

UNIVERSITAT DE BARCELONA
Facultat de Medicina

**ATURADA CARDÍACA: OPTIMITZACIÓ DE
L'ADMINISTRACIÓ D'OXIGEN I RESPOSTA
FISIOLÒGICA DELS REANIMADORS A DOS
MINUTS ININTERROMPTUS DE COMPRESSIONS
TORÀCIQUES**

Memòria presentada per Salvador Quintana i Riera per a optar al grau de Doctor en Medicina. Treball realitzat sota la direcció de la Dra. Maria José Burgueño Campiñez.

Dra. M^a José Burgueño Campiñez
Servei de Cures Intensives de l'Hospital Mútua de Terrassa

Al meu avi que no vaig conèixer
i a la meva mare, que en sabia el perquè

AGRAÏMENTS

- A la Dra. M^a José Burgueño i al Dr. Xavier Garau, Directora i Tutor d'aquesta tesi, pel seu bon fer i tolerància.
- Als companys de la UCI, sovint imprescindibles, i de manera entranyable als residents, constant font d'estímuls.
- A infermeria de la UCI en general i a la Rosa i la Montse en concret, per la recollida de dades i molt més.
- Als companys del Comitè d'Aturada per la feina feta i per la que queda per fer.
- Al Consell Català de Ressuscitació i en particular al seu President, Dr. Manel Cerdà, pel suport i els comentaris aportats després d'una atenta lectura.
- A la Conxi Caro per les tasques de bibliografia.
- Al Josep Temporal per tasques de fotocòpia i fotocomposició.
- Al Joan Vila, per alguna filigrana estadística.
- A la Núria Martí que va entendre l'encàrrec de fer els dibuixos que es mostren.
- Al Quim, a la Clara, a la Pallé i al Lluís i a l'Enriqueta i al Lete per la seva mecènica hospitalitat.
- A la meva germana M^a Teresa per la seva ajuda amb l'anglès.
- A Dolors Udina pels punts i les comes, com sempre.
- A la Carme, família i amics.

S'ha de combinar la deducció i la inducció, la lògica formal i la dialèctica, la identificació i la distinció, la demostració positiva i la destrucció del que és vell. Però no en abstracte, sinó en concret, sobre la base del que és real i de l'experiència.

Antonio Gramsci

En el que pensàvem el Capità Ahab i jo era en la vida i en la forma de salvar tota la tripulació.

Herman Melville

Un jove jardiner persa diu al seu Príncep:

-Salva'm! M'he trobat la Mort aquest matí. M'ha fet un gest d'amenaça. Aquesta nit, miraculosament, voldria estar a Isphahan.

El bondadós Princep li deixa els seus cavalls. A la tarda el Príncep es troba la Mort i li pregunta:

-Per què has fet un gest d'amenaça al nostre jardiner aquest matí?

-No fou un gest d'amenaça-li respon-, sinó un gest de sorpresa. Perquè el veia lluny d'Isphahan aquest matí i haig de prendre'l aquesta nit a Isphahan.

Jean Cocteau (adaptació d'una faula popular)

Acrònims, sigles i abreviatures

ACR	Aturada Cardiorespiratòria (en anglès CRA)
AHA	Associació Americana del Cor (American Heart Association)
CDA	Compressió-Descompressió Actives
CPAP	Pressió Positiva Contínua a la Via Aèria
DEA	Desfibril·lador Extern Automàtic
ERC	Consell Europeu de Ressuscitació (European Resuscitation Council)
EVA	Escala Visual Analògica
FiO ₂	Fracció Inspirada d'Oxigen
FV	Fibril·lació Ventricular
IAM	Infart Agut de Miocardi
IET	Intubació Endo-Traqueal
ILCOR	International Liaison Committee On Resuscitation
OGS	Escala de Glasgow del resultat
ONR	Ordres de No Reanimació
O ₂	Oxigen
RCP	Ressuscitació Cardiopulmonar
ROSC	Recuperació espontània de circulació
SEM	Servei d'Emergències Mèdiques
SVA	Suport Vital Avançat
SVB	Suport Vital Bàsic
TV	Taquicàrdia Ventricular
UCI	Unitat de Cures Intensives
VCS	Ventilació Compressió Simultànies

Consideracions prèvies:

Aquesta tesi està basada en dos treballs de “laboratori”, fet que implica que no hi ha intervingut cap malalt. El primer estudi va ser portat a terme mitjançant un analitzador ràpid de gasos, en un espai físic extern a les sales i unitats d’hospitalització. El segon requerí la participació voluntària i entusiàstica de molts dels companys de la Unitat que habitualment són portadors del “busca d’aturada”. Una vegada més es va portar a terme sense la intervenció directa, ni indirecta, de pacients i fora de les unitats d’hospitalització. Per aquest motiu no va ser necessari cap tipus de consentiment informat per part de cap malalt o representant.

Tanmateix, els dos treballs pretenen tenir unes connotacions de caràcter pràctic que, en definitiva, han d’intentar millorar el correcte coneixement i la posada en pràctica de les maniobres de RCP, redundant en una millor atenció a aquesta situació.

En tot cas vull aclarir de manera explícita que, malgrat que hi haurà cites que fan referència a la ressuscitació en l’entorn pediàtric, ni els treballs ni la pròpia tesi pretenen abarcar el camp pediàtric. La pediatria reuneix unes característiques específiques, tant pel que fa a la oxigenació com a les maniobres de ressuscitació en cas d’aturada, que aconsellen un tractament a part.

Malgrat totes les consideracions de tipus etimològic o filològic que poden aconsellar la utilització de les paraules reanimació o ressuscitació, en aquesta tesi s’empren indistintament i amb el mateix significat.

Les imatges i algorismes del Consell Català de Ressuscitació tenen el pertinent permís per a ser utilitzades en aquesta tesi i així ho agraeixo de manera explícita.

Índex

1. Introducció	17
1.1. Definició	19
1.2. Antecedents	20
1.3. Concepte de Cadena de Supervivència	21
1.4. Aturada extrahospitalària vs. aturada intrahospitalària	23
1.5. Incidència, magnitud del problema	24
1.6. Tractament	27
1.6.1. Suport Vital Bàsic	37
1.6.2. Suport Vital Avançat	39
1.6.3. Sistemes d'Emergències Mèdiques	43
1.7. Paper del Comitè d'Aturada Cardiorespiratòria de l'Hospital Mútua de Terrassa	44
1.7.1. Pla de Formació en RCP i circuits d'atenció a l'ACR al centre	45
1.8. Resultats	46
2. Paper de l'Oxigen en l'Aturada Cardíaca	51
2.1. Bosses de ressuscitació (autoinflables)	55
3. Maniobres de Ressuscitació	57
3.1. Compressions toràciques	60
3.2. Qualitat i fatiga durant les compressions toràciques	62
4. Hipòtesis i Objectius	65

5. Publicacions -----	71
5.1. 1r treball: -----	73
Maximum FiO ₂ within minimum time according to the kind of resuscitation bag and oxygen flow.	
5.2. Carta a la revista <i>Resuscitation</i> referent al primer article i la resposta corresponent -----	79
5.3. 2n treball: -----	83
The physiological effect on rescuers of doing two minutes of uninterrupted chest compressions.	
6. Discussió -----	91
7. Conclusions -----	105
8. Bibliografia -----	109

1. Introducció

1.1 Definició:

L'aturada cardiorespiratòria (ACR) consisteix en la cessació de les funcions cardíaca i respiratòria de manera aguda, inesperada i potencialment reversible. Com a conseqüència immediata deixa d'arribar O₂ als òrgans vitals i als teixits, i de manera primordial al cervell i al cor. Si aquesta situació no es reverteix ràpidament s'esdevé la mort com a procés ja irreversible.

Els adjectius: aguda, inesperada i potencialment reversible són els que permeten distingir aquesta patologia del procés de mort. Mentre que la primera s'ha de tractar, el segon s'ha de respectar. No sempre és fàcil identificar correctament cada situació i no es infreqüent ressuscitar pacients que no s'havien de reanimar i viceversa.

En el primer cas fem un incorrecte diagnòstic d'ACR i actuem en conseqüència, aquesta situació pot acabar amb un pacient viu quan estava previst que es morís, i que, per tant, haurà de morir dues vegades. És una situació que s'hauria d'evitar i, per tal de fer-la més improbable, haurem de millorar la comunicació sanitària, parlar amb els malalts i llur entorn i atrevir-nos a plantejar aquest tema als propis afectats, així com conèixer adequadament l'estat i pronòstic dels nostres pacients. Als Serveis d'Urgències dels nostres hospitals es dóna a vegades aquesta circumstància i també allà té mala solució quan no hi ha temps material de plantejar la no ressuscitació.

La segona situació, inversa a la descrita, es dóna quan no iniciem maniobres en un cas d'ACR i s'haurien d'haver iniciat. En aquest cas és quasi segur que es morirà algú que tenia algunes probabilitats de sobreviure.

1.2. Antecedents:

En el nostre entorn és comú citar uns versicles del Primer Llibre dels Reis de la Bíblia en què és descrit el retorn a la vida del fill d'una vídua per part del profeta Elies. Ja en l'episodi bíblic citat hi ha la descripció de quelcom que podria correspondre's a determinades maniobres de ressuscitació¹; tot plegat té un sentit poètic i precientífic que queda dins l'esfera dels miracles. És igualment oportú citar en aquest punt la molt acurada descripció que feu el metge menorquí Miguel Oléo i Quadrado de la maniobra "boca-a-boca" l'any 1789, a la Real Academia Médico-Práctica de Barcelona. Es referia a com ell mateix havia insuflat aire als pulmons del seu propi fill, que fou ressuscitat exitosament².

L'època científica de la ressuscitació s'inicia al final de la dècada de 1950 amb les primeres publicacions de P. Safar³ pel que fa referència a la ventilació boca-a-boca.

Poc després foren Kouwenhoven, Jude i Knicherbocker els que describien el que en aquell moment s'anomenava massatge cardíac⁴ i actualment coneixem com a compressions toràciques. Amb aquests aspectes ja teníem les bases del que, encara ara, és la moderna ressuscitació cardiopulmonar. Cal mencionar els treballs de Claude Beck⁵ i de Paul M. Zoll⁶ en desfibril·lació interna i externa per anar completant l'espectre actual de la RCP.

A títol anecdòtic es poden recordar les imatges de Peter Safar aplicant ventilació boca-a-boca a un resident del seu servei que havia estat curaritzat prèviament. No dubtem que havia atorgat el seu consentiment, però no sabem si estava adequadament informat i si actualment es podria desenvolupar una experiència com aquesta considerant al resident com a voluntari sà.

En la història de l'ACR i les corresponents maniobres de RCP hi ha multitud d'artilugis, invents i personatges que són dignes de menció, encara que aquest treball no pretén citar-los tots.

1.3. Concepte de Cadena de Supervivència

Es tracta d'un concepte consistent a posar èmfasi en una seqüència d'accions per tal d'optimitzar resultats, que es publicà l'any 1991⁷ però que ha durat fins els nostres dies, incorporant aspectes més moderns⁸. S'esquematitza a la Figura 1.

La primera anella, amb un telèfon, ens indica que cal donar avís immediatament quan es detecta una ACR. Actualment té un significat preventiu afegit, en el sentit de procurar evitar que una situació premonitòria esdevingui ACR si es pot evitar.

La segona anella amb l'esquema de les compressions toràciques ens obliga a aplicar RCP tan aviat com sigui possible després d'haver avisat. Aquesta RCP pretén assolir un manteniment de la situació a l'espera de les anelles següents.

La tercera anella posa l'èmfasi en la desfibril·lació precoç. Per aquest motiu, i gràcies a l'abaratiment i universalització dels aparells desfibril·ladors, cada vegada, aquesta anella, està més propera a la segona, de manera que a efectes docents cada vegada és més freqüent incorporar conceptes de desfibril·lació en els cursos de SVB. Recordem en tot cas que la desfibril·lació s'ha d'aplicar preferentment abans dels 5 minuts de produïda l'ACR. En aquest punt és prudent recordar el decret que regula la utilització dels desfibril·ladors per part del personal no mèdic a Catalunya⁹.

Finalment, la quarta anella incorpora tots els elements del SVA a tot el que s'havia fet fins aquell moment, cosa que actualment consisteix en el tractament de la via aèria, la col·locació de vies i l'administració de fàrmacs, tot plegat per part d'un equip de professionals que, com a tal, ja està molt ben format i disposa del material adient fins l'ingrés en una unitat adequada a aquests efectes, així com per aplicar la pertinent hipotèrmia¹⁰⁻¹¹ segons l'origen de l'ACR, ampliant, per tant, el concepte a allò que s'entén com a cures postressuscitació. L'objectiu d'aquesta anella és l'estabilització de la situació.



Figura 1. Cadena de Supervivència

El resultat final, com en tots els processos en cadena, vindrà donat quant a qualitat pel nivell equivalent a la pitjor de les seves anelles. Per aquest motiu és important que tots els passos es portin a terme de manera ordenada i adequada, partint de la base que tots ells tenen la mateixa importància, i no ens en podem saltar cap.

Com ja s'ha dit, és tan important inculcar aquest concepte en la docència de RCP com aplicar-lo en l'assistència. Són instruccions bàsiques que ens ajuden a estructurar adequadament tot el procés i a millorar-ne els resultats.

1.4. Aturada extrahospitalària vs. aturada intrahospitalària

Ens trobem davant dues situacions diferents des de molts punts de vista. L'etiologia de la primera sol ser de predomini cardíac (en més del 80% de les ocasions)¹² quan no és traumàtica per algun tipus d'accident (de trànsit o laboral). La segona es presenta, per definició, en pacients ingressats i per tant portadors d'alguna patologia que n'ha motivat l'ingrés. La primera té més dels elements que caracteritzen l'ACR: sobtada i inesperada. Tanmateix les dues situacions tenen en comú que s'han de tractar de manera similar.

L'ACR extrahospitalària requereix d'un sistema complex d'atenció. La societat ha d'estar formada i sensibilitzada per actuar de manera eficaç davant d'aquesta situació. La resposta del sistema sanitari s'ha de concretar en una ràpida arribada al lloc de l'ACR amb els mitjans necessaris així com en la possibilitat de trasllat a un centre on puguin continuar aplicant el tractament iniciat i ampliar-lo. Posteriorment m'extendré més en aquest tema.

L'aturada intrahospitalària pot no ser tan "cardiològica", els equips de ressuscitació arriben i actuen abans i els resultats estan afectats per la causa desencadenant. Els circuits d'atenció a l'ACR responen a les característiques de cada centre.

Altres sistemes de classificació de les ACR responen a efectes de comunicació de resultats, d'enfocament docent, etc. Així podem parlar de l'ACR pediàtrica o de l'adult. Ja s'ha fet palès que l'ACR pediàtrica té una sèrie de característiques i connotacions que no seran tractades en aquesta tesi. Igualment es parla d'ACR presenciada i no presenciada, la primera sol tenir millors resultats des del moment que se sol atendre més precoçment.

1.5. Incidència, magnitud del problema

Són diverses les fonts a tenir en compte a l'hora de parlar de la incidència de l'ACR. Com que el desencadenant més important de l'ACR és la coronariopatia, citarem algunes estimacions aproximatives de cardiopatia isquèmica. Marrugat *et al.* calculen que hi ha uns 2,2 episodis d'infart agut de miocardi en el nostre entorn per 1.000 hab. i any, amb una mortalitat del 56% als 28 dies a expenses, sobretot, de la prehospitalària, en forma d'ACR¹³. Un article recent del 2004 comunica que la incidència d'ACR a Canadà oscila entre 53 i 59 per 100.000 hab. i any. Les diferències en aquest cas vénen donades per les diferents províncies¹⁴. No oblidem que moltes de les difències detectades quan es comuniquen aquestes dades vénen determinades per diferències reals d'incidència en funció de multitud de factors. Hi ha societats, amb la nord-americana al capdavant, on la cardiopatia isquèmica és molt més freqüent que en altres zones del planeta amb hàbits culturals, socioeconòmics i sobretot dietètics diferents.

També és motiu de divergència una qüestió de definicions o de com contar i/o descriure aquests episodis. Cal reconèixer que s'ha fet un esforç per homogeneïtzar definicions i conceptes. Tant més quan la tendència actual amb l'ILCOR¹⁵ i de manera remarcable des de que es va proposar comunicar els resultats de la RCP amb homogeneïtat mitjançant el que es coneix com a 'Utstein Style'¹⁶.

A la taula 1 es mostren els resultats quant a supervivència aportats per diferents autors en ACR extrahospitalària. A la Taula 2 es mostra la mateixa informació per a les ACR hospitalàries.

Com s'ha comentat les diferències vénen donades tant pels diferents recursos aplicats segons el país i el moment en què es recull la informació, com pels diferents criteris a l'hora de catalogar aquest esdeveniment. Algun treball, com el de Fontanals *et al.*¹⁷, sí que comenta els resultats neurològics dels pacients que sobreviuen fins a ser donats d'alta de l'hospital. Ja queda clar que no tots es reincorporen al mateix nivell d'activitat que tenien abans de l'ACR. Tampoc no tots són donats d'alta a domicili, car alguns queden molt disminuïts i necessitaran ser institucionalitzats per a rebre ajuda en moltes de les tasques de l'activitat diària. És de destacar que s'aporten dades d'incidència de

supervivència a l'alta de l'hospital a Noruega l'any 1999, quantificades en 7,4 per 100.000 habitants per any (Skogvoll *et al.*)¹⁸.

Taula 1. Supervivència immediata i a l'alta de l'hospital per a ACR extrahospitalàries en diferents països

Autor	País	Any	n	ROSC (%)	Alta de l'Hospital (%)
Chang MY ¹⁹	Formosa	2005	361	21,1	7,2
Vaillancourt ¹⁴	Canadà	2004	5288	NA	4,3-9.0*
Rudner R ²⁰	Polònia	2004	1153	44	10
Herlitz J ²¹	Suècia	2002	24630	11-19	2-6,2**
Leung LP ²²	Hong Kong	2001	320	14,1	1,25
Zock TV ²³	EUA	2000	948	61	32
Skogvoll E ¹⁸	Noruega	1999	510	40	11

ROSC recuperació espontània de circulació, NA Dades No Aportades

* Rang entre diferents províncies de Canadà.

