

# Vztah likvorových hladin IL-6 ke změnám parciálního tlaku kyslíku v mozku a k rozvoji vazospasmů u pacientů po subarachnoidálním krvácení z ruptury aneuryzmatu mozkové tepny

## IL-6 Levels in the Cerebrospinal Fluid and their Association with Brain Oxygen Partial Pressure and Cerebral Vasospasm Development in Patients with Aneurysmal Subarachnoid Haemorrhage

### Souhrn

**Cíl:** Cílem práce bylo zjistit, zda existuje vztah mezi likvorovými hladinami IL-6 a nálezy na transkraniální dopplerometrii či hodnotami parciálního tlaku kyslíku v mozku (PbtO<sub>2</sub>) u pacientů po subarachnoidálním krvácení. **Soubor a metodika:** Do souboru byli zařazeni pacienti se subarachnoidálním krvácením z ruptury aneuryzmatu mozkové tepny, kteří byli čtvrtý den po atace v bezvědomí. U pacientů byl hodnocen vztah mezi likvorovými hladinami IL-6 ze čtvrtého dne po atace krvácení a nálezy na transkraniální dopplerometrii či hodnotami parciálního tlaku kyslíku v mozku z následujícího dne. **Výsledky:** Celkem bylo hodnoceno 20 pacientů. U zkoumaného souboru byl patrný trend k vyšším hladinám IL-6 u pacientů s vazospazmy mozkových tepen (med: 3 544; 25 %/75 % = perc: 2 106/6 907 vs. med: 10 080; 25 %/75 % perc: 2 540/13 958; p = 0,0946), avšak nebyla prokázána korelace mezi hladinami IL-6 a rychlostmi toků na magistrálních tepnách. Při srovnání hladin IL-6 s hodnotami parciálního tlaku kyslíku v mozku byl patrný trend k vyšším hladinám IL-6 ve skupině s hodnotami PbtO<sub>2</sub> nižšími než 20 mmHg (med: 2 860; 25 %/75 % perc: 940/8 580 vs. med: 6 937; 25 %/75 % perc: 3 811/14 524; p = 0,0587) a byla prokázána korelace mezi likvorovými hladinami IL-6 a hodnotami PbtO<sub>2</sub> (rs = -0,626; p = 0,002). **Závěr:** Ve zkoumaném souboru pacientů po subarachnoidálním krvácení byla v období reprezentujícím začátek periody největšího rizika vzniku opožděné mozkové ischemie prokázána korelace mezi likvorovými hladinami IL-6 a hodnotami PbtO<sub>2</sub> z následujícího dne. Na základě těchto výsledků lze předpokládat, že IL-6 může představovat slibný marker, který by mohl být použitelný k predikci rizika vzniku opožděné mozkové ischemie.

Práce byla podpořena grantem IGA MZ ČR č. NT/14590.

Autoři deklarují, že v souvislosti s předmětem studie nemají žádné komerční zájmy.

The authors declare they have no potential conflicts of interest concerning drugs, products, or services used in the study.

Redakční rada potvrzuje, že rukopis práce splnil ICMJE kritéria pro publikace zasílané do biomedicínských časopisů.

The Editorial Board declares that the manuscript met the ICMJE "uniform requirements" for biomedical papers.

K. Ďuriš<sup>1,2</sup>, E. Neuman<sup>2</sup>, V. Vybíhal<sup>2</sup>, V. Juráň<sup>2</sup>, J. Gottwaldová<sup>3</sup>, M. Kýr<sup>4</sup>, A. Vašků<sup>1</sup>, M. Smrčka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav patologické fyziologie, LF MU, Brno

<sup>2</sup> Neurochirurgická klinika LF MU a FN Brno

<sup>3</sup> Oddělení klinické biochemie, LF MU a FN Brno

<sup>4</sup> Klinika dětské onkologie LF MU a FN Brno



prof. MUDr. Martin Smrčka, Ph.D., MBA

Neurochirurgická klinika LF MU a FN Brno

Jihlavská 20

625 00 Brno

e-mail: msmrcka@fnbrno.cz

Přijato k recenzi: 28. 1. 2016

Přijato do tisku: 1. 6. 2016

### Klíčová slova

subarachnoidální krvácení – zánět – interleukin-6 – tkáňová oximetrie – Licox – transkraniální dopplerometrie – vazospazmy

### Key words

subarachnoid hemorrhage – inflammation – interleukin-6 – brain tissue oxygen monitoring – Licox – transcranial dopplerometry – cerebral vasospasm

