

## Najważniejsze zagadnienia

1. W celu zaplanowania strategii kontrolowania ciśnienia śródczaszkowego (ICP) anestezjolog powinien uwzględnić cztery składowe przestrzeni wewnątrzczaszkowej: komórki, płyn śródmiąższowy i wewnątrzkomórkowy, płyn mózgowo-rdzeniowy oraz krew.
2. Często anestezjolog pomija żylny, w większości bierny, przedział krążenia mózgowego, odpowiedzialny za wzrost ICP lub „ciasnotę” w polu operacyjnym.
3. U pacjentów po przebytych urazie czaszkowo-mózgowym (TBI), krwotoku podpajęczynówkowym (SAH) mózgowe ciśnienie perfuzyjne (CPP) wymaga wspomagania lub utrzymywania w prawidłowym lub bliskim prawidłowego zakresie z powodu niskiego spoczynkowego przepływu krwi lub upośledzonych mechanizmów autoregulacji.
4. Pomiar ciśnienia tętniczego krwi u pacjenta operowanego w pozycji siedzącej powinien być skorygowany do poziomu zewnętrznego przewodu słuchowego, a średnie ciśnienie tętnicze (MAP) należy utrzymywać na poziomie 60 mm Hg u pacjentów normotensyjnych.
5. Minimum monitorowania pacjentów operowanych w pozycji siedzącej zagrożonych ryzykiem wystąpienia zatorowości powietrznej powinno obejmować pomiar wydechowego CO<sub>2</sub> oraz przedsercowy czujnik dopplerowski.
6. Ze względu na negatywne wyniki badań, pomimo zachęcających danych przedklinicznych, nie zaleca się w intensywnej terapii ani w postępowaniu okołoperacyjnym umiarkowanej hipotermii u pacjentów operowanych z powodu obecności tętniaka wewnątrzczaszkowego.
7. W postępowaniu z pacjentami po przebytych krwotoku podpajęczynówkowym (SAH), poddanych zabiegowi operacyjnemu lub embolizacji, najważniejsze jest zapobieganie odruchowemu wzrostowi ciśnienia tętniczego krwi, któremu może towarzyszyć nawrotowy krwotok. Jeśli jednak wykorzystywane są klipsy czasowe lub pojawi się odruchowy skurcz tętnic, konieczne będzie uzyskanie właściwego ciśnienia perfuzyjnego.
8. Pomimo że podciśnienie kontrolowane jako procedura planowa jest rzadko stosowane w operacjach tętniaków wewnątrzczaszkowych, anestezjolog w przypadku pęknięcia tętniaka powinien być gotowy do obniżenia ciśnienia tętniczego krwi w sposób szybki i efektywny.
9. U pacjentów po przebytych urazie czaszkowo-mózgowym z podejrzeniem urazu kręgosłupa w odcinku szyjnym intubacja dotchawicza powinna być wykonana tak, aby ograniczyć ryzyko uszkodzenia rdzenia kręgowego. Indukcja musi być szybka ze stabilizacją głowy w osi (ręczne, sztywne utrzymywanie potylicy na twardym podłożu).
10. U dorosłych po przebytych urazie czaszkowo-mózgowym należy w ciągu pierwszych 48 godz. utrzymywać CPP (CPP = MAP – ICP) na poziomie 60 mm Hg.
11. Stosowanie hipokapni powinno być zastrzeżone tylko do absolutnie niezbędnych sytuacji krytycznego wzrostu lub nieznanych wartości ICP, ponieważ może wywołać niedokrwienie mózgu, zwłaszcza po niedawno przebytych urazie lub w przypadku mózgu poddanego uciskowi narzędzi chirurgicznych.

W rozdziale przedstawiono wskazówki dotyczące postępowania w sytuacjach typowych dla neuroanestezji. Najpierw omówiono zagadnienia pojawiające się w związku z różnorodnością procedur neurochirurgicznych. Tworzą one listę, z którą każdy anestezjolog rozpoczynający znieczulenie do zabiegu neurochirurgicznego powinien się zapoznać. Następnie przedstawiono specyficzne procedury. Autorzy zakładają znajomość zagadnień dotyczących fizjologii OUN i wpływ na nią anestetyków, jak to opisano w rozdz. 3. Monitorowanie stanu neurologicznego jest opisywane w rozdz. 42, a endarterektomia tętnic szyjnych w rozdz. 58.

