

# Busseig amb escafandre autònoma a la infància. Consideracions fisiològiques i criteris d'aptitud

JORDI DESOLA

Doctor en Medicina. Especialista en Medicina Interna, en Medicina del Treball i en Medicina de l'Activitat Física i de l'Esport. Director i Cap de Servei de CRIS-UTH. Barcelona. Director del Master en Medicina Subaquàtica i Hiperbàrica de la Universitat de Barcelona.

**RESUMEN:** Algunes organitzacions desitgen estendre el busseig amb escafandra als nens, amb criteris no sempre mèdics i objectius. Els nens són més sensibles als canvis de temperatura, solen tenir més dificultat que els adults per compensar la pressió a les orelles. El risc d'hipòxia, de disbarisme descompressiu, i de síndrome d'hiperpressió intratoràcica són més elevats. El nen ha d'estar motivat i no induït pels adults. Cal evitar la immersió amb escafandra als nens de menys de 8 anys. Entre els 8 i els 12 es pot bussejar de forma esporàdica. A partir dels 12 anys molts nens poden practicar activitats subaquàtiques, amb equipament específicament adaptat, en immersions curtes i a fondàries de 2-3 metres. La valoració mèdica d'aptitud no es pot decidir acuradament en una consulta mèdica. El metge titulat universitari en medicina subaquàtica prendrà la decisió conjuntament amb els pares, entrenadors, i/o adults responsables.

**ABSTRACT:** Some sports/recreational diving agencies wish to extend SCUBA diving to children, not always on the basis of scientific medical criteria. Children are more sensitive than adults to thermal changes, they have more difficulty in equalizing pressure in their ears, and the risk of decompression sickness, hypoxia, and intrathoracic hyper-pressure syndrome are greatest. The child must be self-motivated and not induced by adults. Diving equipment should be specifically designed, and dives should be short and 2-3 m deep. Children below the age of 8 years should not SCUBA dive. Between the ages of 8 and 12 years, some underwater activities can be sporadically performed. Over the age of 12, many children can safely SCUBA dive. A child's fitness to dive cannot be evaluated through a single medical visit. Qualified diving doctors should undertake the decision being assessed by parents, trainers and/or the responsible adults.

## INTRODUCCIÓ

Les activitats subaquàtiques durant molts anys han estat restringides als adults de sexe masculí. Si bé en el busseig professional i militar la participació de dones és encara excepcional, en el busseig esportiu el nombre de bussejadores es va incrementar de forma progressiva a partir dels anys 1980, i és un fet totalment assimilat en la actualitat<sup>1</sup>. També en els últims anys és parla de l'extensió del busseig en la infància.

Alguns països tenen normatives específiques que limiten la capacitat de bussejar a una edat que sol estar al voltant dels 16 anys, alguns pocs són més tolerants, però la majoria no han adoptat normatives específiques<sup>2,3</sup>. Per altre banda, les escoles i

les institucions més importants relacionades amb el busseig esportiu i/o recreatiu pressionen perquè aquestes normatives es deroguin i pretenen cada cop amb més insistència estendre les activitats aquàtiques a la infància<sup>4,5</sup>. Els arguments de les administracions solen basar-se en normatives antigues molt sobreprotectores basades en criteris militars. Els arguments que utilitzen les escoles i institucions de busseig provenen en canvi de criteris bàsicament comercials, atès que la introducció del busseig en la infància implicaria un augment significatiu del nombre de practicants. No és infreqüent que uns i altres utilitzin arguments mèdics per estimular o per frenar les activitats subaquàtiques en els nens, i que uns i altres esgrimeixin crite-

ris no sempre objectius i moltes vegades encaminats més a defensar postures que no pas a dilucidar els condicionaments científics i mèdics que limiten l'activitat subaquàtica en un infant.

L'objectiu d'aquest treball és revisar des d'un punt de vista estrictament científic la problemàtica inherent a la pràctica d'activitats subaquàtiques en els nens, prestant atenció exclusivament a aspectes fisiològics i fisiopatològics, prescindint de motivacions interessadament entusiàstiques o conservadorament escèptiques. Considerarem els tres aspectes que podrien condicionar l'activitat subaquàtica: anatomo-fisiològics, psicològics i ergonòmics. Formularem després d'aquest repàs algunes consideracions sobre l'aptitud mèdica per al busseig en els nens, i suggerirem els criteris a adoptar per part de col·lectius i institucions.