## Abstract

**Aim:** The aim of this study was to evaluate whether levels of IL-6 in the cerebrospinal fluid are associated with parameters of transcranial dopplerometry or brain oxygen partial pressure (PbtO<sub>2</sub>) in patients with subarachnoid haemorrhage. **Patients and methods:** Patients with aneurysmal subarachnoid haemorrhage, who were unconscious during the fourth day after the onset of bleeding, were enrolled in the study. We explored associations between levels of IL-6 in the cerebrospinal fluid as measured on the fourth day after subarachnoid hemorrhage and transcranial dopplerometry parameters or brain oxygen partial pressure measured one day later. **Results:** A total of 20 patients were enrolled into this study. There was a trend to higher levels of IL-6 in patients with cerebral vasospasm (med: 3,544; 25%/75% = perc: 2,106/6,907 vs. med: 10,080; 25%/75% perc: 2,540/13,958; p = 0.0946), however, no correlation between the levels of IL-6 and mean velocities in magistral vessels was observed. There was a tendency to higher levels of IL-6 related to PbtO<sub>2</sub> lower than 20 mm Hg (med: 2,860; 25%/75% perc.: 940/8,580 vs. med: 6,937; 25%/75% perc: 3,811/14,524, p = 0.0587) and there was a significant correlation between the levels of IL-6 and PbtO<sub>2</sub> in our study group (rs = -0,626; p = 0.002). **Conclusion:** In this study group, there was a correlation between levels of IL-6 in the cerebrospinal fluid and subsequent PbtO<sub>2</sub> values at the beginning of the period representing the highest risk of delayed cerebral ischemia development. Based on these results we assume that IL-6 might be considered as a promising marker to predict risk of developing delayed cerebral ischemia.

## Úvod

Subarachnoidální krvácení (Subarachnoid Hemorrhage; SAH) je typ cévní mozkové příhody vyskytující se s incidencí asi 10/100 000 obyvatel/rok a je spojeno s až 50% mortalitou [1]. V přibližně 80 % případech je SAH spojeno s rupturou aneuryzmatu mozkové tepny [2]. Ošetření aneuryzmatu představuje zásadní léčebný postup, který má za cíl předejít opakovanému prasknutí aneuryzmatu, což je nejzávažnější komplikace SAH spojená s až 80% mortalitou [2].

Vedle opakovaného krvácení je obávanou komplikací SAH opožděná mozková ischemie (Delayed Cerebral Ischemia; DCI). DCI se obvykle rozvíjí mezi čtvrtým a 14. dnem, postihuje asi 30 % pacientů a je spojena s výrazným nárůstem morbidity a mortality [3]. Vazospazmy mozkových tepen jsou nejčastější příčinou DCI, avšak náhled na DCI se v poslední době přehodnocuje, neboť vazospazmy mozkových tepen nemusí vést vždy k DCI a na druhou stranu DCI může vzniknout nezávisle na přítomnosti vazospasmů [3–5]. Předmětem intenzivního výzkumu posledních let se proto vedle vazospasmů stalo studium časných patologických změn v mozku (Early Brain Injury; EBI). EBI je komplex navzájem provázaných patologií, které časově předcházejí vzniku vazospasmů, mohou být jejich příčinou a zároveň mohou vést k DCI nezávisle na vzniku vazospasmů. K nejvýznamnějším patologiím ze souboru EBI patří přechodný nárůst intrakraniálního tlaku s přechodnou mozkovou ischemií, zánět, apoptóza neuronálních i endoteliálních buněk nebo edém mozku. Z molekulárních mechanismů je to porucha produkce a signální dráhy oxidu dusného, dysregulace koagulační kaskády, excitotoxicita a oxidativní stres [6–8].

Zánět hraje klíčovou roli v patofyziologii SAH a je významným činitelem v rozvoji EBI i vazospasmů mozkových tepen [7,9,10]. Nadějným markerem zánětlivé reakce po SAH se jeví interleukin-6 (IL-6), jehož hladiny v likvoru výrazně narůstají časně po atace krvácení, problémem však zůstává fakt, že výše hladin je velmi variabilní. Jsou-li za horní mez normy považovány hodnoty do 15 pg/ml, pohybují se likvorové hladiny po SAH ve stovkách až tisících pg/ml [11,12]. Předchozími pracemi byla popsána možná souvislost mezi likvorovými hladinami IL-6 časně po SAH a pozdějším výskytem vazospasmů i DCI [13,14]. Paralelní srovnání vztahu mezi hladinami IL-6, DCI a rozvojem vazospasmů mozkových tepen časně po SAH však provedeno nebylo, a to bylo cílem této práce.

