

I Московский Международный Симпозиум  
по нейрореанимации  
г. Москва 25-26.05.2012

# Церебральное перфузионное давление в нейрореанимации

Отделение реанимации и интенсивной терапии  
НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко РАМН

Ошоров А.В., Горячев А.С., Попугаев И.А.,  
Полупан А.А., Савин И.А.

- Перфузия и ЦПД
- Измерение ЦПД
- ЦПД при разной патологии
- ЦПД и ауторегуляция
- Коэффициент  $P_{T_x}$
- Оптимизация ЦПД

# Перфузия

- Это прохождение крови через ткань (мл/100г/мин)
- Для головного мозга – это CBF
- Закон Ома:  $I = U / R$
- $CBF = (P_{art.} - P_{ven.}) / CVR$
- $CBF \sim (\mathbf{A-V}$  градиент)

# Перфузия мозга (СВФ)

```
graph TD; A[Перфузия мозга (СВФ)] --> B[Норма: А-В градиент]; A --> C[При патологии: ЦПД = САД - ВЧД]; B --> D[Венозное давление = ВЧД]; C --> E[ВЧД >> Венозное давление];
```

**Норма:**  
А-В градиент

Венозное  
давление = ВЧД

**При патологии:**  
ЦПД = САД - ВЧД

ВЧД >> Венозное  
давление

# Церебральное Перфузионное давление (ЦПД = САД - ВЧД)

- Это давление обеспечивающее перфузию головного мозга
- Суррогатный маркер МК (CBF)
- В норме 50-150 mmHg

# Границы ЦПД и Перфузии

| Физиологические параметры                | Нижняя граница | Верхняя граница |
|--|----------------|-----------------|
| <b>ПЕРФУЗИЯ</b><br>или CBF (мл/100г/мин) | <b>20</b>      | <b>70</b>       |
| <b>ЦПД (мм рт.ст.)</b>                   | <b>50</b>      | <b>150</b>      |

# Измерение ЦПД

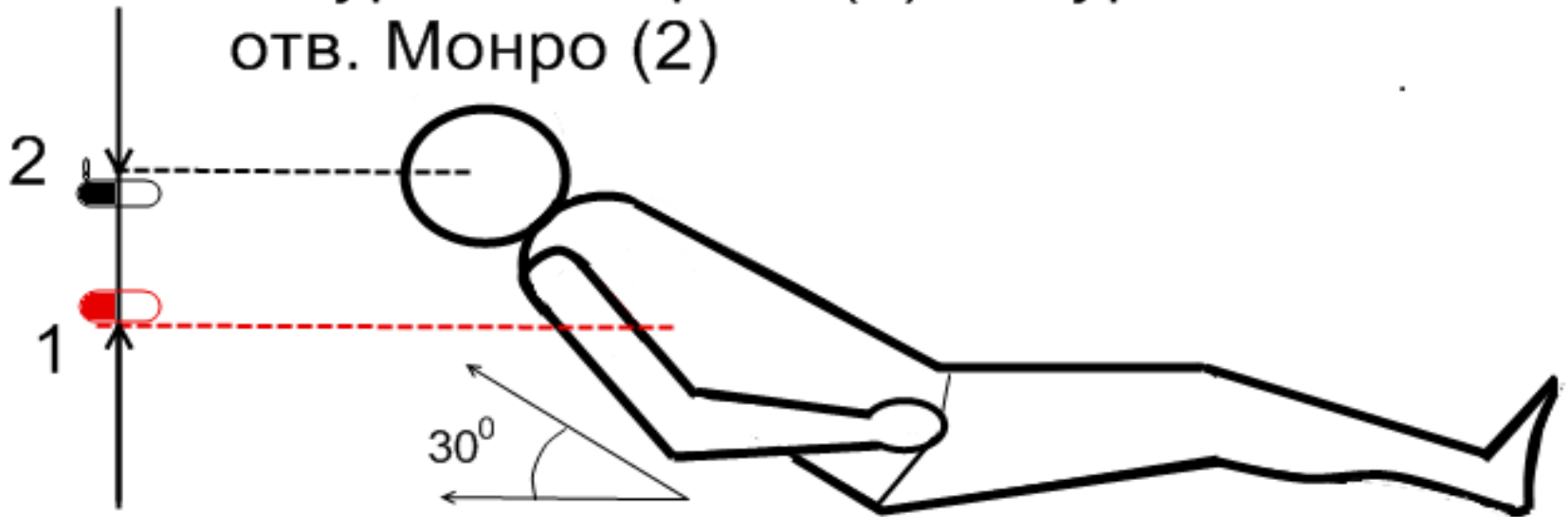
- Инвазивное АД (САД)
- Инвазивное ВЧД

- САД – «одинаковое» на всем протяжении артериального русла и определяет перфузию всех\* органов и тканей

\* Сист АД - для спланхического кровотока;  
Диаст АД – для коронарного кровотока

# Измерение ЦПД

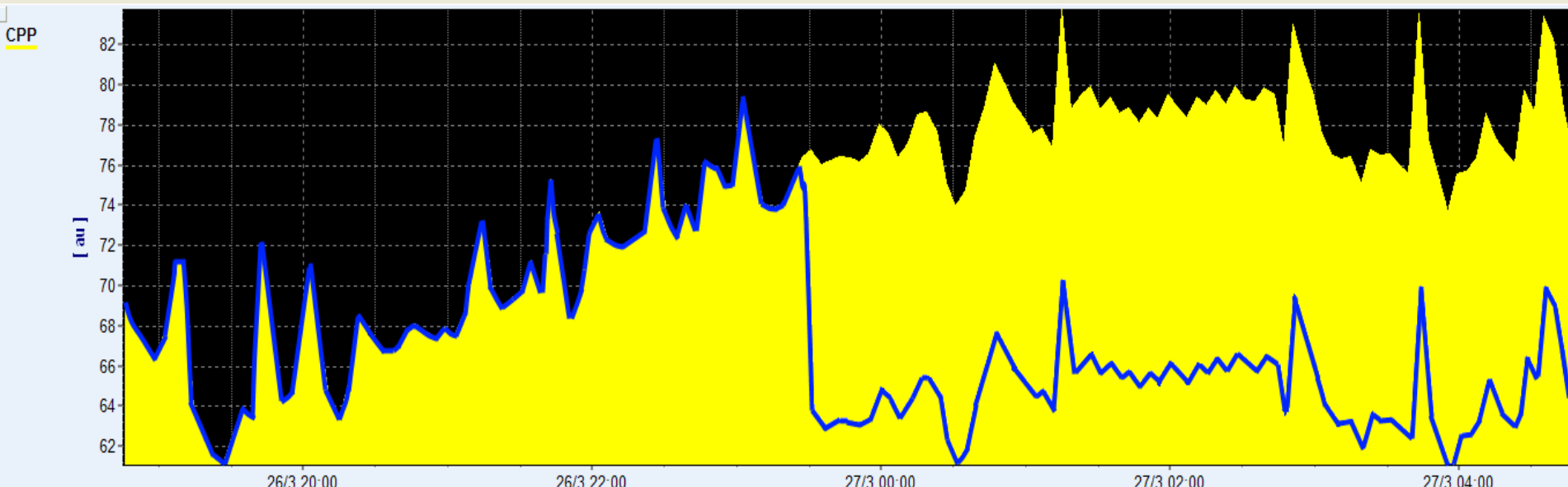
Расположение датчика инв.АД  
на уровне сердца(1), на уровне  
отв. Монро (2)



Разница между САД и ЦПД  
в положении (1) и (2)  
15-20 mmHg



# Измерение ЦПД



# ЦПД и Ауторегуляция МК

- Закон Ома

$$CBF = CPP / \text{CVR}$$

$$МК = ЦПД / \text{cerebralное}$$

сопротивление сосудов

# Ауторегуляция мозгового кровотока

Ауторегуляция - сложный комплекс регуляторных механизмов обеспечивающих:

- постоянство объемного МК при изменении функциональной активности ГМ
- и независимость Е-обеспечения от различных внешних воздействий

