

616-009.12-02:612.273.2

K OTÁZCE HYPOXICKÝCH KŘEČÍ

Podplukovník MUDr. Josef DVOŘÁK, CSc., podplukovník MUDr. Miroslav ZEMAN,
technická spolupráce B. Filsaková, N. Růžičková

Při selhání kyslíkového zařízení nebo hermetizace přetlakové kabiny může za letu dojít k těžkému poškození organismu letce i ke smrti z nedostatku kyslíku. Seznamování letců s hypoxií a příslušnému nácviku se proto věnuje značná pozornost. Při zkouškách se dosahuje takového nedostatku kyslíku, který odpovídá výškám až 40 km. V takové situaci je sledování všech změn v organismu nezbytným předpokladem bezpečnosti. I když se prakticky hypoxie přímo za letu vyskytuje vzácně, má přesto poznání reakcí na těžkou hypoxii a určení jejich

mechanismu pro letecké lékařství stále ještě značný význam.

Údaje o účinku vysokého stupně nedostatku kyslíku na lidský organismus nejsou zcela jednotné. V hypoxii se u člověka objevují záškuby až celkové klonické křeče s bezvědomím. To jsou fakta popisovaná ve všech učebnicích leteckého lékařství. Při bližším rozboru literatury se však ukázalo, že se většinou předpokládá, že hypoxické křeče u člověka jsou stejné jako u ostatních savců; z pochopitelných důvodů je jen velmi málo pokusů, kde by se sledovaly u lidí změ-

ny v terminálním hypoxickém stavu. Netolitzky (1939) při značném nedostatku kyslíku, kde došlo i k zástavě dechu, žádné křeče nepozoroval. Podobně není nikdy popsán křečový záchvat u více než jednoho sta případů smrtelné hypoxie u lidí (Glaisher 1862; Bert 1878; v. Schröter 1912; Müller, Rotter 1942; Kritzler 1944; Titrud, Haymaker 1947; Foulks 1947; Lewis Haymaker 1948).

Metodika

Pozorovali jsme nástup a průběh hypoxických křečí u 80 osob při výstupu v podtlakové komoře, u 42 vyšetřovaných při dýchání v uzavřeném okruhu a v pokusech s 18 psy v podtlakové komoře a se 12 psy v asfyxii.

Ve všech případech jsme registrovali u lidí ekg, kožní galvanický reflex a dýchání; v podtlakové komoře jsme určovali ještě změny při psacím testu (Lottig) a tapping-testu (fukání prstem v libovolném rytmu). Při dýchání v uzavřeném okruhu jsme registrovali ještě emg z povrchových ekg. elektrod.

U zvířat jsme registrovali dýchání a emg z různých svalových skupin jehlovými elektrodami; v určitých intervalech jsme též zapisovali současně ekg k určení tepové frekvence.

Výsledky

U lidí asi v 5 % nedošlo vůbec ke křečím a vyšetření bylo nutné skončit pro ztrátu vědomí. Ve většině případů se v těžké hypoxii (hodnoty oxymetrie kolem 60 %) objevily záškuby, pak generalizované křeče, převážně tonické, výjimečně se zvětšovaly a přešly v záchvat generalizovaných křečí. Většinou při tonických křečích se objevil episthotonus, flexe horních končetin k lokti, extenze dolních končetin; současně došlo k deviaci očních bulbů.

Z emg. záznamu lze zřetelně zjistit, že křeče mají buďto charakter zcela nepravidelných záškubů, trvajících 2—3 vteřiny, nebo jsou tonické, s rychlým nástupem a s postupným snižováním svalového napětí (obr. 1).

Jestliže při nástupu tonicko-klonických křečí začne vyšetřovaný fukat na daný signál v ryt-

mu, který si sám určí, křečové záškuby okamžitě vymizí; fukání se dělalo vždy jednu minutu. Z obr. 2 je vidět, že se tím upravil celkový stav, křeče zmizely a vyšetřovaný mohl opět po určité době pokračovat v psaní Lottigova testu. Saturace krve kyslíkem při tom kolísala v mezích daných chybou metody a během fukání se nijak podstatně nezlepšila.