## REQUERIMENTS ANATOMO-FISIOLOGICS

### Sistema locomotor

Durant molt de temps s'ha estat argumentant que el punt dèbil dels nens radicaria en el cartílag de conjunció dels ossos llargs, atès que per les seves especials característiques circulatòries i la seva demanda d'oxigen podria ser un òrgan diana per la formació de bombolles extravasculares i seria especialment sensible en el cas d'un embolisme gasós disbàric. A hores d'ara, aquesta afirmació, basada solament en estimacions teòriques, no ha estat mai verificada per estudis experimentals, ni tampoc s'ha correlacionat amb incidents observats en la pràctica<sup>6</sup>. És més que probable que aquest risc hagi estat sobrevalorat en els anys i que de fet l'aparell locomotor no impliqui una restricció important per l'activitat subaquàtica en els nens, i que aquell temor a inhibir el creixement per afectació del cartílag de conjunció estigui poc fonamentat. Més important sens dubte ha de ser, i això és de tota lògica, que la limitació locomotora rau en la incapacitat per suportar el pes d'unes ampolles d'immersió i altres dispositius pesats en el busseig. Els mateixos criteris han de servir per les aletes, que no han de ser ni massa dures ni massa llargues sinó adaptades als requeriments, mida, forma i capacitat muscular d'un infant.

### Termoregulació

Tots els pares saben ben bé que els nens són especialment sensibles als canvis de temperatura, tant en més com en menys, atesa la seva limitació en intervenir en l'equilibri termogènesi-termolisi. La immersió en aigües fredes haurà de ser un factor

estrictament limitant, i sigui quina sigui la temperatura de l'aigua, en tots els casos caldrà utilitzar sistemes de protecció isotèrmica, prestant especial atenció a protegir el cap i el coll, com a zones en les que la pèrdua de calor és en els nens més gran que ens els adults<sup>7</sup>. Addicionalment, caldrà limitar sempre la duració de les immersions per tal de escurçar al màxim la magnitud de la pèrdua de calor.

### Sistema auditiu

La patologia otorinolaringològica és més freqüent en els nens que en els adults. Aquesta alta prevalència pot condicionar significativament les activitats aquàtiques en la infància. El tancament de la trompa d'Eustaquí és sovint més difícil atesa una escassa mobilitat del seu sistema muscular d'obertura<sup>8</sup>. La valoració otorinolaringològica, dirigida a descartar malalties o trastorns subjacents de l'orella mitjana i a verificar la capacitat d'adaptació a les modificacions de pressió, és per tant molt important en els nens. Cal recordar que malauradament tant el test de compressió en cambra hiperbàrica com els exercicis manomètrics a pressió atmosfèrica poden de vegades posar de manifest alteracions adaptatives a la pressió, però el seu valor predictiu és molt baix, de manera que no es pot en cap cas decidir o eliminar un candidat a busseig simplement perquè ha obtingut un resultat desfavorable en una prova de tolerància a la pressió.

### Aparato cardiovascular

La circulació sanguínia és realitzada a una velocitat més elevada en els nens, la qual cosa dona lloc a turbulències en alguns territoris, especialment en les cavitats cardíques i d'una forma particular a la desembocadura de la vena cava inferior. Aquest fet, per sí sol, afavoreix l'aparició de bombolles intravasculares que durant la fase de descompressió en el busseig amb escafandre podrien per tant assolir un nombre i un volum superior al que s'hauria d'esperar.

La presència de foramen oval encara permeable és en els nens –com és lògic– més freqüent que en els adults. Si bé no s'ha establert una relació directa entre un foramen oval permeable i el risc de patir un accident de descompressió, les conseqüències d'un accident disbàric en el cas de que es produeixin sí poden ser més greus en aquest nen portador d'una comunicació interauricular. Assumint per tant que la formació de bombolles en els nens pot tenir un punt crític de sobresaturació diferent dels adults, i que l'evolució de les bombolles per al organisme seguirà també uns condicionaments diferents, esti-

mulats per fases de circulació turbulenta, entenem que els protocols de descompressió utilitzats per als adults podrien ser inadequats per als nens. El major risc d'embolisme gasós no és per tant menyspreable, i les seves conseqüències en un organisme en fase de creixement podrien ser desastroses<sup>9,10</sup>.