# Механизмы регуляции тонуса МОЗГОВЫХ СОСУДОВ

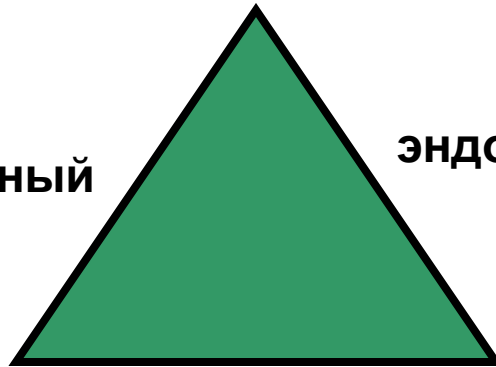
**МИОГЕННЫЙ**

нейрогенный

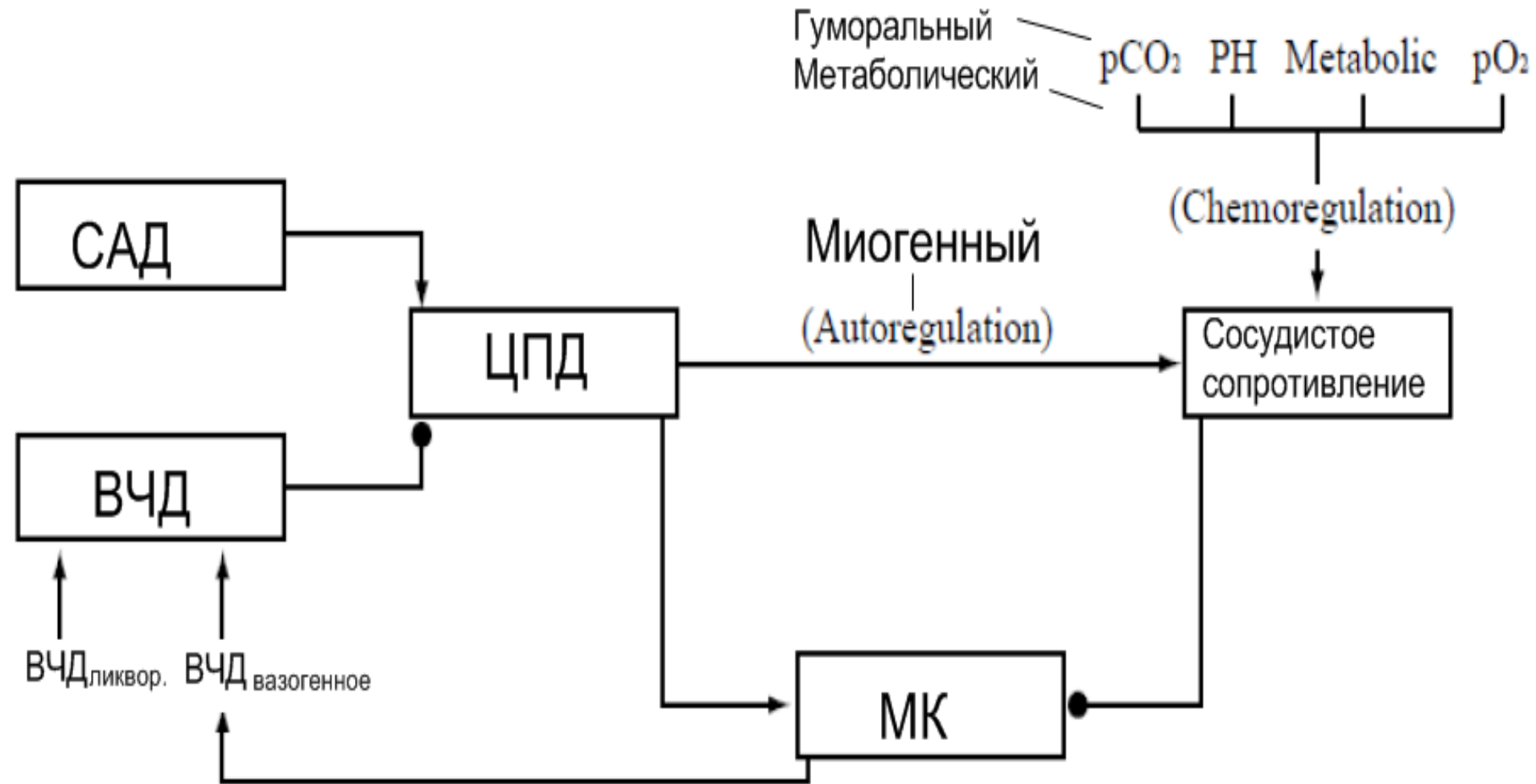
эндотелиальный

гуморальный

метаболический



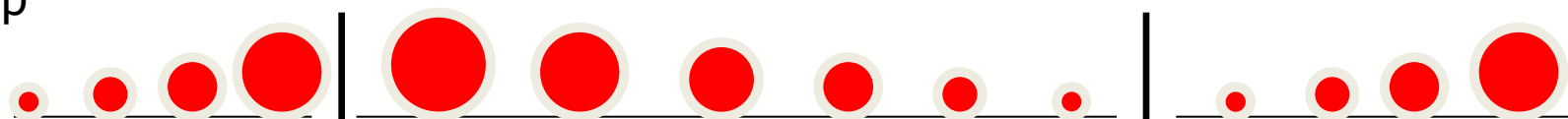
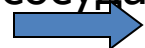
# Механизмы регуляции тонуса мозговых сосудов



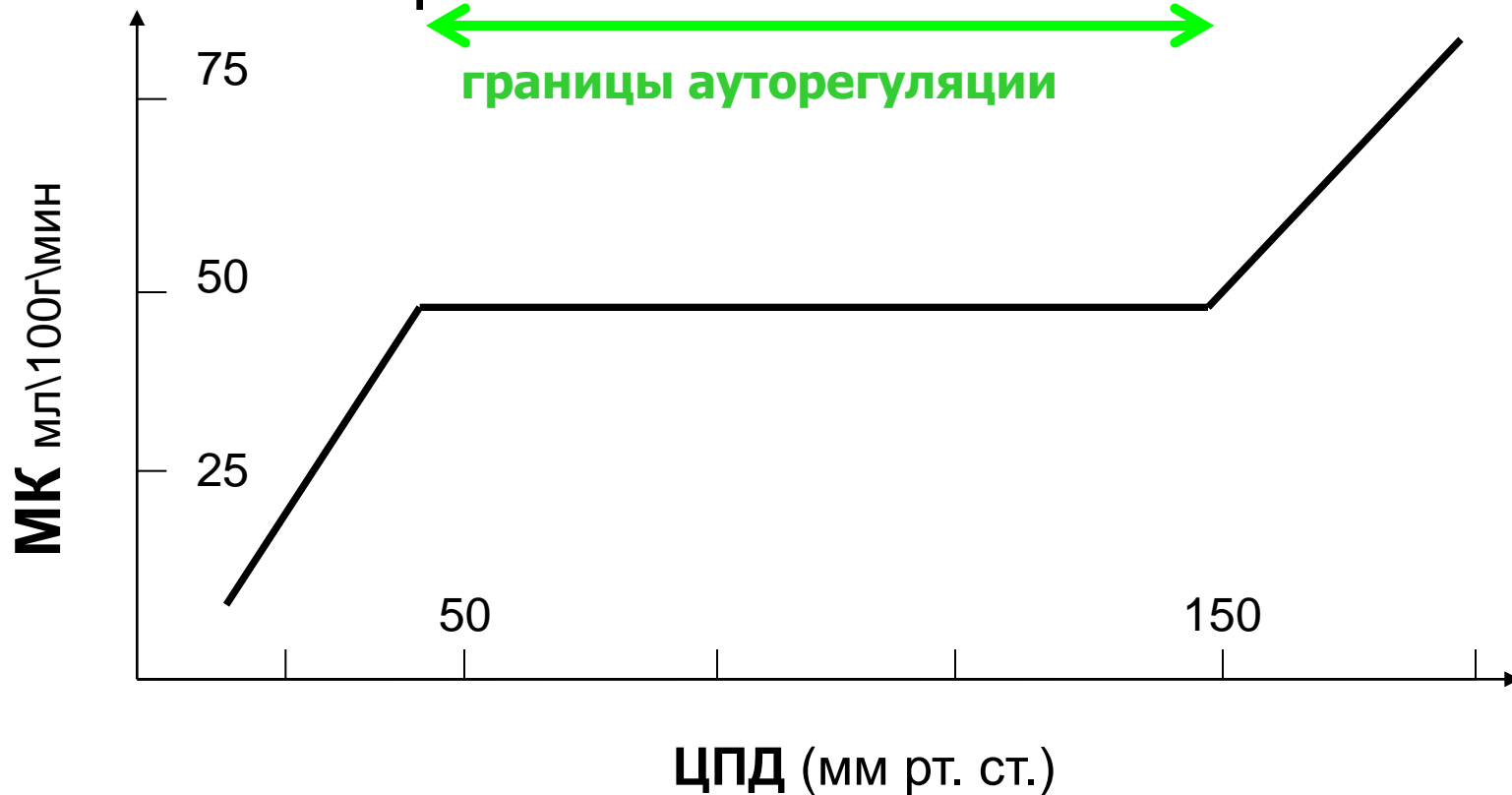
# Миогенный механизм

(эффeкт Остроумова-Бейлиса)

