



ФГАУ ННПЦ Нейрохирургии  
им. академика Н.Н. Бурденко МЗ РФ

# Неинвазивная оценка ВЧД в нейрореанимации

отделение реанимации и интенсивной терапии

дмн Ошоров А.В.

г. Улан-Удэ 28.07.2017

# Эпидемиология ВЧГ среди взрослых

ЧМТ 37 - 44%

Miller et al. J.Neurosurg 47: 503-516, 1977

ВЧК 63 - 70%

Kamel H., Hemphill J.C.III. Neurocritical Care 17: 172-176, 2012

аСАК 54%: НН I-III 48%; НН IV-V 63%

Heuer G. et al. J.Neurosurg 101: 408-416, 2004

ОНМК 10-15%

Poca MA et al. J.Neurosurg 112: 648-657, 2010

# Эпидемиология ВЧГ среди детей

... в коме на момент госпитализации в ОРИТ

ЧМТ - 53%

Постгипоксическая энцефалопатия - 23%

Менингит - 66%

Энцефалит - 57%

Масс-эффект - 100%

Гидроцефалия - 80%

# Методы измерения ВЧД

## Инвазивные методы

- Измерение ВЧД в паренхиме вещества головного мозга
- Измерение ликворного давления в желудочках мозга

## Неинвазивные методы

- КТ / МРТ
- УЗИ / Допплерография
- Пупиллометрия
- Тимпанометрия
- Офтальмодинамометрия
- ЭЭГ

# Современные тенденции нейроинтенсивной терапии и нейротравматологии

«Агрессивный» мониторинг

Алгоритмы ориентированные  
на ВЧД, ЦПД и др.

«Сдержанный» мониторинг

Алгоритмы ориентированные  
клинико-рентгенологическую  
динамику

# Расширение показаний для мониторинга ВЧД

Острые церебральные повреждения которые сопровождаются отеком мозга и внутричерепной гипертензией

Субарахноидальное кровоизлияние

Внутричерепное кровоизлияние

Ишемический инсульт

Менингит / энцефалит

Энцефалопатия при печеночной недостаточности

Постаноксическая энцефалопатия

Злокачественные новообразования головного мозга

# Intracranial Pressure and Cerebral Perfusion Pressure Monitoring in Non-TBI Patients: Special Considerations



neurocritical Neurocrit Care

care society

DOI 10.1007/s12028-014-0040-6

Published online: 11 September 2014

Raimund Helbok · DaiWai M. Olson · Peter D. Le Roux · Paul Vespa ·

The Participants in the International Multidisciplinary Consensus Conference on Multimodality Monitoring

**Неинвазивные методы оценки ВЧД могут  
быть использованы:**

1. При невозможности (противопоказании)  
для инвазивных методов
2. Для уточнения показаний переходу на  
инвазивный метод измерения ВЧД

# Congress ICP 2016, Boston

...актуальность дальнейших разработок  
неинвазивных методов оценки ВЧД

- Космическая медицина
- Военная медицина
- Альпиндустрия
- Педиатрия
- Гериатрия



**16<sup>TH</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTRACRANIAL PRESSURE & NEUROMONITORING (ICP)**

In conjunction with the 6th Annual Meeting of the Cerebral Autoregulation Research Network

**June 28 - July 2, 2016**  
Cambridge, USA

# Intracranial Pressure and Cerebral Perfusion Pressure Monitoring in Non-TBI Patients: Special Considerations



neurocritical Neurocrit Care  
care society DOI 10.1007/s12028-014-0040-6

Published online: 11 September 2014

Raimund Helbok · DaiWai M. Olson · Peter D. Le Roux · Paul Vespa ·

The Participants in the International Multidisciplinary Consensus Conference on Multimodality Monitoring

