

797.22:616-001.11:614.8-069

SMRTELNÉ NEHODY PRI POTÁPANÍ S DÝCHACÍM PRÍSTROJOM

II. Patomorfologická časť

MUDr. F. NOVOMESKÝ, CSc.
Katedra patológie a súdneho lekárstva LFUK Martin

Pred započatím pitvy tela potápača zomrelého počas výkonu činnosti obducent by mal od vyšetrujúcich orgánov poznať odpoveď na nasledovné základné otázky:

- dôvod ponoru (pracovný, služobný, športový)
- plánovaná operačná hĺbka ponoru
- či bol potápač správne a vhodne vyzbrojený na daný typ ponoru (konzultovať potápačov ZNB, resp. inštruktorov Zväzarmu)
- či pre daný ponor bolo potrebné použiť dekompresné tabuľky (možnosť výskytu dekompresnej choroby)
- kde bolo nájdené telo (na dne, na hladine s nafúknutou záchrannou vestou)
- ak došlo k smrti potápača až po výstupe (vynesení) z vody, časový interval medzi vynorením a smrťou potápača
- dobu medzi nehodou a nálezom tela (vznik hnilobných bublín plynu v tkanivách)
- akým spôsobom bolo telo dopravené na breh (možnosť sekundárnych poranení)
- či na postihnutom boli prevádzané resuscitačné manévry,

Vonkajšia ohliadka

V zásade platí, že obducent by mal byť prítomný už pri vyzliekaní tela potápača z neoprenového obleku. Pri tomto je potrebné sa presvedčiť, či kukla potápačského obleku nebola vo svojej krčnej časti príliš tesná a tlakom na sinus caroticus nemohla vyvolávať reflexnú hypotóniu s bradykardiou [2, 10]. Rovnaký efekt môžu vyvolávať aj niektoré typy nafukovacích viest pri plnej inflácii, čo je potrebné taktiež zistiť.

Dôležitá je ohliadka tváre potápača, kde možno často vidieť rozsiahle orbitálne hematómy a krvácania do sklér, prípadne krvácanie z nosa [19]. Tento veľmi dôležitý nález treba interpretovať v súlade s údajmi o náleze tela potápača. V každom prípade orbitálne hematómy a hemorágie v sklérach svedčia o tom, že potápač nedokázal vôľou kompenzovať stúpajúci tlak v maske pri zostupe do hĺbky pridychovaním nosom do masky a ide teda o barotraumu mäkkých častí jemne kapilarizovaných účinkom podtlaku v maske. Ak telo potápača

sa našlo v hĺbke na dne, faciálne barotrauma možno vysvetliť vznikom podtlaku v maske pri pasívnom klesaní potápača v bezvedomí do väčšej hĺbky. Ak potápač stačil ešte použiť nafukovaciu vestu k vyneseniu na hladinu, nález orbitálnych a sklerálnych krvácaní môže signalizovať ťažkosti s kompenzáciou tlaku pri pobyte v hĺbke, krvácanie z nosa môže byť u ne-skúseného potápača spúšťacím mechanizmom panického výstupu k hladine s možnou barotraumou pľúc.

Pri ťažkých barotraumách býva takmer konštantným sprievodným zjavom makroskopicky dobre viditeľný podkožný emfyzém najmä na krku a trupe [6, 23, 24, 27]. Nafialové mramorovanie kože trupu aj končetín signalizuje mikroembolizáciu kožných kapilár pri dekompresnej chorobe [4].