Obr. 2

MIN	% O ₂	7500M LOTTIGŮV TEST
1	76	TUKÁNÍ 78/MIN
2	65	990 919 988 947 986 985 984 983 982 987 980 979 978
3	60	T 75/MIN
4	55	977 976 775 974 973 972 971 970 969 968 968 967 966 965 964 963 962 9
5	50	T 69/MIN
6	55	987 986 985 984 983 982 981 980 979 978
7	50	T 75/MIN
8	50	987 986 985 984 983 982 981 980 979 978
9	50	T 84/MIN
10	50	980 968 962 966 965 964 963 962 961 960
11	—	0 ₂

Výstup v podtlakové komoře na 7500 m, Lottigův test.

1. sloupec — čas v minutách od odložení kyslíkové masky;
2. sloupec — oxymetrie;
3. sloupec — provedení testu.

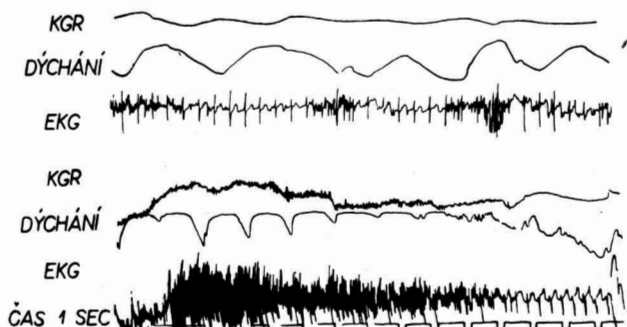
V pokusech se zvířaty jsme pozorovali, že hypoxické (a stejně tak asfyktické) křeče jsou zcela pravidelné, zachvacují jednotlivé svalové skupiny, počínaje koutkem mordu, přes svalstvo šíje, polykací svaly, přední končetiny, dýchací svalstvo, zadní končetiny a konče křečovým pohybem ocasu. Zpočátku se křeče mohou omezit jen na oblast hlavy. V těžké asfyxii však probíhají vlnovitě po celém organismu, vždy v uvedeném pořadí (obr. 3). Začátek křečových pohybů byl přesně koordinován s vdechem (obr. 4). V těžké hypoxii pak byla s nástupy křečí a vdechy koordinována i činnost srdce (obr. 5). Charakter křečí byl stejný jak v hypoxii, tak i v asfyxii.

Křečové záchvaty u zvířat se objevily vždy až po ztrátě vědomí, v období, kdy se zpomalila činnost srdce a snižovala frekvence dechu.

Diskuse

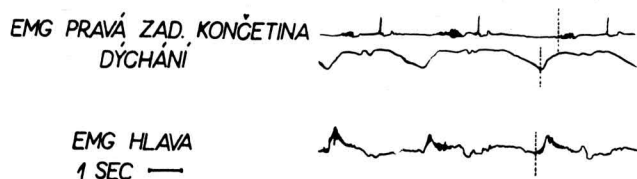
Z uvedených příkladů vyplývá, že hypoxické křeče u lidí jsou zcela odlišné jak dobou vzniku, tak i charakterem od křečí u zvířat.

Křečové pohyby lidí začínají ještě při plném vědomí, mají převážně tonický charakter a postrádají pravidelnost. Rytmičnou motorickou aktivitou (v našem případě prstů ruky) je možné je zrušit. Bližší popis těchto změn je publikován jinde (Zeman). V žádném případě však



Obr. 1. Dýchání v uzavřeném okruhu.

V záznamu shora dolů: kožní galvanický reflex; dýchání (vdech nahoru), ekg s emg. V dolním záznamu čas — 1 sec.



Obr. 3. Asfyxie. Pes 4,9 kg. 30. 6. 1959.

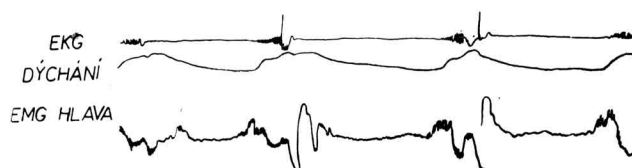
V záznamu shora dolů: emg zadní končetiny; dýchání (vdech nahoru); emg svalstva hlavy. Čas - 1 sec. = 15 mm. Svislým čárkováním je označen začátek nástupu křečového pohybu, resp. vdechu.

křeče nebyly spojeny s těžší poruchou, než je ztráta vědomí.