** Compara supervivència entre les ACR a domicili vs. totes les altres.

Taula 2. Supervivència immediata i a l'alta de l'hospital per a ACR hospitalàries

Autor	País	any	n	ROSC (%)	Alta de l'Hospital (%)
Joseph D ²⁴	Catalunya	1996	149	40	12
De Vos R ²⁵	Holanda	1999	553	NA	21,7
Skogvoll E ²⁶	Noruega	1999	244	34	17
Andreasson AC ²⁷	Suècia	1998	278	NA	42
Marik PE ²⁸	EUA	1997	308	32	13
Araujo R ²⁹	Portugal	1997	83	42	22,8
Fontanals J ¹⁷	Espanya	1997	356	55	36*
Frediksson M ³⁰	Suècia	2006	833	NA	37
Pembeci K ³¹	Turquia	2006	134	49,3	13,4

ROSC recuperació espontània de circulació, NA Dades no aportades

*Comuniquen una alta taxa de mals resultats neurològics

La cita 24 consisteix en una comunicació oral al 3r Congrés de l'ERC que va tenir lloc a Sevilla l'any 1996. Es tractava d'un ambiciós pla de recollida de dades de molts dels hospitals d'aguts de Catalunya, que conec bé perquè hi vaig participar tant en el disseny i recollida de dades com en l'anàlisi de les mateixes. Finalment no es va publicar com hauria estat correcte per diversos problemes organitzatius, metodològics i per la malaurada falta de participació d'alguns dels hospitals grans. En tot cas van aportar dades de més de 50 hospitals dels pocs més de 60 que en aquell moment reunien les característiques que s'exigien. Va consistir en quatre talls de "prevalença" d'una setmana cadascun, durant la qual s'havien de recollir totes les ACR i fer-ne el pertinent seguiment. Això va permetre obtenir les dades que finalment es van comunicar i que estan en el rang del que altres equips també comuniquen. Quan hi ha resultats excepcionalment millors o pitjors sol ser més per causa de les diferents maneres de contar i/o puntuar que no de "diferències reals", com s'ha anat comentant.

1.6. Tractament

Com s'ha vist, el resultat de l'ACR no és bo malgrat que fa quasi 50 anys que es treballa intensament i s'hi dediquen grans recursos per intentar millorar-lo. Les primeres Guies de l'AHA referents a l'ACR són de l'any 1966³² i ja feien menció de la ventilació boca-a-boca i del massatge cardíac. Ha quedat clar que aquestes dues tècniques continuen sent vigents en el moment present, encara que, com veurem, hagin anat canviant alguns aspectes de com executar-les.

Actualment hi ha una sistemàtica que comprèn aspectes assistencials i docents que aconsellen estratificar el tractament en dos grans nivells: SVB i SVA. Això permet simplificar les coses encara que en la pràctica tenim nivells intermitjos que permeten adequar el grau de formació o d'assistència depenent del col·lectiu a què ens referim. Així, entre el SVB i el SVA hi ha el SVB instrumentalitzat, SVB amb DEA, etc.

Seguint l'esquema comentat quan he exposat la Cadena de Supervivència, es tracta de seguir cada pas de la manera més ràpida i eficaç possible.

Figura 2



Figura 3



1.6.1. Suport Vital Bàsic

Entenem per SVB un conjunt d'actuacions que inclou el coneixement de com activar la resposta del sistema sanitari així com les primeres maniobres que s'han de realitzar per tractar cada situació. En aquesta tesi em referiré a l'apartat corresponent a les maniobres de ressuscitació i encara de manera més concreta i específica a l'oxigenació i les compressions toràciques. Amb l'ajuda de les figures 2 i 3, vull destacar alguns elements que són importants per a la correcta aplicació de la RCP: la positura del reanimador, amb l'esquena i braços tal com es mostra és la més ergonòmica, la menys cansada, la que permet administrar aquest tractament més estona sense defallir. S'ha d'aplicar contra una superfície dura, al carrer sol ser a terra i, en altres circumstàncies, s'interposa una superfície dura sota l'esquena de la víctima. Quan descartem traumatisme cervical, és important la hiperextensió del coll de la víctima. Això facilita l'entrada de l'aire exhalat pel reanimador dins els pulmons de la víctima al mateix temps que en dificulta l'entrada a l'estómac, ja que obre la via aèria desplaçant la llengua. La distensió gàstrica té un risc de provocar el vòmit amb alta probabilitat de broncoaspiració de la víctima, empitjorant un pronòstic que ja és dolent de per si. Aquests comentaris tenen relació amb el segon estudi que s'aporta en aquesta tesi.

Taula 3 Aspectes remarcables de la RCP

Col·locació de braços i cos del reanimador	Ergonòmica, com es mostra a les figures
Mans al mig del pit	Simplificació respecte a instruccions prèvies
Compressions toràciques contra superfície dura a 100 min ⁻¹	Fa eficaç les maniobres
Hiperextensió del coll de la víctima	Afavoreix l'entrada d'aire als pulmons i dificulta el vòmit i broncoaspiració

Encara que no és l'objectiu primordial d'aquesta tesi discutir els algorismes (Figures 4 i 5) actuals del SVB i el SVA, crec interessant mostrar-los atès que juguen un paper en els dos articles que presento. El Consell Català de Ressuscitació m'ha donat expressa autorització per incloure'ls en aquesta tesi.

Comentaris obligats són: l'algorisme de suport vital bàsic comença preguntant si hi ha perill, referint-se a aquelles circumstàncies com electrocució o accidents de tràfic en què, pel fet d'actuar, el reanimador es posa en perill. Òbviament, aquestes situacions no s'haurien de donar en el context d'ACR hospitalària i, a l'extrahospitalària, només excepcionalment. En aquests casos els reanimadors han d'estar adequadament equipats i preparats. També en aquest apartat s'ha de comentar el risc per part dels reanimadors de ser contagiats per la víctima. Les infeccions més greus són força improbables (no s'ha descrit cap cas de contagi de la SIDA per aquest mecanisme). La tuberculosi³³, l'herpes i algunes Neisseries sí que s'han descrit, i darrerament el SARS³⁴. Aquest apartat justifica prendre precaucions i establir sempre que es pugui barreres de protecció en la ventilació boca-a-boca³⁵.

De cara a la simplificació de tot el procés tant en els seus aspectes docents com sobretot en els aspectes assistencials, tinguem en compte que actualment (a partir de les darreres guies de novembre de 2005^{36,37}) es considera ACR aquella situació amb pèrdua de consciència i amb apnea, o, el que és equivalent, "quan no respira normalment". Amb aquesta descripció/definició s'incorpora la respiració tipus "gaspig", la respiració

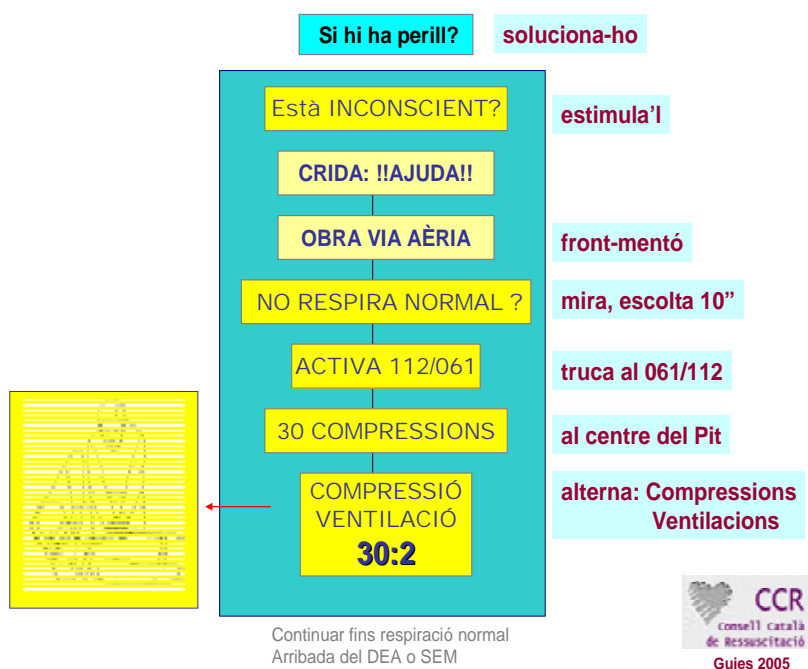
agònica. Aquests canvis s'han produït per les dificultats que comportava esbrinar si la víctima respirava o no quan es feia una demanda de suport telefònic a una situació d'ACR. Sempre és complicat establir si la víctima respira o no i, amb aquesta nova aproximació, es pretén simplificar aquest aspecte. Decididament, el canvi més notori i igualment de caràcter simplificador, és que, amb la nova normativa, no es mira el pols de la víctima. La valoració del pols carotidi era coneguda com a font de moltes equivocacions en un i altre sentit. S'havien descrit ampliament situacions en què es palpava el pols de víctimes en ACR, i viceversa, de manera que era relativament freqüent iniciar maniobres quan no estava indicat i, el que era pitjor, no iniciar-les quan sí que ho estava. Actualment s'ha optat per obviar aquest apartat i, tal com indica l'algorisme, iniciarem maniobres davant d'una pèrdua de consciència d'algú que no respira o respira de manera anòmala.

No entraré en detalls de què implica cridar demanant ajuda, o de quin telèfon d'emergències és més adequat. En tot cas diré breument que, per a ser utilitzat per personal sanitari, es aconsellable el 061, mentre que el 112 diré que és més propiament d'emergència, que té utilitat a tot Europa, que és realment gratuït per a l'usuari i que té una més àmplia cobertura atès que qualsevol companyia de telefonia ha de prioritzar, per llei, aquesta trucada encara que procedeixi d'una altra companyia.

Finalment, de les seqüències de compressió toràciques i ventilació, en parlaré amb més detall en la presentació dels dos articles.

Figura 4

Seqüència d'actuació en SVB



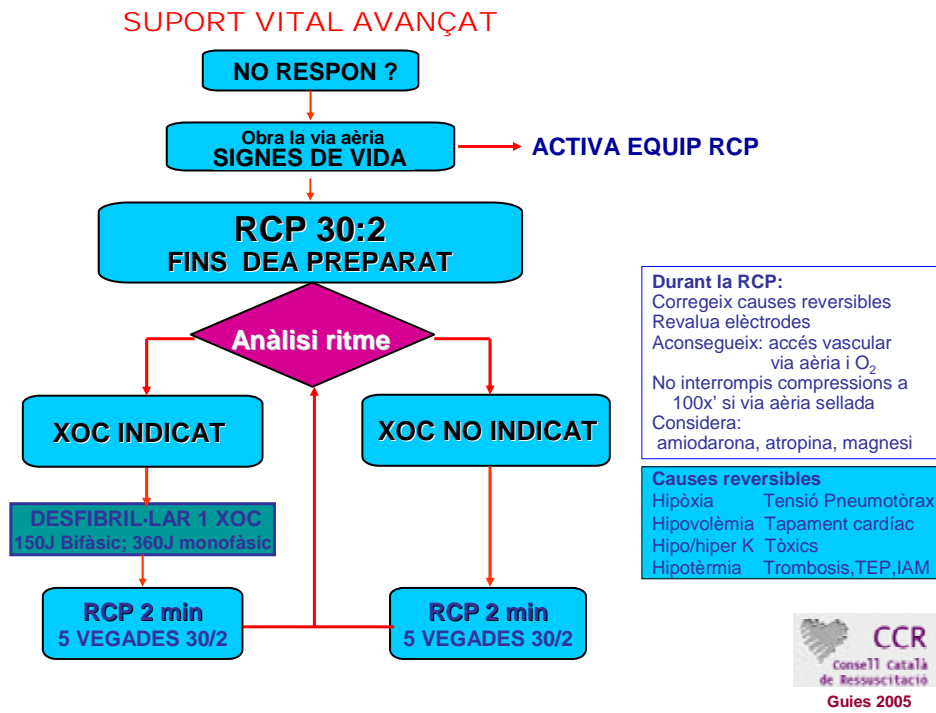
1.6.2. Suport Vital Avançat

Tot el que s'ha comentat respecte al SVB té el mateix sentit per al SVA des del moment que el SVA consisteix a continuar amb tot el que s'hagi pogut fer durant la fase inicial de SVB i implementar tot un seguit de recursos, que comentaré, amb la vocació de recuperar circulació espontània i d'estabilitzar la situació.

A banda de l'algorisme propiament dit s'han de tenir en compte les situacions desencadenants, que els angloparlants descriuen mnemotècnicament amb les quatre "H" i les quatre "T". Hipòxia, Hipovolèmia, Hiper/Hipopotasèmia i Hipotèrmia per a les primeres i pneumoTòrax a Tensió, Taponament pericàrdic, Tòxics i TEP (per extensió tots els trastorns, IAM inclòs, susceptibles de ser tractats amb Trombolítics).

A part del que s'ha comentat fins ara i també comú en guies prèvies, hi ha tot el que caracteritza el SVA: canul·lar la via aèria per administrar O₂ (en mans expertes amb un tub endotraqueal, i amb qualsevol dels altres aparells si es manegen millor, Combitube®, màscara laríngia etc.). Col·locar via venosa, central o perifèrica, segons s'escaigui. Administrar la medicació pertinent que, a dia d'avui, ha quedat quasi reduïda a l'epinefrina, l'amiodarona, l'atropina i el magnesi. Aquest darrer en determinades ocasions. L'amiodarona ha anat desplaçant la lincaïna, per falta d'evidència científica d'aquesta, tot i que la mateixa amiodarona està igualment qüestionada³⁷⁻⁴⁰, l'atropina continua indicada en bradiarítmies. L'epinefrina ha deixat de donar-se a dosis altes, com es postulava fa pocs anys perquè no millorava les taxes de supervivència⁴¹⁻⁴⁵. Així mateix ja hi ha qui proposa reemplaçar-la per la vasopressina, que en determinades circumstàncies pot ser superior⁴⁶⁻⁴⁸.

Figura 5



1.6.3. Sistemes d'Emergències Mèdiques

Deia unes línies més amunt que l'atenció a l'ACR extrahospitalària és complexa, requereix molts recursos i, a més, els resultats són relativament decebedors. En tot cas, és evident que les administracions han fet esforços considerables per atendre més ràpid i millor qualsevol tipus d'emergència. El paradigma de l'emergència és l'ACR. Així, quan a dia d'avui es detecta una ACR, es posa en marxa un circuit que ha de permetre que s'iniciï el SVB immediatament que s'hagi avisat al SEM i que aquest arribi dins d'un termini que encara permeti aplicar una correcta desfibril·lació seguint els esquemes de la cadena de supervivència. Tinguem present que moltes vegades el ritme cardíac monitoritzat en primera instància és una FV⁴⁹ i que, en la mesura que transcorre un cert temps sense desfibril·lació, aquest ritme esdevé assistòlia, amb la corresponent pèrdua de probabilitats de tractament i recuperació^{50,51}. Podem mencionar altra vegada que la tendència és a anar implementant desfibril·ladors semiautomàtics per permetre una més ràpida atenció en aquestes situacions tot tenint present el decret mencionat que regula la utilització per part de personal no mèdic d'aquests aparells⁹.

Després d'uns anys de certa descoordinació podem dir que disposem d'un SEM que s'activa agilitat de manera centralitzada i amb una capacitat de resposta eficaç. Això ha de permetre que cada vegada més les ACR siguin tractades abans, en el ben entès que el factor temps en aquesta situació és definitivament determinant.

1.7. Paper del Comitè d'Aturada Cardiorespiratòria de l'Hospital Mútua de Terrassa

L'any 2005 es va crear el Comitè d'ACR al centre. Està compost per un intensivista, una infermera de docència, una anestesista, un pediatre, una farmacèutica, el cap del servei d'urgències i el director mèdic. Entre altres tasques té assignades les d'ordenar la formació en SVB i SVA, organitzar els circuits d'atenció a l'ACR, recollir dades per avaluar el procés i analitzar i resoldre totes les incidències que es van detectant⁵².

Es reuneix periòdicament i pren les oportunes decisions sobre els temes mencionats. En el proper apartat exposaré el sistema docent i els circuits assistencials així com les incidències més freqüents.

1.7.1. Pla de Formació en RCP i circuits d'atenció a l'ACR al centre

A tot el personal assistencial que s'incorpora a l'hospital, ja sigui mèdic, d'infermeria o auxiliar, fix o eventual, se li imparteix un curs de SVB instrumentalitzat durant els primers dies de contracte. Això comporta repassar totes les maniobres de RCP, conèixer els circuits interns i externs i familiaritzar-se amb l'instrumental mínim, bosses de ressuscitació, O₂, cànules de Mayo, de Guedel, etc., fins als sistemes bàsics de monitorització. En el seu moment, una part seleccionada d'aquest personal rep un curs de SVA. També s'intenta que periòdicament tot el personal format tingui accés a cursos de reciclatge, encara que aquests solen ser més irregulars.

El circuit bàsic (n'hi ha d'alternatius per a llocs allunyats amb baixa probabilitat d'ACR) es posa en marxa per una via telefònica reservada per a aquesta única funció. Immediatament s'activen amb caràcter d'urgència els busques d'un intensivista, un anestesista, un internista, tots de l'equip de guàrdia i el d'infermeria d'UCI. Tots han d'acudir al lloc de l'ACR, infermeria amb un carro d'aturada amb desfibril·lador manual. Quan s'ha prestat la deguda atenció a la situació que ha generat l'avís, infermeria, amb la col·laboració de l'equip mèdic, omple un full de control d'incidències inspirat en el que es coneix com *Utstein Style*¹⁶.

Aquest full recull tant els intervals entre avís d'aturada i arribada al lloc, i durada de l'atenció, com qualsevol incidència detectada (dades preliminars presentades al Congrés de la SOCMIC de Tortosa de 2005⁵³). També hem prestat especial interès a determinar quin tipus de bosses de ressuscitació s'emprava durant el període previ a l'arribada de l'equip d'avançada i quin flux d'O₂ s'havia administrat. Aquest aspectes es tractaran amb més detall en els propers apartats.

1.8. Resultats

En l'apartat d'aturada extrahospitalària vs. hospitalària he mostrat les taules amb els resultats comunicats per diferents autors en temps i entorns igualment diferents. També s'ha comentat que part de la divergència que es mostra podia venir donada per utilitzar escales de mesura diferents. Un "Score" dels més comuns quan es parla de resultats d'ACR és el "Glasgow Outcome Score" descrit l'any 1975 per Jennet⁵⁴. Precisament el mateix Jennet havia descrit pocs anys abans l'estat vegetatiu persistent juntament amb F. Plum^{55,56}. Aquesta escala puntua 1 pel resultat de mort, 2 per l'estat vegetatiu persistent, 3 per seqüeles neurològiques greus, 4 per seqüeles neurològiques moderades i 5 per un estat neurològic normal.

Donada aquesta classificació, no és infreqüent ajuntar 1 i 2 contra la resta d'estats. Malgrat tot, no tothom utilitza aquesta escala i els que ho fan, no ho fan sempre de la mateixa manera.

Afegir uns resultats "propis" és pertinent ara, encara que són decebedors i per tant millorables⁵⁷. Van ser comunicats com a resposta a un treball d'un grup d'Andalusia⁵⁸ i per contrastar àrees sense SEM i amb SEM. En tot cas, tots dos articles contempnen aspectes de qualitat de vida en el seguiment després de la ressuscitació. En el primer, un únic pacient sobrevivia amb OGS d'1 d'una cohort de més de 40 pacients que havien arribat a ingressar a UCI amb ROSC. Aquest era el resultat d'una àrea sense SEM, que a dia d'avui ja compta amb SEM, caldrà repetir l'anàlisi per veure si ha millorat el resultat. El segon comunica supervivència amb bona qualitat de vida del voltant del 5% en una zona amb SEM. També en aquella època vam expressar les nostres reflexions en un Congrés de Bioètica en una comunicació⁵⁹ en què es relacionaven estades a UCI d'aquests pacients amb els resultats finals respecte a qualitat de vida. En aquella comunicació es van incloure les víctimes de les aturades intrahospitalàries i els resultats foren discretament millors.