## Powtarzające się problemy znieczulenia w neurochirurgii

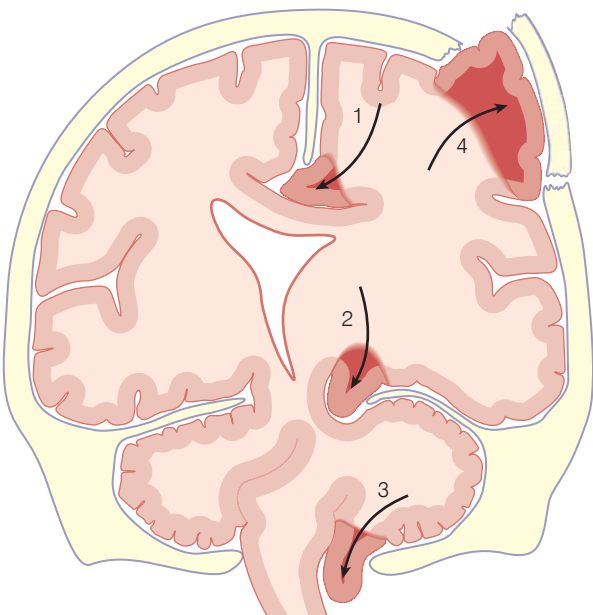
Kilka podstawowych elementów postępowania neurochirurgicznego/neuroanestezjologicznego powtarza się, dlatego w przypadku braku poczynionych wcześniej założeń między chirurgiem a anestezjologiem, powinny one być omówione i uzgodnione na początku każdego zabiegu neurochirurgicznego. Lista tych elementów zmienia się w zależności od zabiegu i może zawierać: zaplanowane ułożenie pacjenta i wymaganą do tego ułożenia pomoc, plano-

wę podanie steroidów, diuretyków, leków przeciwdrgawkowych i antybiotyków; odczuwanie przez neurochirurga „ciasnoty” przeszerzenia wewnątrzczaszkowej oraz pozostałej rezerwy podatności wewnątrzczaszkowej, stosownego do zamierzonego celu utrzymania ciśnienia tętniczego,  $\text{PaCO}_2$  i temperatury ciała; spodziewanej utraty krwi, zaplanowanego monitorowania funkcji OUN (co może narzucać ograniczenia w stosowaniu anestetyków lub środków zwiotczających mięśnie, bądź też obu tych grup leków) i uświadamianie od czasu do czasu ryzyko zatoru powietrznego. W tej części omawiane jest podejmowanie decyzji na podstawie prezentowanych zagadnień. Ponadto powtarzający się problem protekcji mózgu jest pokrótce omówiony w części dotyczącej malformacji naczyniowych i tętniaków, a szczegółowo w rozdz. 3.

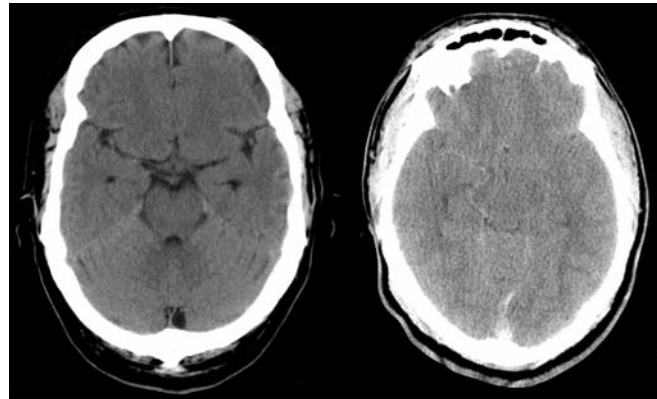
### Kontrola ciśnienia śródczaszkowego i zmniejszenia napięcia mózgu

Problem konieczności zapobiegania wzrostowi ciśnienia śródczaszkowego (ICP) lub też obniżenia ICP, które jest już podwyższone, nieustannie powraca w neuroanestezji. Dopóki jama czaszki stanowi zamkniętą przestrzeń, celem jest utrzymanie właściwego mózgowego ciśnienia perfuzyjnego (CPP) ( $\text{CPP} = \text{średnie ciśnienie tętnicze [MAP]} - \text{ICP}$ ) i zapobieganie wgłobieniu części mózgu pomiędzy struktury wewnątrzczaszkowe lub do otworu wielkiego (ryc. 59-1). Gdy czaszka pozostaje otwarta, problemem może być zapewnienie zmniejszenia napięcia jej zawartości, aby ułatwić dostęp chirurgowi lub w warunkach skrajnych odwrócić proces wgłobienia mózgu przez kraniotomię. Zasady mające tu zastosowanie są podobne, niezależnie od tego, czy czaszka jest otwarta czy zamknięta.

