proLékaře.cz | 26.4.2024

Měření nitrolebečního tlaku a Pascalův zákon

M. Kala
Neurochirurgická klinika LF UP a FN Olomouc

✉
doc. MUDr. Miroslav Kala, CSc.
Neurochirurgická klinika LF UP a FN
I.P. Pavlova 6, 775 20 Olomouc
e-mail: kalam@fnol.cz

Měření nitrolebečního tlaku se dnes stalo již zcela standardní a všeobecně rozšířenou metodou. V klinické praxi jsme občas svědky až nekritického přeceňování jeho přínosu v okamžicích, kdy je nutné zohlednit také některé jiné skutečnosti. Implantované čidlo renomovaných výrobců měří tlak jistě přesně. Měří jej však pouze v jednom bodě komplikovaného anatomického prostoru, a tak nějak až příliš samozřejmě se předpokládá, že změřená hodnota je s většími či menšími výhradami reprezentativní pro celý nitrolebeční prostor. Měření nitrolebečního tlaku v jediném bodě specificky tvarovaného a septovaného nitrolebečního prostoru, který má objem asi 1 500 ml a jehož obsah je po stránce kompliance zcela nehomogenní, může vést k nesprávné klinické interpretaci. Jedna z oprávněných výhrad vyplývá z Pascalova zákona.

Pascalův zákon zní: „Působí-li na kapalinu vnější tlaková síla v jednom směru, pak uvnitř tekutiny působí v každém místě stejně velký tlak, a to ve všech směrech." Přenos tlaku je umožněn pohybem částic kapaliny a rozkladem vzájemných sil mezi nimi do všech směrů. Je-li vnější změna tlaku pomalá, rovnováha se ustanoví rovnoměrně a v podstatě probíhá paralelně ihned se změnou vnějšího tlaku. Je-li rychlá, dojde sice ke zpoždění, ale toto zpoždění je časově zanedbatelné. Aby čidlo zavedené do nitrolebečního prostoru měřilo skutečný nitrolebeční tlak, musel by být mozek ideální kapalinou. (Může znít poněkud paradoxně, že ač mozek kapalinou není, je rovněž důležité zohlednit vliv hydrostatického tlaku, v jehož důsledku je tlak ve větší hloubce kapaliny rovněž větší než v menší hloubce. Hodnota nitrolebečního tlaku tedy závisí na poloze senzoru v mozkovém parenchymu anebo v komoře ve vertikálním směru. Je-li například prováděno současné měření nitrolebečního tlaku u jediného nemocného více senzory – což je případ raritní [1] prováděný spíše z důvodů experimentálních – je nutno přesně definovat prostorové umístění senzorů a s vlivem hydrostatického tlaku počítat.

Po stránce biomechanické má mozková tkáň vlastnosti 2složkové matrix složené z porézní elastické hmoty vyplněné kapalinou [2]. Z anatomických důvodů má tato tkáň v různých svých částech různou poddajnost (komplianci), která se dokonce mění i podle toho, z které strany působí deformující síla (anizotropie). Například jádra tvořená šedou hmotou se vyznačují vůči kompresi větší odolností.

Anatomickohistologické bariéry v obsahu lebeční dutiny brání okamžitému vyrovnávání tlakových gradientů. K jejich ekvilibraci sice dochází, ale proces je pomalý. I ve zdravé mozkové tkáni se uplatňují tlakové gradienty způsobené hydrostatickým tlakem, pulzací proudící krve, pulzací mozkomíšního moku [3].

Nejmenší hodnoty tlakových gradientů lze očekávat ve 2 základních situacích:

1. v mozkové tkáni, která neobsahuje expanzivně se chovající patologický substrát, tedy za fyziologických poměrů
2. v mozkové tkáni postižené difuzním edémem anebo dokonce nekrózou v důsledku mozkové smrti

Dojde-li v mozku k expanzivnímu chování patologické léze, vzniká velmi významný tlakový gradient. Velikost tohoto gradientu se v čase mění, neboť zvýšený tlak způsobený lézí se přenáší do cirkulujícího mozkomíšního moku a přilehlých žil. Změnou distribuce moku a krve se velikost tlakového gradientu snižuje. Je-li nitrolebeční tlak zvýšen, dochází kompenzačně k úbytku mozkomíšního moku a také ke snížení žilní náplně. Tímto mechanizmem v dutině lebeční ubývá právě té tekutiny, která byla relativně volně pohyblivá a přibývá tekutiny, jejíž pohyb je bariérově omezen (tkáňová tekutina intracelulární i extracelulární). Podmínky pro uplatnění Pascalova zákona se takto nadále zhoršují a jeho realizace vyžaduje ještě delší časový interval, než tomu bylo za podmínek fyziologických.