En aquest punt potser és il·lustratiu comentar el tràgic cas de Terri Schiavo, víctima d'una ACR per una hipokalièmia causada per un règim d'aprimament mal controlat. Va quedar en estat vegetatiu persistent. Aquest cas és molt conegut perquè és recent i molt

mediàtic des del moment que marit i pares van optar per la via judicial per resoldre les seves discrepàncies, l'un a favor de discontinuar hidratació i nutrició i els altres a favor de mantenir-les. Aquest cas havia estat precedit per molts altres de similars. Un dels precedents més conegut i també mediàtic fou el de Karen Ann Quinlan, que l'any 1975 va entrar en coma per una hipòxia severa produïda per probable broncoaspiració en el context d'una ingesta important d'alcohol i benzodiazepines. La família demanà que es desconnectés el respirador i ho va aconseguir per via judicial. Amb gran sorpresa per a tothom, va seguir respirant espontàniament durant quasi 10 anys més. En aquest cas sembla que podria haver-hi hagut una certa confusió de diagnòstics i pronòstics entre la mort encefàlica (per definició amb apnea i ja coneguda als EUA des dels criteris de Harvard del 1968⁶⁰) i l'estat vegetatiu persistent, descrit com he dit pocs anys abans, i en el qual la respiració es manté. El debat sobre què cal fer amb aquest tipus de malalt que es genera a partir de practicar aquestes maniobres i del manteniment a les UCI ja estava iniciat⁶¹. Els resultats de l'autopsia es van publicar⁶² i el patòleg destacava l'afectació global del cervell i del tàlam en particular.

En aquest punt val la pena comentar breument que aproximadament un 10% dels donants d'òrgans en mort encefàlica provenen de malalts que han estat víctimes d'ACR i que en la seva evolució han arribat a la situació de mort encefàlica.

També en aquest punt es pot afegir que hi ha programes implementats per tal d'intentar aconseguir òrgans procedents de pacients en ACR als quals s'apliquen maniobres de manteniment similars als que he descrit (en aquesta circumstància pel manteniment dels òrgans), una vegada declarada la irreversibilitat de la situació. Aquests programes es porten a terme a llocs tan propers com a l'Hospital Clínic de Barcelona o el San Carlos de Madrid⁶³⁻⁶⁶, i són una font emergent d'òrgans en un camp sempre deficitari com aquest, en què, malgrat haver augmentat la oferta, la demanda ha anat creixent més.

Per acabar aquest capítol introductori i en aquest context cal parlar d'un tema que afecta l'anàlisi dels resultats i que sol estar mal explicat. Ja mencionat previament, m'estic referint a les ordres de no reanimació (ONR). En un hospital com aquest en què treballo, amb Comitè d'Aturada Cardíorespiratòria, que recull totes les ACR i llurs incidències, on el Comitè d'Ètica Assistencial va elaborar unes guies pel correcte ús de les ONR i on està previst que tot pacient en ACR en la gràfica del qual no consti de manera explícita

unes ONR ha de ser intentat reanimat, resulta que la incidència més comuna i per sobre dels problemes d'ascensors i altres, és que no constin aquestes ONR quan haurien de constar, (dades parcialment publicades⁶⁷). En aquestes circumstàncies, sovint decideixen parar les maniobres de RCP els membres del propi equip, que tenen menys dades per prendre aquests tipus de decisions que els metges responsables d'aquell pacient.

En part relacionat amb el paràgraf anterior hi ha un tema que ha ocupat força literatura i que també està relacionat amb el resultat; es tracta de discutir la indicació d'intentar reanimar persones per sobre de determinada edat o amb determinades limitacions o malalties prèvies. No és un tema banal des del moment que s'apliquen quantiosos recursos i s'hauria d'evitar aplicar-los a situacions fútils. Per altra banda, no oblidem que les maniobres de RCP comporten unes formes necessàriament violentes, consistentes a abraonar-se sobre el pit de la víctima i aplicar les compressions toràciques comentades que, a més, poden arribar a ser molt iatrogèniques^{68,69}. No són situacions fàcils de resoldre, l'edat per si sola no ha de ser un criteri per indicar RCP o ONR, de la mateixa manera que no ho ha de ser per indicar altres tractaments com ara determinades intervencions quirúrgiques, tècniques dialítiques o trasplantaments d'òrgans. El que sí que és conegut i així es reflecteix a la bibliografia⁷⁰⁻⁷² és que, malauradament, l'edat sol anar lligada a alta comorbiditat, i aquesta sí que pot ser determinant a l'hora de prendre decisions d'aquest tipus.

Per descomptat que no tinc la solució a aquestes freqüents situacions però s'haurà de tendir a actuar tenint en compte les opinions i preferències dels nostres pacients⁷³⁻⁷⁷. Possiblement, en un entorn cultural com el nostre, de tipus mediterrani, no és habitual tractar aquests temes obertament, mentre que, en un entorn saxó, sol haver-hi més i millor disponibilitat, quan no una exigència del propi malalt.

Hi ha algun article que comenta la possible influència de la televisió en la possible mala informació dels usuaris. Em refereixo a autors que han analitzat la incidència, les causes i les característiques demogràfiques i sobretot els resultats de les RCP a les sèries de televisió de temes mèdics. Com era de preveure, hi ha una alta incidència d'ACR, específicament d'origen traumàtic, les víctimes són més joves i, sobretot, els resultats són a la Televisió molt més bons que els reals. En tot cas, els britànics transmetien

resultats més aproximats a la realitat⁷⁸ que els de les sèries equivalents dels EUA⁷⁹. Això pot afectar la gent a l'hora de decidir que volen ser reanimats, perquè tenen una percepció excessivament optimista d'aquestes maniobres.

2. Paper de l'Oxigen en l'Aturada Cardíaca

He parlat del tractament de l'ACR sense entrar en altres detalls que no fossin el SVB i el SVA, en l'algorisme del SVA, queda explícit que s'ha d'administrar O₂, el que no indica és com i quan. La resposta per als adults a dia d'avui és: el màxim possible i el més aviat possible. No hi ha cap treball de qualitat suficient que ho demostrï de manera fefaent i a canvi hi ha treballs amb mostres petites o experimentació animal amb resultats discordants⁸⁰⁻⁸⁴.

En els nounats no queda tan clar: hi ha una revisió de l'any 2005 de la Cochrane que no troba diferències entre l'aire i O₂ quant a supervivència, per la qual cosa no aconsella administrar O₂ en cas de ser requerida la ressuscitació en el moment de nèixer⁸⁵. Ja havia quedat clar que no m'ocuparia de temes inclosos en l'àmbit de la pediatria.

La FiO₂ del que una persona normal pot arribar a exhalar en el context de les maniobres de ressuscitació, concretament amb la ventilació boca-a-boca, està al voltant del 0,16-0,17⁸⁶. La diferència amb el 0,21, que és la de l'ambient, és el que consumeix el metabolisme del reanimador. En cas de perllongar-se les maniobres, de gran fatiga i/o molt d'estrés és possible que encara baixi més. En tot cas està demostrat que, sense ser la FiO₂ òptima, sí que és suficient per assolir la missió que té el SVB i mantenir la situació uns pocs minuts fins que arribi el SVA, preferentment precedit de desfibril·lació si estava indicada.

Del que s'ha dit en apartats previs també sabem que la lesió més important que queda com a seqüela d'una ACR recuperada és deguda a l'anòxia cerebral i en diem encefalopatia postanòxica. Aquesta situació, quan es produeix, deriva cap a milloria, cap a la mort per diverses causes i amb "tempos" diferents o cap a una situació, clàssicament catalogada com a pitjor que la mort que és l'estat vegetatiu persistent, del qual també n'he parlat. Els factors predisponents a l'evolució cap a aquest estat són: la duració de l'anòxia cerebral, l'edat de la víctima, l'estat d'oxigenació previ a l'ACR i d'altres mal coneguts. En tot cas, quan es decideix aplicar maniobres de RCP, no s'ha de pretendre només la supervivència sinó que és imperatiu que intentem aconseguir una bona qualitat de vida. Tinguem present que els estadis 1 i 2 del Glasgow Output Score anaven habitualment junts i, en cas d'anar separats, el 2 seria pitjor que l'1. És en aquest context on l'administració d'O₂ ha de ser a alta concentració i precoç.

Són diversos els mecanismes i sistemes per administrar O₂ a una víctima d'una ACR: van des del primitiu sistema ja comentat, ventilació boca-a-boca que justament aporta poca quantitat d'O₂, fins a respiradors que fàcilment poden donar oxigen pur. Entremig es troba un seguit d'aparells.

En l'ACR extrahospitalària no se sol disposar d'altres sistemes que el boca-a-boca, però amb l'arribada del SEM ja es disposa com a mínim de bosses de ressuscitació i O₂. Ens quedem en aquest punt que és el que detallaré en el proper apartat.

2.1. Bosses de ressuscitació (autoinflables)

Les bosses de ressuscitació autoinflables són uns dispositius de goma, actualment de silicona, que, com el seu nom indica, són autoinflables. Tenen una capacitat de 2000 cc (els pediàtrics són més petits), encara que darrerament els fan més petits, de 1500 i de 1300 cc., perquè les noves guies proposen administrar menys volum, tant per evitar el barotrauma com la hiperventilació, ambdues situacions perjudicials en el context de l'ACR. Un sistema de vàlvules fa que l'aire i l'O₂ entrin dins la bossa per darrera i surti necessàriament per davant, que és per on es ventila el malalt. Per una connexió estàndard, aquest sistema permet ventilar el pacient amb una màscara o amb un tub endotraqueal o similar (màscares laríngies o altres aparells que substitueixin el tub endotraqueal).

Aquest utensili està àmpliament generalitzat i actualment és el sistema de ventilació estàndard a tots nivells una vegada superada la fase de ventilació boca-a-boca i fins que, ja estabilitzat el quadre, es connecta la víctima a un ventilador convencional.

A l'hospital on treballa, sempre se n'ha dit Ambú, d'aquest tipus de bossa. Es dona el cas que Ambú® és una marca registrada, la primera que va entrar al mercat, i ha quedat com a estàndard. Les primeres eren d'una goma rígida d'un vermell molt ostentós. Posteriorment van ser negres i actualment disposem de les blaves de silicona. Tots aquests detalls vénen al cas pel fet que el primer treball que presento⁸⁷ té el seu origen en un dubte que se'ns va plantejar amb la FiO₂ que podíem arribar a administrar en el transcurs de l'assistència diària i en el fet d'intentar i aconseguir resoldre'l.

Com s'ha dit, a l'hospital hi havia bosses de ressuscitació de marca Ambú®. A dia d'avui hi ha predominantment la mateixa marca amb els models més moderns, el negre, que no permet que se li afegeixi la bossa reservori, però sí que disposa d'una entrada d'O₂. És el que hi sol haver a les unitats d'hospitalització de baixa incidència d'ACR. El més modern, blau, té la possibilitat d'incorporar-hi bossa de ressuscitació, però no hi ve obligada per disseny com en altres models i marques i, evidentment, té la preceptiva entrada d'O₂.

La qüestió que va provocar que ens decidíssim a portar a terme la investigació que generà el primer article⁸⁷ va ser esbrinar la FiO₂ que s'administrava segons el tipus de

bossa de ressuscitació que s'emprava, lligat així mateix a altres factors, com ara el flux d'O₂ i la presència de reservori correctament muntat. Aquests aspectes seran desenvolupats amb més detall en l'apartat d'hipòtesis i objectius del 1r article i a la discussió.

3. Maniobres de Ressuscitació

Ja he mencionat els treballs pioners que describien les maniobres clàssiques de la reanimació^{3,4}. L'apartat corresponent a ventilació amb diferents sistemes ja ha estat tractat en apartats previs i ara posarem l'èmfasi en les compressions toràciques.

He comentat també com en els primers anys s'utilitzava correntment el terme "massatge cardíac" i, per unes consideracions de tipus fisiològic, es tendeix a utilitzar el terme compressions toràciques per fer exactament el mateix que abans. Aquest canvi ve condicionat per una polèmica mal resolta en què no queda prou clar si, quan apliquem compressions toràciques, el cor continua actuant, encara que de manera passiva, com a bomba cardíaca, o és tot el tòrax el que acaba actuant com a bomba toràcica⁸⁸. No és objectiu d'aquesta tesi entrar en aquesta matèria. Jo utilitzaré el terme modern.

3.1. Compressions toràciques

De cara a simplificar-ne l'execució en la pràctica de la RCP, així com per millorar-ne la retenció en el camp de la docència, actualment són poques les premisses que s'han de tenir en compte i ja han estat comentades a la taula 3. Breument: mans al mig del pit segons la normativa actual en comptes de basar-nos en l'anatomia de l'esternó, la positura de cos i mans del reanimador com es mostra a les figures 3 i 4, compressions contra superfície dura aconseguint enfonsar l'esternó uns 4-5 cm., i aproximadament a ritme de 100 compressions per minut (el que equival a una mica més que una compressió per segon o discretament més a poc a poc que dues compressions per segon). El que també ha canviat és la seqüència d'actuació que, segons la nova normativa^{36,37}, ha passat a ser 30:2, o sigui que començarem per 30 compressions toràciques i aplicarem dues ventilacions. Recordem que fa molts anys se'ns deia que la seqüència havia de ser d'1:5, posteriorment passà a 2:15 i ara estem a 30:2.

Una vegada més el món pediàtric va a banda i, com que en el cas dels nens la causa de l'ACR sol ser predominantment respiratòria, s'ha mantingut la seqüència de 2:15 quan les maniobres de RCP són practicades per pediatres experts. Altrament, i per tal d'homogeneïtzar i simplificar, s'aconsella la de 30:2 quan la víctima tingui més d'un any^{89,37}.

Ningú no coneix la seqüència òptima, és possible que aquestes seqüències vagin canviant en properes edicions de les guies.

En tot cas, és un tema molt debatut i sotmès a molta investigació clínica, i també en models animals. Hi ha multitud d'experiències en funció de les quals es fan singulars propostes referents a si és millor 2:30, o 50:2. A la vista de l'evolució de les seqüències que s'han anat proposant i acceptant, pot ser que en el futur l'apartat ventilatori continuï perdent rellevància entre els adults i l'apartat de compressió toràcica continuï guanyant terreny^{90,91}. Una vegada més els nens reben una consideració a part⁸⁹.

Un tema molt relacionat i debatut i que té a veure amb el que estem tractant és si el massatge ininterromput sense ventilació te avantatges quant a supervivència. Que té altres avantatges sí que està demostrat⁹²⁻⁹⁴. La idea clàssica és que les maniobres es

componen de ventilació i compressions. Una part de la crítica moderna diu que la ventilació boca-a-boca, sense protecció i a un desconegut, genera reluctància a molta gent i a més fa perdre un temps, que en aquell moment concret és crucial. Part de raó devien tenir els autors de l'article⁹⁵ que consideraven un oxímiron administrar dues ventilacions i aplicar compressions toràciques amb rapidesa i eficàcia.

I, finalment, vull comentar que no s'ha acabat d'imposar, i per tant no consten a les guies, els sistemes per fer compressió-descompressió actives o introduir altres aditaments que puguin ajudar a millorar els resultats. Continuen en fase d'investigació, per la qual cosa no entrarem en detalls⁹⁶⁻⁹⁸. El fet de mencionar aquests aspectes és perquè estan relacionats amb el tema que ens ocupa.

3.2. Qualitat i fatiga durant les compressions toràciques

El tema de la qualitat de les compressions toràciques és molt important. Ve definida per diferents aspectes ja comentats, dels quals els més importants són la col·locació del cos i braços del reanimador envers el cos de la víctima, la col·locació de les mans en el mig del pit de la víctima, la freqüència de les compressions, aproximadament a 100 min^{-1} i la força que s'aplica sobre l'esternó capaç d'enfonsar-lo 4-5 cm.

Quan estem impartint docència, exigim dels alumnes que ho facin bé contemplant tots els paràmetres mencionats, i no ens permetem “aprovar-los” si no assoleixen tots aquests objectius, que per altra banda són molt senzills.

Si són responsables d'un equip de ressuscitació hem d'aconseguir que tots els reanimadors executin les maniobres de manera adequada o, substituir aquells que no ho aconsegueixen.

Hi ha una sèrie de publicacions que tenen com a objectiu l'anàlisi de la qualitat de les compressions toràciques⁹⁹⁻¹⁰³. Solen basar-se en els aspectes que he comentat. Alguns utilitzen un maniquí de pràctiques que té acoplat un ordinador que mesura alguns dels paràmetres citats, col·locació de les mans, desplaçament de l'esternó i freqüència de les compressions, és l'Skillmeter Resusci® Anne¹⁰⁴ de la casa Laerdal. No vaig disposar d'aquest sistema per portar a terme el nostre segon treball. Hi ha un estudi que analitza de manera detallada el desplaçament de l'esternó amb cada compressió toràcica¹⁰⁵. Tampoc disposarem d'aquell o similar aparatatge.

Encara que molt relacionat amb el tema previ hi ha treballs que han posat l'èmfasi en la fatiga del reanimador^{106,107}. Concretament el que presento com a segon treball per defensar aquesta tesi es fixa primordialment en aquest punt¹⁰⁸.

Com es comenta en el mateix article, hi ha diverses causes per abandonar les maniobres de RCP, la millor de les quals és perquè la víctima recupera circulació espontània (ROSC per als angloparlants i en aquesta tesi). La causa més dramàtica és perquè el reanimador està exhaust. Per tant, la fatiga, del reanimador ja era contemplada com a limitació en el context de la RCP.

Un treball com el nostre ja s'havia portat a terme, però no amb les característiques que li hem donat nosaltres. És per això que crec que té un interès i, sens dubte, per aquest motiu l'han acceptat a la revista *Resuscitation*.

4. Hipòtesis i Objectius

Tal com s'indica en el títol, aquesta tesi està basada en dos articles^{87,108} que tenen en comú que contemplen aspectes del tractament de l'aturada cardíaca en el Suport Vital Bàsic i Avançat: buscant optimitzar l'aportació d'oxigen durant l'aturada cardiorespiratòria, el primer, avaluant la resposta fisiològica a dos minuts sense interrupcions de compressions toràciques, el segon.

1r Estudi

Màxima FiO_2 en el mínim temps en funció del tipus de bossa de ressuscitació i el flux d' O_2 .

Estudi de laboratori per analitzar les FiO_2 assolides depenent del tipus de bossa de ressuscitació i els diferents i creixents fluxos d' O_2 , així com per conèixer el temps que tarda a establir-se la FiO_2 .

HIPÒTESI:

En condicions de laboratori, la FiO_2 que podem assolir amb una bossa de ressuscitació depèn de molts factors. Quan deixem fixos la freqüència respiratòria i el volum corrent, podem preveure la FiO_2 en funció del tipus de bossa de ressuscitació i del flux d' O_2 subministrat.

OBJECTIUS:

Objectiu primari: Analitzar els valors de FiO_2 assolits en funció del tipus de bossa de ressuscitació i del flux d' O_2 administrat, amb freqüència respiratòria i volum corrent fixos.

Objectiu secundari: Estudiar quant temps transcorre fins que s'estabilitza la FiO_2 .

2n Estudi

Resposta fisiològica del reanimador d'una aturada cardiorespiratòria a dos minuts de compressions toràciques sense interrupcions.