Różne objawy kliniczne wskazujące na podwyższone ICP to ból głowy (szczególnie taki, który budzi pacjenta w nocy), nudności i wymioty, nieostre widzenie, senność oraz obrzęk tarczy ner-



**Rycina 59-1** Schematyczne przedstawienie różnych typów wgłobienia: (1) pod sierp mózgu, (2) haka (we wcięcie namiotu), (3) wgłobienie migdałków mózdzku do otworu potylicznego wielkiego, (4) wgłobienie pozaczaszkowe. (Z: Fishman RA: Brain edema. N Engl J Med 293: 706-711, 1975).



**Rycina 59-2** Obraz TK przedstawiający prawidłowe (po stronie lewej) i zaciśnięte zbiorniki podstawy. Zbiornik podstawy lub okołosródmożgowiowy składa się z następujących przestrzeni płynowych: zbiornika międzykonarowego (z przodu), zbiorników otaczających (z boku) i zbiorników blaszki czworaczej (z tyłu). Po prawej stronie zbiorniki podstawy zaciśnięte w następstwie rozlanego obrzęku mózgu (zakrzep zatoki strzałkowej). (Dzięki uprzejmości: Ivan Petrovitch, MD).

wu wzrokowego. W obrazie tomografii komputerowej (TK) widoczne są: przesunięcie linii środkowej, zaciśnięcie zbiorników podstawy, zanik rowków, zanik komór (lub powiększone komory w przypadku wodogłowia) oraz obrzęk. W obrazie TK obrzęk widoczny jest jako region o zmniejszonej gęstości. Zbiorniki podstawy jawią się jako czarna otoczka wokół górnego końca pnia mózgu (ryc. 59-2). Tworzą je zbiornik międzykonarowy leżący między dwoma konarami mózgu, zbiornik blaszki czworaczej, który pokrywa cztery wzgórki, i zbiorniki okalające położone bocznie w stosunku do konarów mózgu.

Na ryc. 59-3 pokazano zależność pomiędzy ciśnieniem a objętością wewnątrzczaszkową. Faza plateau, która występuje przy niewielkim przyroście objętości, pokazuje, że przestrzeń wewnątrzczaszkowa nie jest całkowicie zamknięta, ale że istnieje pe-



**Rycina 59-3** Relacje pomiędzy ciśnieniem a objętością wewnątrz czaszki. Początkowa pozioma część krzywej wskazuje na istniejący zakres kompensacji przy narastającym uszkodzeniu wewnątrzczaszkowym. Kompensacja zostaje osiągnięta głównie wskutek przesunięcia płynu mózgowo-rdzeniowego (CSF) i krwi z przestrzeni wewnątrzczaszkowej do pozaczaszkowej. Po wyczerpaniu mechanizmu kompensacji niewielki przyrost objętości wywołuje duży wzrost ciśnienia z towarzyszącym ryzykiem wgłobienia lub zmniejszenia mózgowego ciśnienia perfuzyjnego (CPP), a w konsekwencji niedokrwieniem.

wien zakres kompensacji. Zostaje to osiągnięte dzięki przesunięciu płynu mózgowo-rdzeniowego (CSF) do przestrzeni rdzeniowej oraz krwi żyłnej do przestrzeni pozaczaszkowej. Ostatecznie, gdy możliwości wyrównawcze ulegną wyczerpaniu, nawet drobny przyrost objętości wewnątrzczaszkowej będzie powodował znaczące wzrosty ICP. Mogą one w efekcie końcowym doprowadzić do wgłobienia struktur mózgu z jednego przedziału do drugiego (lub w pole operacyjne) (zob. ryc. 59-1), z wynikającym z tego mechanicznym uszkodzeniem mózgu lub obniżeniem ciśnienia perfuzyjnego wiodącego do uszkodzenia z niedokrwienia.