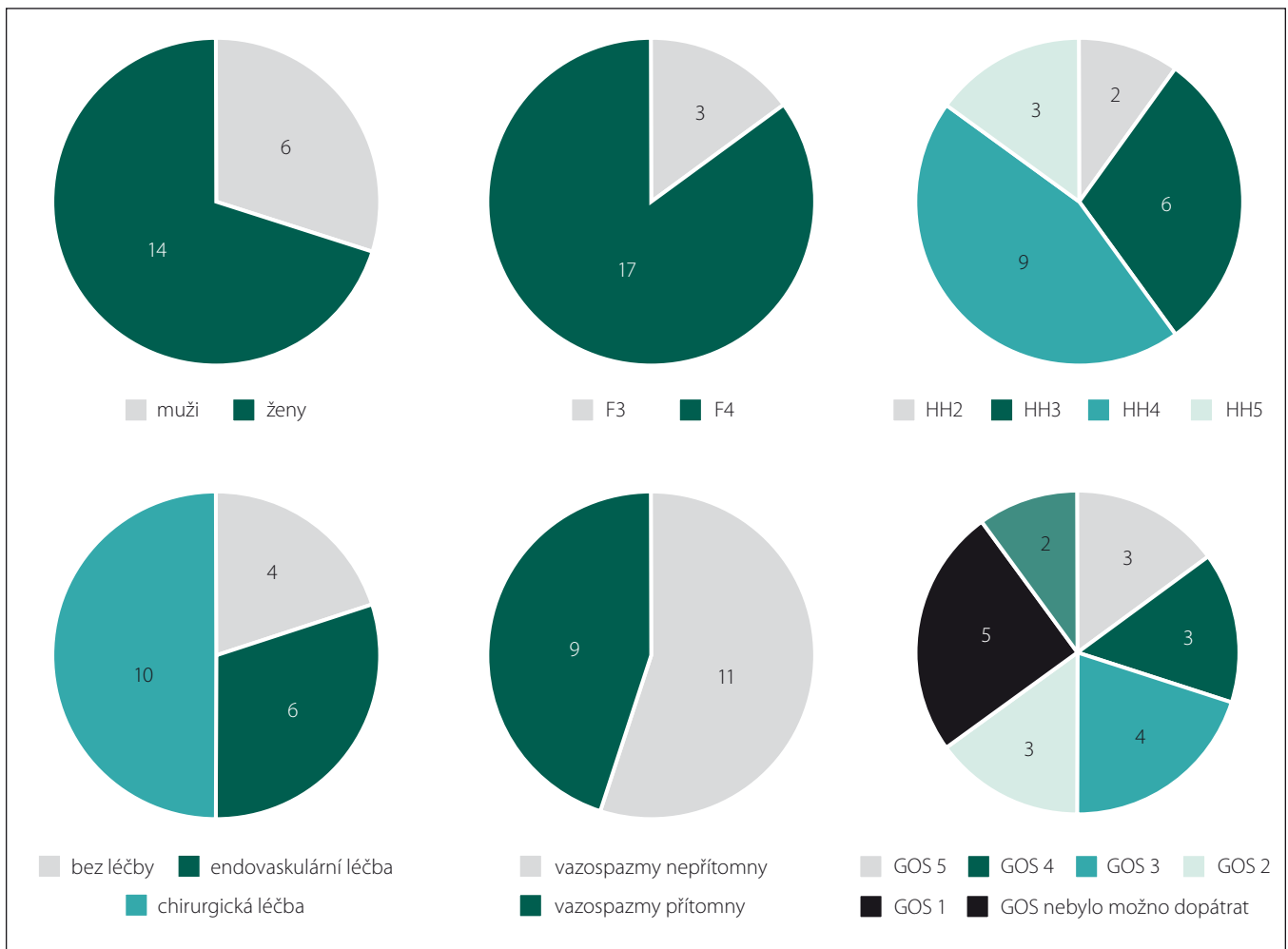
## Materiál a metody

Studie i všechny postupy byly schváleny etickou komisí FN Brno. Účast ve studii byla dobrovolná, což bylo stvrzeno podpisem informovaného souhlasu pacientem nebo příbuznými pacientů v bezvědomí. Pacienti zařazení do této studie tvoří část souboru, který byl hodnocen v rámci grantového projektu probíhajícího na Neurochirurgické klinice FN Brno mezi roky 2013 a 2015. V jeho rámci byli zařazováni pacienti po SAH prokázáním na výpočetní tomografii, které nebylo starší než 24 hod, přičemž klinický stav při přijetí nebyl rozhodující. Z tohoto širšího souboru byli pro potřeby této studie vybráni pacienti, kteří byli čtvrtý den po SAH v bezvědomí (nezávisle na stavu vědomí při přijetí).

Všechny diagnostické a léčebné postupy vč. zavedení zevní lumbální drenáže nebo zevní komorové drenáže či ošetření aneuryzmatu (operace nebo endovaskulární

výkon) probíhala u pacientů zařazených do studie stejným způsobem jako u ostatních pacientů s touto diagnózou. Obecným cílem léčby bylo ošetřit aneuryzma v nejkratší možné době po přijetí a následně udržovat systolický krevní tlak nad horní hranici normy nebo na úrovni hypertenze v případě pacientů s vazospazmy. Léčba byla v jednotlivých případech individualizována s ohledem na věk a celkový stav pacienta s důrazem na kardiovaskulární onemocnění.

U pacientů zařazených do studie byl hodnocen vztah likvorových hladin IL-6 k následnému rozvoji poruch oxygenace mozkové tkáně a vzniku vazospasmů mozkových tepen. Za tím účelem byly u každého pacienta vyhodnoceny tři vzorky likvoru odpovídající čtvrtému dni po SAH. Vzorky byly odebírány v intervalu 8 hod, byly zpracovány cestou Oddělení klinické biochemie FN Brno za použití standardních laboratorních metod a hladiny IL-6 byly stanoveny pomocí komerčně dostupných ELISA kitů (RD Systems). Za účelem detekce vazospasmů bylo u všech pacientů standardně prováděno vyšetření pomocí transkraniální dopplerometrie (TCD). Ve studii byly použity střední rychlosti toků ( $V_{\text{mean}}$ ), kdy za známky vazospasmů bylo považováno rychlosti vyšší než 120 cm/s na arteria cerebri media (ACM) nebo 100 cm/s na arteria cerebri anterior (ACA), přičemž směrodatné byly hodnoty stranově odpovídající lokalizaci čidla monitoringu oxygenace mozkové tkáně. Jednalo se o jednorázová vyšetření, která byla provedena nejdříve po skončení vzorků likvoru, což odpovídalo pátému dni po SAH. Monitoring oxygenace mozkové tkáně (PbtO<sub>2</sub>) byl prováděn pomocí systému Licox, přičemž pro potřeby této studie byla použita reprezentativní hodnota odpovídající 24hod průměru



Graf 1. Charakteristika souboru.