Estudi de laboratori en el qual, partint de la base que tenim una víctima en aturada cardiorespiratòria ja intubada i amb la via aèria segellada, s'apliquen dos minuts ininterromputs de compressions toràciques.

HIPÒTESI:

La resposta fisiològica del reanimador d'una aturada cardíaca a dos minuts de compressions toràciques sense interrupcions queden dintre d'uns límits perfectament tolerables, tant des del punt de vista objectiu com del subjectiu.

OBJECTIUS:

Objectiu primari: Avaluar la resposta fisiològica del reanimador d'una ACR a dos minuts de compressions toràciques a 100 min^{-1} sense interrupcions mitjançant l'anàlisi de la freqüència cardíaca i la SatO_2 .

Objectius secundaris: Estudiar temps de recuperació després de dos minuts de compressions toràciques ininterrompudes i la resposta subjectiva mitjançant una escala visual analògica.

5. Publicacions

5.1. Primer Article

Màxima FiO₂ en el mínim temps en funció del tipus de la bossa de ressuscitació i del flux d'Oxigen

Salvador Quintana
Jesús Martínez Pérez
Manuel Alvarez
Joan Salvador Vila
Fernando Jara
Juan Manuel Nava

Maximum FI_{O_2} in minimum time depending on the kind of resuscitation bag and oxygen flow

Received: 25 April 2003
Accepted: 18 August 2003
Published online: 10 October 2003
© Springer-Verlag 2003

S. Quintana (✉) · J. Martínez Pérez
M. Alvarez · F. Jara · J. M. Nava
Intensive Care Unit,
Hospital Mútua de Terrassa,
Plaça Dr. Robert 5,
08221 Terrassa Barcelona, Spain
e-mail: UCI@mutuaterrassa.es
Tel.: +34-93-7365000 ext 1244
Fax: +34-93-7365006

J. S. Vila
Institut Municipal d'Investigació Mèdica,
Barcelona, Spain

Abstract Objective: To analyze what FI_{O_2} can be reached, and how long it takes using the different autoinflated resuscitation bags and increasing oxygen flows. **Design:** Experimental analysis on the effect of three different models of autoinflated resuscitation bag and increasing oxygen flows in the final FI_{O_2} and time spent to reach it. **Setting:** Laboratory, with a gas analyzer and a lung simulator to measure inspired FI_{O_2} .

Interventions: Simulated cardiopulmonary resuscitation. Three different autoinflated resuscitation bags were studied; A, the classic one with oxygen delivery directly into the bag, without reservoir; B, a new one without the reservoir device; and C, a new one with the reservoir device properly implemented. Increasing oxygen flows were administered until FI_{O_2} stabilized. **Results:** With model A the maximum FI_{O_2} reached

was 0.73 in 70 s using a 20 l/min oxygen flow. With model B the maximum FI_{O_2} reached was 0.65 in 90 s using a 20 l/min oxygen flow. The best FI_{O_2} (0.99) was reached using model C in 55 s with 12 l/min oxygen flow. In the three models a high correlation between oxygen flow and FI_{O_2} was found ($r > 0.8$). **Conclusions:** It is mandatory to use model C resuscitation autoinflated bag with 12 l/min of oxygen flow during the resuscitation maneuvers. Using another autoinflated bag model, maximum oxygen flows (i.e., 20 l/min) are needed. The resuscitation autoinflated bags showed less effectiveness when they were not properly assembled.

Keywords Inspired fraction of oxygen · Oxygen flow · Autoinflated resuscitation bag · Cardiopulmonary resuscitation

Introduction

Both the European Resuscitation Council (ERC) and the American Heart Association (AHA) guidelines [1, 2] for advanced life support (ALS) during cardiac arrest emphasize that it is mandatory to administer oxygen during resuscitation maneuvers. Moreover, both organizations advise administering the maximum possible oxygen concentration to achieve better results, and they explain that oxygen at this concentration is toxic only when administered for long periods of time. We can reach this goal by various means. With the traditional mouth-to-mouth air insufflation during the basic life support (BLS) the FI_{O_2}

given by the rescuer is nearly 0.16 [3, 4]. On the other hand, during ALS we can administer oxygen to the patient at FI_{O_2} 1 using a mechanical ventilator. Other devices that allow higher oxygen concentrations to be administered in the air mixture include autoinflated resuscitation bags. These are used at the hospital settings as BLS before the arrival of ALS team. In our daily practice we use three different autoinflated resuscitation bags to give supplementary oxygen during cardiopulmonary resuscitation. The goal of this study was to analyze what FI_{O_2} can be reached, and how long it takes to reach it using the different autoinflated resuscitation bags and increasing oxygen flows.

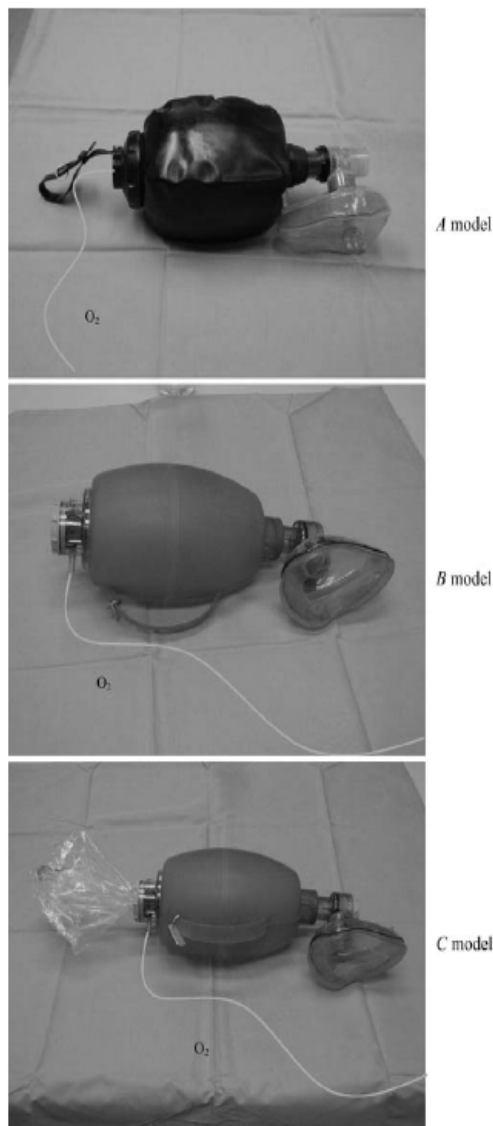


Fig. 1 The three models of autoinflated resuscitation bag examined in this study: *model A* without oxygen reservoir, oxygen delivered directly inside the bag; *model B* oxygen administered without the correct assembly of the reservoir; *model C* identical to *model B* but with correct assembly of the reservoir

Material and methods

Three different models of autoinflated resuscitation bags were studied (Fig. 1). Model A was an autoinflated resuscitation bag without oxygen reservoir, in which the oxygen is delivered directly inside the bag (Resuscitator Ambu Mark III). Model B was a bag that allows the administration of oxygen without the correct assembly of the reservoir (Adult Ambu Silicone Resuscitator).

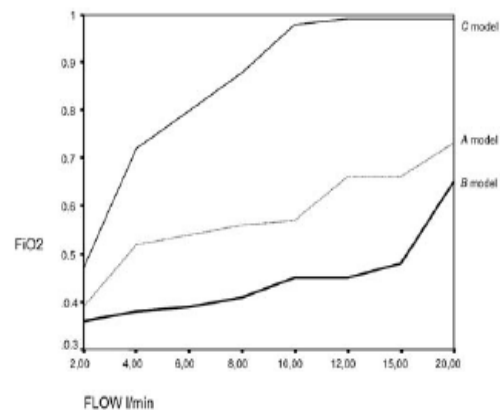


Fig. 2 Maximum stabilized FIO₂ for each bag model depending on the O₂ flow

Model C is a bag identical to model B but with the reservoir bag properly assembled. Each bag was connected to oxygen and to a lung simulator (Pulmonair). A gas analyzer module (Compact Airway Modules M-COV) connected to a Datex-Ohmeda S/5 Critical Care Monitor was placed between the bag and lung simulator to measure the inspiratory oxygen concentration, tidal volume, and respiratory frequency. This module offers a wide range of direct patient ventilation and gas measurements. Inspired O₂ concentration is measured with a paramagnetic sensor with an accuracy of ± 2 vol %. Spirometry was performed by a flow sensor with an accuracy of ± 6 %. The same investigator ventilated the lung simulator with each bag at a respiratory rate of 12 l/min and constant tidal volumes of 400 cc according to the ERC and AHA recommendations in their resuscitation guidelines when supplementary O₂ is delivered. Tidal volume and respiratory rate were kept constant with the gas analyzer module. For each bag tested, increasing oxygen flows (2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, and 20 l/min) were delivered; for each flow ventilation was continued until a plateau in the FIO₂ recorded by the gas analyzer was reached. We recorded this value and the time spent to reach the plateau.

For each dependent variable (FIO₂ and time) a generalized linear model was calculated, including the type of autoinflated resuscitation bag as a fixed factor and the O₂ flow as a covariate [5]. This design can be thought of as subtracting the variances due to the covariate (flow) considering the means before comparisons are made. Thus we are dealing with adjusted means. In this approach a regression model is fitted to the form: $FIO_2 = \beta_0 + (\beta_1 \times \text{resuscitation bag}) + (\beta_2 \times \text{flow}) + \text{error}$. Using this model the adjusted mean scores for each resuscitation bag are defined to be the predicted values obtained by evaluating the model at each level of resuscitation bag when flow is set equal to overall mean flow for the three groups. A similar model was calculated substituting FIO₂ by time (in seconds) as dependent variable. Each dependent variable means and 95% confidence interval (CI) were calculated for each resuscitation bag adjusted by flow. Bonferroni's method was applied for multiple comparisons.

Results

Increasing oxygen flows produced an increase in FIO₂ in each of three bags, but the behavior of the bags differed. Model A reached a maximum FIO₂ of 0.73 with a flow of 20 l/min while model C reached a FIO₂ of 0.99 with a

Table 1 FIO₂ and time to reach maximum concentration. A generalized linear model was designed including a model of a bag as a factor and oxygen flow as a covariate; error for multiple comparisons was corrected by the Bonferroni method (CI confidence interval)

Model	FIO ₂ ^a					Time (s)				
	Adjusted		Max.	<i>p</i>		Adjusted		Max.	<i>p</i>	
	Mean	95% CI		vs. B	vs. C	Mean	95% CI		vs. B	vs. C
A	0.58	0.52–0.63	0.73	0.006	<0.001	64.1	54.4–73.9	70	1	0.220
B	0.45	0.39–0.50	0.65	–	<0.001	69.4	59.6–79.1	90	–	0.043
C	0.85	0.80–0.91	0.99	–	–	51.6	41.9–61.4	55	–	–

^aMeans adjusted by flow

flow of 12 l/min; this value was the maximum oxygen concentration obtained by the three models. Model B (i.e., model C without the reservoir) showed the worst behavior, with a maximum FIO₂ of 0.65 at 20 l/min (Fig. 2). Model C needed less time to reach the maximum FIO₂ (55 s), followed by model A (70 s) and model B (90 s). Differences between model C and the other two were statistically significant both for the FIO₂ reached ($p<0.001$) and for the time necessary to reach it ($p=0.04$, Table 1). The correlation between FIO₂ and oxygen flow was high for the three models ($r>0.8$).

Discussion

In BLS the debate continues over whether it is better to apply mouth-to-mouth air insufflation with 16–17% exhaled FIO₂ or to use other means, for example, only chest compressions, to use the patient's gasping respiratory pattern [6, 7, 8]. In ALS there is no doubt about the indication for delivering oxygen at high FIO₂ as soon as possible.

To achieve this goal our findings show that it is mandatory to use the model C resuscitation autoinflated bag in all hospital wards and then to substitute other models. These kind of decisions are not often in the clinicians' hands; nevertheless they are the persons responsible for managing ALS. This is the reason why we need to quantify the FIO₂ that can be reached in each model, and how much time and what oxygen flow is needed for this purpose. It is easy to find in the medical literature that the FIO₂ that can be reached with the model C using the

proper oxygen flow is around 0.99–1 [1]. However, we found no study reporting oxygen flow that is needed [9, 10, 11], the FIO₂ that can be reached, or the length of time that it takes using the two older models A and B, both of which are still in use (ICU, emergency room, surgical and medical wards and in surgical theater).

It seems logical that C model design succeeds in reaching a FIO₂ of almost 1 because it receives air only from the reservoir. The model which performed least well in this experiment, model B, receives O₂ in the interface and gently enriches the FIO₂ of the zone, therefore reaching only an intermediate FIO₂. Model A, in spite of receiving O₂ inside the bag at a high flow, since lacking a reservoir there is air entry mixing at each insufflation, does not exceed a FIO₂ of 0.73.

A limitation of this experiment is its use of only a single measure of FIO₂ for each model and flow. However, having various replications would have complicated the statistical calculation without increasing information on the FIO₂ behavior in terms of bag model and flow. We consider this an experimental design.

As a conclusion and final comment, we point out that it is mandatory to use the model C resuscitation autoinflated bag with a minimum of 12 l/min oxygen flow during the resuscitation maneuvers. Using the other autoinflated bag types, we must use higher oxygen flows when available (20 l/min). When model C is not properly implemented its efficacy drops dramatically. For the above reasons, in our hospital when we teach instrumentalized BLS or ALS techniques, we emphasize these aspects and try to ensure that the personnel are familiar with the material and its correct use and implementation.

References

1. Advanced Life Support Working Group, Executive Committee of the European Resuscitation Council (2001) European resuscitation council guidelines 2000 for adult advanced life support. *Resuscitation* 48:211–221
2. American Heart Association (AHA) in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) (2000) Guidelines 2000 for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care: an international consensus on science. *Circulation* 102:11–1384
3. Wenzel V, Idris AH, Banner MJ, Fuerst RS, Tucker KJ (1994) The composition of gas by moth-to-mouth ventilation during CPR. *Chest* 106:1806–1810

4. Rotenberg EM, Dzwonczyk R, Reilly TE, Malone E (1994) Use of supplemental oxygen during bystander-initiated CPR. *Ann Emerg Med* 23:1027-1031
5. Kleinbaum D, Kupper L, Muller K (1988) Analysis of covariance and other methods for adjusting continuous data. In: *Applied regression analysis and other multivariable methods*, 2nd edn. Duxbury, Belmont, pp 297-313
6. Idris A (2000) Effects of inspired gas content during respiratory arrest and cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 28 [Suppl 1]:N196-N198
7. Langhelle A, Sunde K, Wik L, Steen PA (2000) Arterial blood-gases with 500- versus 1000-ml tidal volumes during out-of-hospital CPR. *Resuscitation* 45:27-33
8. Winkler M, Mauritz W, Hackl W, Gilly H, Weindlmayr-Goettel M, Steinbreithner K, Schindler I (1998) Effects of half the tidal volume during cardiopulmonary resuscitation on acid-base balance and haemodynamics in pigs. *Eur J Emerg Med* 5:201-206
9. Starr LM (1993) Proper oxygen use can help save lives in initial medical emergency response. *Occup Health Saf* 62:68-70
10. Ditchey RV, Goto Y, Lindenfeld J (1992) Myocardial oxygen requirements during experimental cardiopulmonary resuscitation. *Cardiovasc Res* 26:791-797
11. Berg EA, Wilkoxson D, Hilwing RW, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, Eklund DK, Ewy GA (1995) The need for ventilatory support during bystander CPR. *Ann Emerg Med* 26:342-350

5.2. Carta a la revista *Resuscitation* referent al primer article i la resposta corresponent



LETTERS TO THE EDITOR

European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005 have been published in a recent issue.¹ Important changes have been incorporated. Nevertheless, we would like to raise two related points.

The first point relates to oxygen administration. Specifically on page S53, it is stated that, according to the type of self-inflating bag, the flow rate of oxygen and reservoir use, a FiO_2 of 0.21 up to 0.85 can be reached.

This subject has been specifically studied by us in the laboratory and we were able to show that with a flux of 12 L/min and reservoir, with a standard respiratory rate and tidal volume, a FiO_2 of 0.99 could be reached in less than 1 min.²

The second point we want to deal with is that, in the drawings shown on page S55 in the Guidelines Fig. 4.10(a) and (b), the self inflating bags have no reservoir. It would be advisable to change these drawings to incorporate a reservoir in order to improve the quality of the message given.

References

1. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. *Resuscitation* 2005;67:51–189.
2. Quintana S, Martínez Pérez J, Álvarez M, Vila JS, Jara F, Nava JM. Maximum FiO_2 in minimum time depending on the kind of resuscitation bag and oxygen flow. *Intens Care Med* 2004;30(1):155–8.

S. Quintana*
M. Álvarez

Cardio-Respiratory Arrest Committee, Hospital
Mútua de Terrassa, Placa Dr. Robert, 5, 08221
Terrassa, Barcelona, Spain

* Corresponding author. Tel.: +34 937365050;
fax: +34 937356006.

E-mail address: 11145sqr@comb.es (S. Quintana)

7 February 2006

doi: 10.1016/j.resuscitation.2006.02.012

0300-9572/\$ – see front matter © 2006 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved.



Reply by Jerry Nolan to Letter to the Editor by Dr. Quintana

I thank Quintana and Álvarez for pointing out their study on the FiO_2 achieved with three different self-inflating bag-mask systems.¹ Regrettably, this study had not been included in the 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science² and the European Resuscitation Council Advanced Life Support Working Group did not consider these data when writing the 2005 ERC guidelines.³ Under the controlled conditions used in their experiment (400 ml tidal volume, respiratory rate 12 min^{-1}), Quintana and Álvarez have shown that a self-inflating bag-mask with reservoir will achieve an FiO_2 of 0.99 at an oxygen flow of 12 $l\ min^{-1}$. The ERC and the American Heart Association (AHA) 2005 guidelines recommend a tidal volume of 6–7 $ml\ kg^{-1}$ (500–600 ml).^{3,4} It would be interesting to know whether a bag-mask with reservoir would still achieve a FiO_2 of 0.99 at this higher tidal volume. Another factor that could potentially influence the FiO_2 delivered by a bag-mask is the speed that the bag re-expands. Rapid expansion may draw room air into the bag even if an oxygen reservoir is connected—this is more likely when using higher tidal volumes.

Figure 4.10(a) and (b) on page S55 of the ERC Guidelines depict a self-inflating bag connected to a Combitube. Quintana and Álvarez are correct—an oxygen reservoir should have been included in these illustrations.

References

1. Quintana S, Martínez Pérez J, Álvarez M, Vila JS, Jara F, Nava JM. Maximum FiO_2 in minimum time depending on the kind of resuscitation bag and oxygen flow. *Intensive Care Med* 2004;30:155–8.
2. International Liaison Committee on Resuscitation. 2005 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and

emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 2005;67:157–161.

3. Nolan JP, Deakin CD, Soar J, Bottiger BW, Smith G. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005. Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation* 2005;67 (Suppl 1):S39–86.

4. 2005 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2005;112:IV1–203.

Jerry Nolan*

Royal United Hospital, Bath, UK

*Tel.: +44 1225 825 056;

fax: +44 1225 825 061.