## Неинвазивные методы оценки ВЧД:

- A. Допплерография - (Pi) пульсативный индекс
- B. УЗИ - (ДОЗН) диаметр оболочки зрительного нерва
- C. КТ ( ДОЗН, состояние желудочков и цистерн)
- D. Пупиллометрия ( диаметр и реактивность зрачков)

# Методы неинвазивного мониторинга внутричерепного давления

В.И. ГОРБАЧЁВ\*, Н.В. ЛИХОЛЕТОВА

ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования», Иркутск

## Non-invasive monitoring of intracranial pressure

V.I. GORBACHEV, N.V. LIKHOLETOVA

Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education, Irkutsk

В статье представлен анализ различных методов неинвазивного контроля внутричерепного давления (ВЧД). Наружное вентрикулярное дренирование по-прежнему остается «золотым стандартом» мониторинга в отделениях нейрореанимации, но данная манипуляция не всегда может быть выполнима, ввиду наличия противопоказаний либо из-за отсутствия в лечебном учреждении нейрохирургического отделения. Также имеется риск развития инфекционных и геморрагических осложнений. В этих условиях большое значение приобретает разработка способов неинвазивного определения ВЧД, которые позволили бы проводить безопасное и, при необходимости, неоднократное измерение этого параметра. В настоящее время лидирующее место занимают различные ультразвуковые и телеметрические методы. Вопрос о точности получаемых данных при неинвазивных методах остается открытым и требует дальнейшего уточнения.

**Ключевые слова:** внутричерепное давление, мониторинг, методы неинвазивного контроля.

This manuscript presents an analysis of different intracranial pressure (ICP) non-invasive monitoring devices. External ventricular drainage still remains a «gold standard» of neuromonitoring, but this manipulation can be not always feasible, because of contraindications or absence of neurosurgery in this hospital. Also there is a risk of development infections or hemorrhage. In these conditions the great value is got by development of ways of non-invasive definition of VChD which would allow to carry out safe and, if necessary, numerous measurement of this parameter. Now, the leading place is occupied by various ultrasonic and telemetric methods. The question of accuracy of received data at non-invasive methods remains open and demands further specification.

**Key words:** intracranial pressure, monitoring, methods of non-invasive control.

# Когда следует использовать неинвазивные методы оценки ВЧД

- При противопоказании к инвазивному мониторингу
- Для сортировки при массовом поступлении пострадавших с сочетанной ЧМТ
- При дефиците материально-технического обеспечения
- Для уточнения показаний к инвазивному ВЧД
- Как дополнение «клинического мониторинга»

Пульсативный индекс

# Пульсативный индекс ТКДГ

Index Gosling (PI)      Норма PI [0,5 – 1,19]