Vnútná ohliadka

Patomorfologický nález pri utopení, ktorým smrteľná potápačská nehoda vo väčšine prípadov vrcholí, je dostatočne známy a opísaný [5, 15, 18, 26] a na tomto mieste nie je potrebné sa ním zaoberať. Pitva tela potápača sa však orientuje predovšetkým na dôkaz plynových bublín v tele či už pri dekompresnej barotraume (vzduchové bubliny), alebo dekompresnej chorobe (dusíkové bubliny). Prvoradý význam má dekompresné barotrauma ako konštantné riziko, sprevádzajúce každý výstup potápača z hĺbky [3]. Pri pitve tela potápača treba teda v prvom rade vylúčiť vzduchovú embóliu a je potrebné k tomuto účelu čiastočne modifikovať obvyklú pitevnú techniku. Vzduchová embólia potápača je embóliou arteriálneho typu s prienikom vzduchu z pulmonálneho riečišťa do ľavého srdca a ďalej do periférnych artérií [9, 12, 17, 26]. Goldhahn [9] aj Hanson a Young [11] odporúčajú započat pitvu tela potápača otvorením lebečnej dutiny s makroskopickou ohliadkou dostupných častí arteriálneho okruhu mozgu pri nadzdvihnutých a odklopených frontálnych lalokoch po predchádzajúcom preťatí tractus optici. Ďalej treba ligovať obe aa. carotis internae, vypreparovať mozog a opätovne podrobne preskúmať arteriálny systém bez jeho narušenia. U potápačov vzhľadom na ich nižší vek sú cerebrálne artérie dostatočne transparentné a vzduchové bublinky v nich sú pri pozornej inšpekcii dobre zreteľné. Prítomnosť drobných vzduchových bubliniek v superficiálnych cerebrálnych vénach možno považovať za artefakt, vzniklý pri odstránení dura mater [11]. Mozog sa odporúča fixovať in toto. Najčastejším makroskopickým nálezom býva edém a pasívna kongescia mozgu, prípadne drobné fokálne hemorágie v mozgu aj mozočku [9, 23, 25].

Dutinu hrudnú otvárame zásadne pod vodou technikou na zistenie pneumotoraxu [15, 16]. Tu vykonáme sagitálny kožný rez od fossa jugularis po processus ensiformis a vak vzniklý odpreparovaním mäkkých častí prednej steny

hrudníka vyplníme vodou. Obojstranne potom vo viacerých interkostálnych priestoroch nabodávame pod vodou prednú stenu hrudní. Krátkym nástrihom pod vodou otvárame aj perikardiálny vak po predchádzajúcom odpreparovaní sterna až po prvé rebro zároveň s chrupavčitými časťami rebier [15, 16]. Baker [1] doporučuje ďalej naložiť tesnú ligatúru na koreň aorty. Po predĺžení nástrihu perikardu po obnažení srdca makroskopicky dôkladne prehliadneme koronárnu vaskulatúru na prítomnosť bublín. Po naplnení zodvihnutých listov perikardiálneho vaku vodou tenkým skalpelom nabodávame najprv ľavú komoru a ľavú predsieň (arteriálny typ embólie). Pri ťažkých formách dekompresnej choroby môžu byť prítomné dusíkaté bubliny aj v pravom srdci, o čom sa treba presvedčiť rovnakým spôsobom. Koronárne riečište pitveme najlepšie metódou podľa Bakera [1], pri ktorej pretíname spoločne r. circumflexus a r. interventricularis najprv ľavej a potom pravej koronárnej artérie a pod vodou prstami jemne vytlačíme ich obsah smerom k rezu. Únik bubliniek aj malých rozmerov je evidentný. Pred vyňatím akéhokoľvek orgánu z dutiny hrudnej predĺžime najprv sagitálny rez aj na prednú stenu brušnú a starostlivo makroskopicky preskúame dostupnú arteriálnu vaskulatúru abdominálnych orgánov, včítane ciev mezenteria [5]. V prípade podozrenia na prítomnosť bublín je vhodné na príslušnú cievu nakladať v kratších úsekoch ligatúry a cievu neskôr otvárať pod vodou.

Pulmomediastinálny komplex doporučujú Goldhahn [9] a Hanson a Young [11] vybrať z dutiny hrudnej in toto a fixovať ho vcelku tracheálnou alebo vaskulárnou perfúziou fixačným roztokom. Podľa uvedených autorov pri tomto spôsobe fixácie lepšie vyniknú miesta poškodeného pľúcneho parenchýmu, hemorágie, emfyzém alebo kolaps tkaniva, prípadne iné lokality potenciálneho „air trapping“ s barotraumou pľúcneho tkaniva. Metóda tracheálnej náplne fixačným roztokom má však tú chybu, že reziduálny vzduch nedovolí preniknúť fixačnej tekutine hlbšie do periférie dýchacích ciest. Metóda perfúzie ciev vytlačí pôvodnú náplň ciev a preparát takto získaný neposkytne žiadne informácie o pôvodnom intravaskulárnom obsahu. Zdá sa, že najvhodnejšia bude pozorovaná makroskopická ohliadka nefixovaných orgánov s následnou normálnou fixáciou. Srdce treba ďalej obvyklou technikou preskúmať z aspektu možností medzikomorových a medzipredsieňových komunikácií [11]. Rovnako je dôležité previesť na vybraných rezoch z myokardu makroenzymatické reakcie na dôkaz perakútnej ischémie [15].