E-mail address:

Jerry.Nolan@ruh-bath.swest.nhs.uk

24 February 2006

doi: 10.1016/j.resuscitation.2006.02.013

Right ventricular infarction simulating the Brugada syndrome

Ischaemia-induced ECG abnormalities mimicking Brugada syndrome (BRS) has been described rarely in association with the hyperacute phase of right ventricular infarction (RVI) or ischaemia.^{1–3} We report a patient with acute inferior myocardial infarction (MI) who developed ECG changes in the right praecordial leads resembling the BRS.

A 71-year-old woman was admitted to the hospital because of chest pain lasting 1 h. Three months prior to admission, she had had an acute inferior MI treated with tenecteplase, and 2 weeks later other MI with minimal myocardial damage (cardiac troponin I of 0.82 µg/L, and normal values of creatinine kinase). Cardiac catheterisation at that time revealed a 70% diameter stenosis of the right coronary artery at its midportion; the other arteries were normal. A coronary stent was deployed in the right coronary artery. Her current medications included clopidogrel, aspirin, levothyroxin, and fluvastatin. Since then, she had several episodes of atypical chest pain over the next 10 weeks. On admission, her cardiovascular examination revealed an S4 gallop and clear lung fields. The initial ECG (Figure 1A) showed sinus rhythm, QS complex associated with ST-segment elevation in the inferior leads, and reciprocal ST-segment depression in I, aVL and V₂ leads. One hour later, the patient's chest pain intensified. A repeat ECG (Figure 1B) revealed sinus rhythm, QS complex along with ST-segment elevation in leads II, III, and aVF, and J (r') wave followed by a coved-type ST-segment elevation decreasing from V₁ to V₃ and

ending in a negative T wave in the right praecordial leads. There was also a 1 mm ST-segment elevation in lead V_{4R} compatible with RVI. Thrombolytic treatment with tenecteplase was started, and rapid relief of chest pain and resolution of ST-segment elevation were achieved about 60 min later. A new ECG (Figure 1C) revealed a QS complex together with absence of ST-segment deviation in the inferior leads, and regression of the anterior ST segment elevation without evolutionary ECG changes (new Q or inverted T waves). Serial creatinine kinase values were elevated, with a peak total of 880 U/L. An echocardiogram revealed a markedly dilated and poorly contracting right ventricle. On day 5, repeat coronary angiography showed complete occlusion of the proximal right coronary artery, while the other vessels were normal. Subsequently, a right coronary angioplasty was performed with successful recanalisation. The patient was well on discharge from hospital.

Acute occlusion of the right coronary artery, proximal to the right ventricular branches, may cause RVI.⁴ The right ventricular involvement can be diagnosed by the presence of ST-segment elevation of ≥1 mm in the lead V_{4R} in the setting of acute inferior MI.⁵ Rarely, ST-segment elevation suggesting anterior MI and involving leads V₁ to V₃ has been reported in a few cases of RVI.^{6,7} Such patients may show late r' wave in lead V₁, coved ST-segment elevation in these right praecordial leads decreasing from V₁ to V₂, and absence of evolutionary ECG changes (new Q or inverted T waves) in the praecordial leads.⁷ This patient had a subacute stent thrombosis in the middle portion of the right coronary artery causing an acute inferior MI associated with reciprocal anterior ST-segment depression. Later, the proximal extension of the intracoronary thrombosis in the right coronary artery led to septal ST-segment elevation secondary to RVI. As far as we know, this sequence of ST-segment depression preceding ST-segment elevation in right praecordial leads has not been previously published in the RVI setting.

Acute MI causing J wave, convex ST-segment elevation and negative T wave in the right praecordial leads may simulate the Brugada syndrome—a hereditary cardiac disease (with a gene mutation affecting cardiac sodium channel function) characterised by a prominent J wave followed by an elevated coved or occasionally saddle-back ST segment and a negative T wave in right praecordial leads, and a high risk of sudden cardiac death in patients with a structurally normal heart.⁸ These ECG abnormalities have been described in association with the hyperacute phase of RVI,^{1–3} and also during transmural myocardial ischaemia sec-

5.3. Segon Article

Resposta fisiològica del reanimador a dos minuts de compressions toràciques sense interrupció

Resuscitation (2006) xxx, xxx–xxx



ELSEVIER

MANINKIN AND SIMULATION STUDIES

RESUSCITATION



www.elsevier.com/locate/resuscitation

The physiological effect on rescuers of doing 2 min of uninterrupted chest compressions[☆]

Salvador Quintana Riera^{a,c,*}, Baltasar Sánchez González^a, Josep Trenado Álvarez^a, María del Mar Fernández Fernández^a, Jaume Mestre Saura^b

^a Intensive Care Unit, Hospital Mútua de Terrassa, Spain

^b Critical Care Department, Hospital de Sabadell, Spain

^c Cardio Respiratory Arrest Committee, Hospital Mútua de Terrassa, Spain

Received 9 October 2006; received in revised form 24 October 2006; accepted 24 October 2006

This study was presented as a poster to the 2006 National Congress of the Spanish Society of Critical Care Medicine (SEMICYUC).

KEYWORDS

Cardiopulmonary resuscitation (CPR);
CPR guidelines;
Chest compression;
Rescuer fatigue

Summary

Objectives: To analyze how rescuers tolerate the effort derived of giving uninterrupted chest compressions during 2 min.

Materials and methods: Twenty-three healthy volunteers, nurses and doctors of the Intensive Care Unit (ICU), members of the hospital cardiac arrest team, were enrolled in the study. Using a training mannequin, participants were asked to perform chest compressions during 2 min at a rate of 100 min⁻¹. The oxygen saturation and cardiac rate of the subjects were monitored using pulse oximetry before and after one and 2 min performing chest compressions. The percentage of the maximal heart rate of the rescuer over the theoretical maximum allowed in a conventional stress test was calculated, taking into account age and body mass Index (BMI) of the subjects. Fatigue was measured using a visual analogical scale (VAS).

Results: The means (±S.D.) of chest compressions in the first and second minutes were 103 ± 12, and 104 ± 11, respectively. The mean of the percent of maximum heart rate observed was 61 ± 8%. None of the subjects had difficulties to complete the test. All subjects recovered their basal values in less than 2 min, and the mean value recorded in the VAS was 3 ± 2.

Conclusions: The practice of uninterrupted chest compressions during 2 min by the same rescuer is well tolerated by health professionals trained in cardiopulmonary resuscitation (CPR).

© 2006 Published by Elsevier Ireland Ltd.

[☆] A Spanish translated version of the summary of this article appears as Appendix in the final online version at ...

* Corresponding author at: Servei de Medicina Intensiva, Hospital Mútua de Terrassa, Plaça Dr. Robert, 5, 08221 Terrassa, Barcelona, Spain. Tel.: +34 937365050; fax: +34 937365006.

E-mail address: 11145sq@comb.es (S.Q. Riera).

0300-9572/\$ – see front matter © 2006 Published by Elsevier Ireland Ltd.

doi:10.1016/j.resuscitation.2006.10.031

Please cite this article in press as: Riera SQ, et al., The physiological effect on rescuers of doing 2 min of uninterrupted chest compressions, *Resuscitation* (2006), doi:10.1016/j.resuscitation.2006.10.031

Introduction

During the 1960s the basis for the practice of cardiopulmonary resuscitation with chest compressions and mouth-to-mouth ventilation were described.^{1,2}

The first guidelines for cardiopulmonary resuscitation were published in 1966,³ and were subsequently reviewed, the most recent being published in 2005.^{4,5}

The rationale for the development of new guidelines is dictated by the need to incorporate new evidence and by the poor results achieved with the old ones. New guidelines put a special emphasis on chest compressions, recommending a change in the ratio and order from ventilation:compression 2:15 to compression:ventilation 30:2.^{4,5} The last edition of the guidelines states for the first time that in order to avoid fatigue in the rescuer it would be desirable to rotate him/her periodically if more than one rescuer is available. The recommended period for changing the person who performs chest compressions is 1–2 or 2 min according to the 2005 guidelines. Not all the changes incorporated in the guidelines are completely evidence-based.

Several studies evaluated the physical response of the rescuer during CPR, such as those of Lucia et al.⁶ and Ashton et al.,⁷ who showed that the quality of chest compressions deteriorates when performed for longer than 3 min.

Fatigue in the rescuer is a known problem, being one of the arguments to justify the interruption of resuscitative efforts. Nowadays, out-of-hospital and in-hospital CPR is usually well organised and performed by trained teams. In that context, the recommendation to change the rescuer who is performing chest compressions every 1–2 min seems to be reasonable.

Our objective was to evaluate the tolerance of health professionals trained in CPR to the practice of uninterrupted chest compressions during 2 min, by analysing the physiological and subjective responses.

Materials and methods

Twenty-three healthy volunteers, members of the hospital cardiac arrest team, and trained in CPR, performed chest compressions for 2 min in an experimental environment. Chest compressions were performed on an "intubated" manikin without interruptions to synchronize ventilations, as indicated by 2005 guidelines for CPR.⁵

After obtaining the consent of participants, the following data were recorded: profession (doctor and nurse), age, sex, height and weight (in order to calculate BMI using the standard formula [weight (kg)/height (m)²]), smoking habit, and subjective estimation of physical shape.

Participants were instructed to perform uninterrupted chest compressions for 2 min at a rate of 100 min⁻¹ on a CPR training manikin (Resusci[®] Anne Torso Basic, Laerdal Medical AS, Stavanger, Norway). The rate of chest compressions was measured every minute. Deviations of more than 25% in the number of chest compressions performed were not tolerated, and the test was repeated after an adequate period of rest. Two independent observers (SQR and BSG) evaluated the correctness of chest compressions qualitatively using the same criteria by consensus, with respect to sternal depression and hand placement in the centre of the chest. The heart rate and O₂ saturation of the subjects were measured at baseline, after 1 and 2 min of chest compressions, and continuously until recovery (defined as time to return to baseline value of HR), using a pulse oxymeter (N-550, Nellcor Puritan Bennett Inc., Pleasanton, CA, USA). The maximal tolerated heart rate (MHR) was calculated using the same method used in stress tests (MHR = 220 – age (years)). Finally, the study participants recorded their subjective perception of fatigue using a VAS on a score from 0 to 10.

Statistical analysis

Qualitative variables are expressed as percentages and compared using the χ^2 -test; quantitative ones are expressed as means and standard deviations (\pm S.D.) or ranges, and are analysed using Student's *t*-test. Correlation techniques are also used, and expressed using Pearson's *r*.

In order to calculate the sample size it was assumed that all the participants would show a good tolerance, and thus a sample of 23 subjects would guarantee that the confidence interval of the proportion would not exceed 15%.

The level of significance was placed at $p < 0.05$. The statistical analysis was performed using specific software (SPSS V.13, SPSS Inc., Chicago, IL).

Results

Table 1 shows the characteristics of the participants.

The mean number of chest compressions during the first minute was 103 \pm 12, and 104 \pm 11 min⁻¹

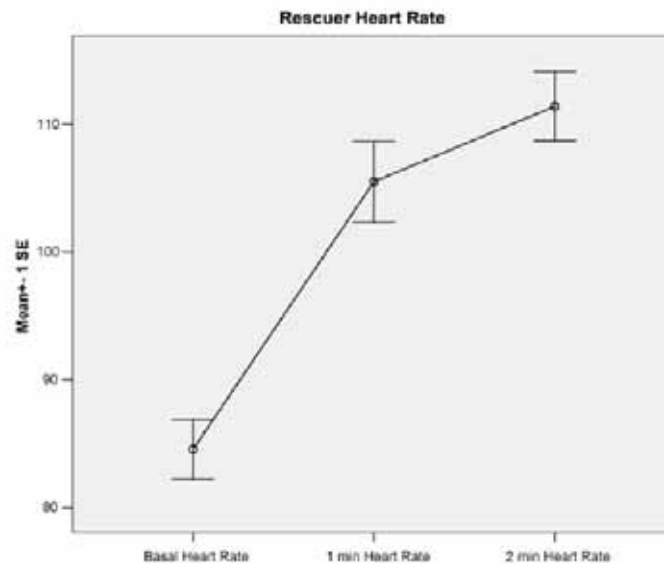


Figure 1 Rescuer heart rate.

100 during the second. Mean values for the partici-
 101 pants' heart rate at baseline, after 1 min and after
 102 2 min of uninterrupted chest compressions were
 103 84 ± 11 , 106 ± 15 and $111 \pm 13 \text{ min}^{-1}$, respectively
 104 (Figure 1). The mean of the percent of the MHR
 105 reached by the participants was $61 \pm 8\%$ (range:
 106 49.5–75.7%) of the theoretical maximum. None of
 107 the participants had a value of more than 80% dur-
 108 ing the test. The means of the values of SpO_2
 109 at baseline and after one and 2 min of uninter-
 110 rupted chest compressions were 97 ± 0.7 , 95 ± 4
 111 and $96 \pm 2\%$, respectively.

112 There were no statistically significant differ-
 113 ences in the percentage of MHR related to sex (63%
 114 for men versus 60% for women), smoking habit (63%
 115 for smokers versus 60% for non-smokers) or the level
 116 of fitness (62% for those who considered themselves
 117 fit versus 60% for those who did not). There was no
 118 correlation between values of BMI and HR at 1 and
 119 2 min ($r = 0.02$, $p = \text{NS}$, and $r = 0.03$, $p = \text{NS}$, respec-

120 tively), or between values of BMI and percentage of
 121 MHR ($r = 0.04$, $p = \text{NS}$).

122 Age did not correlate significantly with the per-
 123 centage of change in MHR ($r = 0.36$, $p = 0.1$) nor with
 124 the values of HR at 1 or 2 min ($r = 0.02$, $p = \text{NS}$;
 125 $r = 0.07$, $p = \text{NS}$).

126 All the participants completed the test, and all
 127 recovered adequately in less than 2 min. The mean
 128 score on the VAS was 3 ± 2 .

129 All the participants finally completed the exer-
 130 cise correctly, although four had to do it twice.
 131 In that case, only the values obtained during the
 132 correct run were taken into account.

133 All volunteers stated that this study had been
 134 useful to them in order to incorporate the new 2005
 135 guidelines to their daily practice.

136 Discussion

137 The 2005 guidelines for CPR published by the Euro-
 138 pean Resuscitation Council (ERC)^{4,5} recommend a
 139 change in the provider of chest compressions after 1
 140 or 2 min, but this recommendation is not evidence-
 141 based on the rescuer's tolerance. It is based on
 142 studies of the quality of CPR.^{8,9} Nevertheless, the
 143 debate about measuring the period of CPR manoeuvres
 144 by time or by cycles is still open.¹⁰ Our study
 145 addressed the question of the physical tolerance of
 146

Table 1 Characteristics of participants (N = 23)

Age, years (mean (range))	33 (22–48)
Sex, % (women)	74
Smoking habit, % (smoker)	42
Profession, % (doctor)	52
Body mass index (mean (range))	23 (19–32)
Subjective appreciation of being fit (%)	67

Please cite this article in press as: Riera SQ, et al., The physiological effect on rescuers of doing 2 min of uninterrupted chest compressions, Resuscitation (2006), doi:10.1016/j.resuscitation.2006.10.031

148 the rescuer to 2 min of uninterrupted chest compressions. Although the subjects of tolerance and level of effort of the rescuers had been addressed by previous studies^{6,7} using different periods of time, the recent publication of new guidelines suggested to us a study addressed to answer the questions under the new proposed conditions.

150 The selected scenario was the most extreme one, i.e. an intubated victim where chest compressions are performed without pauses to synchronize with ventilations. It must be remembered that some published studies¹¹⁻¹³ support the practice of chest compression only CPR, and propose the same rate used in our study.

152 According to our results, the practice of correct, uninterrupted chest compressions for 2 min at a rate of 100 min⁻¹ is well tolerated, both subjective and physically, according to the measurements performed (VAS, HR and SpO₂).

154 Our results show some discrepancy with the studies of Hightower et al.¹⁴ and Ochoa et al.,¹⁵ where the quality of chest compressions deteriorated significantly after the first minute, and where the participants complained of fatigue after 3-4 min.

156 These differences could be related to the different manikin used (Skillmeter Resusci[®] Anne in the other studies, and Resusci[®] Anne Torso Basic in ours). It could be argued that in our study the evaluation of the quality of chest compressions was not fully quantitative. But if we take into account that the quality of chest compressions is derived from three variables: rate, hand placement and sternal depression, it can be seen that one of them was actually measured and the other two were evaluated qualitatively by consensus between two observers.

158 The study by Abella et al.⁸ used also a qualitative method to evaluate the quality of CPR. In the study by Ochoa et al.¹⁵ the quality of CPR was evaluated according to the manikin recorder (Skillmeter Resusci[®] Anne). In our study, the most important measurements, HR and SpO₂ at baseline, 1 and 2 min, were measured quantitatively.

160 Another aspect of our study that must be taken into account is that participants knew beforehand the length of the CPR manoeuvres that they were expected to perform, a knowledge that could promote a better effort and better tolerance.

162 The high number of female subjects their age, and the high number of smokers are characteristics of the study participants that must be highlighted.

164 The quality of the sample could be considered a limiting factor in our study. Study participants were trained personnel enrolled in the cardiac arrest team of our hospital. Perhaps the same exercise performed by a non-trained group could

204 result in additional stress and the final conclusions would have been different. Nonetheless, the recommendations made in the Guidelines about time to change the rescuer are mainly intended for professional rescuers as in our study.

206 Another limiting factor could be the fact that the exercise was performed on a manikin. These studies are difficult to conduct in real conditions, but Abella et al.^{8,9} did. We do not know what could have been the physiological response of the same individuals if the study had been performed under real circumstances. However, all of them were regularly practising CPR, and thus only a small component of additional stress could be expected. It would be interesting to repeat this study in real circumstances. In that case it would be necessary to take into account the additional effort and stress derived from the need to reach (usually running) a distant place in the hospital at which the cardiac arrest has occurred.

208 A sample of 23 subjects is methodologically adequate in order to have a first insight into the problem we have studied. Other studies cited before reach the same conclusions with smaller¹⁴ or bigger¹⁵ samples. In the subgroup analysis. Our study is less powerful but it agrees with them.

210 It is important to note that in our study, there were no differences in the variables measured in relation to sex, age, profession, BMI, previous physical condition and smoking habit in the subjects analysed. Such differences were evident in the study of Ashton et al.¹⁶ It must be remarked that the conditions of physical exercise in the study of Ashton are not comparable to ours and also differ from those recommended by the actual guidelines.^{4,5}

212 All participants in the study stated that their participation had been also useful in order to incorporate some of the standards of the new 2005 guidelines to their daily practice.

214 Thus we conclude that the practice of uninterrupted chest compressions for 2 min of CPR by trained and experienced professionals is well tolerated physically by rescuers, and is followed by and complete and rapid recovery, without apparent deterioration of the quality of chest compressions. We consider that our work can be useful in order to support the new recommendations for the maximal duration of chest compressions performed by a single rescuer during CPR.

216 Conflict of interest statement

218 The authors do not have any conflict of interests to disclose.

256 **Acknowledgements**

257 The authors wish to thank all the participants
 258 in the study for their enthusiastic collaboration;
 259 also to Manel Cerdà, MD, President of the Cata-
 260 lan Resuscitation Council, and to Jesús Martínez
 261 Pérez, MD, Critical Care Specialist, for their read-
 262 ing of the work and accurate comments of the final
 263 manuscript.