U zvířat se křeče objevovaly v preagonálním stadiu hypoxie, byly zcela pravidelné a časově souvisely s inspiriem. Sergijevskij (1950) popisuje křeče jak v inspiriu, tak i v expiriu a domnívá se, že hypoxické křeče jsou jen zesílené tzv. dýchací pohyby končetin — tj. rytmické pohyby končetin, synchronní s dýcháním, pozorovatelné i v normálním stavu. Dokázali jsme jinde (Dvořák 1960), že „dýchací pohyby končetin“ jsou projevem termoregulace a nemají nic společného s hypoxickými křečemi. Nikdy jsme nepozorovali, že by křeče začínaly s expiriem; je ovšem zcela dobře možné, že Sergijevskij při registraci pohybů zadní končetiny nemohl zjistit, že celková vlna křečí souvisí s inspiriem. Pozorovali jsme křečovitý záchvat, kde doba od prvního pohybu koutku mordu do pohybu ocasu byla šest vteřin; v takovém případě pochopitelně připadl křečový pohyb některé svalové skupiny na expirium. Souvislost křečo-

vé aktivity není tedy s výdechem, nýbrž s rychlostí šíření vlny křečí; tato rychlost je ve vztahu k dechové frekvenci (obr. 4). Při tom i vdech je pouze součástí celkového záchvatu, neboť před ním se vždy objeví křeče ve svalových skupinách hlavy a krku. Hypoxické a asfyktické křeče jsou stejné. Metodicky je ovšem snazší registrace mimo podtlakovou komoru. Jedině proto jsme v práci ilustrovali změny záznamy z asfyxie.

Naše práce nebyla metodicky zaměřena na sledování změn přímo v nervovém systému pokusných zvířat. Není však pochyby o tom, že



Obr. 5. Asfyxie. Pes 4,9 kg. 30. 6. 1959.

Záznam shora dolů: ekg — svod pravé přední končetiny — hrudník; dýchání (vdech nahoru); emg svalů hlavy.

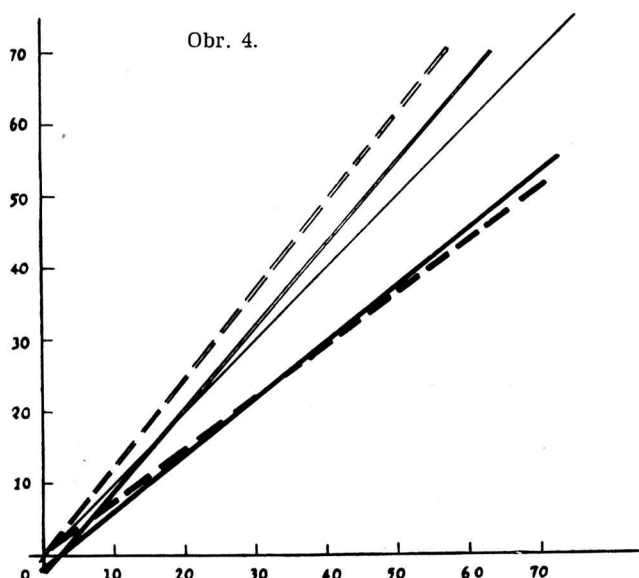
podkladem vnějších projevů — vlnovitě se šířícího rytmického záchvatu křečí — musí být obdobné procesy v té části nervového systému, která je v hluboké hypoxii ještě v činnosti. Vzhledem k tomu, že se takto synchronizuje nejen činnost motorická, nýbrž i činnost dýchacího a kardio-cirkulačního centra, předpokládáme, že jde spíše o koordinovaný akt, související s rytmickou činností částí mozku kmene (pravděpodobně retikulární formace). Otevřenou otázkou — experimentálně asi neřešitelnou — zůstává, zda by se obdobné křeče objevily i u lidí v preagonálním stadiu hypoxie. Je jisté jedině to, že křeče popisované u lidí a pokládávané za totožné s křečemi u zvířat, jsou podstatně odlišné a jejich nástupu není třeba přikládat tak alarmující význam jako u zvířat. To ovšem neznamená, že by bylo vhodné při praktickém provádění vyšetření v hypoxii nástup křečových projevů podceňovat; dříve či později může při nich dojít ke ztrátě vědomí, což jistě není událost zanedbatelná.

Závěry

1. Hypoxické křeče u lidí jsou převážně tonické a nepravidelné, nastupují často při plném vědomí vyšetřovaného; liší se podstatně od křečí pozorovaných v hypoxii u zvířat.
2. Hypoxické křeče u zvířat jsou koordinovaným aktem, postihujícím určité svalové skupiny organismu ve zcela přesném a stálém pořadí a šíří se vlnovitě po celém těle pokusného objektu.
3. Trvání šíření vlny křečí je ve vztahu k frekvenci dýchání.