F – Fisherovo skóre, HH – škála podle Hunta and Hesse, GOS – Glasgow Outcome Scale (škála výsledného stavu).

PbtO<sub>2</sub> odpovídající pátému dni po SAH, což bylo konzistentní s hodnocením TCD. Monitorovaná oblast byla ipsilaterálně k lokalizaci aneuryzmatu. U středočárových aneuryzmat bylo čidlo zavedeno ipsilaterálně k dominantní cévě zásobující aneuryzma. Jestliže nebylo možné určit dominantní cévu zásobující aneuryzma, potom bylo čidlo zavedeno do nedominantní hemisféry.

Likvorové hladiny IL-6 byly hodnoceny v závislosti na přítomnosti vazospasmů (skupina s vazospazmy a skupina bez vazospasmů) a v závislosti na hodnotě PbtO<sub>2</sub> (skupina s PbtO<sub>2</sub> nižší než 20 mm Hg a s PbtO<sub>2</sub> vyšší než 20 mm Hg). Dále byla hodnocena korelace mezi hladinami IL-6 a parametry TCD či PbtO<sub>2</sub>. Statistické hodnocení dat bylo provedeno pomocí Mannova-Whitneyova testu a pomocí Spearmanova testu. Graficky jsou data vyjádřena jako medián, 25./75. percentil a minimum/maxi-

mum. Za hladinu významnosti byla při všech analýzách považována hodnota  $\alpha = 0,05$ .

### Výsledky

#### Charakteristika souboru

Do souboru bylo zařazeno 20 pacientů ve věkovém rozmezí od 26 do 71 let, přičemž průměrný věk souboru činil 48,3 let. Charakteristiky souboru ukazuje graf 1 a lokalizaci aneuryzmat tab. 1. V hodnoceném souboru převažovaly ženy, tíže krvácení odpovídala u většiny pacientů stupni Fisher 4 a většina pacientů byla v těžkém klinickém stavu (HH4 a HH5). Těžkému klinickému stavu zkoumaného souboru odpovídal i výsledný stav, který byl u většiny pacientů neuspokojivý (GOS 1–3). Výsledný stav byl hodnocen s odstupem tří měsíců po atace krvácení a výsledný stav nebyl dopátrán v případě dvou pacientů, kteří nebyli v relevantním časovém intervalu neurologicky vyšetřeni ani

v naší, ani ve spádové neurologické ambulanci. Polovina pacientů ze zkoumaného souboru, tedy 10 pacientů, bylo operováno, u šesti pacientů bylo použito endovaskulární řešení a v případě čtyř pacientů nebylo akutní řešení indikováno. Vazospazmy byly v době hodnocení (pátý den po SAH) přítomny u devíti pacientů a během hospitalizace se objevily ještě u dalších šesti pacientů.

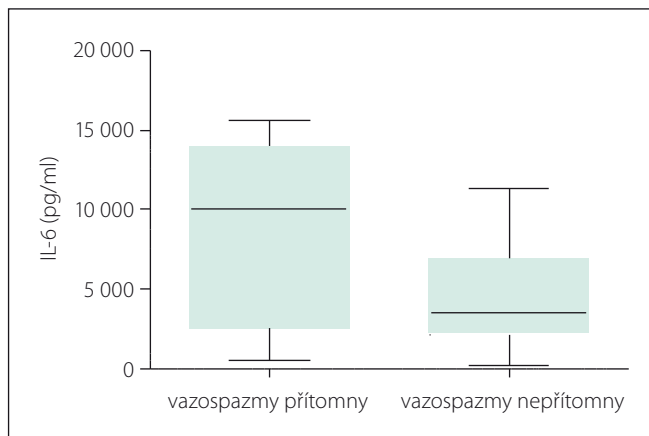
#### Vztah mezi likvorovými hladinami IL-6 a parametry TCD

Graf 2 ukazuje porovnání likvorových hladin IL-6 v závislosti na přítomnosti vazospasmů. Rozdíl v likvorových hladinách IL-6 v závislosti na přítomnosti vazospasmů není statisticky významný, avšak je patrný náznak trendu k nižším hladinám IL-6 u pacientů bez vazospasmů (med: 3 544; 25 %/75 % = perc: 2 106/6 907 vs. med: 10 080; 25 %/75 % perc: 2 540/13 958;  $p = 0,0946$ ). Grafy 3 a 4 zná-