264 **References**

- 265 1. Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. Closed chest
 266 cardiac massage. *JAMA* 1960;173:1064–7.
- 267 2. Safar P. Mouth-to-mouth airway. *Anesthesiology*
 268 1957;18(6):904–6.
- 269 3. Cardiopulmonary resuscitation: statement by the Ad Hoc
 270 Committee on Cardiopulmonary Resuscitation of the Division
 271 of Medical Sciences, National Academy of Sciences-National
 272 Research Council. *JAMA* 1966;198:372–9.
- 273 4. Handley AJ, Koster R, Monstere K, Perkins GD, Davies
 274 S, Bossaert L. European Resuscitation Council guidelines
 275 for resuscitation 2005. Section 2. Adult basic life support
 276 and use of automated external defibrillators. *Resuscitation*
 277 2005;67(Suppl 1):S7–23.
- 278 5. Nolan JP, Deakin CD, Soar J, Bottiger BW, Smith G.
 279 European Resuscitation Council guidelines for resuscitation
 280 2005. Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation*
 281 2005;67(Suppl 1):S39–86.
- 282 6. Lucia A, de las Heras JF, Pérez M, et al. The importance of
 283 physical fitness in the performance of adequate cardiopul-
 284 monary resuscitation. *Chest* 1999;115(1):158–64.
- 285 7. Ashton A, McCluskey A, Gwinnutt CL, Keenan AM. Effect
 286 of rescuer fatigue on performance of continuous external
 287 chest compressions over 3 min. *Resuscitation* 2002;55(2):
 288 151–5.
- 289 8. Abella BS, Sandbo N, Vassilatos P, et al. Chest compression
 290 rates during cardiopulmonary resuscitation are suboptimal:
 291 a prospective study during in-hospital cardiac arrest. *Circulation*
 292 2005;111(4):428–34.
- 293 9. Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, et al. Quality of car-
 294 diopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest.
 295 *JAMA* 2005;293(3):305–10.
- 296 10. Nolan JP, Soar J, Baskett PJF. The 2005 compression-
 297 ventilation ratio in practice: cycles or time? *Resuscitation*
 298 2006;71(1):112–4.
- 299 11. Berg RA, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, Hilwig RW, Ewy
 300 GA. Bystander cardiopulmonary resuscitation. Is ventilation
 301 necessary? *Circulation* 1993;88(4 Pt 1):1907–15.
- 302 12. Heidenreich JW, Sanders AB, Higdon TA, Kern KB, Berg RA,
 303 Ewy GA. Uninterrupted chest compression CPR is easier to
 304 perform and remember than standard CPR. *Resuscitation*
 305 2004;63(2):123–30.
- 306 13. Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, Sanders AB, Ewy GA.
 307 Importance of continuous chest compressions during car-
 308 diopulmonary resuscitation: improved outcome during a sim-
 309 ulated single lay-rescuer scenario. *Circulation* 2002;105(5):
 310 645–9.
- 311 14. Hightower D, Thomas SM, Stone CK, Dunn K, March JA. Decay
 312 in quality of closed-chest compressions over time. *Resuscita-
 313 tion. Ann Emerg Med* 1995;26(3):300–3.
- 314 15. Ochoa FJ, Ramalle-Gomara E, Lisa V, Saralegui I. The effect
 315 of rescuer fatigue on the quality of chest compressions.
 316 *Resuscitation* 1998;37(3):149–52.
- 317 16. Ashton A, McCluskey A, Gwinnutt CL, Keenan AM. Effect
 318 of rescuer fatigue on performance of continuous external
 319 chest compressions over 3 min. *Resuscitation* 2002;55(2):
 320 151–5.

6. Discussió

Els dos articles aportats tenen en comú que tracten aspectes concrets del tractament de l'aturada cardíaca, el primer en la forma d'administrar l'O₂ i el segon analitzant la tolerància a l'esforç de les maniobres de ressuscitació per part del reanimador.

El primer dóna resposta a una qüestió estrictament local, ja que es partia del material de què disposàvem (i disposem) al centre. Quina FiO₂ donem quan utilitzem una bossa de ressuscitació que no té reservori, per disseny (antiga), o perquè no el té muntat correctament? Tanmateix, crec que la informació que s'aporta no és tan local, en el sentit que pot extrapolar-se a situacions semblants que es puguin donar a altres centres i situacions. El fet de ser acceptat en el seu moment per a ser publicat a la revista *Intensive Care Medicine*, dóna força a aquest argument.

En realitat, quan es va portar a terme l'estudi, en la fase de recollida de dades, pensàvem que estàvem investigant un tema relacionat amb l'aturada cardíaca. Cal tenir en compte, però, que les conclusions a què vam arribar a partir d'aquell article són perfectament vàlides per a qualsevol altra situació diferent de l'ACR. Són moltes les circumstàncies que ens porten a ventilar un determinat pacient fora de l'ACR de manera manual amb bosses de ressuscitació autoinflables i és de gran utilitat conèixer la relació que existeix entre la FiO₂ que administrem i el tipus de bossa que tenim a les mans i el flux d'O₂.

El segon article té el seu origen en una recomanació recollida en les darreres guies de l'ERC de novembre de 2005^{36,37}. En dues ocasions aconsellen canviar de reanimador per la fatiga que produeix l'esforç d'aplicar les compressions toràciques tal com està establert. Aquesta recomanació no havia estat donada en versions prèvies de les mateixes guies i, tot i trobar-la adequada i prudent, em va sorprendre. Aquestes guies vénen precedides d'un discurs en què diuen que es procura que qualsevol incorporació estigui ben referenciada i tingui el suport de l'evidència científica. En aquest cas, les dues cites que acompanyaven eren del mateix autor^{103,109} i feien referència al fet que la qualitat i la quantitat de les compressions toràciques minvava amb el transcurs del temps. Per tant, aquestes guies donen un consell en funció del resultat qualitatiu i quantitatiu referent al servei que rep la víctima. Dónen una visió respectable, però només des del punt de la víctima, i no tenen en compte la visió del reanimador sinó indirectament. Se suposa que la qualitat de les compressions minva per fatiga, però això no ho diuen les cites recollides per les guies. Hi havia altres treballs que recollien la

fatiga del reanimador, però aquests no eren citats i, a més, els treballs que analitzen la fatiga del reanimador ho fan des de perspectives que no s'adapten a la nova normativa^{107,110}. Aquest fet té la lògica que les cites són prèvies a la publicació de les guies del 2005.

Així doncs, ens va semblar interessant i pertinent portar a terme l'estudi que va donar lloc al segon article.

En tot cas ha de quedar clar que la vocació conjunta dels dos articles és la de millorar el tractament de l'aturada cardiorespiratòria en diferents moments i facetes i, lògicament, contribuir a la millora d'uns resultats que, com he comentat, no són excessivament bons.

Discutiré els dos articles per separat intentant no repetir idènticament la discussió que hi ha a cadascun d'ells, fent especial èmfasi en els aspectes que no es van poder desenvolupar en els propis articles per requeriments d'espai o dels editors.

Com optimitzar la FiO₂ mitjançant els diferents models de bosses de ressuscitació i fluxos d'O₂ creixents?

A la introducció d'aquest estudi he estat molt taxatiu a l'hora d'assumir la recomanació d'administrar l'O₂ a la màxima FiO₂ i el més ràpidament possible. No he trobat cap treball que relacioni resultats expressats com a supervivència amb la quantitat i premura d'administració de l'O₂. Un estudi en porcs domèstics de Berg *et al.*¹¹¹ no trobà diferències en supervivència entre fer RCP amb ventilació (O₂) i sense, però era un treball amb poca mostra i no conclouent. Idris¹¹² sí que va trobar diferències entre ventilar amb aire (FiO₂ 0,21) i l'equivalent al que s'exhala quan s'administra boca-a-boca (FiO₂ 0,17).

Malgrat aquestes aparents discrepàncies, em veig capaç de defensar que, en el context que estem tractant, l'administració d'O₂ precoç i a FiO₂ alta ha de ser la norma. Ja he assenyalat que en pediatria les coses poden ser diferents. La situació que estem comentant tracta de que en una ACR en què s'ha fet tot bé, que s'ha activat el circuit pertinent de manera adequada i ràpida, que s'han iniciat les maniobres de SVB immediatament i que en un termini de pocs minuts arriba l'equip de SVA i aquest, ja provist d'O₂ es troba a la víctima en plena fase de maniobres i amb una, més que probable, hipòxia greu; és en aquest context on crec que és estrictament imperatiu actuar amb contundència i administrar el màxim d'O₂ en el mínim temps possible i on, per tant, cobra un valor específic el treball d'investigació que vam desenvolupar, més encara perquè estan demostrats uns alts requeriments d'O₂ a teixits tant importants com el miocardi en aquesta situació¹¹³ (Ditchey *et al.* 1992).

El disseny de l'estudi és molt senzill. Es requeria el material adequat: els tres sistemes de bosses de ressuscitació, A, B i C, com diem a l'article, o sigui l'antic, negre sense possibilitat de reservori, el que pot tenir reservori però no el té muntat i finalment el que el té correctament muntat. També disposàvem d'un analitzador ràpid de gasos, imprescindible per conèixer la FiO₂ administrada en cada moment (Compact airway Modules M-Cov connectat a un Datex Ohmeda Critical Care Monitor S-5). Finalment hi havia un caudalímetre que ens permetia ajustar el flux d'O₂ desitjat i un simulador de pulmó de goma (Pulmonair®).

L'experiment va consistir en que un dels investigadors, sempre el mateix (JMP), anava administrant 400 cc. de volum corrent a una freqüència de 12 min⁻¹ (aquests ambús poden donar màxim 1300 cc. el modern i 1500 cc. l'antic). El monitor ens donava el volum corrent administrat en cada ventilació de manera que, si es constatava que ens desviàvem massa dels 400 cc. desitjats, es repetia la prova. Els desavantatges d'un sistema manual són obvis pel que implica de variabilitat. Tanmateix, fa la prova més "natural". És la manera com es desenvolupa quan es tracta d'una situació real. I, a més, cal reconèixer que aquest aspecte no va donar cap problema. També la freqüència de 12 és fàcil d'assolir, cal fer una ventilació cada 5 segons.

Per tant, consistia a aplicar un flux de 2 l min⁻¹ a cadascun d'els tres sistemes A, B i C, i mesurar la FiO₂ així com el temps que tardava a estabilitzar-se. Posteriorment es repetia l'estudi amb 4, 6, 8, 10, 12, 15 i 20 l min⁻¹. Tota aquesta informació es transcribia a una base de dades feta en SPSS per poder-la analitzar.

De l'anàlisi estadística, simplement comentar que es va fer una anàlisi de la variància per mesures repetides¹¹⁴. La significació es va posar en un nivell d'alfa de 0,05 com és habitual.

El fet d'emprar les bosses de ressuscitació 'Adult Ambú Silicone Resuscitator®' i el 'Resuscitator Ambu Mark III®' és senzillament perquè era i és el material de què disposem al centre. Cal dir que són molt freqüents a molts altres centres i que el que he comentat abans en el sentit que en el nostre hospital li diem ambú a qualsevol bossa de ressuscitació, és un fenomen que em consta que també es repeteix a molts altres centres. En definitiva, el material que utilitzem és millorable però és força estàndard.

El fet de fer les medicions de FiO₂ amb volum corrent i freqüència respiratòria fixos ve donat perquè el primer es dosifica per quilo de pes de la víctima i, una vegada iniciat, no s'hauria de canviar, i la segona és un estàndard (se sol aconsellar 10-12 ventilacions per minut en un intent de ser fisiològics i d'evitar alcalosi per hiperventilació). En tot cas, l'anàlisi s'hauria complicat si haguèssim intentar incorporar aquests paràmetres com a factors.

Vam escollir 400 cc. per tal d'adaptar-nos a les guies europees vigents en aquell moment, que aconsellaven poc volum corrent quan s'administrava O₂ que era la situació que volíem simular. Ja en aquell moment les guies americanes aconsellaven volums corrents discretament més elevats. Quan va sortir la darrera normativa del novembre de 2005, els criteris europeus i americans es van homogeneïzar discretament a l'alça. Quan vam escriure una carta a la revista *Resuscitation*¹¹⁵ (inserirides, carta i resposta després del 1r article) comentant diversos aspectes que, a criteri nostre s'havien de millorar a les guies de 2005, ens va contestar el Dr. Jerry P Nolan. El seu principal argument era que en el nostre article utilitzem un volum corrent de 400 cc. quan les noves guies aconsellaven un volum més gran. Lògicament, el 2003-2004 no podíem avançar-nos al que dirien les noves guies un temps més tard. Així i tot, el mateix Dr. Nolan, citant les noves guies, diu que ens quedem curts amb un volum corrent de 400 perquè s'han de donar 6-7 cc. per Kg. de pes. Un pes relativament comú utilitzat com estàndard és el de 70 Kg. En aquest cas, aplicant els valors que ens indica, es necessitarien 420cc. de volum corrent. No ens vam quedar gens lluny del límit baix aconsellats per les noves guies. Per tant, considero que el que dèiem a l'article encara és vigent. En la resta d'aspectes ens donaven tota la raó.

Hi ha diversos precedents d'autors que han portat a terme investigacions similars encara que no idèntiques. No hauria tingut sentit repetir exactament un experiment ja desenvolupat. En tot cas els resultats són bàsicament coincidents i les variacions vénen donades per les diferents metodologies emprades. La principal discrepància és amb les pròpies guies de 2005, que comenten que amb sistemes similars als que utilitzem nosaltres la concentració d'O₂ inspirat que es pot assolir és d'aproximadament el 85%. Observem que ells utilitzen concentració d'O₂, que s'expressa en percentatge però té absoluta correspondència amb la FiO₂, que s'expressa en tant per 1. Per aquesta discrepància fou que vam escriure la carta comentada¹¹⁵, que aportem juntament amb la resposta igualment comentada.

Els treballs de Templier *et al.* al laboratori¹¹⁶ o en l'assistència prehospitalària¹¹⁷ aporten resultats molt semblants als nostres. Ells fan un especial èmfasi a incorporar un sistema de CPAP, que és indubtablement una aportació interessant sobretot per aquelles situacions on es tracta un edema pulmonar que respon a CPAP en les fases preaturada,

on queda clar que s'ha d'intentar evitar l'ACR i, si és possible, també la intubació. Aquest sistema pot aconseguir els dos objectius.

Un treball dels coreans Nam *et al.* de 2001¹¹⁸ té força similituds quan a metodologia i resultats amb el nostre, ells treballen amb Laerdal® i, a part que contempen més factors que nosaltres, aporten que en aquells instruments els tubs corrugats de 250 i 500 cc. poden substituir el reservori amb resultats equivalents. Un treball previ de 1982¹¹⁹ també fa una anàlisi similar a la nostra, ells no utilitzaren les mateixes bosses que nosaltres i, en el seu treball, unes arribaven a FiO₂ d'1 i d'altres es quedaven amb una FiO₂ de 0,9.

Indubtablement, quan tenim la situació d'ACR controlada i disposem de possibilitat de monitoritzar, tant sigui amb gasometries repetides o amb control de SatO₂ amb pulsioximetria, ajustarem la dosificació d'O₂ al que necessiti el pacient, tenint en compte que els canvis de FiO₂ administrada tarden entre 5 i 10 min a traduir-se en l'anàlisi (Sasse *et al.* 1995 i Cakar *et al.* 2001)^{120,121}.

Quan ens fixem en els temps requerits per assolir l'estabilització de la FiO₂ veiem que hi ha diferències entre els diferents sistemes. Amb el C s'aconsegueix la màxima FiO₂ amb menys d'un minut i, amb el B, es tarda un minut i mig. A la bibliografia, aquest tema està poc o gens tractat en aquests termes. Tanmateix, concients de que per donar FiO₂ altes ha de passar un temps, hi ha autors que suggereixen estratègies com la de practicar 8 o 10 ventilacions ràpides a l'aire abans de connectar la bossa al pacient, de manera que el resultat després d'aquesta maniobra ja tindrà una FiO₂ superior al 0,8¹²². Ja he comentat que un flux d'O₂ alt també aconseguix una més alta FiO₂ més aviat, tal com es mostra en el gràfic del 1r Article.

En tot cas és interessant analitzar el problema plantejat amb aquest experiment: ens trobem que hi ha un sistema que és clarament superior als altres dos. Aquest mateix sistema mal muntat esdevé el pitjor dels tres. És per aquesta característica que, des del Comitè d'Aturada Cardiorespiratòria del centre, no ens atrevim a ser taxatius a l'hora d'aconsellar una inversió econòmica consistent en fer que totes les bosses de ressuscitació siguin del tipus C. No és, doncs, el muntant de la inversió, que en definitiva seria assumible, sinó el fet que hi hauria la possibilitat que les coses no

solament no milloressin, sinò que podrien empitjorar si no s'utilitzés adequadament el material.

Revisant la base de dades d'incidències que es recullen després de cada aturada i analitzant-la, podem afegir el que ja s'havia presentat en part en un recent Congrés de la Societat Catalana de Medicina Intensiva i Crítica (SOCMIC)⁵³: de les 88 fitxes en què consta aquesta dada (es començà a recollir a partir de la publicació de l'article), en un 60% està correctament muntat el sistema, en el restant 40%, la meitat falla per no haver muntat el reservori i l'altre meitat per no administrar O₂, o no administrar-lo a flux suficient. Sembla, doncs, que hi ha un percentatge no despreciable de situacions on el millor sistema podria ser el pitjor per no subministrar l'adequat flux d'O₂.

En tot cas, darrerament, quan donem els cursos de RCP a tot el personal assistencial, estem posant molt d'èmfasi en la correcta administració d'O₂ i potser en un futur proper podrem veure que els resultats, en aquests aspectes, milloren.

Sóc conscient que aquest treball es limitat, començant pel fet d'haver estat dut a terme al laboratori. Seria molt interessant poder demostrar que aportar O₂ en més alta concentració i més ràpid millora els resultats quant a supervivència. Malauradament, un assaig d'aquestes característiques és molt complicat, tant per la gran quantitat de casos que necessita com per la complexitat d'organitzar aquesta investigació en una situació com l'ACR on l'urgència i la rapidesa són "vitals" això vol dir que la lentitud paga un preu en vides humanes. Potser una estratègia similar a la que es va aplicar en el cas de demostrar que les megadosis d'adrenalina no són útils seria l'adequada⁴⁵: una mostra gran, superior a 3000 individus, i un disseny senzill amb cobertura ètico-legal per part dels comitès ètics d'investigació, que van acceptar l'excepcionalitat del cas de cara a obviar el preceptiu consentiment informat que es requereix en qualsevol altra investigació.

Resposta fisiològica del reanimador d'una aturada cardiorespiratòria a dos minuts de compressions toràciques sense interrupció.

Si ens fixem en detall en l'algorisme del SVA, veiem que hi ha una instrucció que diu textualment "Aconseguix: accés vascular, via aèria i O₂. No interrompis compressions a 100x' si via aèria segellada". Vull que tinguem en compte aquest punt, o sigui: quan nosaltres, en la investigació que va generar el segon article, demanàvem als nostres companys que fessin dos minuts ininterromputs de compressions toràciques estàvem simulant una situació d'ACR en plenes maniobres de reanimació en fase de SVA i amb la víctima intubada, exactament el que diu l'algorisme: via aèria segellada, i on ja no cal sincronitzar compressió toràcica i ventilació. En aquesta situació ja es perd la seqüència 30:2 i els que fan compressions han d'efectuar-ne unes 100 min⁻¹, mentre que el que s'encarrega de la ventilació n'ha d'aplicar 10-12 per minut.