$$PI = (FV_{sys} - FV_{dias}) / FV_{mean}$$

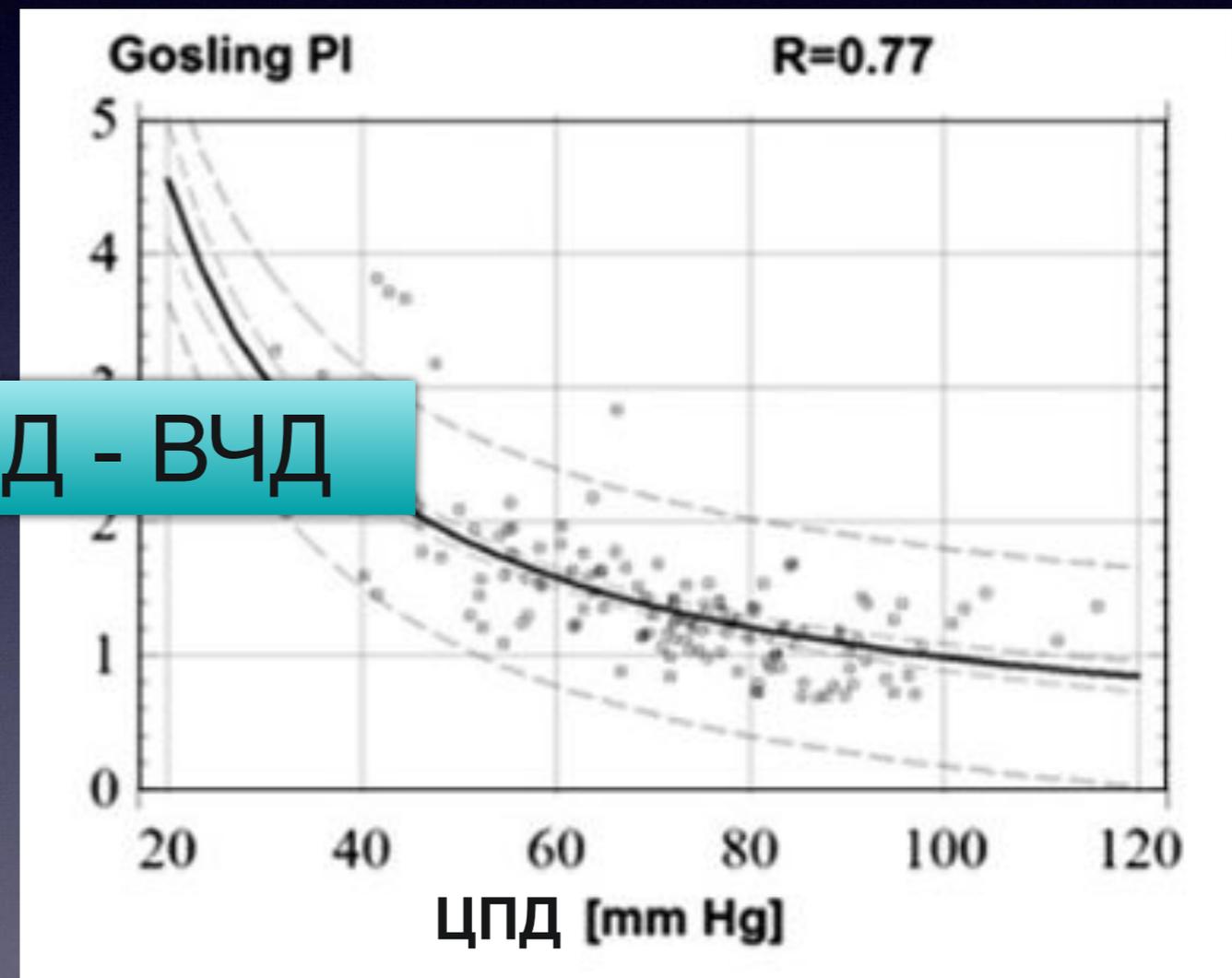