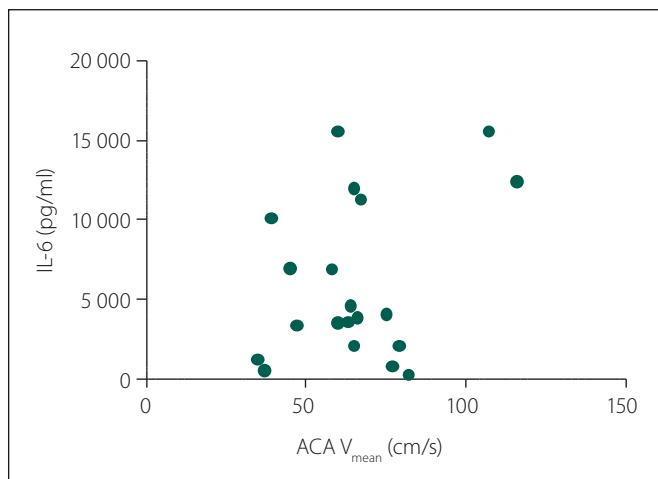
Tab. 1. Lokalizace aneuryzmatu u zkoumaného souboru.

Lokalizace aneuryzmatu	Počet
ACoA	7
ACM (vpravo/vlevo)	6 (3/3)
ACoP (vpravo/vlevo)	2 (2/0)
ACI (vpravo/vlevo)	2 (0/2)
AB	2
AV (vpravo/vlevo)	1 (1/0)

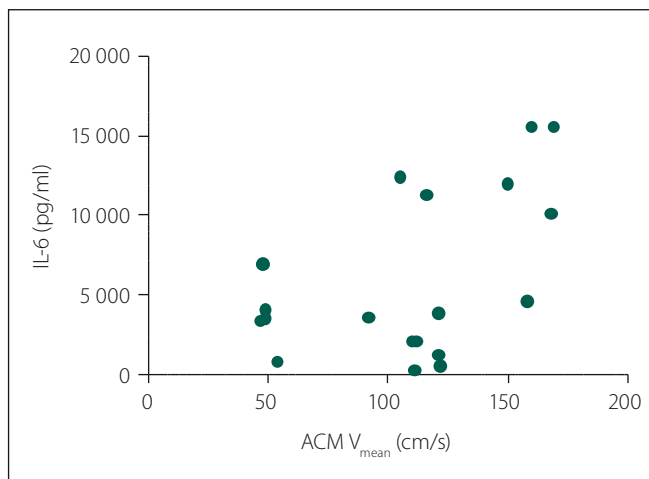
ACoA – arteria communicans anterior, ACM – arteria cerebri media, ACoP – arteria communicans posterior, ACI – arteria carotis interna, AB – arteria basilaris, AV – arteria vertebralis.



Graf 2. Hladiny IL-6 podle přítomnosti vazospasmů.



Graf 3. Korelace likvorových hladin IL-6 s rychlostí toků na arteria cerebri anterior (ACA).



Graf 4. Korelace likvorových hladin IL-6 rychlostí toků na arteria cerebri media (ACM).

zorňují korelaci mezi likvorovými hladinami IL-6 a rychlostmi toků na ACA či ACM. U zkoumaného souboru nebyla prokázána korelace mezi hladinami IL-6 v likvoru a rychlostmi toků na ACA ( $r_s = 0,13$ ,  $p = 0,2867$ ,  $n = 20$ ; graf 3) ani ACM ( $r_s = 0,327$ ,  $p = 0,082$ ,  $n = 20$ ; graf 4).

### Vztah mezi likvorovými hladinami IL-6 a PbtO<sub>2</sub>

Graf 5 ukazuje srovnání likvorových hladin IL-6 u pacientů rozdělených dle hodnot PbtO<sub>2</sub>. U pacientů s hodnotami PbtO<sub>2</sub> vyššími než 20 mm Hg byl patrný výrazný trend k nižším hladinám IL-6 v likvoru v porovnání s pacienty s hodnotami PbtO<sub>2</sub> nižšími než 20 mm Hg (med: 2 860; 25 %/75 % perc.: 940/8 580 vs. med: 6 937; 25 %/75 % perc.: 3 811/14 524;  $p = 0,0587$ ). Graf 6 znázorňuje korelaci mezi likvorovými hladinami IL-6 a PbtO<sub>2</sub>. U zkoumaného souboru byla signifikantní korelace mezi hodnotami

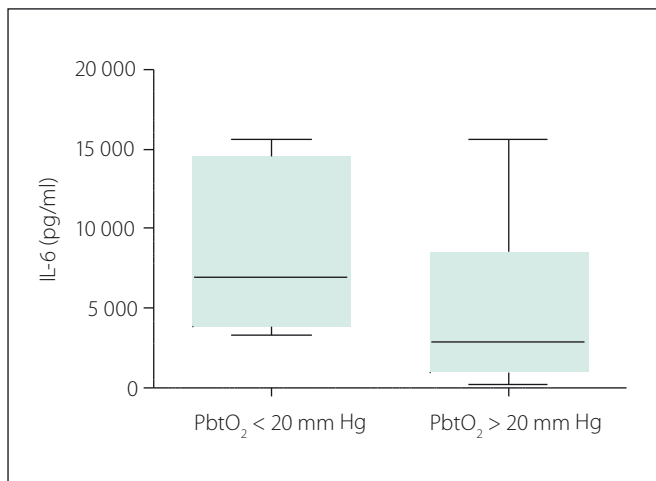
PbtO<sub>2</sub> a hladinami IL-6 v likvoru ( $r_s = -0,626$ ,  $p = 0,002$ ,  $n = 20$ ).