диаметр  
сосуда

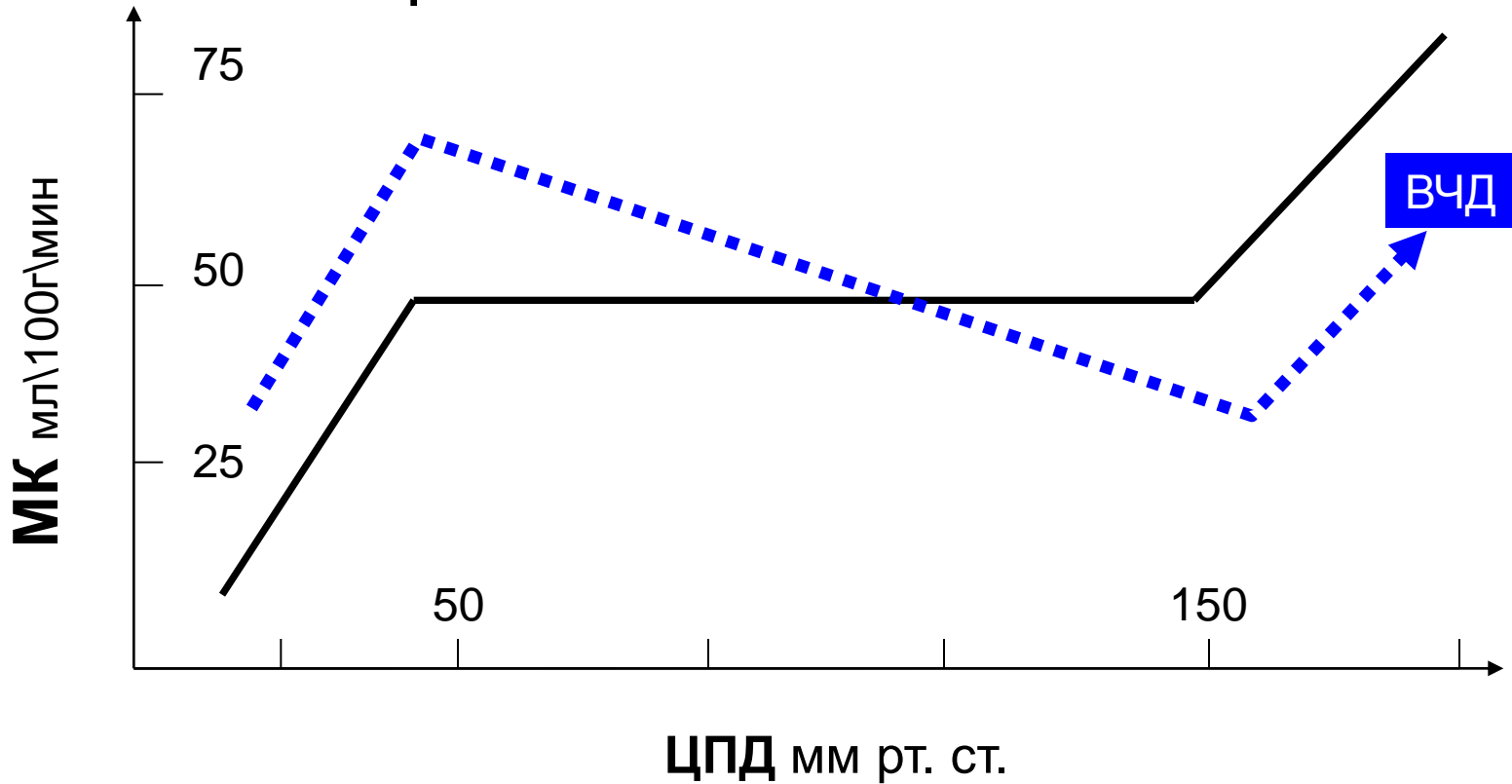
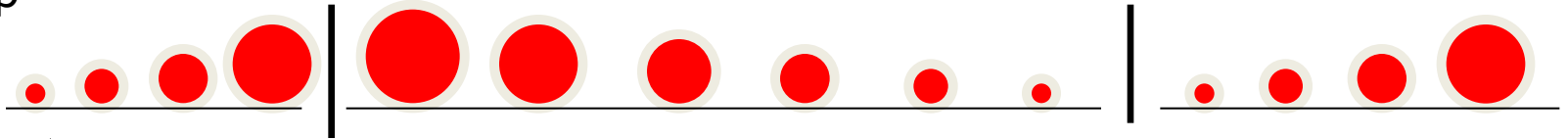
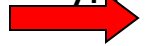


← границы ауторегуляции →

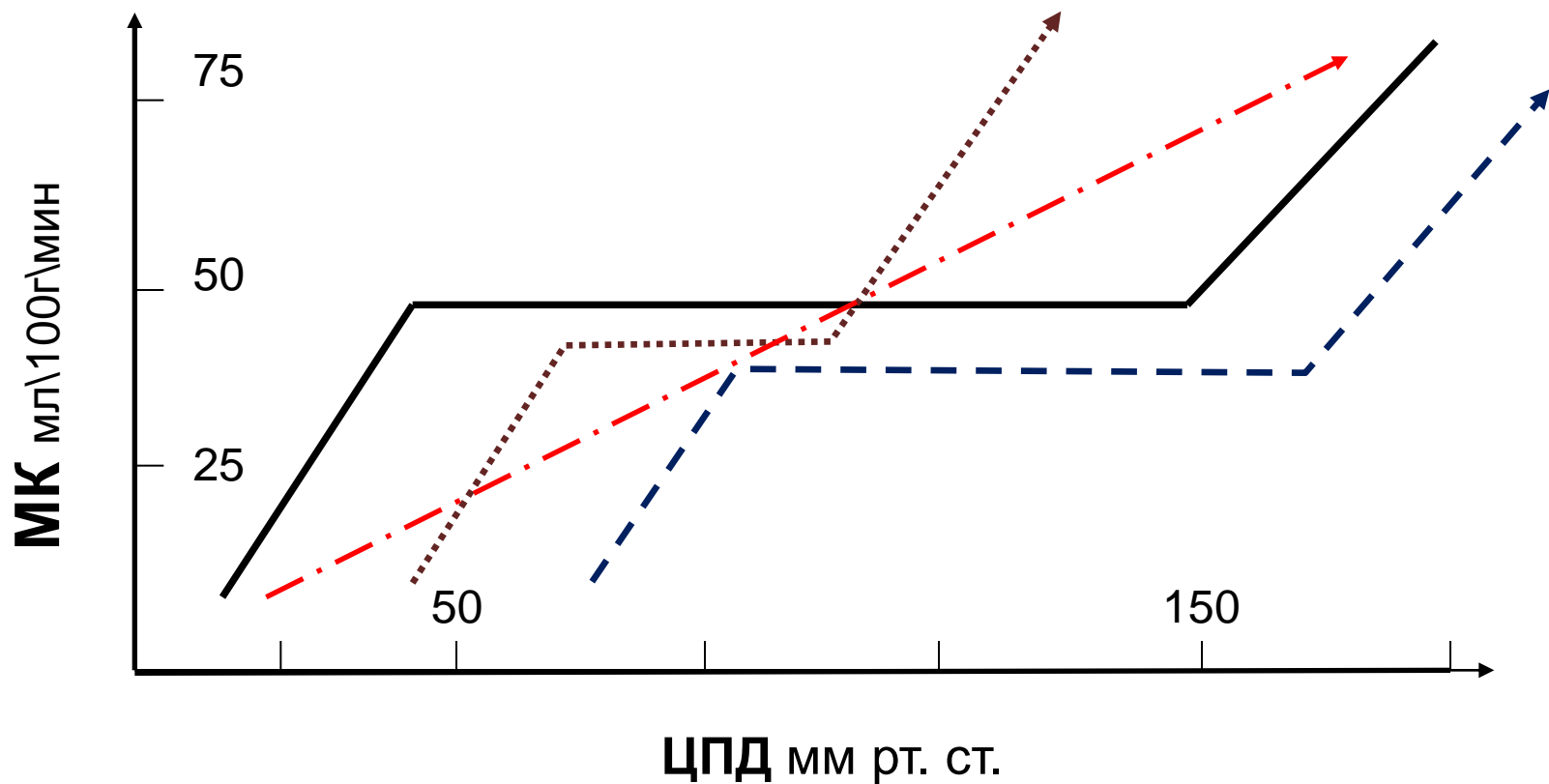


# Ауторегуляция мозговых сосудов

диаметр  
сосуда



# Ауторегуляция мозговых сосудов





# Как определить состояние ауторегуляции мозговых сосудов?

Neurosurgery, 1997 Jul;41(1):11-7; discussion 17-9.

## **Continuous assessment of the cerebral vasomotor reactivity in head injury.**

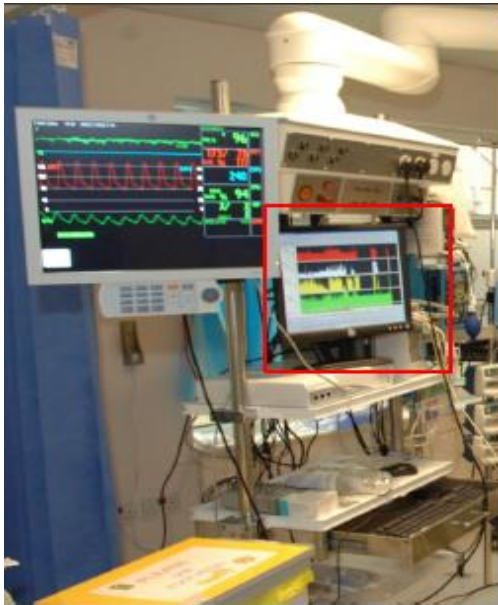
Czosnyka M, Smielewski P, Kirkpatrick P, Laing RJ, Menon D, Pickard JD.

Academic Neurosurgical Unit, Addenbrooke's Hospital, Cambridge, England.

