.

<sup>28</sup> Kuhn C, Juchems R, Frese W. Evidence for the 'cardiac pump theory' in cardiopulmonary resuscitation in man by transesophageal echocardiography. *Resuscitation.* 1991 Dec;22(3):275-82.

<sup>29</sup> Lurie KG, Shultz JJ, Callaham ML, Schwab TM, Gisch T, Rector T, Frascone RJ, Long L. Evaluation of active compression-decompression CPR in victims of out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA.* 1994 May 11;271(18):1405-11.

<sup>30</sup> Schwab TM, Callaham ML, Madsen CD, Utecht TA. A randomized clinical trial of active compression-decompression CPR vs standard CPR in out-of-hospital cardiac arrest in two cities. *JAMA.* 1995 Apr 26;273(16):1261-8.

- <sup>31</sup> Nolan J, Smith G, Evans R, McCusker K, Lubas P, Parr M, Baskett P. The United Kingdom pre-hospital study of active compression-decompression resuscitation. *Resuscitation*. 1998 May;37(2):119-25.
- <sup>32</sup> Skogvoll E, Wik L. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation: a population-based, prospective randomised clinical trial in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 1999 Nov;42(3):163-72.
- <sup>33</sup> Ellinger K, Luiz T, Denz C, van Ackern K. Randomized use of an active compression-decompression technique within the scope of preclinical resuscitation *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 1994 Dec;29(8):492-500.
- <sup>34</sup> Luiz T, Ellinger K, Denz C. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation does not improve survival in patients with prehospital cardiac arrest in a physician-manned emergency medical system. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1996 Feb;10(2):178-86.
- <sup>35</sup> Ahnefelb F.W. Die active compression-decompression ACD reanimation, *Notfallmedizin* 1995, 21: 428-431.
- <sup>36</sup> Elvira J.C. ; XXXII Congreso Nacional de la SEMIUC (1997)
- <sup>37</sup> . Mauer D, Schneider T, Dick W, Withelm A, Elich D, Mauer M. Active compression –decompression resuscitation a prospective, randomized study in a two-tiered EMS system with physicians in the field *Resuscitation* 1996; 33(2): 125-134.
- <sup>38</sup> Plaisance P, Adnet F, Vicaut E, Hennequin B, Magne P, Prudhomme C. Benefit of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation as a prehospital advanced cardiac life support. –A randomized multicenter study. *Circulation* 1997; 95(4): 955-961.
- <sup>39</sup> Plaisance P, Lurie KG, Payen D. Inspiratory impedance during active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation: a randomized evaluation in patients in cardiac arrest. *Circulation* 2000 Mar 7;101(9):989-94
- <sup>40</sup> Baudin MA., Gilly H, Posch A, Schinnerl A and Kroesen Compression characteristics of CPR manikins *Resuscitation* 30(2) 1995 117-26.
- <sup>41</sup> Skogvoll E, Wik L. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR) compared with standard CPR in a manikin model decompression force, compression rate, depth and duration. *Resuscitation*. 1997 Feb;34(1):11-6.

<sup>42</sup> Baubin M, Schirmer M, Nogler M, Semenitz B, Falk M, Kroesen G, Hortnagl H, Gilly H. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation in standing position over the patient: pros and cons of a new method. *Resuscitation*. 1997 Feb;34(1):7-10.

<sup>43</sup> Sugiyama A, Lurie KG, Maeda Y, Satoh Y, Imura M, Hashimoto K. Utilization of a model lung system to assess the effects of an inspiratory impedance threshold valve on the relationship between active decompression and intra-thoracic pressure. *Resuscitation* 1999 Nov;42(3):231-4

<sup>44</sup> Langhelle A, Stromme T, Sunde K, Wik L, Nicolaysen G, Steen PA. Inspiratory impedance threshold valve during CPR. *Resuscitation*. 2002 Jan;52(1):39-48.

<sup>45</sup> Lurie KG, Voelckel WG, Zielinski T, McKnite S, Lindstrom P, Peterson C, Wenzel V, Lindner KH, Samniah N, Benditt D. Improving standard cardiopulmonary resuscitation with an inspiratory impedance threshold valve in a porcine model of cardiac arrest. *Anesth Analg*. 2001 Sep;93(3):649-55.

<sup>46</sup> Voelckel WG, Lurie KG, Zielinski T, McKnite S, Plaisance P, Wenzel V, Lindner KH. The effects of positive end-expiratory pressure during active compression decompression cardiopulmonary resuscitation with the inspiratory threshold valve. *Anesth Analg*. 2001 Apr; 92(4):967-74.