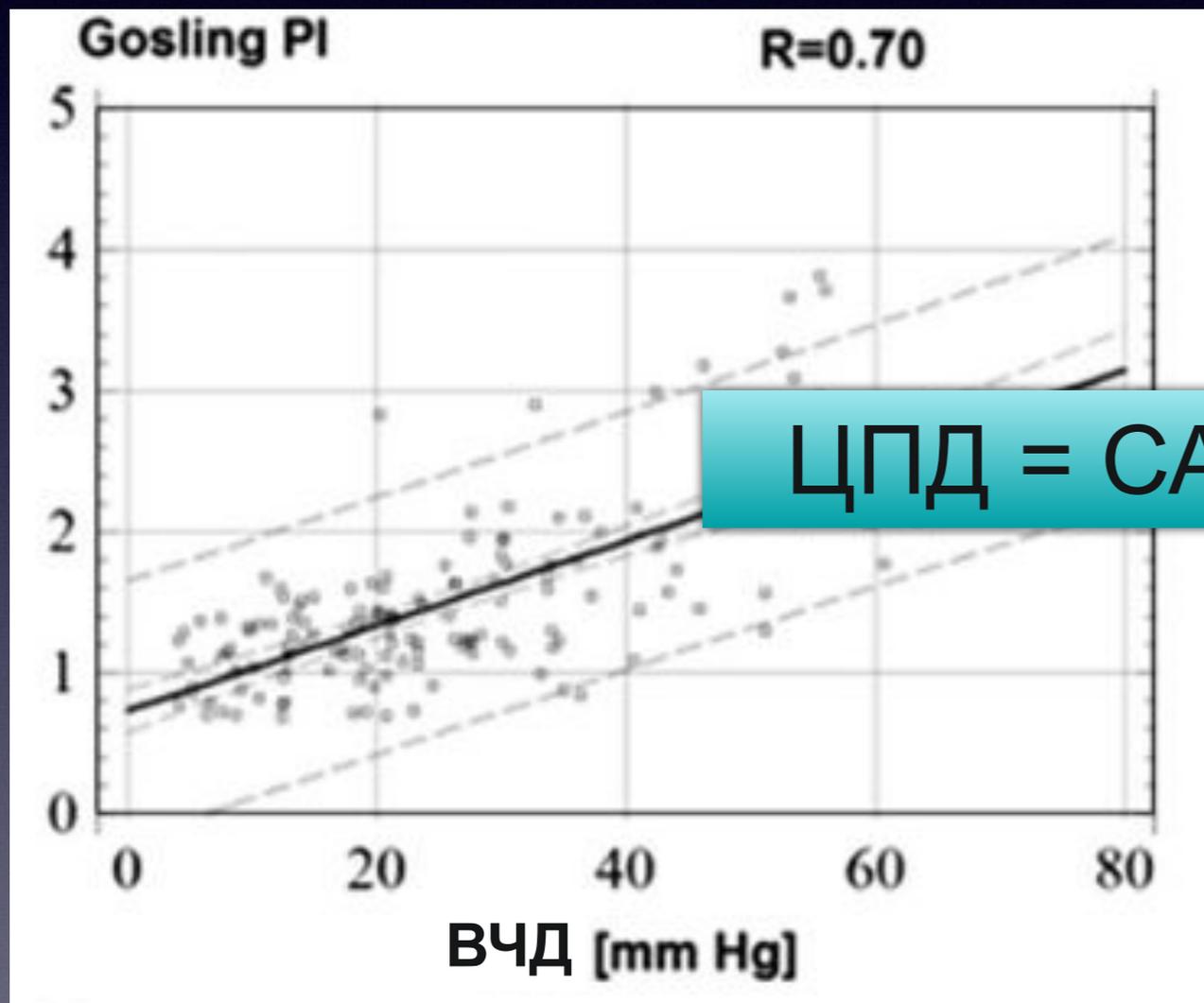
PI может отражать (?)