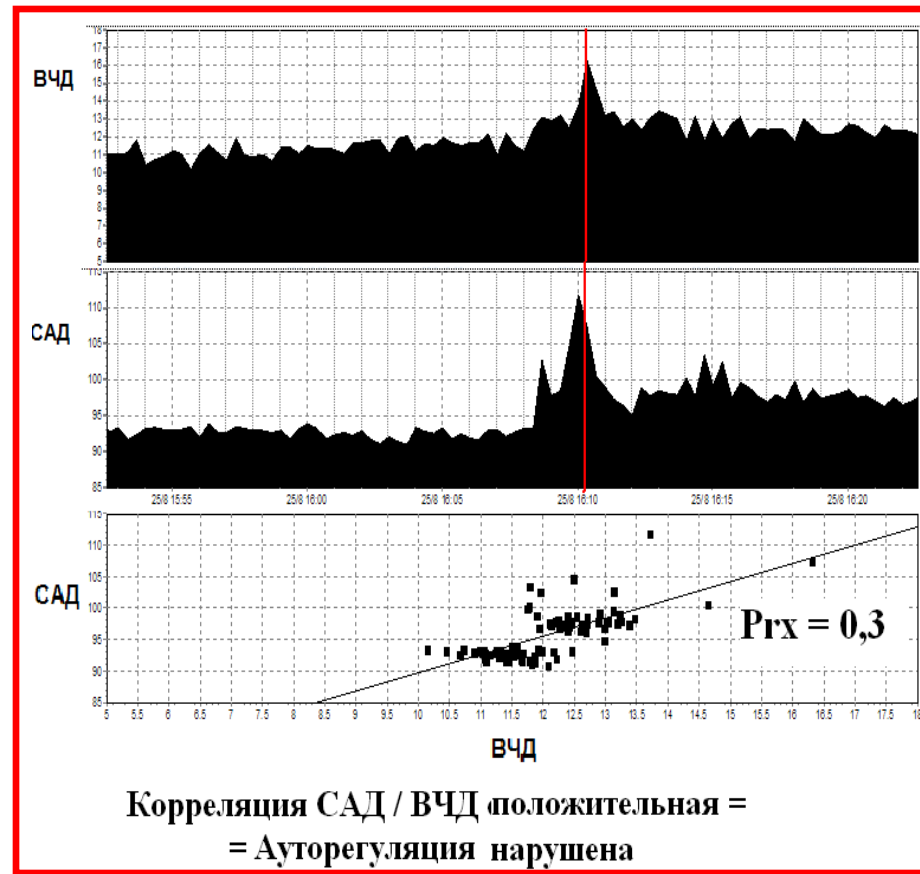
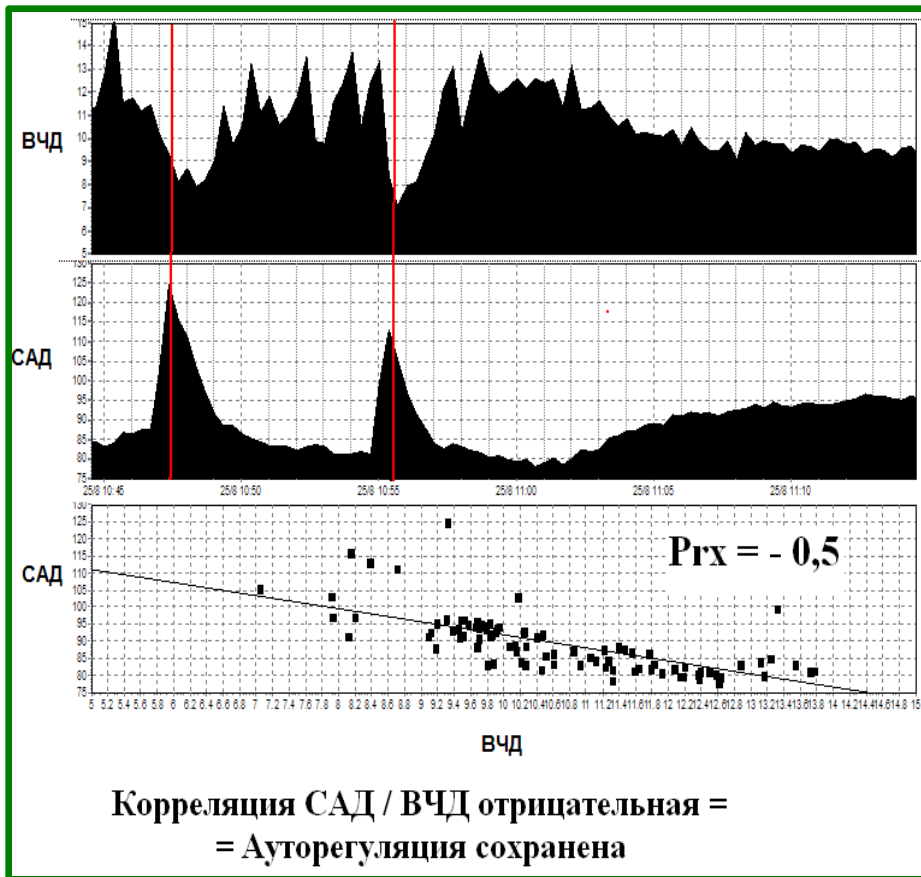
### **Abstract**

**OBJECTIVE:** Cerebrovascular vasomotor reactivity reflects changes in smooth muscle tone in the arterial wall in response to changes in transmural pressure or the concentration of carbon dioxide in blood. We investigated whether slow waves in arterial blood pressure (ABP) and intracranial pressure (ICP) may be used to derive an index that reflects the reactivity of vessels to changes in ABP. **METHODS:** A method for the continuous monitoring of the association between slow spontaneous waves in ICP and arterial pressure was adopted in a group of 82 patients with head injuries. ABP, ICP, and transcranial doppler blood flow velocity in the middle cerebral artery was recorded daily (20- to 120-min time periods). A Pressure-Reactivity Index (PRx) was calculated as a moving correlation coefficient between 40 consecutive samples of values for ICP and ABP averaged for a period of 5 seconds. A moving correlation coefficient (Mean Index) between spontaneous fluctuations of mean flow velocity and cerebral perfusion pressure, which was previously reported to describe cerebral blood flow autoregulation, was also calculated. **RESULTS:** A positive PRx correlated with high ICP ( $r = 0.366$ ;  $P < 0.001$ ), low admission Glasgow Coma Scale score ( $r = 0.29$ ;  $P < 0.01$ ), and poor outcome at 6 months after injury ( $r = 0.48$ ;  $P < 0.00001$ ). During the first 2 days after injury, PRx was positive ( $P < 0.05$ ), although only in patients with unfavorable outcomes. The correlation between PRx and Mean index ( $r = 0.63$ ) was highly significant ( $P < 0.000001$ ). **CONCLUSION:** Computer analysis of slow waves in ABP and ICP is able to provide a continuous index of cerebrovascular reactivity to changes in arterial pressure, which is of prognostic significance.

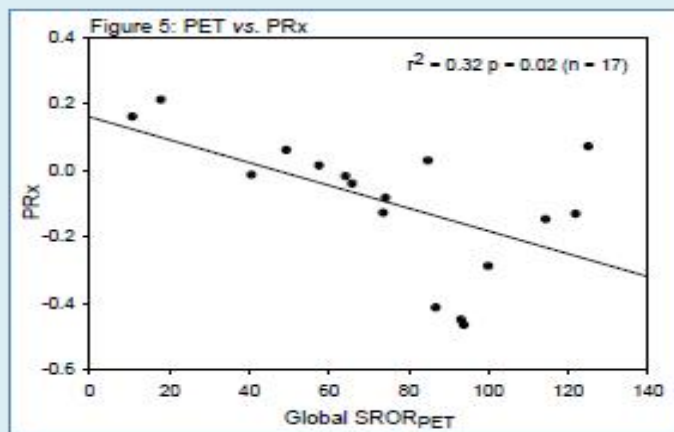
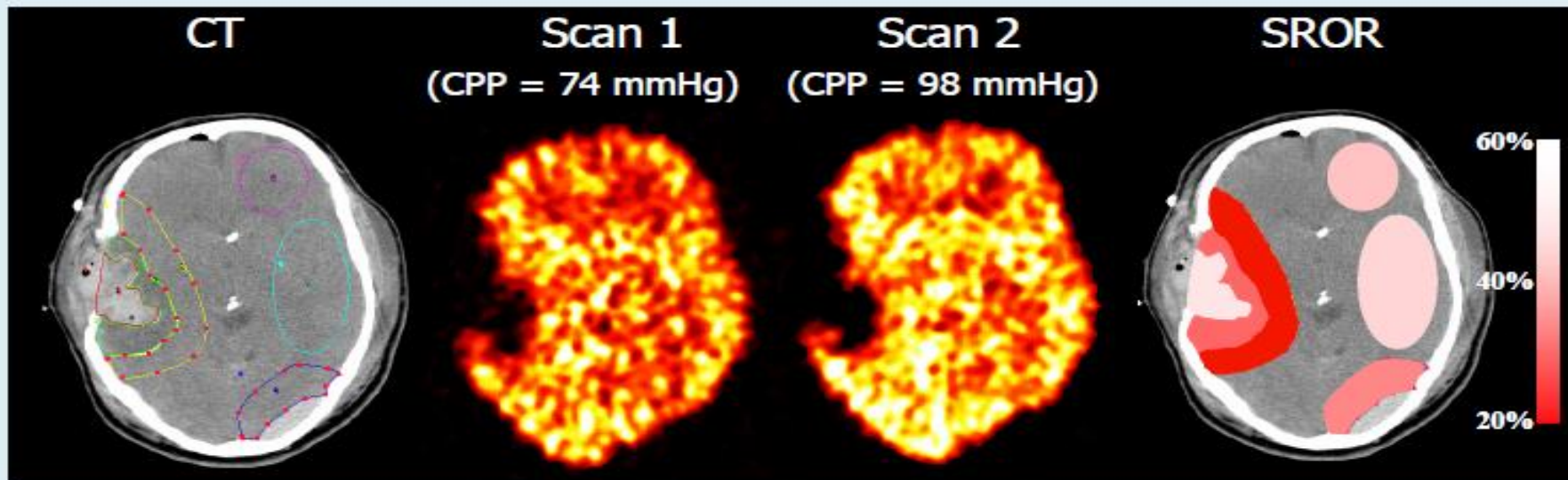
PMID: 9218290 [PubMed - indexed for MEDLINE]