### Diskuze

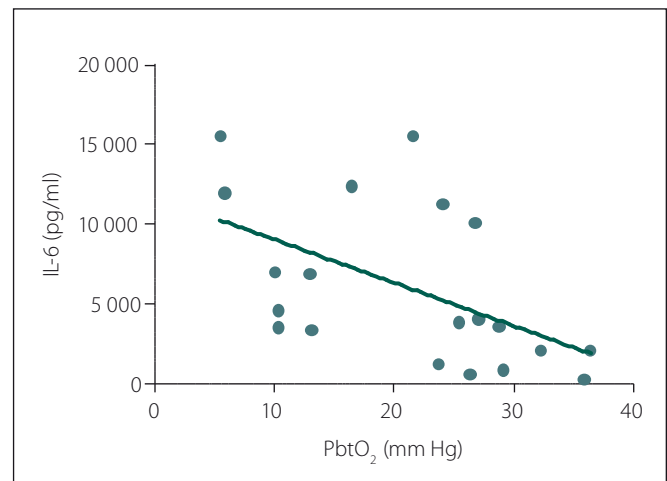
Cílem práce bylo vyhodnotit vztah likvorových hladin IL-6 k rozvoji DCI a vazospasmů mozkových tepen u pacientů po SAH. Zánět hraje významnou roli v rozvoji DCI na podkladě časného poškození mozku i vazospasmů mozkových tepen [7,9,10], a lze tedy předpokládat, že aktivita zánětlivé reakce bude mít vliv na stav mozkové tkáně samotné i cévního řečiště (ať již mikro- nebo makrovaskulárního), čemuž bude odpovídat rozvoj DCI či vazospasmů mozkových tepen s určitým časovým odstupem. Na druhé straně jsou poškození mozkové tkáně i ischemie silnými prozánětlivými podněty, takže zánět, ischemie a tkáňové poškození tvoří bludný kruh.

Hodnocení bylo načasováno do počátku období největšího rizika vzniku vazospasmů mozkových tepen s ohledem na dříve po-

psanou dynamiku likvorového IL-6 [15]. Odběry pro stanovení IL-6 byly provedeny čtvrtý den po SAH (tři odběry po 8 hod) a reprezentativní hodnota byla vypočítána jako průměr ze tří odběrů. Likvorové hladiny IL-6 byly vyhodnoceny ve vztahu k parametrům nejbližšího TCD vyšetření po skončení odběrů, které korespondovalo s pátým dnem po SAH. Parametry TCD odpovídaly jednorázovému vyšetření, a to může představovat určitý problém, neboť jednorázové vyšetření nemusí vždy poskytnout reprezentativní hodnotu. V klinické praxi se však v rámci pooperačního monitoringu jen zřídka provádí TCD vyšetření častěji než jedenkrát denně a i v rámci klinického výzkumu je běžný monitoring po 24 hod [16]. Kontinuální TCD monitoring není zatím standardně používán a díky potenciálnímu nárůstu teploty tkáně, ke kterému může kontinuální monitoring vést se i zde doporučuje intermitentní použití [17].



Graf 5. Likvorové hladiny IL-6 podle parciálního tlaku kyslíku v mozku (PbtO<sub>2</sub>).



Graf 6. Korelace likvorových hladin IL-6 s hodnotami parciálního tlaku kyslíku v mozku (PbtO<sub>2</sub>).

Vztah mezi likvorovými hladinami IL-6 a následnou přítomností vazospasmů byl u zkoumaného souboru podstatně méně patrný než v případě PbtO<sub>2</sub>. Z absolutního hlediska byly hodnoceny likvorové hladiny IL-6 ve skupinách s vazospazmy a bez vazospasmů bez ohledu na postižené cévy. Přestože byl ve skupině pacientů s vazospazmy trend k vyšším hladinám IL-6 než u pacientů bez vazospasmů, není tento trend tak jasně vyjádřen jako v případě PbtO<sub>2</sub>. Korelační analýza byla provedena pro každou cévu zvlášť a nebyl prokázán vztah mezi likvorovými hladinami IL-6 čtvrtý den po SAH a rychlostmi toků na ACA či ACM následující den, i když v případě ACM může být náznak trendu slabé korelace patrný. Dosud publikované údaje nejsou v otázce likvorových hladin IL-6 jednotné. Některé zdroje souvislost mezi zvýšením likvorových hladin IL-6 časně po SAH popisují, jiné však poukazují na to, že souvislost mezi likvorovými hladinami IL-6 a výskytem vazospasmů je prokazatelná až v pozdějším období [13,18,19].