Внутричерепное давление (ICP)

**Церебральное перфузионное давление** ( $CPP = MAP \times FV_{dias} / FV_{mean} + 14$ )

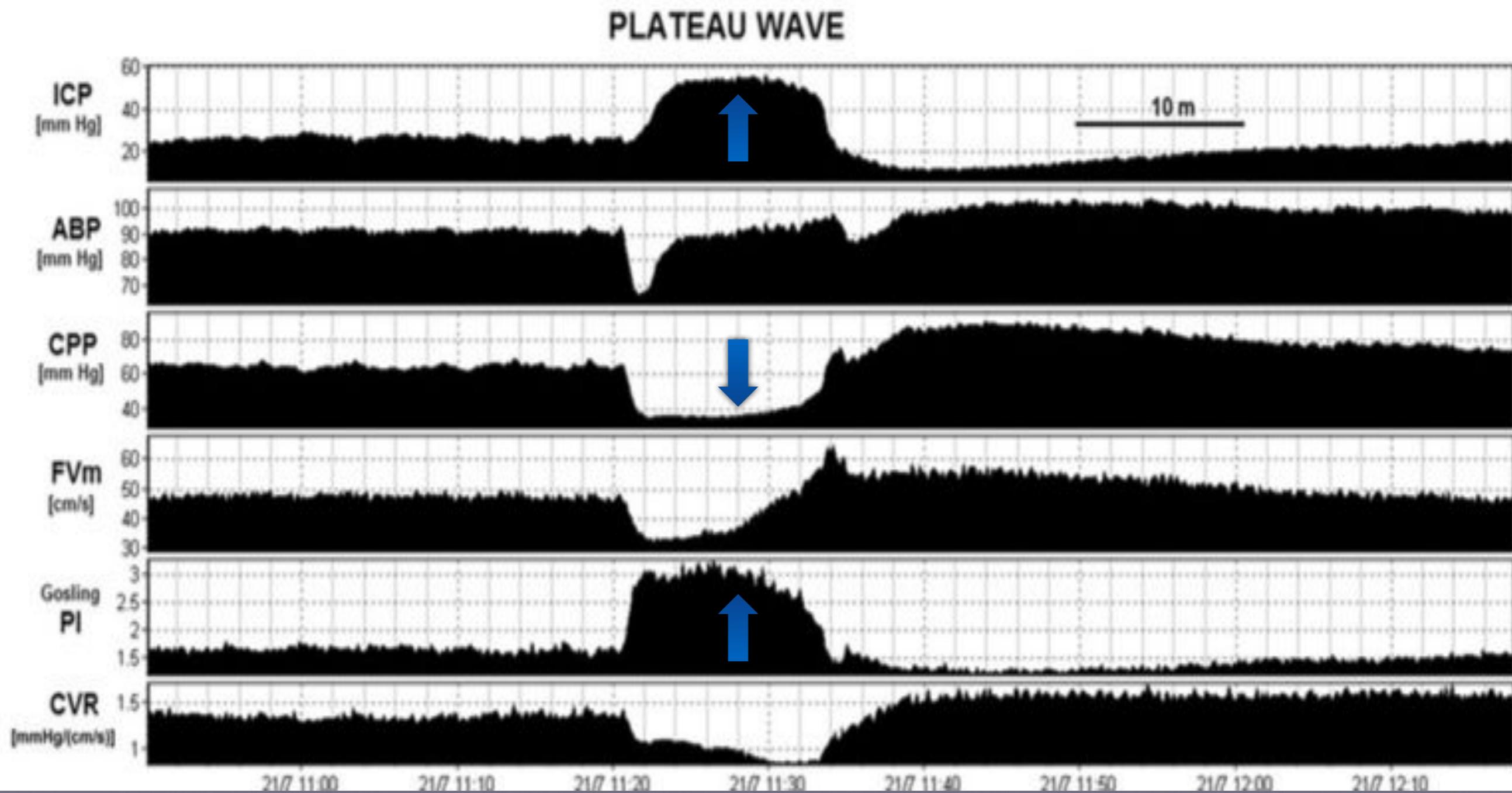
Сопротивление церебральных сосудов (CVR)