# Оценка ауторегуляции по корреляционному коэффициенту $R_{rx}$



# Точность оценки ауторегуляции



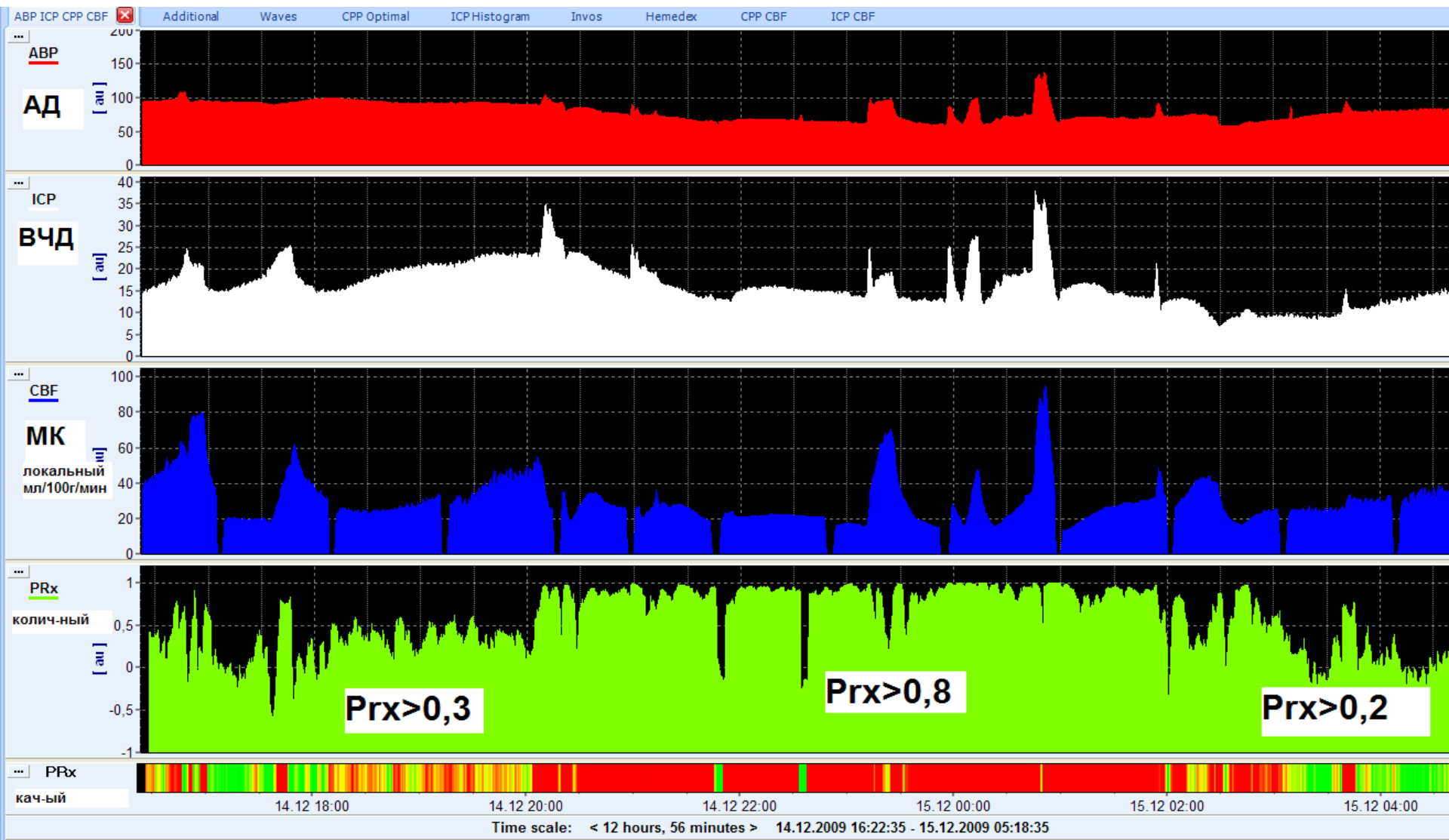
PRx correlates with  
PET-static rate of  
autoregulation

Steiner LA, Coles JP, Johnston AJ, Chatfield DA, Smielewski P, Fryer TD, Aigbirhio FI, Clark JC, Pickard JD, Menon DK, Czosnyka M. Assessment of Cerebrovascular Autoregulation in Head-Injured Patients. A Validation Study. *Stroke*. 2003 34:2404-2409

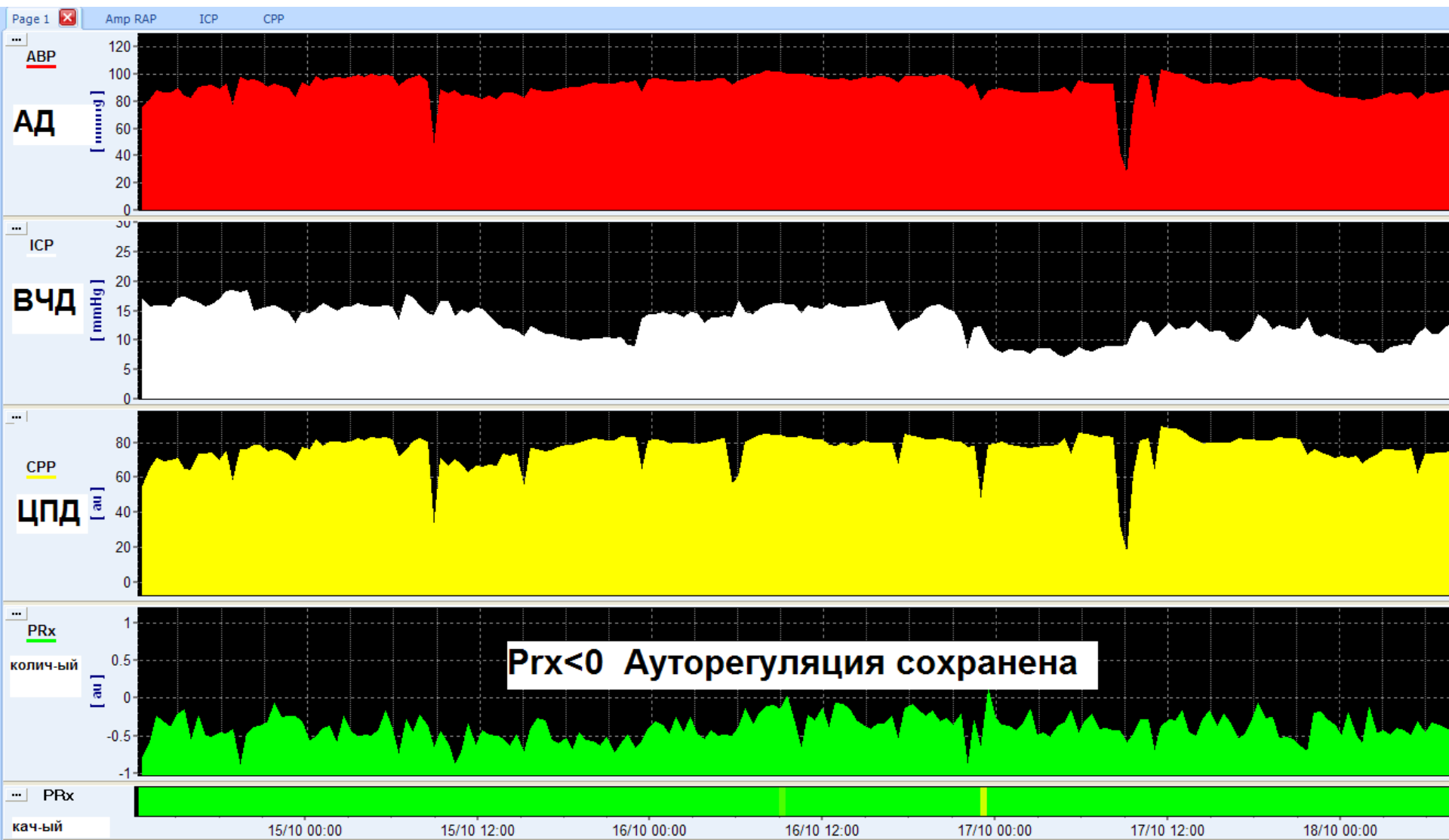
# Преимущество P<sub>rx</sub> перед другими методами

- **Не требует дополнительного оснащения**
- **Не зависит от навыка оператора**
- **Ориентирован на терапию**
  - мониторинг статуса ауторегуляции
    - качественный и количественный
  - выбор протокола ВЧД / ЦПД
  - расчет оптимального ЦПД