Veľký význam pri týchto úmrtiach má ohliadka jazyka. Hemorágie a lacerácie môžu svedčiť pre agonálne kŕče [9], prípadne manifestáciu latentnej tetánie pri hyperventilácii s hypokapniou [10], najmä pri úpornom plávaní alebo namáhavej práci pod vodou.

Pitva dutiny brušnej sa v ďalšom už technic-

ky neodlišuje od bežného pitevného postupu. Miera makroskopických zmien abdominálnych orgánov u smrti na dekompresné barotrauma je rôzna, od pasívnej hyperémie (6) až po možnú ruptúru črevných kľúčiek expanziou plynu (18). Dôležité je zistiť obsah žalúdka, najmä čo do kvantity. Potápačské bezpečnostné smernice jednoznačne zakazujú potápanie tesne po požití potravy. Pri plnom žalúdku môže vzniknúť nevoľnosť až vomitus pod vodou jednak pri častých zmenách polohy tela v bezváhovitom stave, alebo počas výstupu k hladine z expanzie vzduchovej bubliny v žalúdku (20). Nález zvratkov či už v dutine ústnej, alebo dýchacích cestách, podporuje tieto závery za predpokladu, že na postihnutom neboli prevádzané násilné resuscitačné pokusy.

Pri pitve tela potápača je bezpodmienečne nutné pitvať miechu bežnou technikou a odobrať z nej dostatočné množstvo excízií v jednotlivých segmentoch. Rovnako nemožno vynechať aj otvorenie oboch stredoušných dutín a kontrolu ich obsahu a celistvosti bubienka (8, 16). Vzhľadom na pomerne hrubú techniku sprístupňovania stredoušia je vhodné pred započatím pitvy vykonať na mŕtvoľe bežné otoskopické vyšetrenie celistvosti bubienka z vonkajšieho zvukovodu po konzultácii s príslušným odborníkom. Ruptúry bubienka s krvácaním do stredoušia treba taktiež korelovať s údajmi o náleze tela. Obzvlášť precízne treba pátrať po vzduchovej embólii, ak potápač s barotraumou stredného ucha bol nájdený mŕtvy na hladine na nafukovacej veste, prípadne zomiera krátko po vynorení. Barotrauma stredoušia s ruptúrou bubienka a sprievodným kalorickým vertigom môžu navodiť u potápača panickú reakciu na ťažkú rotačnú závrať. Ak potápač v tomto prípade použije nafukovaciu vestu, je touto rýchlo vynášaný k hladine a len zriedka je schopný kontrolovať aktívne rýchlosť výstupu. Riziko takéhoto výstupu z hladiska vzduchovej embólie je mimoriadne veľké. Barotrauma stredoušnej dutiny s ruptúrou bubienka pri náleze tela v hĺbke nie je smerodatná (9).

Histologické vyšetrenie

Na histologické vyšetrenie je potrebné získať dostatočný počet excízií zo všetkých orgánov, včítane kože a svalov (11). Rovnako dostatočný počet rezov treba eliminovať z bežného parafínového spracovania za účelom verifikácie možnej tukovej mikroembolizácie pri dekompresnej chorobe (4, 22). Tieto rezy spracovávame ďalej bežnou zmrazovacou technikou a farbením na dôkaz tuku. Medzi menej obvyklé metódy dôkazu plynových bublín v krvi patrí vyšetrenie krvných zrazenín v stereomikroskope a formalínová fixácia krvných koagúl s ich ďalším histologickým spracovaním (5). Philp a i. (22) v experimente nakladali svorky a ligatúry na vybrané cievy krýs vystavených explozívnej dekompresii, cievne segmenty s kr-