Souhrn

Pozorovali jsme u 122 osob a u 30 psů rozdíly v průběhu hypoxických křečí. U lidí jsou křečové



Obr. 4. Asfyktické křeče v závislosti na délce dýchacího cyklu.

Osa X — interval mezi dvěma vdechy, osa Y — interval mezi dvěma křečovými stahy. Vyjádřeno v mm délky záznamu (15 mm — 1 sec.). Plná čára — závislost vdechu na vdechu. Silná plná čára — začátek pohybu svalů hlavy. Silná přerušovaná čára — totéž pro regresní přímku $Y=0,73 X$. Dvojitá čára — začátek pohybů svalů zadních končetin. Dvojitá přerušovaná čára — totéž pro regresní přímku $Y=1,23 X$.

záchvaty nepravidelné, tonického rázu, objevují se často při plném vědomí. U zvířat se křeče dostávají až v těžké hypoxii, záchvat se vlnovitě šíří po organismu; rychlost šíření souvisí s dechovou frekvencí. Hypoxické křeče u zvířat jsou synchronní s vdechem, nikdy s výdechem. Předpokládáme, že jde o koordinovaný akt, související s rytmickou činností těch částí nervového systému, které jsou v těžké hypoxii ještě v činnosti.

Резюме

Авторы наблюдали у 122 лиц и 30 собак различия в течении гипоксических судорог. У людей приступы бывают неравномерными, носят тонический характер, часто появляются при полном сознании. У животных судороги появляются только при тяжелой гипоксии, причем судороги волнообразно распространяются по телу животного; скорость распространения судорог связана с частотой дыхания. Гипоксические судороги у животных синхронны с фазой вдоха, а не с фазой выдоха. Авторы считают, что в данном случае имеет место координированный акт с ритмической деятельностью тех частей нервной системы, которые даже в условиях тяжелой гипоксии еще не прекратили деятельности.

Summary

Experiments designed to determine differences between the course of hypoxic convulsions in man

and in animals were carried out; 122 experimental subjects and 30 dogs were investigated. In man the convulsions are irregular, of the tonic type, and occur often during normal consciousness. In animals the convulsions occur only in severe hypoxia, the fit spreads wave-like over the body; the speed of the spreading is dependent on the respiratory rate. In animals the hypoxic convulsions are synchronous with inspiration, never with expiration. It is supposed that this is due to a coordinated process associated with the rhythmic action of those parts of the nervous system which are still working during severe hypoxia.

Písemnictví

- Bert P.: La pression barométrique. Paris 1878 — překlad College Book Co., Columbus, Ohio 1943.
Dvořák J.: Některé poznatky o iradiaci podráždění z dýchacího centra ve vztahu k hypoxickým křečím. Diss., Praha 1960.
Foulks J. G.: Causes of Anoxia in Combat and its Frequency among various crew members. Av. Physiol., Bulletin USA, 44, 4, 5—6, 1947.
Glaisher J.: Notes of effects experienced during recent balloon ascents. Lancet, 2, —, 559—560, 1862.
Kritzler R. A.: Ostraja vysotnaja bolezn. War Medicine, 6, 6, 360—377, 1944, in Voj med. ž., 12, 59, 1945.
Lewis R. B., Haymaker W.: High Altitude Hypoxia. Observations at autopsy in 75 cases and an analysis of the causes of the hypoxia. J. Av. Med., 19, —, 306—336, 1948.
Müller E., Rotter W.: Über histologische Veränderung beim akuten Höhentod. Beitr. path. Anat. u. allg. Path., 107, 1/2, 156—172, 1942.
Netolitzky P.: Mitteilung über eine Aura beim Cardiazolschock und eine Selbstbeobachtung bei Sauerstoffmangel. Wien. klin. Wschr., 52, 37, 864—865, 1939.
Sergijevskij M. V.: Dychatelnyj centr mlekopitajuščich životných. Medgiz, Moskva 1950.
Schroter von H.: Hygiene der Aeronautik und Aviatik. Braunmüller, Wien—Leipzig 1912.
Titrud L. A., Haymaker W.: Cerebral anoxia from high altitude asphyxiation. Arch. Neurol. Psych., 57, 4, 397—416, 1947.