# Пример тренда пострадавшего с тяжелой ЧМТ (ШКГ 6 баллов) с **нарушенной** ауторегуляцией



# Пример тренда пострадавшего с тяжелой ЧМТ (ШКГ 6 баллов) с **сохранной** ауторегуляцией

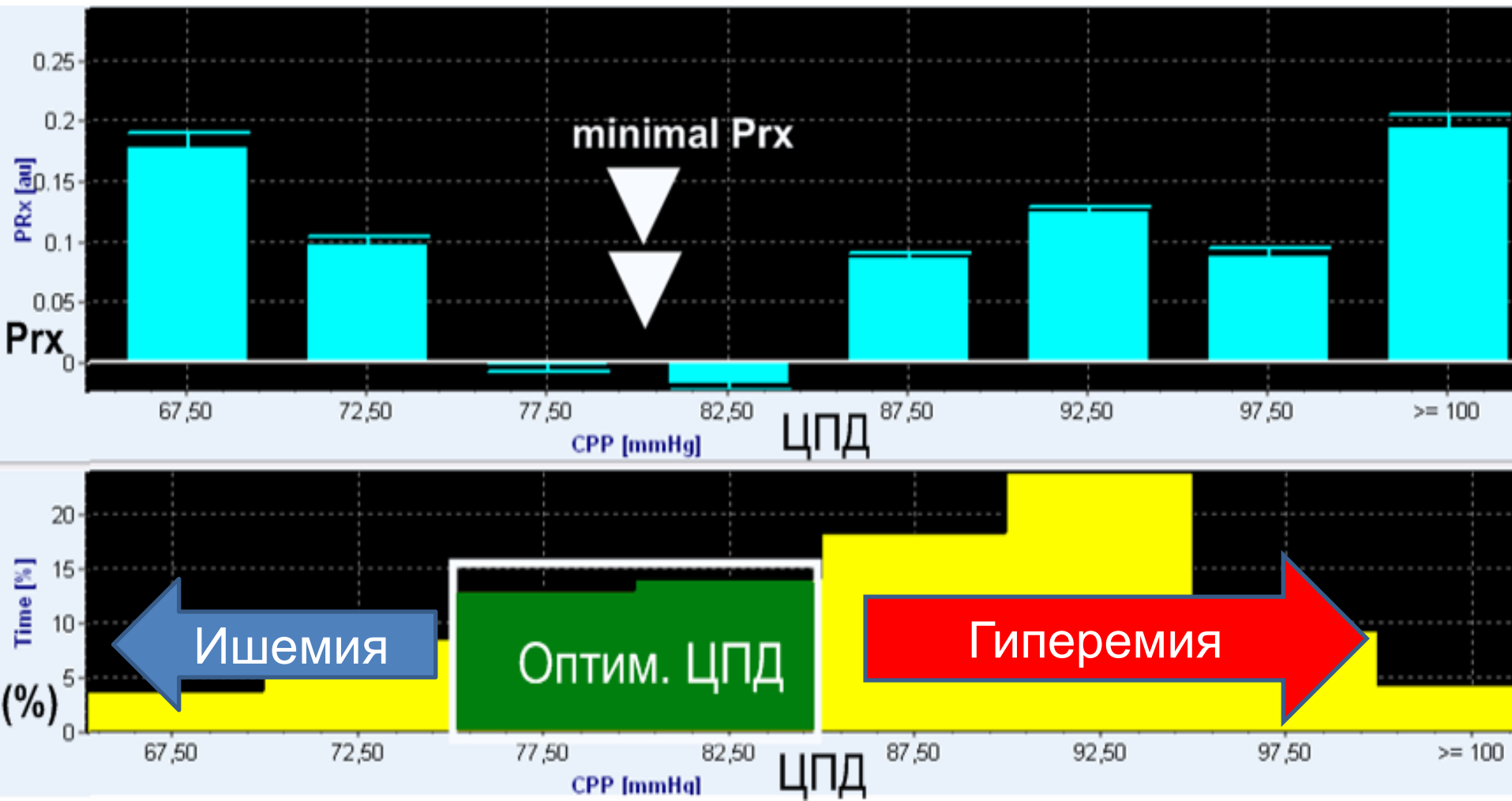


Crit Care Med. 2002 Apr;30(4):733-8.

## Continuous monitoring of cerebrovascular pressure reactivity allows determination of optimal cerebral perfusion pressure in patients with traumatic brain injury.

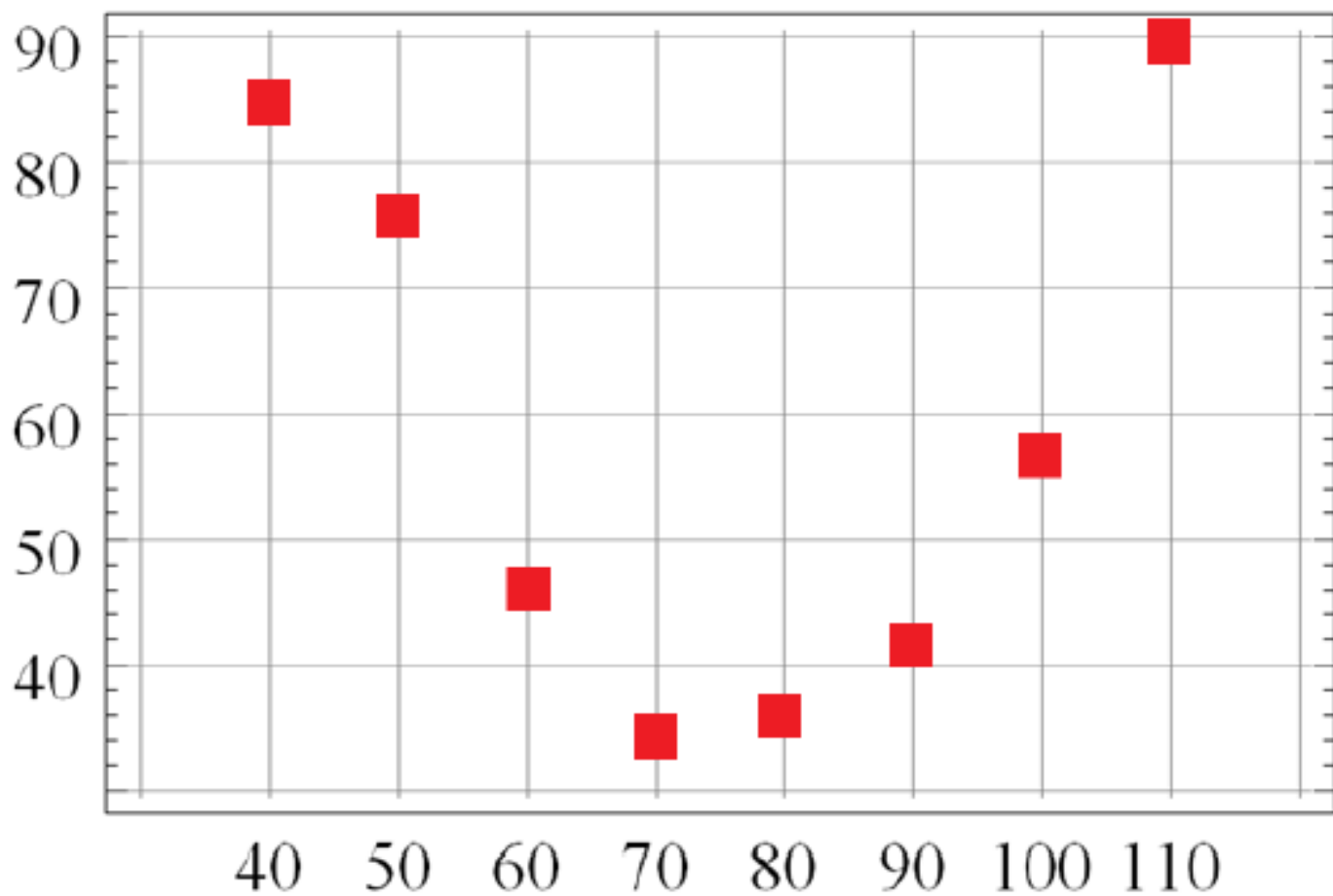
Steiner LA, Czosnyka M, Piechnik SK, Smielewski P, Chatfield D, Menon DK, Pickard JD.

Academic Neurosurgery, University of Cambridge, Addenbrooke's Hospital, Cambridge, United Kingdom. las30@cam.ac.uk



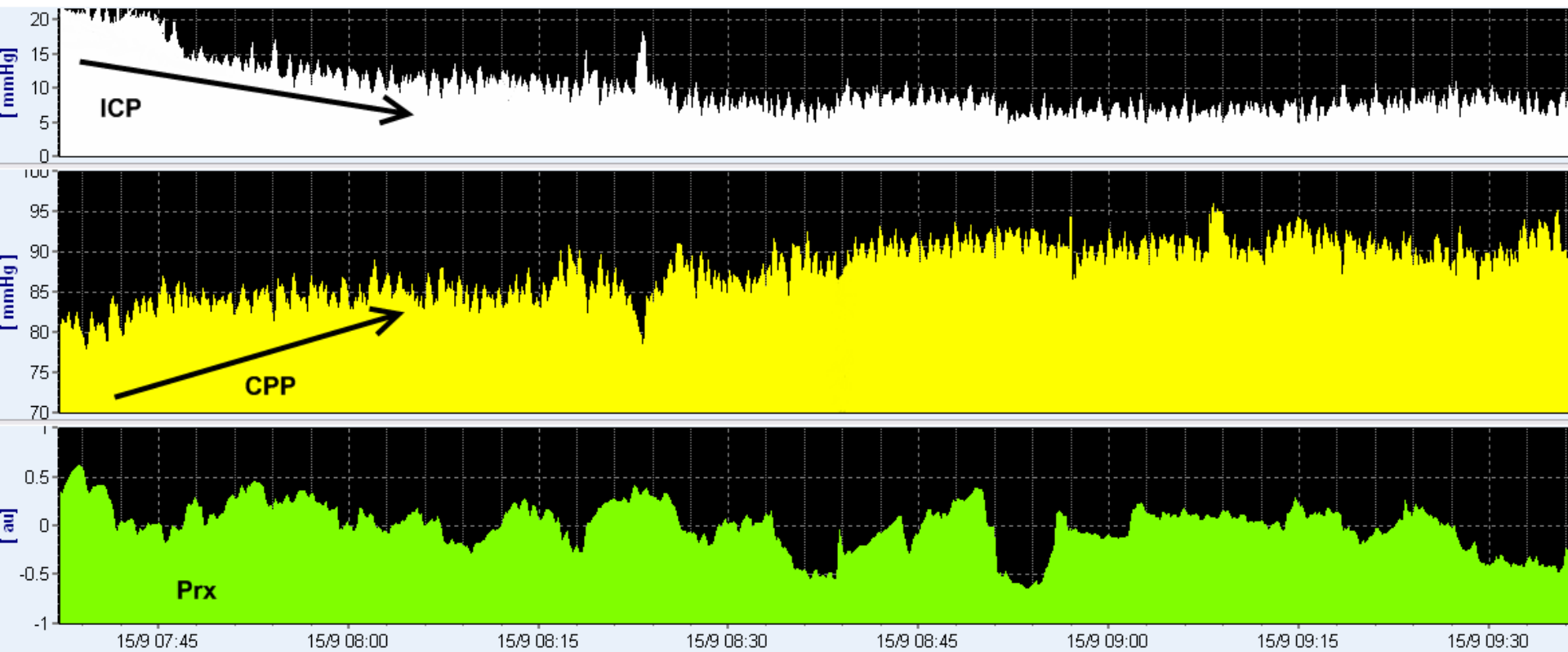
# Outcome seems to be associated with mean CPP (529 head injuries, Addenbrooke's Hospital)