# Пульсативный индекс ТКДГ (Pi)



$$\text{ЦПД} = \text{САД} - \text{ВЧД}$$

## Transcranial Doppler Pulsatility Index: What it is and What it Isn't

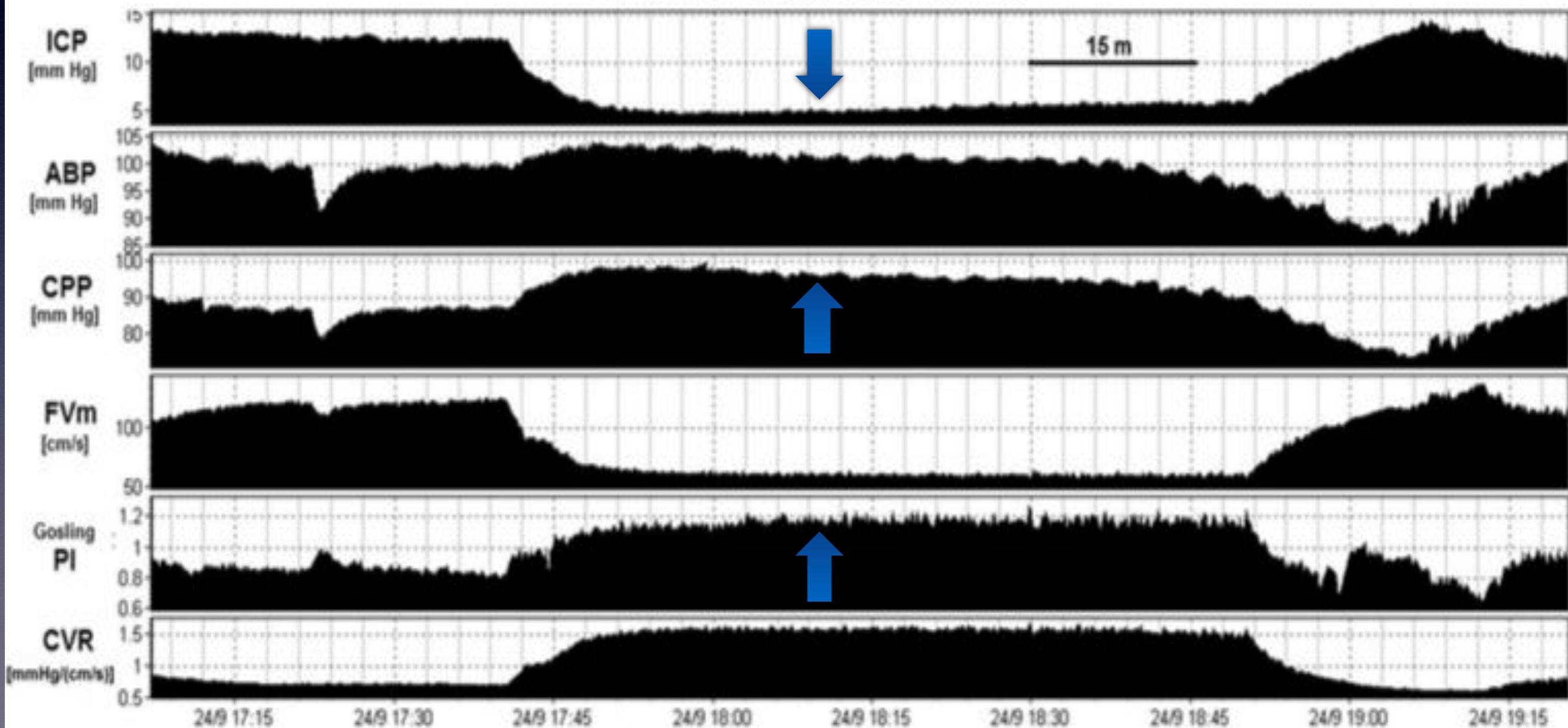




ORIGINAL ARTICLES

# Transcranial Doppler Pulsatility Index: What it is and What it Isn't

## HYPOCAPNIA CHALLENGE





## Transcranial Doppler Pulsatility Index: What it is and What it Isn't

PI лучше отражает ЦПД, чем ВЧД

PI – **интегральный** параметр и зависит от ряда параметров:

- ✓ церебрально-перфузионного давления
- ✓ амплитуды волны АД
- ✓ эластичности церебральных сосудов
- ✓ церебрального сосудистого сопротивления
- ✓ частоты сердечных сокращений