Tab. 1

Diferenciálna diagnóza vzduchovej embólie a dekompresnej choroby

	Vzduchová embólia	Dekompresná choroba
Hĺbka ponoru	Malé hĺbky	30 m a viac
Dĺžka ponoru	Nerohoduje	Dlhšia časť potrebná k saturácii organizmu inertným plynom (N ₂)
Nástup príznakov po vynorení	Minúty	Až do 24 hodín
Dynamika klinického obrazu	Búrľivá epizóda smrti krátko po nástupe príznakov	Pomalé zhoršovanie stavu, smrť po viacerých hodinách až dňoch
Postihnutie CNS	+ (prevažne mozog)	+ (prevažne miecha)
Pneumotorax	+ —	—
Pneumoperikard	+ —	—
Pneumomediastinum	+ —	—
Pneumoretroperitoneum	+ —	—
Barotrauma pľúc	+	—
Subkutánny emfyzém	+ —	—
Kožný lymfedém	—	+ —
Škrvnosť kože	—	+ —
Bolesti kĺbov	—	+
Intravaskulárne bubliny	+ (vzduch)	+ (N ₂)
Intracelulárne bubliny	+ — (vzduch)	+ (N ₂)
Tuková embólia	+ —	+
DIC	—	+

vou boli hlboko zmrazené a spracované technikou zmrazovacích rezov s farbením HE a Giemsa. Stojí za úvahu, či by bolo možné použiť tento náročný postup k objektivizácii bublín v krvi aj u smrteľnej potápačskej nehody. Richter a i. (23, 24) nachádzajú v ťažkých prípadoch smrteľnej dekompresnej nehody bublinky v bežných histologických rezoch aj v elektronovom mikroskope takmer vo všetkých parenchymatóznych orgánoch.

V tkanive mozgovom boli u týchto úmrtí popísané zóny drobných ischemických nekróz s guľovitými mikrokrvácami predovšetkým v bielej hmote pontu, v bazálnych gangliách, periakveduktálnej krajine, v stene III. a IV. komory mozgovej a oblongate (9, 18, 25). V mieche sa našli drobné ischemické lézie najmä perivaskulárne s drobnými perivaskulárnymi hemorágiami a rozrušením vlákien. Predilekčnými miestami sú dolná časť krčného miešneho segmentu a hrudný a horný lumbálny segment, kde sa ložiská ischemického poškodenia lokalizujú predovšetkým v bielej hmote (25).

V parenchýme pľúc sa vyskytujú ložiskovité krvácania do alveolov, ktoré sa zdajú byť patognomické pre smrteľnú potápačskú nehodu (6, 9). Fischer a i. (6) nachádzajú v histologickom náleze z pľúc 4 zomrelých potápačov ojedinelé ruptúry sliznice bronchiolov aj menších bronchov. Histologický nález v pľúcnom tkanive býva však poväčšine prekrytý obrazom masívneho pľúcneho edému, ktorý je typický pre sekundárne utopenie u fatálnej nehody pri potápaní (9).

V prípade podozrenia smrti na dekompresnú (kesonovú) chorobu treba pátrať vhodnou histologickou technikou po fibrínových mikrotromboch pri diseminovanej intravaskulárnej koagulácii (DIC), ktoré najskôr zachytíme v kapilárach obličiek, kože, plexus chorioideus aj endokrinných orgánov (7, 21).

Nález dysbarickej osteonekrózy, postihujúcej predovšetkým hlavicu femuru, humeru a kosti kolenného kĺbu, nikdy nie je v príčinnej súvislosti so smrťou potápača a dokazuje len viaceré predchádzajúce hyperbarické expozície postihnutého (13, 14).

U smrteľnej potápačskej nehody je vždy potrebné odobrať referenčné vzorky krvi na stanovenie obsahu etanolu a karboxyhemoglobínu.

Záverom upozorňujeme, že expertízu potápačskej techniky pri smrteľných nehodách vykonáva v ČSSR výlučne Štátna skúšobňa č. 211, Dělostřelecká 30, 160 01 Praha 6, kde je možné získať doplňujúce technické informácie potrebné ku komplexnému pohľadu na smrteľnú nehodu potápača.

Súhrn

Postmortálna analýza smrteľnej potápačskej nehody je orientovaná predovšetkým na dôkaz bublín vzduchových (dekompresná barotrauma) alebo dusíkových (dekompresná — kesonová — choroba) v cievach aj orgánoch. Pri pitve treba predovšetkým vylúčiť barotraumu pľúc so sprievodnými komplikáciami a k tomu účelu treba použiť vhodnú pitevnú techniku. Pri smrti potápača na dekompresnú (kesonovú) chorobu treba pátrať aj po známkach tukovej mikroembólie alebo fibrínových trombov pri diseminovanej intravaskulárnej koagulácii krvi.