% of unfavourable outcome





# Оптимизация ЦПД



# Рекомендуемые границы ЦПД при различной церебральной патологии

| Состояние<br>ВЧД<br>АД<br>ЦПД | Патология ЦНС                                    |   |            |   |
|-------------------------------|--|---|------------|---|
|                               | ЧМТ  | САК   | ОНМК       | ВМК   |
| ВЧГ                           | До 70%   | 10-54%  | 10-15%     | До 70%<br>+ <b>масс-эффект</b>                    |
| Артериальная гипотония        | Часто  | Редко   | Редко      | Редко   |
| Артериальная гипертензия      | Редко  | Часто   | Часто      | Часто   |
| Границы ЦПД (mmHg)            | [50 - 70]<br><br>>70 при сохранной ауторегуляции | При вазоспазме<br><br>ЦПД>70 или САД>100- 110 | Нет данных | [50 - 70 ]<br><br>>70 при сохранной ауторегуляции |

# Рекомендуемые границы ЦПД при различной церебральной патологии

| Состояние<br>ВЧД<br>АД<br>ЦПД | Патология ЦНС  |  |               |   |
|-------------------------------|--|--|---------------|---|
|                               | ЧМТ  | САК  | ОНМК          | ВМК   |
| ВЧГ                           | До 70%   | 10-54%   | 10-15%        | До 70%<br>+ масс-<br>эффект                             |
| Артериальная гипотония        | Часто  | Редко  | Редко         | Редко   |
| Артериальная гипертензия      | Редко  | Часто  | Часто         | Часто   |
| Границы ЦПД (mmHg)            | [50 - 70]<br><br>>70<br>при сохранной<br>ауторегуляции | При вазоспазме<br><br>ЦПД>70 или<br><br>САД>100- 110 | Нет<br>данных | [50 - 70 ]<br><br>>70<br>при сохранной<br>ауторегуляции |

# Эволюция рекомендуемых границ ЦПД при ЧМТ

| <b>Источник</b>                              | <b>Рекомендуемые границы ЦПД</b> |
|--|----------------------------------|
| <b>Rosner et.al.</b>                         | <b>&gt; 80-90 mmHg</b>           |
| <b>Guidelines, 1996 ( 1- ая редакция)</b>    | <b>&gt;70 mmHg</b>               |
| <b>Guidelines, 2000,2003 (2-ая редакция)</b> | <b>&gt;60 mmHg</b>               |
| <b>Guidelines, 2007 ( 3-я редакция)</b>      | <b>[50 – 70] mmHg</b>            |

# Выбор значения ЦПД

| Состояние<br>ауторегуляции | ВЧД < 20 mmHg        | ВЧД $\geq$ 20 mmHg |
|----------------------------|----------------------|--------------------|
|                            | Значение ЦПД ( mmHg) |                    |
|                            |                      |                    |
|                            |                      |                    |

# Выбор значения ЦПД

| Состояние ауторегуляции | ВЧД < 20 mmHg        | ВЧД $\geq$ 20 mmHg |
|-------------------------|----------------------|--------------------|
|                         | Значение ЦПД ( mmHg) |                    |
| $Prx \leq 0$            | 50 - 70              | > 70               |
|                         |                      |                    |
|                         |                      |                    |

# Выбор значения ЦПД

| Состояние ауторегуляции | ВЧД < 20 mmHg        | ВЧД $\geq$ 20 mmHg |
|-------------------------|----------------------|--------------------|
|                         | Значение ЦПД ( mmHg) |                    |
| $Prx \leq 0$            | 50 - 70              | > 70               |
|                         |                      |                    |
| $Prx > 0,2$             | 50 - 60              | 50 - 60            |

# Выбор значения ЦПД

| Состояние ауторегуляции | ВЧД < 20 mmHg        | ВЧД $\geq$ 20 mmHg |
|-------------------------|----------------------|--------------------|
|                         | Значение ЦПД ( mmHg) |                    |
| $Prx \leq 0$            | 50 - 70              | > 70               |
| $0 < Prx \leq 0,2$      | 50 - 70              | оптимальное        |
| $Prx > 0,2$             | 50 - 60              | 50 - 60            |



# Выбор значения ЦПД

| Состояние ауторегуляции | ВЧД < 20 mmHg        | ВЧД $\geq$ 20 mmHg |
|-------------------------|----------------------|--------------------|
|                         | Значение ЦПД ( mmHg) |                    |
| $Prx \leq 0$            | 50 - 70              | ЦПД- протокол      |
| $0 < Prx \leq 0,2$      | 50 - 70              |                    |
| $Prx > 0,2$             | 50 - 60              | 50 - 60            |

# Выбор значения ЦПД

| Состояние ауторегуляции | ВЧД < 20 mmHg        | ВЧД $\geq$ 20 mmHg |
|-------------------------|----------------------|--------------------|
|                         | Значение ЦПД ( mmHg) |                    |
| $Prx \leq 0$            | 50 - 70              | ЦПД- протокол      |
| $0 < Prx \leq 0,2$      | 50 - 70              |                    |
| $Prx > 0,2$             | ВЧД - протокол       |                    |

# Выбор значения ЦПД

| Состояние ауторегуляции | ВЧД < 20 mmHg        | ВЧД $\geq$ 20 mmHg |
|-------------------------|----------------------|--------------------|
|                         | Значение ЦПД ( mmHg) |                    |
| $Prx \leq 0$            | 50 - 70              | ЦПД- протокол      |
| $0 < Prx \leq 0,2$      | 50 - 70              |                    |
| $Prx > 0,2$             | ВЧД - протокол       |                    |