### Aparell respiratori

Es ben sabut que la maduració pulmonar es troba en fase discontinua de progressió des de la primera infància. A l'inici, el creixement alveolar és ràpid però s'alenteix cap als 4 anys i pràcticament s'atura als 8 anys. La elasticitat pulmonar és inversament proporcional a la edat i la plena normalitat no s'assoleix fins als 18 anys. Paral·lelament, el volum de tancament disminueix des dels 6 anys fins a l'adolescència, implicant una reducció de la seva capacitat de tancament, que pot fins i tot ser negativa en les fases inicials i limitar activament el volum corrent<sup>11,12</sup>. Aquests fenòmens estan relacionats amb les condicions circumdants de l'alvèol, especialment amb la pressió transmural i la relativa rigidesa del conducte aeri. És a dir, el nen pateix una manca d'elasticitat pulmonar amb augment de la resistència perifèrica, donant lloc a fenòmens d'atrapament aeri fins i tot a pressió atmosfèrica<sup>13</sup>. La freqüència respiratòria disminueix amb la talla, però la demanda ventilatòria és gairebé idèntica a la de l'adult; el nen precisa doncs un flux ventilatori més elevat. És a dir, els alvèols estan ben perfundits però mal ventilats.

Són també ben conegudes les implicacions de la immersió en posició erecta amb l'aigua fins al coll, que, per efecte de la llei de Boyle-Mariotte, impliquen hipoventilació en repòs i hipòxia moderada, que es compensa amb l'augment del volum sanguini central, que aporta la compressió de la cavitat abdominal vers la toràcica. En el nen, aquest mecanisme es pot agreujar durant la respiració amb aire comprimit. Cal recordar que els reguladors de busseig no proporcionen l'aire a la mateixa pressió exacta equivalent a la pressió hidrostàtica que correspon a la fondària de la immersió, sinó que ho fan d'una forma aproximada, depenent de la qualitat del regulador en sí mateix, de la posició i ubicació de l'aparell en relació a la caixa toràcica, i de la posició relativa de l'individu a dins de l'aigua<sup>14,15</sup>. De fet el regulador proporciona l'aire de vegades en hipopressió, i d'altres en hiperpressió, en funció de la distància entre la boca i la primera etapa del regulador, i aquest problema és més important quan més a prop està el bussejador de la superfície. No val a argumentar, doncs, que el risc és baix si la immersió és poc profunda.

Resumint, doncs, existeix un risc d'hiperinsuflació, de moderada hipòxia i d'atrapament d'aire que podria facilitar una

síndrome d'hiperpressió intratoràcica fins i tot en absència de maniobres de sortida ràpida o d'escapament lliure. Aquesta limitació seria absoluta fins a l'edat estimada de 7 o 8 anys. Passada aquesta edat la situació és va normalitzant i, si bé la plena maduresa no s'assolirà fins als 18 anys, a partir dels 12 anys es podria arribar a una situació propera a la de la normalitat fisiològica de l'adult.

Tots aquests condicionaments fan pensar doncs que, abans dels 8 anys, la immaduresa pulmonar de l'infant és difícilment compatible amb una activitat subaquàtica innòcua. Més endavant aquest panorama tendeix a la normalització funcional, però seria extremadament difícil establir el límit i formular un criteri rígid o normàtic aplicable en tots els casos.

## ASPECTES PSICOLÒGICS

### Motivació

Caldrà en primer lloc verificar que el nen desitja fer immersió, que entén el que tot això implica, i que no ha arribat a aquesta situació induït per uns pares que desitgen que els seus nens facin immersió obeint a raons egoïstes. Hauríem d'estar segurs també de que els pares no han pres aquesta decisió coaccionats per una estructura comercial que només pensa en els seus beneficis.

### Capacitat de decisió

Pot ser difícil fer entendre a un nen el risc implícit en una activitat subaquàtica, i fins i tot, encara que així ho aconseguís, no sempre podrem esperar que en una situació que pugui comprometre la seva vida o la del seu company, actuï de la forma més adequada. Això no obstant, extreure com a conclusió general que els nens no estan capacitats per prendre decisions i per entendre el risc del busseig adduint la seva immaduresa psicològica, seria un argument tan fàcilment rebutjable com només recordar el fet de que tots coneixem a nens o adolescents molt més assenyats que algunes persones adultes que realitzen en canvi activitats aquàtiques des de fa molts anys. De fet, en els congressos internacionals de medicina del busseig hem sentit personalitats il·lustres defensant, de vegades acaloradament, actituds contraposades en relació a aquest aspecte.