Na powstanie i narastanie nadciśnienia śródczaszkowego ma wpływ kilka zmiennych (ryc. 59-4). Celem klinicystów stojących przed problemem leczenia podwyższonego ICP jest, mówiąc ogólnie, zmniejszenie objętości zawartości wewnątrzczaszkowej. Aby ułatwić zapamiętanie, klinicyści dzielą przestrzeń wewnątrzczaszkową na cztery składowe przedziały (tab. 59-1): komórki (włączając neurony, komórki gleju, guza, zbiorniki wynaczynionej krwi), płyn (zewnątrz- i wewnątrzkomórkowy), CSF i krew.

1. **Przedział komórkowy:** W większości należy on do zakresu działań chirurga. Jednak postawienie dobrze sformułowanego pytania diagnostycznego może leżeć w gestii anesteziologa. Gdy na koniec zabiegu usunięcia krwiaka nadwardówkowego mózg wpukla się w pole operacyjne, anesteziolog powinien zapytać o obecność krwiaków nad- lub podwardówkowych po stronie przeciwnej, co daje podstawę do natychmiastowego nawiercenia otworów trepanacyjnych lub wykonania radiologicznych badań diagnostycznych.
2. **Przedział CSF:** Nie ma możliwości farmakologicznego działania na przestrzeń CSF. Zważając na upływ czasu i wagę problemu, jedynie neurochirurgiczna sala operacyjna jest właściwym miejscem na dokonywanie zmian w tej przestrzeni. Jedynie drenaż daje możliwość zmiany wielkości te-

Tabela 59-1 Przedziały wewnątrzczaszkowe i sposoby manipulacji ich objętościami

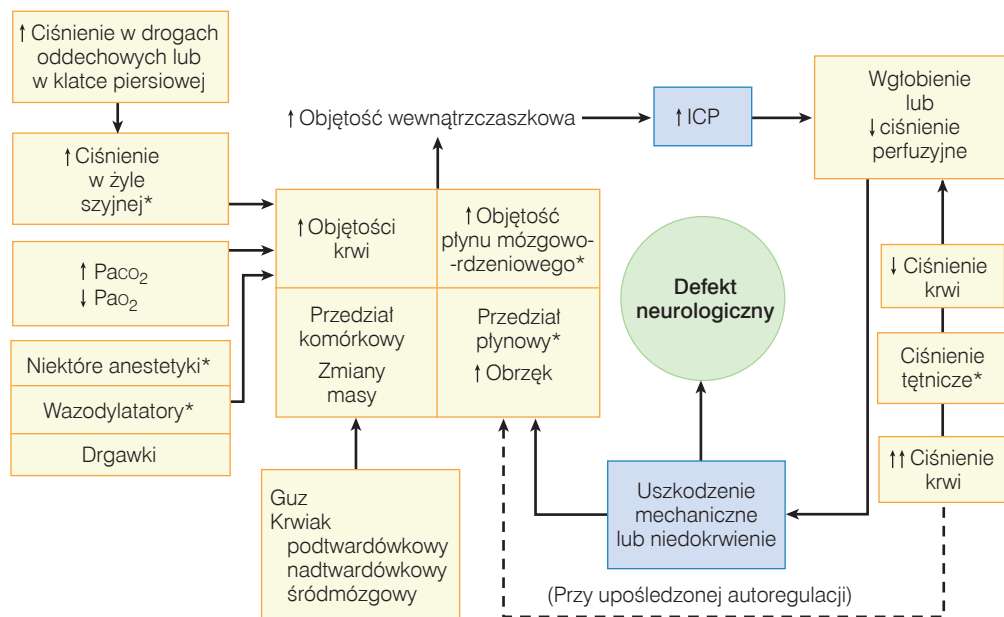
Przedział	Sposoby kontrolowania objętości
Komórkowy (obejmuje neurony, komórki gleju, guzy, wynaczynioną krew)	Usunięcie operacyjne
Płyn (wewnątrzkomórkowy i pozakomórkowy)	Diuretyki Steroidy (głównie guzy)
Płyn mózgowo-rdzeniowy	Drenaż
Krew w układzie tętniczym	Obniżenie CBF
Krew w układzie żylnym	Usprawnienie odpływu żylnego

CBF – mózgowy przepływ krwi.