Literatúra

1. Baker, R. D.: Postmortem Examination. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1967.
2. Burton, A. C.: Physiology and Biophysics of the Circulation. Chicago, Year Book Med. Publ. Inc., 1966.
3. Elliott, D. H.: Some Occupational Hazards of Diving. Proc. roy. Soc. Med., 69, 1976, č. 8, s. 589—593.
4. Elliott, D. H. - Hallenbeck, J. M.: The Pathophysiology of Decompression Sickness. V: The Physiology and Medicine of Diving and Compressed Air Work, edit.: Bennett, P. B. - Elliott, D. H. - Baillière Tindall, London, 1975, s. 207—230.
5. Falk, H. - Pfeifer, K.: Praktische Sektionsdiagnostik mit Schnellmethoden. Leipzig, VEB Georg Thieme, 1964.
6. Fischer, H. - Masel, H. - Sigl, W.: Tödliche Unfälle mit Presslufttauchgeräten. Z. Rechtsmed., 81, 1978, č. 2, s. 157—162.
7. Flute, P. T.: Intravascular Coagulation. V: Recent Advances in Clinical Pathology, edit.: Dyke, S. C., Edinburgh, Churchill Livingstone, 1973.
8. Friedmann, I.: Pathology of the Ear. Blackwell Scientific Publ., Oxford, 1974.
9. Goldhahn, R. T.: SCUBA Diving Deaths: A Review and Approach for the Pathologist. V: Legal Medicine Annual 1976, edit.: Wecht, C. H., Appleton-Century-Crofts, New York 1977, s. 109—132.
10. Green, J. H.: Basic Clinical Physiology. London, Oxford University Press, 1969.
11. Hanson, R. G. - Young, J. M.: Diving Accidents. V: The Physiology and Medicine of Diving and Compressed Air Work, edit.: Bennett, P. B. - Elliott, D. H. - Baillière Tindall, London, 1975, s. 545—556.
12. Hart, G. B.: Treatment of Decompression Illness and Air Embolism with Hyperbaric Oxygen. Aerospace Med., 45, 1974, č. 10, s. 1190—1193.
13. Chryssanthou, C. P.: Dysbaric Osteonecrosis. Clin. Orthopaed. Rel. Res., 130, 1978, s. 94—106.
14. Kawashima, M. - Torisu, T. - Hayashi, K. - Kitano, M.: Pathological Review of Osteonecrosis in Divers. Clin. Orthopaed. Rel. Res., 130, 1978, s. 107—117.
15. Kokavec, M.: Příručka soudního lékařství. Martin, Osveta, 1972.
16. Kutlík, I.: Patologickoanatomická pitva. Bratislava, Vydavateľstvo SAV, 1954.
17. Lederer, R. J. - Sciarli, R.: Urgences et traumatologie en plongée. Med. Sport, 49, 1975, č. 3, s. 8—15.
18. Mueller, B.: Gerichtliche Medizin, teil I. Berlin, Springer Verlag, 1975.
19. Novomeský, F.: Vlastné pozorovanie, 1975.
20. Novomeský, F.: Vlastné pozorovanie, 1978.
21. Nožička, Z. - Vortel, V.: Histopatologický obraz akútnej diseminovanej intravaskulárnej koagulácie. Čs. Patol., 11, 1975, č. 2, s. 90—95.
22. Philp, R. B. - Inwood, M. J. - Warren, B. A.: Interactions Between Gas Bubbles and Components of the Blood: Implications in Decompression Sickness. Aerospace Med., 43, 1972, č. 9, s. 946—953.
23. Richter, K. - Löblich, H. J.: Letale Dekompressionskrankheit nach therapeutischer Überdruckbehandlung. Z. Rechtsmed., 81, 1978, č. 1, s. 45—61.
24. Richter, K. - Löblich, H. J. - Wyllie, J. W.: Ultrastructural Aspects of Bubble Formation in Human Fatal Accidents After Exposure to Compressed Air. Virchows Arch. A Path. Anat. and Histol., 380, 1978, s. 261—271.
25. Slager, U.: Pressure. V: Pathology of the Nervous System, edit.: Minckler, J., New York, McGraw-Hill Book Co., 1968.
26. Tesař, J.: Soudní lékařství. Praha, Avicenum, 1976.
27. Unterdorfer, H.: Tödliche Zwischenfälle beim sporttauchen. Beitr. Gerichtl. Med., 33, 1975, s. 303—307.

Klíčová slova: Potápanie; Potápačské nehody; Vzduchová embólia; Dekompresná choroba.