Si bé podem concloure doncs que la valoració i el correcte establiment d'aquestes limitacions haurien de ser un dels objectius prioritaris, i sens dubte el perfil psicològic hauria de marcar una de les limitacions per a una activitat subaquàtica infantil, haurem d'admetre també que és extremadament difícil

definir a priori o anticipadament quina és la situació que correspon a aquest nen. Potser els seus pares, els mestres, el seu entrenador, fins i tot els seus companys adults, poden aportar la única informació vàlida en aquests casos. No disposem de cap test psicomètric –ni per nens ni per adults– del qual puguem extreure d'una manera realment vàlida i contundent un criteri psicològic d'aptitud per al busseig. Exigir tests psicomètrics en nens –o en adults– no és més que un intent d'aportar un document que doni l'aparença de que s'ha tingut en compte aquest aspecte. Però la realitat és que no existeix una bateria de test psicomètrics que doni resposta a aquesta difícil situació.

### ASPECTES ERGONÒMICS

Amb les consideracions anteriors, l'equipament i aparellatge d'un nen bussejador, haurà de tenir en compte les següents exigències:

- El disseny de les màscares d'immersió ha d'adaptar-se als requeriments dels nens proporcionant un volum aeri molt reduït per facilitar la dificultat de compensació de la pressió a les orelles, implícita en l'activitat subaquàtica en els nens.
- Les aletes han de ser toves, curtes i lleugeres.
- El tub respiratori ha de ser curt, de petit volum però no massa estret, per no augmentar l'espai mort respiratori ni les resistències perifèriques.
- El regulador ha d'estar tarat a la pressió d'obertura mínima necessària. La primera etapa estarà compensada i caldrà situar-la ben a nivell de les cúpules toràciques, amb ampolles de poc pes, reduït volum i molt fàcils de col·locar, amb compensadors de flotabilitat –tipus *jacket*– ben adaptats a la seva talla i mida.
- Caldrà utilitzar sempre sistemes de protecció isotèrmica, que han d'incloure el cap i el coll.
- Les immersions seran sempre curtes i a molt feble profunditat –òptimament al voltant dels 2-3 m–, i en cap cas podran superar els 8 m.

### CRITERIS D'APTITUD PER AL BUSSEIG EN ELS NENS RECOMANACIONS

De tots els apartats anteriors es desprèn que la valoració mèdica de l'aptitud per al busseig d'un nen és extremadament difícil, i fins i tot potser no és possible fer-ho de forma del tot acurada. No disposem de medis objectius clarament fiables per mesurar l'aptitud psicològica d'un nen per a la immersió. No és possible en una visita mèdica, ni tampoc en dues o tres, establir amb criteri absolut si aquell nen és apte per a la immer-

sió. Podrem solament, i com a màxim, entendre que en aquell període aquell infant pot estar autoritzat a tenir una experiència subaquàtica, fer una immersió o un conjunt de breus immersions amb els seus pares, els seus mestres o instructors, en unes condicions òptimes sempre en immersions de poca durada i profunditats mínimes que no haurien de superar els 2 a 4 m i en cap circumstància haurien d'estar per sota dels 8 m<sup>16</sup>. Recolzar aquesta decisió en bateries de proves fisiològiques i amb tests psicomètrics específics no seria més que establir un parany en el qual ocultar decisions inaccurades i moltes vegades poc responsables destinades a afavorir les necessitats normatives d'algunes persones o col·lectius.

L'actitud mèdica no serà mai presa pel pediatre o pel metge de família. Aquí, encara més que mai, la decisió correspondrà sempre al metge titulat universitari en medicina subaquàtica (Màster o Diploma de postgrau) que ho farà de forma conjunta amb l'instructor i el pare –o adult responsable– en aquell cas en concret i per un període limitat de temps. L'experiència confirmarà si aquell infant adquireix de forma progressiva un hàbit de destresa, de racionalitat i de prudència amb el qual l'activitat subaquàtica es desenvolupi dins dels marges de seguretat acceptables per a ell i per als seus companys.