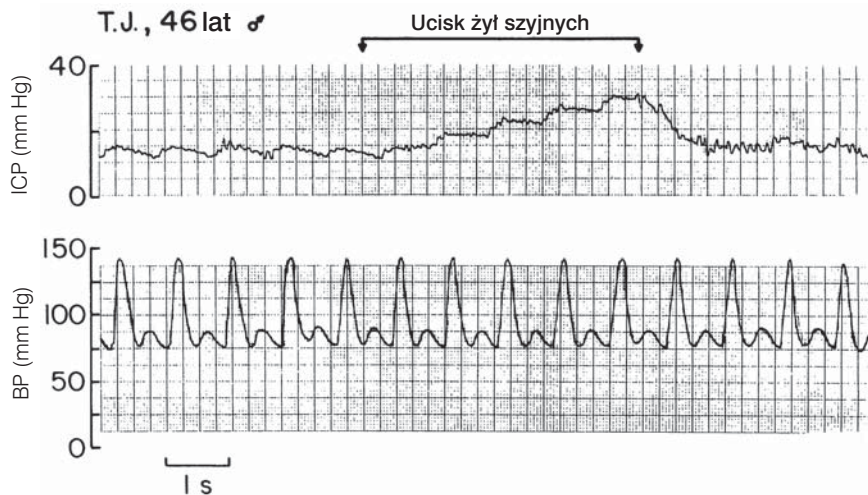
go przedziału. Wprowadzenie igły do komory bocznej i drenaż CSF przez chirurga może czasem poprawić ciasnotę w obrębie pola operacyjnego. Drenaż CSF dokonany przez nakłucie łądźwiowe może być także z powodzeniem stosowany pod warunkiem, że nie ma ryzyka wgłobienia podnamiotowego lub do otworu potylicznego wielkiego.

3. **Przedział płynowy:** Działanie steroidów i diuretyków może mieć wpływ na wielkość tego przedziału. Stosowanie tych preparatów zostanie omówione poniżej.
4. **Przedział krwi:** Ze względu na największą podatność na szybkie zmiany, na ten przedział jest zwrócona największa uwaga anesteziologa. Ten przedział należy rozpatrywać jako składający się z dwóch oddzielnych części: żyłnej i tętniczej.

Najpierw omówiona zostanie część żylna. Jest to w większości przedział bierny, co sprawia, że jest często pomijany. Pomimo iż jest bierny, to zwiększenie jego objętości jest częstą przyczyną wzrostu ICP oraz pogorszenia warunków w polu operacyjnym (ryc. 59-5). Pozycja z uniesieniem głowy zapewniająca dobry od-



Rycina 59-4 Patofizjologia nadciśnienia śródczaszkowego. Na rycinie przedstawiono sposób, w jaki wzrastają objętości pojedynczego lub wszystkich czterech przedziałów wewnątrzczaszkowych, krwi, płynu mózgowo-rdzeniowego (CSF), płynów (wewnątrzkomórkowego lub śródmiąższowego) i komórek, powodując wzrost ciśnienia śródczaszkowego (ICP) z ostatecznym deficytem neurologicznym. Elementy, które mogą być kontrolowane przez anesteziologa, są oznaczone gwiazdką (\*). (Do kontroli objętości CSF wymagane jest założenie drenażu dokomorowego). BP – ciśnienie tętnicze.



**Rycina 59-5** Wpływ zablokowania odpływu z układu żylnego mózgu na wartości ciśnienia śródczaszkowego (ICP) u chorego z krwiakiem śródmózgowym. Obustronny ucisk na żyły szyjne zastosowano na krótko, celem weryfikacji nowo założonej wentrykulostomii. Odpowiedź ze strony ICP ilustruje ważność utrzymywania drożnego odpływu żylnego. BP – ciśnienie krwi.

plyw żylny jest normą w neurochirurgii i intensywnej terapii. Należy unikać warunków utrudnionego odpływu żylnego, wytworzonych przez skrajne ułożenia głowy, lub ucisk z zewnątrz poprzez kołnierzyk stabilizujący kręgosłup szyjny czy mocowanie rurki intubacyjnej. Zwiększenie ośrodkowego ciśnienia żylnego z powodu stosowania PEEP lub zastoinowej niewydolności krążenia w istotny sposób wpływa na spływ krwi z żył szyjnych. Wszystkie zdarzenia, które mogą mieć wpływ na swobodny odpływ żylny w obrębie szyi, takie jak częściowa lub całkowita niedrożność rurki intubacyjnej, odma opłucnowa prężna, kaszel, ruch pacjenta, pułapka powietrzna jako wynik nasilonego skurczu oskrzeli, powinny być monitorowane i szybko usuwane. Wielu anestezjologów podczas kraniotomii stosuje leki zwiotczające, przy braku przeciwwskazań do ich użycia, ponieważ nagły kaszel może spowodować wgłobienie struktur mózgu do otworu kraniotomijnego.