És aquesta específica circumstància la que volíem simular quan vam portar a la pràctica la nostra investigació sobre resistència física i compressions toràciques. Per tant, ens movem dins de la més estricta ortodòxia. Tal com ho expliquem, es podria creure que nosaltres estem aplicant el que s'entén com compressions toràciques sense interrupció per ventilar^{92,93} que, sent com és una opció interessant, en el moment actual no es considera la estàndard, encara que a les pròpies guies queda constància que, si per qualsevol causa no es pot efectuar la ventilació, es millor que es portin a terme, com a mínim, les compressions toràciques, o sigui és millor que no fer res, que és una mala alternativa.

En aquest cas, el treball d'investigació es portà a terme amb la col·laboració de 23 companys del servei de Cures Intensives de l'Hospital Mútua de Terrassa, tots ells pertanyents a l'equip que s'activa en el circuit d'aturada que he descrit prèviament, i tots ells amb formació en RCP bàsica i/o avançada. Com s'explica en el segon article que estem comentant, el motiu d'estudiar 23 individus ve donat per l'amplitud de l'interval de confiança, partint de la base de que tots mostrarien una bona tolerància a l'exercici que se'ls demanava. Amb aquestes característiques, la nostra estima incorria en una possibilitat d'equivocar-nos inferior al 15% amb una confiança del 95%. En definitiva, era un marge que ens semblava adequat i tenia uns requeriments assumibles quant a recursos, com ha quedat demostrat.

Ja he comentat que l'objectiu d'aquest segon treball era simular una situació que es dona sovint als nostres centres: haver de fer compressions toràciques quan hi ha una ACR. Hi ha una sèrie de variants al respecte, com podria ser la utilització de compressors mecànics. Amb aquests aparells hi ha molta experiència¹²³⁻¹²⁵ i han demostrat la seva bondat, però en el nostre centre no en tenim, com en molts altres, i l'estàndard continua sent les compressions toràciques manuals. També s'ha citat la modalitat de Compressió-Descompressió Actives (CDA)^{98,96,126}. És un sistema que requereix d'un cert aparatatge, que no està implementat de manera estàndard encara que ha demostrat tenir certs avantatges. És més cansat perquè requereix un esforç més important. Pel que s'ha esmentat no ens vam proposar analitzar aquesta modalitat.

L'objectiu primari del nostre treball era analitzar la fatiga com a resultat de l'esforç que fa el reanimador amb les compressions toràciques, i ho vam fer de manera senzilla amb dades de fàcil consecució (freqüència cardíaca, basal i durant el transcurs de la prova, SatO₂, com a dades de mesura objectiva amb un sensor col·locat a mans o orelles per tal que la lectura de les dades no es veiés artefactada per l'exercici). També ens interessava la percepció subjectiva de fatiga de cada individu. Per tal de poder quantificar aquesta informació, es va utilitzar una Escala Visual Analògica. També ens importava el temps de recuperació. Totes aquestes dades s'analitzaven buscant associació i/o correlació amb l'edat i sexe dels reanimadors voluntaris, professió (metge/ssa o infermer/a), índex de massa corporal, hàbit tabàquic i forma física (cada participant s'autoclassificava "en forma" o no). El monitor utilitzat fou el N-550, Nellcor Puritan Bennett Inc., (Pleasanton, CA, USA). Tota la prova s'efectuà amb l'ajuda d'un maniquí de pràctiques (Resusci® Anne Torso Basic, Laerdal Medical AS, Stavanger, Norway).

L'estadística aplicada és molt simple i consisteix en una descriptiva general, el test de la Khi al quadrat o l'exacte de Fisher i tècniques de correlació.

Dels resultats simplement cal ressaltar que la prova es va portar a terme de manera satisfactòria per part de tots els participants, amb un nombre de repeticions molt baix per causa de problemes tècnics o d'anar massa ràpid o massa a poc a poc en la pràctica de les compressions toràciques. Ni la freqüència cardíaca al minut i al final, ni la SatO₂

van representar cap problema mostrant una bona tolerància. També la percepció subjectiva (EVA) fou d'escassa fatiga. I, finalment, també és important que tots ells s'havien recuperat adequadament abans de passats dos minuts de finalitzar la prova.

El nostre treball no fou capaç d'anar més enllà i trobar diferències entre fumadors i no fumadors o en relació al sexe o a la forma física. Aquests no eren objectius principals i la mostra no era suficient per analitzar en detall aquests interessants aspectes. El treball de Lucia *et al.*¹²⁷ sí que va aconseguir trobar diferències entre dos grups, l'un de reanimadors en forma i l'altre no. Malgrat que la seva mostra la composaven 28 individus, només 5 més que la nostra, ells sotmetien als voluntaris a un esforç de 18 minuts. Nosaltres no preteniem una anàlisi d'aquest tipus sinó constatar la bondat del consell de canviar cada dos minuts de reanimador per tal d'evitar fatiga.

Seguint amb el mateix tema, vull mencionar els treballs d'Ochoa *et al.* del 1998¹⁰⁷, Ashton *et al.* del 2000¹²⁸ i de Hightower *et al.* de 1995¹⁰⁶, tots ells força similars entre ells i en part al nostre. El primer i el segon utilitzaren el maniquí de Laerdal Skillmeter Resusci ® Anne i demanaven a metges i infermers formats en el tema que practiquessin, durant 5 minuts el primer i durant dos períodes de tres minuts l'altre, compressions toràciques. Els dos primers i el tercer de Hightower, que també analitzava períodes de 5 minuts, coincidien en el fet que la qualitat de les compressions baixava a partir del primer minut de manera significativa. Nosaltres, amb un plantejament una mica diferent, no arribem als mateixos resultats. Jo penso que hi ha alguns aspectes a tenir en compte. Hi ha qui considera (dades no publicades) que el maniquí citat és molt dur i poc adequat per a ser utilitzat per aquesta funció. En tot cas nosaltres tenim unes valoracions objectives (el nombre de compressions aplicades cada minut) i unes altres de subjectives: la col·locació de les mans al mig del pit i el desplaçament de l'esternó. Per intentar ser acurats al màxim, vam ser dos els observadors (SQR i BSG) que havíem de coincidir en donar per bó l'exercici que s'estava realitzant; ja he dit que si no era satisfactori en quantitat o qualitat es feia repetir i que se'n van haver de repetir molt pocs. Jo crec que el fet de conèixer d'antuvi la durada de l'exercici, tant en els treballs comentats com en el nostre, pot ser determinant. No és el mateix aguantar dos minuts de maniobres quan saps que se n'han de fer dos minuts i prou, que quan es coneix que se n'han de fer 5 o 6.

Finalment es pot especular amb intentar conèixer quina seria la tolerància quan a fatiga en el cas que es tractés d'una situació real. Cal tenir en compte que a la realitat hi ha un component d'estrés afegit que potser el laboratori no aconsegueix simular. A més, les aturades sempre són lluny d'on un es troba i això comporta que ja s'arriba amb certa fatiga al lloc de l'aturada. Tanmateix, es tracta de gent amb formació i, el que és més important, amb experiència en aquest tipus de situacions. Els treballs d'Abella^{103,109} es van portar a terme en ACR reals i no comenten que aquest aspecte aporti necessàriament altres condicionants.

He estat comentant la resistència física per part dels reanimadors a dos minuts de maniobres tal com ve indicat a les guies. A l'algorisme de la Figura 5, la del SVA, hi ha una equivalència entre fer dos minuts de maniobres i practicar 5 seqüències 30:2. Hi ha un article recent de Nolan que considera que no és exactament el mateix i, en tot cas, és més fàcil fer dos minuts, que contar fins a cinc¹²⁹.

Per acabar, i encara que ni era un objectiu ni es va mirar de manera explícita, el fet que 23 membres dels equips de RCP del centre col·laboressin amb aquest projecte va permetre que es familiaritzessin amb la nova normativa de manera precoç i correcta.

Malgrat que els 23 col·laboradors no van ser elegits a l'atzar, ni pretenen representar a tot aquell col·lectiu, sí que és una mostra important respecte al total dels equips de RCP. D'altra banda, no hi ha cap biaix reconegut i menys encara intencionat que faci pensar en una poca fiabilitat dels resultats aconseguits.

7. Conclusions

1- Hi ha diferències significatives entre la FiO_2 administrada amb els diferents fluxos d' O_2 en funció del tipus de bossa de ressuscitació, motiu pel qual s'aconsella:

a) Utilitzar sempre que sigui possible la bossa de ressuscitació del tipus *C*.

b) El model *B*, que és el *C* sense reservori, es comporta administrant la pitjor FiO_2 . Intentarem evitar-lo, bé muntant el reservori correctament, bé utilitzant el model *A*.

c) El model *A*, intermedi continua tenint un paper, ja que és pitjor que el *C* però millor que aquest quan no està correctament muntat.

2- El flux d' O_2 adequat per aconseguir la màxima FiO_2 és de 12 litres min^{-1} per al model *C* i com a mínim de 20 litres min^{-1} per als altres dos sistemes.

3- El temps que tarda el sistema *C* per administrar una FiO_2 estable és el més curt, inferior al minut, sensiblement inferior al temps que tarda el model *B* i significativament més curt que el que tarda el model *A*.

4- El grau de fatiga del reanimador d'una Aturada Cardiorespiratòria com a resultat de dos minuts de compressions toràciques sense interrupcions és perfectament tolerable des del moment que:

a) No hi ha una gran taquicàrdia ni durant els dos minuts de compressions toràciques ni al final i, en tot cas, sempre per sota dels límits d'una prova d'esforç convencional.

b) No es presenta desaturació ni durant ni després de les compressions toràciques.

c) La recuperació després dels dos minuts de compressions toràciques és ràpida i, en tot cas, requereix un interval inferior als dos minuts.

d) La fatiga mesurada amb escala subjectiva és perfectament tolerada per part de la mostra escollida.

8. Bibliografia

1-Reis I 17, 17-23.

2-Cerdà M. "El Consell Català de Ressuscitació en temps de noves recomanacions de RCP". *Pediatrics Catalana*.2006;66:266-7.

3-Safar P. "Mouth-to-mouth airway". *Anesthesiology*. 1957;18(6):904-6.

4-Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. "Closed chest cardiac massage". *JAMA*. 1960;173:1064-7.

5-Beck CS, Rand HJ III. "Cardiac arrest during anesthesia and surgery". *J Am Med Assoc*. 1949;141(17):1230-3.

6-Zoll PM. "Resuscitation of the heart in ventricular standstill by external electric stimulation". *N Engl J Med*. 1952;247(20):768-71.

7-Cummins RO, Ornato JP, Thies WH, Pepe PE. "Improving survival from sudden cardiac arrest: the "chain of survival" concept". A statement for health professionals from the Advanced Cardiac Life Support Subcommittee and the Emergency Cardiac Care Committee, American Heart Association. *Circulation*. 1991;83(5):1832-47.

8-Nolan J, Soar J, Eikeland H. "The chain of survival". *Resuscitation*. 2006;71(3):270-1.

9-DECRET 355/2002, de 24 de desembre, pel qual es regula la utilització de desfibril·ladors externs automàtics per personal no mèdic. DOGC núm. 3795 - 08/01/2003.

10-Hypothermia After Cardiac Arrest StudyGroup. "Mild therapeutic hypothermia to improve the neurologic outcome after cardiac arrest". *N Engl J Med*.2002;346(8):549-56.

11-Bernard SA, Gray TW, Buist MD, Jones BM, Silvester W, Gutteridge G, Smith K. "Treatment of comatose survivors of out-of hospital cardiac arrest with induced hypothermia". *N Engl J Med*. 2002;346(8):557-63.

12-Pell JP, Sirel JM, Marsden AK, Ford I, Walker NL, Cobbe SM. "Presentation, management, and outcome of out of hospital cardiopulmonary arrest: comparison by underlying aetiology". *Heart* 2003;89(8):839-42.

13-Marrugat J, Elosua R, Marti H. "Epidemiología de la cardiopatía isquémica en España". *Rev Esp Cardiol*. 2002; 55:337-46.

14-Vaillancourt C, Stiell IG; Canadian Cardiovascular Outcomes Research Team. "Cardiac arrest care and emergency medical services in Canada". *Can J Cardiol*. 2004;20(11):1081-90.

15-Chamberlain D; Founding Members of the International Liaison Committee on Resuscitation. "The International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) past, present and future". *Resuscitation*. 2005;67:157—61.

16-Cummins RO, Chamberlain DA, Abramson NS, Allen M, Baskett PJ, Becker L, Bossaert L, Deloof HH, Dick WF, Eisenberg MS. 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(2):960-75.

17-Fontanals J, Miró O, Pastor X, Grau JM, Torres A, Zavala E. "Reanimación Cardiopulmonar en enfermos hospitalizados en unidades convencionales. Estudio prospectivo de 356 casos consecutivos. Comisión de Atención al Paro Cardio-respiratorio". *Med Clin (Barc)*. 1997;108(12):441-5.

18-Skogvoll E, Sangolt GK, Isern E, Gisvold SE. "Out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation: a population-based Norwegian study of incidence and survival". *Eur J Emerg Med*. 1999;6(4):323-30.

19-Chang MY, Lin M. "Predictors of survival and hospital outcome of prehospital cardiac arrest in southern Taiwan". *J Formos Med Assoc.* 2005;104(9):639-46.

20-Rudner R, Jalowiecki P, Karpel E, Dziurdzik P, Alberski B, Kawecki P. "Survival after out-of-hospital cardiac arrests in Katowice (Poland): outcome report according to the Utstein style". *Resuscitation.* 2004;61(3):315-25.

21-Herlitz J, Bang A, Alsen B, Aune S. "Characteristics and outcome among patients suffering from in hospital cardiac arrest in relation to whether the arrest took place during office hours". *Resuscitation.* 2002;53(2):127-33.

22-Leung LP, Wong TW, Tong HK, Lo CB, Kan PG. "Out-of-hospital cardiac arrest in Hong Kong". *Prehosp Emerg Care.* 2001;5(3):308-11.

23-Zock TW, Desbiens NA, DeStefano F, Stueland DT, Layde PM. "Short and long-term survival after cardiopulmonary resuscitation". *Arch Intern Med.* 2000;160(13):1969-73.

24-Joseph D, Mestre J, Fernández MA, Quintana S, Alonso S, Cerdà M, DeLatorre FJ, Jam R. Resuscitation of cardiac arrest in the Hospitals of Catalonia (Spain). Results of a multicenter study. *Resuscitation* 1996 jun;31S13. Presentat com a Comunicació oral en el Third Congress of the European Resuscitation Council, ERC. Sevilla, 1996.

25-de Vos R, Koster RW, De Haan RJ, Oosting H, van der Wouw PA, Lampe-Schoenmaeckers AJ. "In-hospital cardiopulmonary resuscitation: prearrest morbidity and outcome". *Arch Intern Med.* 1999;159(8):845-50.

26-Skogvoll E, Isern E, Sangolt GK, Gisvold SE. "In-hospital cardiopulmonary resuscitation. 5 years' incidence and survival according to the Utstein template". *Acta Anaesthesiol Scand.* 1999;43(2):177-84.

- 27-Andreasson AC, Herlitz J, Bang A, Ekstrom L, Lindqvist J, Lundstrom G, Holmberg S. "Characteristics and outcome among patients with a suspected in-hospital cardiac arrest". *Resuscitation*. 1998;39(1-2):23-31.
- 28-Marik PE, Craft M. "An outcomes analysis of in.hospital cardiopulmonary resuscitation: the futility rationale for do not resuscitate orders". *J Crit Care*. 1997;12(3):142-6.
- 29-Araujo R, Gomes E, Lopes M, Araujo MS. "Outcome of cardiopulmonary resuscitation in a Portuguese University Hospital". *Eur J Emerg Med*. 1997;4(2):81-6.
- 30-Fredriksson M, Aune S, Thoren AB, Herlitz J. "In-hospital cardiac arrest--an *Utstein style* report of seven years experience from the Sahlgrenska University Hospital". *Resuscitation*. 2006;68(3):351-8.
- 31-Pembeci K, Yildirim A, Turan E, Buget M, Camci E, Senturk M, Tugrul M, Akpir K. "Assessment of the success of cardiopulmonary resuscitation attempts performed in a Turkish university hospital". *Resuscitation*. 2006;68(2):221-9.
- 32-Cardiopulmonary resuscitation: statement by the Ad Hoc Committee on Cardiopulmonary Resuscitation of the Division of Medical Sciences, National Academy of Sciences-National Research Council. *JAMA*. 1966;198:372-9
- 33-Heilman KM, Muschenheim C. "Primary cutaneous tuberculosis resulting from mouth-to-mouth respiration". *N Engl J Med*. 1965;273:1035-6.
- 34- Christian MD, Loutfy M, McDonald LC, Martinez KF, Ofner M, Wong T, Wallington T, Gold WL, Mederski B, Green K, Low DE; SARS investigation Team. "Possible SARS coronavirus transmission during cardiopulmonary resuscitation". *Emerg Infect Dis*. 2004;10(2):287-93.
- 35-Blenkharn JI, Buckingham SE, Zideman DA. "Prevention of transmission of infection during cardiopulmonary resuscitation". *Resuscitation*. 1990;19(2):151-7.

36-Handley AJ, Koster R, Monsieurs K, Perkins GD, Davies S, Bossaert L. "European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators". *Resuscitation*. 2005;67 (Suppl.1):S7-23.

37-Nolan JP, Deakin CD, Soar J, Bottiger BW, Smith G; "European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 4. Adult advanced life support". *Resuscitation*. 2005;67 (Suppl.1):S39-86.

38-Kudenchuk PJ, Cobb LA, Copass MK, Cummins RO, Doherty AM, Fahrenbruch CE, Hallstrom AP, Murray WA, Olsufka M, Walsh T. "Amiodarone for resuscitation after out-of-hospital cardiac arrest due to ventricular fibrillation". *N Engl J Med*. 1999;341(12):871-8.

39-Schwarz B, Mair P, Wagner-Berger H, Stadlbauer KH, Girg S, Wenzel V, Lindner KH. "Neither vasopressin nor amiodarone improve CPR outcome in an animal model of hypothermic cardiac arrest". *Acta Anaesthesiol Scand*. 2003;47(9):1114-8.

40-Abu-Laban RB. "Amiodarone and apparently unimproved survival from in-hospital cardiac arrest: association, causation or a mix of both?" *Can J Cardiol*. 2006;22(3):203-4.

41-Marwick TH, Case C, Siskind V, Woodhouse SP. "Adverse effect of early high-dose adrenaline on outcome of ventricular fibrillation". *Lancet*. 1988;332(8602):66-8.

42-Lipman J, Wilson W, Kobilski S, Scribante J, Lee C, Kraus P, Cooper J, Barr J, Moyes D. "High-dose adrenaline in adult in-hospital asystolic cardiopulmonary resuscitation: a double-blind randomised trial". *Anaesth Intensive Care*. 1993 ;21(2):192-6.