Připomeňme si ještě jednou znění již položené otázky: Lze nitrolebeční tlak vyjádřit jednou jedinou číselnou hodnotou? Jak již bylo uvedeno, dutina lebeční je komplikovaně tvarovaný dutý prostor, který je rozdělen duplikaturami tvrdé pleny na supratentoriální a infratentoriální prostor. Supratentoriální prostor je rozdělen tentoriem na část pravou a levou. Všechny uvedené prostory spolu komunikují. Pokud by obsahem lebeční dutiny byla kapalina (pouze kapalina), byl by zcela vyloučen takový jev, jako je například středočárový posun, který je tak běžný v každodenní klinické neurochirurgické praxi. Pokud by v dutině lebeční platil do důsledků Pascalův zákon, pak by byl nemyslitelný temporální konus. Jak je obecně známo, mozkové herniace (konusy) jsou způsobeny mechanickým posunem mozkové tkáně, mozkových komor a cév z jednoho kompartmentu nitrolebečního prostoru do druhého. Vznik jakéhokoli konusu je umožněn pouze a jenom v důsledku neschopnosti nitrolebečního obsahu (mozkové tkáně, krve a moku) vyrovnat plynule a dostatečně rychle tlakové gradienty vyvolané patologickými procesy, tedy v důsledku

proLékaře.cz | 26.4.2024

aktuální neplatnosti Pascalova zákona. Je tedy paradoxem, že právě na neomezenou platnost Pascalova zákona při měření nitrolebečního tlaku spoléháme.

Klinické práce přesvědčivě ukázaly, že nitrolebeční hypertenze má své koreláty v nálezech zobrazovacích metod. Důraz je kladen na nález posunu středových struktur, vymizení suprachiazmatické a bazilární cisterny, obliterace III. a IV. komory, zúžení horní cerebelární a kvadrigeminální cisterny a cisterny ambiens [4,5]. Přesun středočárových struktur je způsoben jednostrannou objemovou expanzí a velmi často je signálem svědčícím o přítomnosti nitrolebeční hypertenze, ale je nutné si uvědomit, že u generalizovaného edému se ani u extrémně vysokých hodnot nitrolebečního tlaku posun středočárových struktur nenachází. Hodnocení difuzního edému mozku na CT skenech jen podle šířky komor a subarachnoideálních prostor je obtížné zvláště u dětí. Fyziologicky úzké komory a subarachnoideální prostory jsou často mylně interpretovány jako známka edému [6].

Jakkoli pokládám měření nitrolebečního tlaku v indikovaných případech za prospěšné, stejnou nezbytnost připisuji pravidelným kontrolním vyšetřením výpočetní tomografií či MRI. Tato vyšetření nelze opomíjet ani za podmínky, že nitrolebeční tlak je ve fyziologických mezích anebo do jisté míry kontinuálně zvýšený, ale v tolerovatelných mezích. Nález konusu při CT vyšetření těchto nemocných může být překvapivý. Čidlo zavedené do parenchymu čelního laloku mozku měří hodnoty tlaku, které se velmi liší od hodnot, které by byly změřeny v oblasti rozvíjející se transtentoriální herniace. Přitom právě v oblasti hiatus tentorii probíhají nejdynamičtější patologickoanatomické děje rozhodující o konečném terapeutickém výsledku. Přínos měření nitrolebečního tlaku je tedy nesporně limitován. Pravděpodobně však nelze očekávat řešení tohoto stavu zaváděním několika čidel jedinému nemocnému, i když již v tomto ohledu byly provedeny některé studie [7]. Spíše lze očekávat pomoc od rychle se zvyšující dostupnosti těch modalit zobrazovacích metod, které umožní standardně vyšetřit stav mozkové perfuze.

Závěr

Při měření nitrolebečního tlaku implantovaným čidlem získáváme hodnotu, která udává momentální tkáňový tlak pouze v místě jeho zavedení. Nedílnou součástí hodnocení stavu nemocného je posouzení současného CT anebo MRI nálezu a samozřejmě i aktuální klinický stav s cílem zvážit aktuální stav mozkové perfuze. Pravidelně prováděná kontrolní vyšetření zobrazovacími metodami odhalí skutečné patologickoanatomické poměry a v řadě případů zcela nepochybně povedou k indikaci dekompresivního neurochirurgického výkonu.

Poděkování

Autor děkuje za cenné připomínky panu Ing. Václavu Horovi, metrologovi Autorizovaného metrologického střediska ionizujícího záření v Olomouci.

Literatura

1. Stephensen H, Tisell M, Wikkelsö C. There is no transmantle pressure gradient in communicating or noncommunicating hydrocephalus. Neurosurgery 2002; 50: 763–773.
2. Pe'a A, Bolton MD, Whitehouse H, Pickard JD. Effects of brain ventricular shape on periventricular biomechanics: A finite-element analysis. Neurosurgery 1999; 45: 107–118.
3. Tintěra J, Brühl K, Stoeter P. Měření dynamiky mozkomíšního moku magnetickou rezonancí. Čes Radiol 1997; 51: 199–209.
4. Gower DJ, Baker AL, Bell WO. Contraindications to lumbar puncture as defined by computed cranial tomography. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1987; 50: 1071–1074.
5. Mizutani T, Manaka S, Tsutsumi H. Estimation of intracranial pressure using computed tomography scan findings in patients with severe head injury. Surg Neurol 1990; 33: 178–184.
6. Heřman M. Akutní CT mozku. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci 2006.
7. Slavin KV , Misra M. Infratentorial intracranial pressure monitoring in neurosurgical intensive care unit. Neurol Res 2003; 25: 880–884.