Обсуждать декомпрессию

динамике  $Prx > 0,2$

ВЧД > 20 mmHg

Na >160 ммоль/л

# Ранняя декомпрессия: 1 сутки

ВЧД



ЦПД

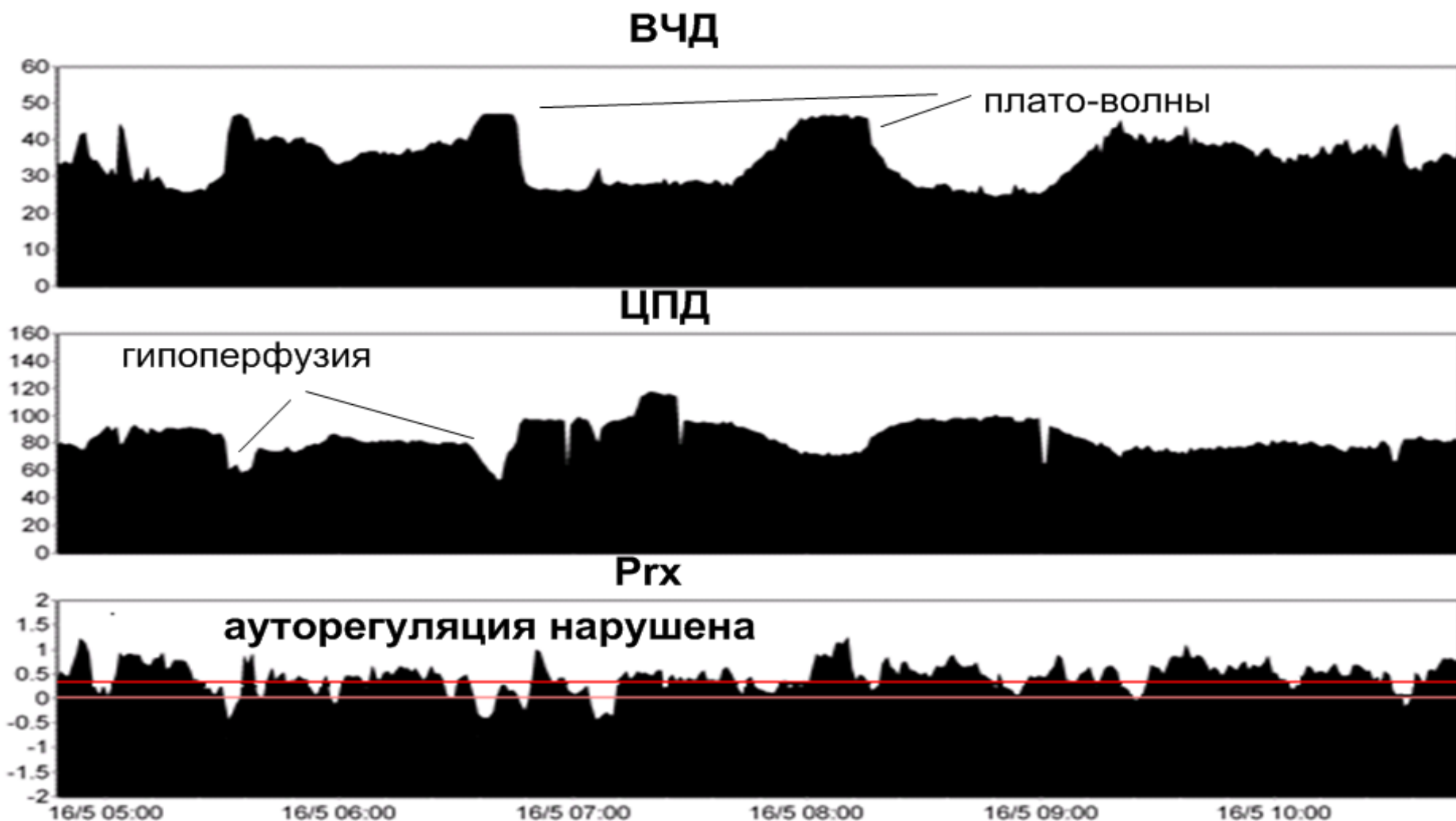


Ргх

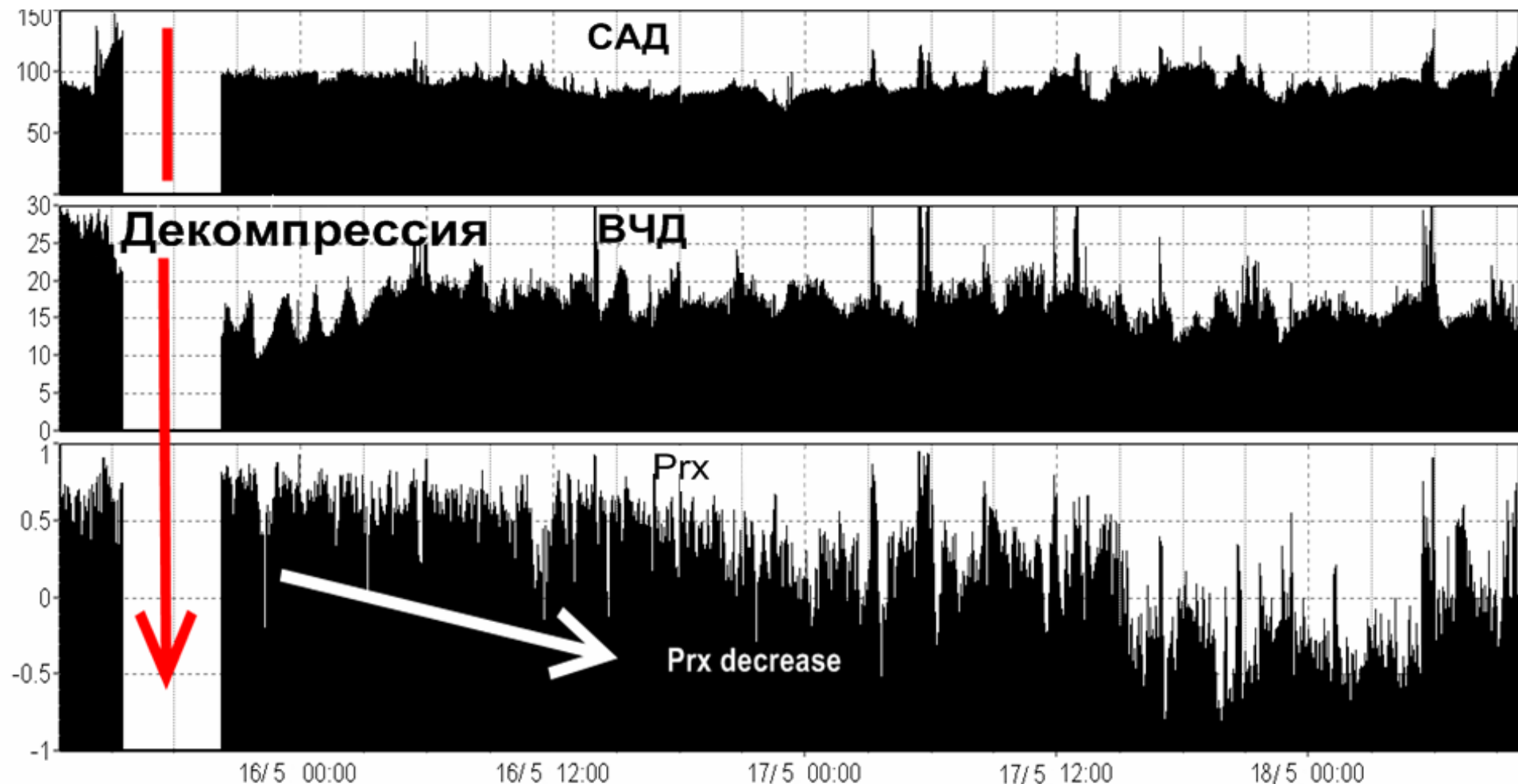
ауторегуляція сохрaнена



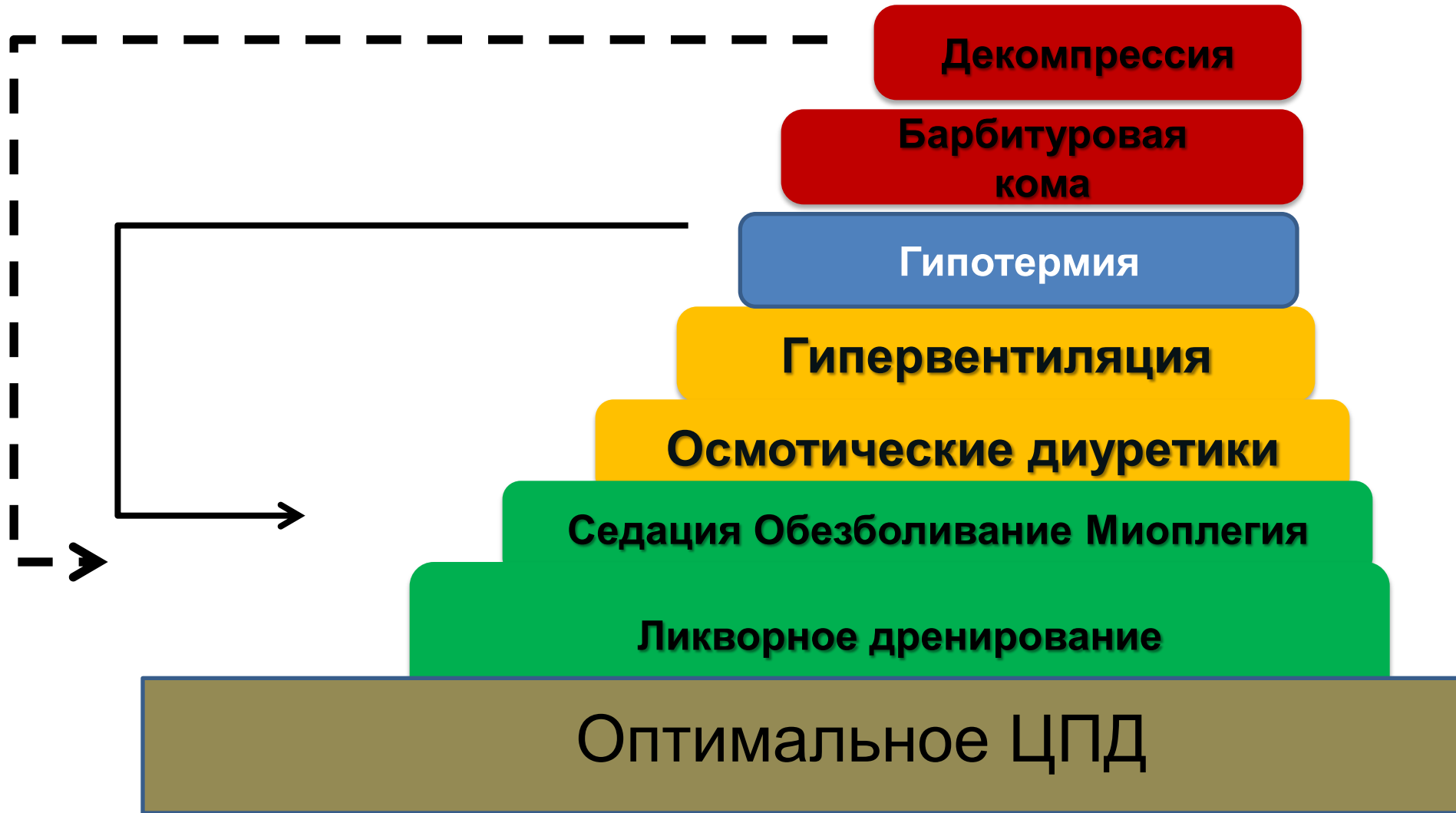
# Ранняя декомпрессия: 2 сутки



# Восстановление ауторегуляции после декомпрессивной трепанации



# Элементы нейроинтенсивной терапии при церебральной патологии



# Заключение

ЦПД – основной параметр, определяющий перфузию мозга

Патология ЦНС с риском ВЧГ и гипоперфузии требует мониторинга ЦПД

Мониторинг Ауторегуляции МК

- оптимизация ИТ
- индивидуальный подход