PbtO<sub>2</sub> monitoring je invazivní metoda sloužící ke kontinuálnímu měření parciálního tlaku kyslíku v tkáni (mozku). Systém Licox, který používáme na naší klinice, funguje na polarografickém principu a v neurointenzivní péči nalézá poměrně široké uplatnění [20,21]. Přestože není definitivně uzavřena otázka fyziologických hodnot PbtO<sub>2</sub>, předchozí studie prokázaly, že dlouhodobý pokles PbtO<sub>2</sub> pod 20 mmHg je u pacientů po SAH spojen s horším výsledným stavem a déletrvající pokles PbtO<sub>2</sub> pod 20 mmHg lze považovat za rizikový faktor vzniku DCI [22]. U námi zkoumaného souboru byla jasná tendence k vyšším hladinám likvorového

IL-6 u pacientů, u kterých bylo následně PbtO<sub>2</sub> nižší než 20 mmHg. Za významnější výsledek však považujeme, že byla prokázána korelace mezi IL-6 a hodnotami PbtO<sub>2</sub>, což naznačuje souvislost mezi tíží zánětlivé reakce a úrovní oxygenace mozkové tkáně. Vztah mezi likvorovými hladinami a IL-6 a pozdějším rozvojem DCI byl mimo jiné popsán ve studii, ze které také vyplývá, že období mezi čtvrtým a pátým dnem po SAH může být velmi vhodné ke studiu dynamiky likvorového IL-6 v souvislosti s pozdějším rozvojem DCI [15]. Zmiňovaná studie je zajímavá i z toho důvodu, že našla významné rozdíly mezi likvorem a mozkovou extracelulární tekutinou (Extracellular Fluid; ECF) v dynamice i koncentracích IL-6 u pacientů po SAH. Likvorové hladiny IL-6 byly vyšší, avšak hladiny v likvoru i v ECF měly vysokou výpovědní hodnotu stran rozvoje DCI. Rozdíly hladin IL-6 mezi likvorem a mozkovou extracelulární tekutinou autoři připisují dalšímu zdroji, který produkuje IL-6 v likvoru. Jiné studie, které zkoumají vztah IL-6 a DCI po SAH, se většinou zabývají hodnocením hladin IL-6 v mozkové extracelulární tekutině a výsledky jsou stran IL-6 převážně pozitivní, ne však jednoznačné [23–25].

Parametry PbtO<sub>2</sub> monitoringu odpovídaly pátému dni po SAH, což bylo z hlediska načasování konzistentní s hodnocením TCD. Vztah hladin IL-6 k parametrům oxygenace mozkové tkáně i parametrům TCD byl hodnocen výlučně v daném časovém období za účelem zhodnocení možností predikce aktuálního vývoje pomocí parametrů zánětu. Z toho důvodu nebyly hodnoceny ani parametry výsledného stavu pacientů (GOS), ani konečného rozsahu DCI, k čemuž

by bylo vhodnější použít kontrolní CT nebo MR [26].

Přestože časové souvislosti naznačují spojitost zánětu s poruchami oxygenace mozkové tkáně, jsme si plně vědomi, že na základě našich dat se nemůžeme vyjádřit k otázce, zda se jedná o spojitost přímou či nepřímou. Také si uvědomujeme, že jsme zkoumali pouze časovou souvislost zánětoporucha oxygenace, ale vzhledem k patofyziologii EBI může zároveň existovat i opačný vliv, neboť – jak již bylo uvedeno výše – z patofyziologického hlediska se jedná o bludný kruh. Uvědomujeme si také, že zkoumaný soubor byl poměrně malý a k učinění přesnějších a reprezentativnějších závěrů by bylo potřeba zařadit více pacientů.

Skutečnost, že likvorové hladiny IL-6 odpovídají spíše hodnotám PbtO<sub>2</sub> než vazospasmům, je kompatibilní s teorií EBI. Oxygenace mozkové tkáně bude zcela jistě ovlivněna vazospazmy mozkových tepen v případě, že jsou hemodynamicky významné. Vedle vazospasmů je však třeba brát v úvahu i další faktory, které mohou zásadně ovlivnit oxygenaci mozku – např. tkáňové poškození na podkladě mikroembolizace nebo právě zánětu. Všechny tyto patologie jsou zahrnuty pod EBI, které je definováno jako komplex navzájem provázaných patologií, jež časově předcházejí vzniku vazospasmů a mohou být jejich příčinou a zároveň mohou vést k DCI nezávisle na vzniku vazospasmů.

## Závěr

U pacientů po SAH byla v období reprezentujícím začátek periody největšího rizika vzniku DCI prokázána korelace mezi likvorovými hladinami IL-6 a hodnotami PbtO<sub>2</sub>, za-

tímco parametry TCD takovou výpovědní hodnotu neměly. Na základě těchto výsledků se potvrdilo, že IL-6 může představovat slibný marker, který by mohl být použitelný k predikci rizika vzniku DCI.