<sup>47</sup> Lurie K, Zielinski T, McKnite S, Sukhum P. Improving the efficiency of cardiopulmonary resuscitation with an inspiratory impedance threshold valve. *Crit Care Med*. 2000 Nov;28(11 Suppl):N 207-9.

<sup>48</sup> Lurie K, Voelckel W, Plaisance P, Zielinski T, McKnite S, Kor D, Sugiyama A, Sukhum P. Use of an inspiratory impedance threshold valve during cardiopulmonary resuscitation: a progress report. *Resuscitation*. 2000 May;44(3):219-30.

<sup>49</sup> Schneider T, Wik L, Baubin M, Dirks B, Ellinger K, Gisch T, Haghfelt T, Plaisance P, Vandemheen K. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation instructor and student manual for teaching and training. Part I: The workshop. *Resuscitation*. 1996 Oct;32(3):203-6.

<sup>50</sup> Wik L, Schneider T, Baubin M, Dirks B, Ellinger K, Gisch T, Haghfelt T, Plaisance P, Vandemheen K. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation instructor and student manual for teaching and training. Part II: A student and instructor manual. *Resuscitation*. 1996 Oct;32(3):206-12.

<sup>51</sup> Rabl W, Baubin M, Haid C, Pfeiffer KP, Scheithauer R. Review of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR). Analysis of iatrogenic complications and their biomechanical explanation. *Forensic Sci Int.* 1997 Oct 6;89(3):175-83.

<sup>52</sup> Rabl W, Baubin M, Broinger G, Scheithauer R. Serious complications from active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation. *Int J Legal Med.* 1996;109(2):84-9.

<sup>53</sup> Baubin M, Sumann G, Rabl W, Eibl G, Wenzel V, Mair P. Increased frequency of thorax injuries with ACD-CPR. *Resuscitation* 1999 Jun;41(1):33-8

<sup>54</sup> Baubin M, Rabl W, Pfeiffer KP, Benzer A, Gilly H. Chest injuries after active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR) in cadavers. *Resuscitation.* 1999 Dec;43(1):9-15.

<sup>55</sup> Klintschar M, Darok M, Radner H. Massive injury to the heart after attempted active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation. *Int J Legal Med.* 1998;111(2):93-6.

Referencias

---

- <sup>1</sup> Baubin M, Schirmer M, Nogler M, et al. Rescuer's work capacity and duration of cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 1996; 33:135-139.
- <sup>2</sup> Hightower D, Thomas SH, Stone CK, et al. Decay in quality of closed-chest compressions over time. *Ann Emerg Med* 1995; 26:300-303.
- <sup>3</sup> Del Guercio LRM, Coomaraswamy RP, State D. Cardiac output and other hemodynamic variables during external cardiac massage in man. *N Engl J Med* 1963; 269:1398-1404.
- <sup>4</sup> Del Guercio LRM, Feins NR, Cohn JD, et al. Comparison of blood flow during external and internal cardiac massage in man. *Circulation* 1965; 31 (Suppl) : 1171-1180.
- <sup>5</sup> Ward KB, Mcocgazzi fi, Zelcnak RR, ct al. A comparison of chest compression between mechanical and manual CPR by monitoring end-tidal PCO<sub>2</sub> during human cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1993; 22: 669-674.
- <sup>6</sup> Baubin M, Schirmer M, Nogler M, Semenitz B, Falk M, Kroesen G, Hortnagl H, Gilly H. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation in standing position over the patient: pros and cons of a new method. *Resuscitation*. 1997 Feb;34(1):7-10. Baudin
- <sup>7</sup> Skogvoll E, Wik L. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR) compared with standard CPR in a manikin model--decompression force, compression rate, depth and duration. *Resuscitation*. 1997 Feb;34(1):11-6. Skogvoll.
- <sup>8</sup> Hightower D, Thomas SH, Stone CK, et al. Decay in quality of closed-chest compressions over time. *Ann Emerg Med* 1995; 26:300-303.
- <sup>9</sup> Rabl W, Baubin M, Haid C, Pfeiffer KP, Scheithauer R. Review of active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR). Analysis of iatrogenic complications and their biomechanical explanation. *Forensic Sci Int*. 1997 Oct 6;89(3):175-83. Review.
- <sup>10</sup> Rabl W, Baubin M, Broinger G, Scheithauer R. Serious complications from active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation. *Int J Legal Med*. 1996;109(2):84-9.