Następnie anestezjolog powinien rozważyć wpływ części tętniczej układu krążenia. Uwaga nakierowana na działanie leków anestetycznych i technik znieczulenia na mózgowy przepływ krwi (zob. rozdz. 3) stanowi ustaloną część neuroanestezji, ze względu na to, że wzrostom CBF zazwyczaj towarzyszy zwiększenie mózgowej objętości krwi (CBV) [1–3]. Warto zwrócić uwagę na wyjątek od powyższej zasady, gdy dochodzi do niedokrwienia mózgu w następstwie spadku ciśnienia tętniczego lub niedrożności naczyń, w którym to czasie CBV może wzrosnąć z powodu rozszerzenia naczyń mózgowych w odpowiedzi na nagły spadek CBF. Generalnie ta współzależność występuje w sytuacjach, w których mechanizmy kompensacji objętościowej są wyczerpane lub ICP jest już podwyższone, stąd też konieczność nadzorowania CBF. Powszechnie stosowaną metodą w celu uniknięcia niepotrzebnego wzrostu CBF jest właściwy dobór anestetyków oraz kontrola parametrów fizjologicznych. Czynniki mające wpływ na CBF są przedstawione w tab. 59-2 i omówione w rozdz. 3.

### Wybór anestetyków

Często powstaje pytanie, które anestetyki, zwłaszcza w sytuacji niestabilnego ICP, są najbardziej właściwe. W tym miejscu przedstawione są tylko opinie ogólne, szczegółowej informacji dostarcza rozdz. 3. Ogólnie anestetyki dożylnie, analgetyki i środki sedujące

obniżają zarówno CBF, jak i współczynnik metabolizmu mózgowego (CMR), nie wywierając ubocznych efektów na ICP. Wyjątkiem może być ketamina podana w dużych dawkach pacjentom z zachowanym normalnym poziomem świadomości przed znieczuleniem. Wrażliwość na poziom dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ) i autoregulacja są na ogół zachowane podczas stosowania środków dożylnych.

W przeciwieństwie do nich, wszystkie anestetyki wziewne mogą, ze względu na warunki fizjologiczne i farmakologiczne, a także w zależności od dawki, rozszerzać naczynia mózgowie. Anestetyki wziewne ułożone w kolejności pod względem siły działania rozszerzającego to halotan > enfluran > desfluran > izofluran > sewofluran. Jak przedstawiono w rozdz. 3 różnica w sile działania pomiędzy izofluranem, desfluranem a sewofluranem jest nieistotna dla anestezjologa. Globalny wpływ na CBF anestetyku wziewnego zależy od wzajemnych interakcji różnych czynników, takich jak: stężenie anestetyku, stopień wcześniejszej depresji CMR, jednoczesne zmiany ciśnienia tętniczego krwi w połączeniu z zaburzeniami autoregulacji występującymi przed lub po podaniu anestetyku oraz jednoczesne zmiany w stężeniu  $\text{PaCO}_2$  w połączeniu z zaburzeniem odpowiedzi na jego zmiany wywołane chorobą podstawową.

Podtlenek azotu ( $\text{N}_2\text{O}$ ) stosowany jako pojedynczy anestetyk wywiera najbardziej znaczący wpływ na CBF poprzez poszerzenie naczyń mózgowych, ale ten efekt jest mniejszy, gdy jednocześnie podaje się inne anestetyki wziewne (rozdz. 3), a najmniejszy,

**Tabela 59-2** Czynniki wpływające na mózgowy przepływ krwi (CBF)\*

$\text{PaO}_2$
$\text{PaCO}_2$
Wskaźnik metabolizmu mózgu
Pobudzenie/Ból
Drgawki
Temperatura
Anestetyki
Ciśnienie tętnicze krwi/stan autoregulacji
Leki wazoaktywne
Anestetyki
Leki presyjne
Leki inotropowe
Wazodylatatory
Lepkość krwi
Szlaki nerwowe (pochodzące z OUN lub spoza OUN)

\*Zob. rozdz. 3 – szczegółowe omówienie.