### Literatura

- Al-Khindi T, Macdonald RL, Schweizer TA. Cognitive and functional outcome after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke* 2010;41(8):e519–36. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.581975.
- van Gijn J, Kerr RS, Rinkel GJ. Subarachnoid haemorrhage. *Lancet* 2007;369(9558):306–18.
- Rowland MJ, Hadjipavlou G, Kelly M, et al. Delayed cerebral ischaemia after subarachnoid haemorrhage: looking beyond vasospasm. *Br J Anaesth* 2012;109(3):315–29. doi: 10.1093/bja/aes264.
- Dankbaar JW, Rijdsdijk M, van der Schaaf IC, et al. Relationship between vasospasm, cerebral perfusion, and delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neuroradiology* 2009;51(12):813–9. doi: 10.1007/s00234-009-0575-y.
- Jurák L, Buchvald P, Beneš V, et al. Vasospasms as a Complication of Subarachnoid Hemorrhage – a Case Report. *Cesk Slov Neurol N* 2014;77/110(6):642–6.
- Cahill WJ, Calvert JH, Zhang JH. Mechanisms of Early Brain Injury after Subarachnoid Hemorrhage. *J Cereb Blood Flow Metab* 2006;26(11):1341–53.
- Ostrowski RP, Colohan AR, Zhang JH. Molecular mechanisms of early brain injury after subarachnoid hemorrhage. *Neurol Res* 2006;28(4):399–414.
- Sehba FA, Bederson JB. Mechanisms of acute brain injury after subarachnoid hemorrhage. *Neurol Res* 2006;28(4):381–98.
- Sercombe R, Dinh YR, Gomis P. Cerebrovascular Inflammation Following Subarachnoid Hemorrhage. *Jpn J Pharmacol* 2002;88(3):227–49.
- Gallia GL, Tamargo RJ. Leukocyte-endothelial cell interactions in chronic vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *Neurol Res* 2006;28(4):750–8.
- Hendryk S, Jarzab B, Josko J. Increase of the IL-1 beta and IL-6 levels in CSF in patients with vasospasm following aneurysmal SAH. *Neuro Endocrinol Lett* 2004;25(1–2):141–7.
- Wu W, Guan Y, Zhao G, et al. Elevated IL-6 and TNF- $\alpha$  Levels in Cerebrospinal Fluid of Subarachnoid Hemorrhage Patients. *Mol Neurobiol* 2016;53(5):3277–85.
- Ni W, Gu YX, Song DL, et al. The relationship between IL-6 in CSF and occurrence of vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *Acta Neurochir Suppl* 2011;110(1):203–8. doi: 10.1007/978-3-7091-0353-1\_35.
- Mathiesen T, Andersson B, Loftenius A, et al. Increased interleukin-6 levels in cerebrospinal fluid following subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg* 1993;78(4):562–7.
- Sarrfzadeh A, Schlenk F, Gericke C, et al. Relevance of Cerebral Interleukin-6 After Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *Neurocrit Care* 2010;13(3):339–46. doi: 10.1007/s12028-010-9432-4.
- Malhotra K, Connors JJ, Lee VH, et al. Relative Changes in Transcranial Doppler Velocities Are Inferior to Absolute Thresholds in Prediction of Symptomatic Vasospasm after Subarachnoid Hemorrhage. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2014;23(1):31–6. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2012.08.004.
- Nakagawa K, Ishibashi T, Matsushima M, et al. Does long-term continuous transcranial Doppler monitoring require a pause for safer use? *Cerebrovasc Dis Basel Switz* 2007;24(1):27–34.
- Osuka K, Suzuki Y, Tanazawa T, et al. Interleukin-6 and development of vasospasm after subarachnoid haemorrhage. *Acta Neurochir (Wien)* 1998;140(9):943–51.
- Schoch B, Regel JP, Wichert M, et al. Analysis of intrathecal interleukin-6 as a potential predictive factor for vasospasm in subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 2007;60(5):828–36.
- Smrcka M. Monitoring of Patients with Severe Head Injury. *Cesk Slov Neurol N* 2011;74/107(1):9–20.
- Hejčl A, Bolcha M, Procházka J, et al. Multimodální monitorování mozku u pacientů s těžkým kraniocerebrálním traumatem a subarachnoidálním krvácením v neurointenzivní péči. *Cesk Slov Neurol N* 2009;72/105(3):383–7.
- Schmidt JM, Ko SB, Helbok R, et al. Cerebral perfusion pressure thresholds for brain tissue hypoxia and metabolic crisis after poor-grade subarachnoid hemorrhage. *Stroke* 2011;42(5):1351–6. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.596874.
- Hillman J, Åneman O, Persson M, et al. Variations in the response of interleukins in neurosurgical intensive care patients monitored using intracerebral microdialysis. *J Neurosurg* 2007;106(5):820–5.
- Helbok R, Schiefecker AJ, Beer R, et al. Early brain injury after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a multimodal neuromonitoring study. *Crit Care* 2015;19:75. doi: 10.1186/s13054-015-0809-9.
- Perez-Barcena J, Ibáñez J, Brell M, et al. Lack of correlation among intracerebral cytokines, intracranial pressure, and brain tissue oxygenation in patients with traumatic brain injury and diffuse lesions. *Crit Care Med* 2011;39(3):533–40. doi: 10.1097/CCM.0b013e318205c7a4.
- Vergouwen MDI, Vermeulen M, Gijn J van, et al. Definition of delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage as an outcome event in clinical trials and observational studies proposal of a multidisciplinary research group. *Stroke* 2010;41(10):2391–5. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.589275.

Impact faktor časopisu Česká a slovenská neurologie  
a neurochirurgie pro rok 2015 činí **0,209**  
(nárůst oproti roku 2014, kdy impact faktor činil **0,159**).