43-Behringer W, Kittler H, Sterz F, Domanovits H, Schoerhuber W, Holzer M, Mullner M, Laggner AN. "Cumulative epinephrine dose during cardiopulmonary resuscitation and neurologic outcome". *Ann Intern Med*. 1998;129(6):450-6.

44-Herlitz J, Ekstrom L, Wennerblom B, Axelsson A, Bang A, Holmberg S. "Adrenaline in out-of-hospital ventricular fibrillation. Does it make any difference?" *Resuscitation*. 1995;29(3):195-201.

45-Gueugniaud PY, Mols P, Goldstein P, Pham E, Dubien PY, Deweerdt C, Vergnion M, Petit P, Carli P. "A comparison of repeated high doses and repeated standard doses of epinephrine for cardiac arrest outside the hospital". European Epinephrine Study Group. *N Engl J Med*. 1998;339(22):1595-601.

46-Biondi-Zoccai GG, Abbate A, Parisi Q, Agostoni P, Burzotta F, Sandroni C, Zardini P, Biasucci LM. "Is vasopressin superior to adrenaline or placebo in the management of cardiac arrest? A meta-analysis". *Resuscitation*. 2003;59(2):221-4.

47-Ong ME, Lim SH, Anantharaman V. "Intravenous adrenaline or vasopressin in sudden cardiac arrest: a literature review". *Ann Acad Med Singapore*. 2002;31(6):785-92.

48-Wenzel V, Krismer AC, Arntz HR, Sitter H, Stadlbauer KH, Lindner KH; European Resuscitation Council Vasopressor during Cardiopulmonary Resuscitation Study Group. "A comparison of vasopressin and epinephrine for out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation". *N Engl J Med*. 2004;350(2):105-13.

49-Eftestol T, Losert H, Kramer-Johansen J, Wik L, Sterz F, Steen PA. "Independent evaluation of a defibrillation outcome predictor for out-of-hospital cardiac arrested patients". *Resuscitation*. 2005;67(1):55-61.

50-White RD, Bunch TJ, Hankins DG. "Evolution of a community-wide early defibrillation programme experience over 13 years using police/fire personnel and paramedics as responders". *Resuscitation*. 2005;65(3):279-83.

51-Hallstrom AP, Ornato JP, Weisfeldt M, Travers A, Christenson J, McBurnie MA, Zalenski R, Becker LB, Schron EB, Proschan M; Public Access Defibrillation Trial Investigators. "Public-access defibrillation and survival after out-of-hospital cardiac arrest". *N Engl J Med*. 2004;351(7):637-46.

52-Perales Rodríguez de Viguri N, Pérez Vela JL, Bernat Adell A, Cerdá Vila M, Álvarez-Fernández JA, Arribas López P, Latorre Arteche F, Martínez Rubio A, Ortega Carnicer J, Fonseca San Miguel F, Cárdenas Cruz A. "La resucitación cardiopulmonar en el hospital: recomendaciones 2005". *Medicina Intensiva* 2005;29(6):349-56.

53-Serrano M, Ribal R, Quintana S. Anàlisi de les Incidències en el Circuit d'Atenció a l'Aturada Cardiorespiratòria en un Centre d'Aguts. XXVI Reunió de la SOCMIC Tortosa, 2005 (Comunicació oral).

54-Jennett B, Bond M. "Assessment of outcome after severe brain damage." *Lancet*. 1975 ;1(7905):480-4.

55-Jennett, B, Plum, F. "Persistent vegetative state after brain damage. A syndrome in search of a name". *Lancet*. 1972;1:734-737.

56- Plum F, Posner JB. The diagnosis of stupor and coma. Philadelphia: FA Davis; 1966.

57- F Epelde, S. Quintana. "Supervivencia y calidad de vida en la parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria en una población sin un sistema de atención de emergencias". *Medicina Clínica (Barc)* (Carta) 2000;114(4):157-8.

58-Martín Castro C, Bravo M, Navarro-Pérez P, Mellado FJ. "Supervivencia y calidad de vida en la parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria". *Med Clin (Barc)*. 1999;113(4):121-3.

59- S Quintana, I Marín, por el Comité de Ética Asistencial del Hospital Mútua de Terrassa. Reflexiones en torno a los Resultados de los Pacientes Ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos tras Recuperarse de Maniobras de Resucitación Cardiopulmonar. III Congreso Nacional de la Asociación de Bioética Fundamental y Clínica. A Coruña. Febrero 1999. Comunicació oral.

60-"A definition of irreversible coma". Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School to examine the definition of brain death. *JAMA*. 1968; 205:337-40.

61-Angell M. "After Quinlan: the dilemma of the persistent vegetative state". *N Engl J Med*. 1994;26;330(21):1524-5.

62-Kinney HC, Korein J, Panigrahy A, Dikkes P, Goode R. "Neuropathological findings in the brain of Karen Ann Quinlan. The role of the thalamus in the persistent vegetative state". *N Engl J Med*. 1994 May 26;330(21):1469-75.

63-Daemen JH, de Wit RJ, Bronkhorst MW, Yin M, Heineman E, Kootstra G. "Non-heart-beating donor program contributes 40% of kidneys for transplantation". *Transplant Proc*. 1996;28(1):105-6.

64-Balupuri S, Buckley P, Snowden C, Mustafa M, Sen B, Griffiths P, Hannon M, Manas D, Kirby J, Talbot D. "The trouble with kidneys derived from the non heart-beating donor: a single center 10-year experience". *Transplantation*. 2000;69(5):842-6.

65-Alonso A, Fernandez-Rivera C, Villaverde P, Oliver J, Cillero S, Lorenzo D, Valdes F. "Renal transplantation from non-heart-beating donors: a single-center 10-year experience". *Transplant Proc*. 2005;37(9):3658-60.

66-Otero A, Gomez-Gutierrez M, Suarez F, Arnal F, Fernandez-Garcia A, Aguirrezabalaga J, Garcia-Buitron J, Alvarez J, Manez R. "Liver transplantation from maastricht category 2 non-heart-beating donors: a source to increase the donor pool?" *Transplant Proc*. 2004;36(3):747-50.

67-Quintana S, Font R, Sandalinas I, Mañas M. "Elaboración, instauración y evaluación de la Guía para el correcto uso de las Órdenes de No Reanimación". *Med Clin (Barc)*. 2005;125(11):436.

68-Hillman K, Albin M. "Pulmonary barotrauma during cardiopulmonary resuscitation". *Crit Care Med*. 1986;14(7):606-9.

69-Azuma SS, Mashiyama ET, Goldsmith CI, Abbasi AS. "Chest compression-induced vertebral fractures". *Chest*. 1986;89(1):154-5.

70-Bendjelid K. "Resuscitation of the elderly after out-of-hospital cardiac arrest: toward the end of the controversy?" *Crit Care Med*. 2004;32(4):1081-3.

71-Dorph E, Wik L, Steen PA. "Dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation. An evaluation of efficacy amongst elderly". *Resuscitation*. 2003;56(3):265-73.

72-Keim SM, Anderson K, Siegel E, Spaite DW, Valenzuela TD. "Factors associated with CPR certification within an elderly community". *Resuscitation*. 2001;51(3):269-74.

73-Adams DH, Snedden DP. "How misconceptions among elderly patients regarding survival outcomes of inpatient cardiopulmonary resuscitation affect do-not-resuscitate orders". *J Am Osteopath Assoc*. 2006;106(7):402-4.

74-de Vos R, Koster RW, de Haan RJ. "Impact of survival probability, life expectancy, quality of life and patient preferences on do-not-attempt-resuscitation orders in a hospital. Resuscitation Committee". *Resuscitation*. 1998;39(1-2):15-21.

75-Kernerman P, Cook DJ, Griffith LE. "Documenting life-support preferences in hospitalized patients". *J Crit Care*. 1997;12(4):155-60.

76-Murphy DJ, Burrows D, Santilli S, Kemp AW, Tenner S, Kreling B, Teno J. "The influence of the probability of survival on patients' preferences regarding cardiopulmonary resuscitation". *N Engl J Med*. 1994;330(8):545-9.

77-O'Donnell H, Phillips RS, Wenger N, Teno J, Davis RB, Hamel MB. "Preferences for cardiopulmonary resuscitation among patients 80 years or older: the views of patients and their physicians". *J Am Med Dir Assoc*. 2003;4(3):139-44.

78-Gordon PN, Williamson S, Lawler PG. "As seen on TV: observational study of cardiopulmonary resuscitation in British television medical dramas". *BMJ*. 1998;317(7161):780-3.

79-Diem SJ, Lantos JD, Tulskey JA. "Cardiopulmonary resuscitation on television. Miracles and misinformation". *N Engl J Med*. 1996;334(24):1578-82.

80-Menzel M, Doppenberg EM, Zauner A, Soukup J, Reinert MM, Bullock R. "Increased inspired oxygen concentration as a factor in improved brain tissue oxygenation and tissue lactate levels after severe human head injury". *J Neurosurg*. 1999;91(1):1-10.

81-Takasu A, Carrillo P, Stezoski SW, Safar P, Tisherman SA. "Mild or moderate hypothermia but not increased oxygen breathing prolongs survival during lethal uncontrolled hemorrhagic shock in rats, with monitoring of visceral dysoxia". *Crit Care Med*. 1999;27(8):1557-64.

82-Goplerud JM, Kim S, Delivoria-Papadopoulos M. "The effect of post-asphyxial reoxygenation with 21% vs. 100% oxygen on Na⁺,K⁽⁺⁾-ATPase activity in striatum of newborn piglets". *Brain Res*. 1995;696(1-2):161-4.

83-Poulsen JP, Oyasaeter S, Saugstad OD. "Hypoxanthine, xanthine, and uric acid in newborn pigs during hypoxemia followed by resuscitation with room air or 100% oxygen". *Crit Care Med*. 1993;21(7):1058-65.

84-Huang CC, Yonetani M, Lajevardi N, Delivoria-Papadopoulos M, Wilson DF, Pastuszko A. "Comparison of postasphyxial resuscitation with 100% and 21% oxygen on cortical oxygen pressure and striatal dopamine metabolism in newborn piglets". *J Neurochem*. 1995;64(1):292-8.

85-Tan A, Shulze A, O'Donnell CP, Davis PG. "Air versus oxygen for resuscitation of infants at birth". *Cochrane Database Syst Rev*. 2005;(2):CD002273.

86-Wenzel V, Idris AH, Banner MJ, Fuerst RS, Tucker KJ. "The composition of gas by mouth-to-mouth ventilation during CPR". *Chest*. 1994;106:1806-1810.

87-Quintana S, Martinez Perez J, Alvarez M, Vila JS, Jara F, Nava JM. "Maximum FIO₂ in minimum time depending on the kind of resuscitation bag and oxygen flow". *Intensive Care Med.* 2004;30(1):155-8.

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

89-Biarent D, Bingham R, Richmond S, Maconochie I, Willie J, Simpson S, Rodríguez Nuñez A, Zideman D. "European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005. Paediatric Life Support". *Resuscitation.* 2005;67(Suppl.1): S97-S133.

90-Dorph E, Wik L, Stromme TA, Eriksen M, Steen PA. "Quality of CPR with three different ventilation:compression ratios". *Resuscitation.* 2003;58(2):193-201.

91-Babbs CF, Nadkarni V. "Optimizing chest compression to rescue ventilation ratios during one-rescuer CPR by professionals and lay persons: children are not just little adults". *Resuscitation.* 2004;61(2):173-81

92-Heidenreich JW, Sanders AB, Higdon TA, Kern KB, Berg RA, Ewy GA. "Uninterrupted chest compression CPR is easier to perform and remember than standard CPR". *Resuscitation.* 2004;63(2):123-30.

93-Swor R, Compton S, Vining F, Ososky Farr L, Kokko S, Pascual R, Jackson RE. "A randomized controlled trial of chest compression only CPR for older adults-a pilot study". *Resuscitation.* 2003;58(2):177-85.

94-Dorph E, Wik L, Stromme TA, Eriksen M, Steen PA. "Oxygen delivery and return of spontaneous circulation with ventilation:compression ratio 2:30 versus chest compressions only CPR in pigs". *Resuscitation.* 2004;60(3):309-18.

95-Heidenreich JW, Higdon TA, Kern KB, Sanders AB, Berg RA, Niebler R, Hendrickson J, Ewy GA. "Single-rescuer cardiopulmonary resuscitation: 'two quick breaths'--an oxymoron". *Resuscitation.* 2004;62(3):283-9.

96-Lafuente-Lafuente C, Melero-Bascones M. "Active chest compression-decompression for cardiopulmonary resuscitation". *Cochrane Database Syst Rev.* 2004;(2):CD002751

97-Babbs CF. "Interposed abdominal compression CPR: a comprehensive evidence based review". *Resuscitation.* 2003;59(1):71-82.

98-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;34(1):11-6.

99-Losert H, Sterz F, Kohler K, Sodeck G, Fleischhackl R, Eisenburger P, Kliegel A, Herkner H, Myklebust H, Nysaether J, Laggner AN. "Quality of cardiopulmonary resuscitation among highly trained staff in an emergency department setting". *Arch Intern Med.* 2006;166(21):2375-80.

100-Kramer-Johansen J, Myklebust H, Wik L, Fellows B, Svensson L, Sorebo H, Steen PA. "Quality of out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with real time automated feedback: A prospective interventional study". *Resuscitation.* 2006;71(3):283-92.

101-Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, Sorebo H, Svensson L, Fellows B, Steen PA. "Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest". *JAMA.* 2005;293(3):299-304.

102-Rittenberger JC, Guimond G, Platt TE, Hostler D. "Quality of BLS decreases with increasing resuscitation complexity". *Resuscitation.* 2006;68(3):365-9.

103-Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, Edelson DP, Barry A, O'Hearn N, Vanden Hoek TL, Becker LB. "Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest". *JAMA.* 2005;293(3):305-10.

104-Disponible a: <http://www.laerdal.ca/document.asp?subnodeid= 7917406> (consulta gener de 2007).

105-Aase SO, Myklebust H. "Compression depth estimation for CPR quality assessment using DSP on accelerometer signals". *IEEE Trans Biomed Eng.* 2002;49(3):263-8.

106-Hightower D, Thomas SH, Stone CK, Dunn K, March JA. "Decay in quality of closed-chest compressions over time". *Ann Emerg Med.* 1995;26(3):300-3.

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

108-Quintana S, Sánchez B, Trenado J, Fernández M de M, Mestre J. "The physiological effect on rescuers of doing two minutes of uninterrupted chest compressions". *Resuscitation* (en premsa).

109-Abella BS, Sandbo N, Vassilatos P, Alvarado JP, O'Hearn N, Wigder HN, Hoffman P, Tynus K, Vanden Hoek TL, Becker LB. "Chest compression rates during cardiopulmonary resuscitation are suboptimal: a prospective study during in-hospital cardiac arrest". *Circulation.* 2005;111(4):428-34.

110-Heidenreich JW, Berg RA, Higdon TA, Ewy GA, Kern KB, Sanders AB. "Rescuer fatigue: standard versus continuous chest-compression cardiopulmonary resuscitation". *Acad Emerg Med.* 2006;13(10):1020-6.

111-Berg RA, Wilcoxson D, Hilwing RW, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, Eklund DK and Ewy GA. "The need for ventilatory support during bystander CPR". *Ann of Emerg Med.* 1995;26(3):342-50.

112-Idris A. "Effects of inspired gas content during respiratory arrest and cardiopulmonary resuscitation". *Crit Care Med* 2000;28 (suppl. 11):N196-N198.

113-Ditchey RV, Goto Y, Lindenfeld J. "Myocardial Oxygen requirements during experimental cardiopulmonary resuscitation. *Cardiovascular Research*. 1992;26(8):791-97.

114-Kleinbaum D, Kupper L, Muller K. (1988) Analysis of covariance and other methods for adjusting continuous data. In: Applied regression analysis and other multivariable methods (2nd. ed). Belmont; Duxbury Press: 297-313.

115-Quintana S, Alvarez M. "European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005". *Resuscitation*. 2006;69(2):347; discussion 347-8.

116-Templier F, Dolveck F, Baer M, Chauvin M, Fletcher D. "Laboratory testing measurement of FIO₂ delivered by Boussignac CPAP system with an input of 100% oxygen". *Ann Fr Anesth Reanim*. 2003;22(2):103-7.

117-Templier F, Dolveck F, Baer M, Chauvin M, Fletcher D."Boussignac continuous positive airway pressure system: practical use in a prehospital medical care unit". *Eur J Emerg Med*. 2003;10(2):87-93.

118-Nam SH, Kim KJ, Nam YT, Shim JK. "The changes in delivered oxygen fractions using laerdal resuscitator bag with different types of reservoir". *Yonsei Med J*. 2001;42(2):242-6.

119-Barnes TA, Watson ME. "Oxygen delivery performance of four adult resuscitation bags". *Respir Care*. 1982;27(2):139-46.

120-Sasse SA, Jaffe MB, Chen PA, Voelker KG, Mahutte CK. "Arterial oxygenation time after an FIO₂ increase in mechanically ventilated patients". *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;152(1):148-52.

121-Cakar N, Tuorul M, Demirarslan A, Nahum A, Adams A, Akyncy O, Esen F, Telci L. "Time required for partial pressure of arterial oxygen equilibration during mechanical ventilation after a step change in fractional inspired oxygen concentration". *Intensive Care Med*. 2001;27(4):655-9.

122-Agarwal KS, Puliyl JM. "Simple strategy to improve first breath oxygen delivery by self inflating bag". *Resuscitation*. 2000;45(3):221-4.

123-Rubertsson S, Karlsten R. "Increased cortical cerebral blood flow with LUCAS; a new device for mechanical chest compressions compared to standard external compressions during experimental cardiopulmonary resuscitation". *Resuscitation*. 2005;65(3):357-63.

124-Steen S, Liao Q, Pierre L, Paskevicius A, Sjoberg T. "Evaluation of LUCAS, a new device for automatic mechanical compression and active decompression resuscitation". *Resuscitation*. 2002;55(3):285-99.

125-Steen S, Sjoberg T, Olsson P, Young M. "Treatment of out-of-hospital cardiac arrest with LUCAS, a new device for automatic mechanical compression and active decompression resuscitation". *Resuscitation*. 2005;67(1):25-30.

126-Elvira JC, Lucia A, De Las Heras JF, Perez M, Alvarez AJ, Carvajal A, Lopez-Ochoa A, Chicharro JL. "Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation in standing position over the patient (ACD-S), kneeling beside the patient (ACD-B), and standard CPR: comparison of physiological and efficacy parameters". *Resuscitation*. 1998;37(3):153-60.

127-Lucía A, de las Heras JF, Pérez M, Elvira JC, Carvajal A, Álvarez AJ, Chicharro JL. "The importance of physical fitness in the performance of adequate cardiopulmonary resuscitation". *Chest*. 1999;115(1):158-64.

128-Ashton A, McCluskey A, Gwinnutt CL, Keenan AM. "Effect of rescuer fatigue on performance of continuous external chest compressions over 3 min.". *Resuscitation*. 2002;55(2):151-5.

129-Nolan JP, Soar J, Baskett PJ. "The 2005 compression-ventilation ratio in practice: cycles or time?". *Resuscitation*. 2006;71(1):112-4.