### CONCLUSIONS

Sovint se'ns demana una resposta el més categòrica possible sobre l'acceptació o el rebuig dels nens en una activitat subaquàtica programada. Si bé aquesta situació és tan difícil com s'ha exposat, a tall de resum les recomanacions de tipus general serien les següents:

- Cal desaconsellar rotundament la pràctica d'activitat subaquàtica en nens de menys de 8 anys, doncs el risc de disbarisme descompressiu o barotraumàtic és elevat, i les conseqüències podrien ser molt greus.
- Entre els 8 i 12 anys no tenim un criteri per definir de forma estable quins nens són aptes o quins no ho són. És possible que en alguns casos es puguin tenir algunes experiències subaquàtiques amb mesures extremes de seguretat i amb equipament especialment dissenyat. Però no seria prudent establir una normativa reguladora que autoritzi de forma sistemàtica immersions als nens d'entre 8 i 12 anys.
- Dels 12 als 16 anys la majoria dels nens –entenedors, assenyats i motivats– poden estar en condicions de realitzar activitats subaquàtiques sense risc excessiu, sempre i quan s'adoptin les mesures generals de prevenció que es deriven dels criteris exposats anteriorment: immersions curtes per evitar

l'excessiva pèrdua de calor, a poca fondària per evitar els risc d'accidents disbàrics, amb aparells respiratoris adequats per evitar la hipòxia i l'augment del treball respiratori, amb sistemes ergonòmics especialment dissenyats, i sempre acompanyats per adults responsables. Uns i altres hauran estat adequa-

dament entrenats, entenen i compartint el risc d'una activitat que, per altre banda, podrà ser altament gratificant sempre i quan el nen la realitzi com a fruit de la seva decisió, desitjant incorporar-se al meravellós món subaquàtic com una de les seves activitats predilectes.

## Bibliografia

1. Ducasse JL, Izard PH. Medical specificities of diving for children and women. En: Oriani G, Marroni A, Wattel F, editors. Handbook on hyperbaric medicine. Springer; 1996. p. 207-15.
2. Spums J. Children and diving: a review of SPUMS articles. SPUMS. 2003;33:206-11.
3. Kinsella J. Children, scuba diving and DAN. The Undersea Journal. 2001;38-40:40.
4. Richardson D. Children and diving: the recreational diving training perspective. SPUMS. 2003;33:83-9.
5. Taylor M. Children and diving: yours, mine and ours. UHMS 2004 Congress; Abstract n.º E74. Sydney, Australia: 2004.
6. Ibrahimoff O. Naissance et croissance: la plongée hyperbare en question, Med du Sport. 1984;58:192-201.
7. Ramey CA, Ramey DN, Hayward JS. Dive response of children in relation to cold-water near-drowning. J Appl Physiol. 1987;63:665-8.
8. Bylander A, Tjernstrom O, Ivarsson A. Pressure opening functions of the Eustachian tube in children and adults with normal ears. Acta Otolaryngol. 1983;95:55-62.
9. Caruso JL, Ugucioni DM, Ellis JE, Dovenbarger JA, Bennett PB. Diving fatalities involving children and adolescents: 1989-2002. UHMS 2004 Congress; Abstract n.º E74. Sydney, Australia: 2004.
10. Davis M. Decompression sickness in a 14-year-old diver. SPUMS J. 2003;33:75-6.
11. Gaultier C, Boule M, Allaire Y, Clement A, Buvry A, Girard F. Determination of capillary oxygen tension in infants and children. Bulletin Européen de Physiopathologie Respiratoire. 1978;14:287-97.
12. Gaultier CI, Girard F. Croissance pulmonaire normale et pathologique: relations structure-fonction. Bulletin Européen de Physiopathologie Respiratoire. 1980;16:791-842.
13. Nelson NM, Prod'hom LS, Cherry RB, Lipsitz PJ, Smith CA. Pulmonary function in the newborn infant: trapped gas in the normal infant's lung. J Clin Invest. 1963;12:1850-7.
14. Escrich E, Solas M, Desola-Alà J. Fisiología de la respiración en ambientes especiales. En: Tresguerres JAF, editor. Fisiología humana. 3.ª edición. Madrid: McGraw Hill; 2005. p. 663-81.
15. Garrido E, Lores L, Davant E, Desola-Alà J. Trastornos derivados de factores ambientales. En: Farreras P, Rozman C. Medicina interna. Barcelona: Elsevier; 2004. p. 2631-8.
16. Blanksby BA, Wearne FK, Elliott BC. Safe depths for teaching children to dive. Aust J Sci Med Sport. 1996;28:79-85.