Диаметр оболочки зрительного нерва

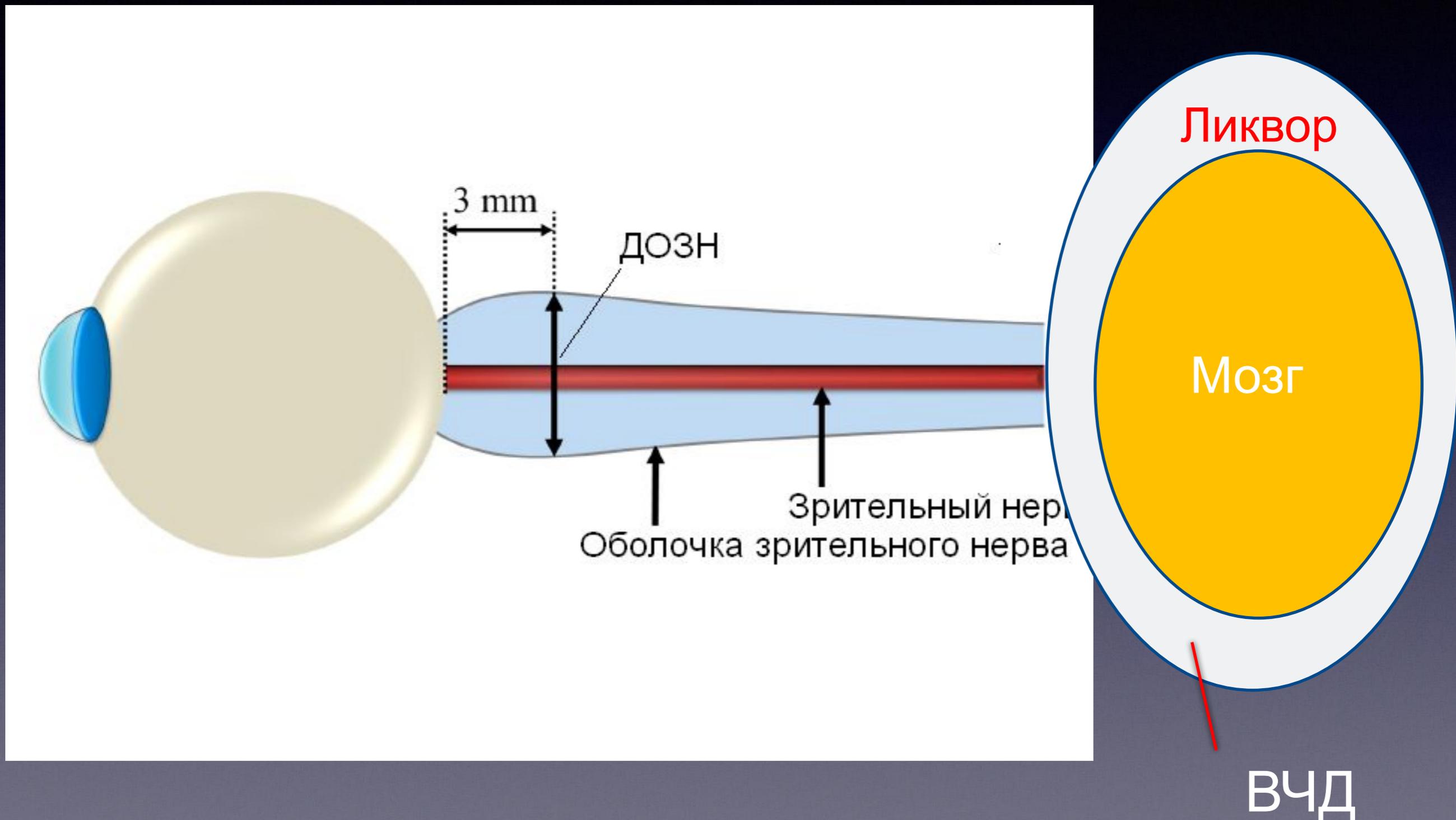
# Оценка диаметра оболочки зрительного нерва

**ДОЗН** - диаметр оболочки зрительного нерва

**ONSD** - optic nerve sheath diameter

- Магнитно-резонансная томография
- Компьютерная томография
- Ультразвуковое исследование

# Патофизиологическое обоснование



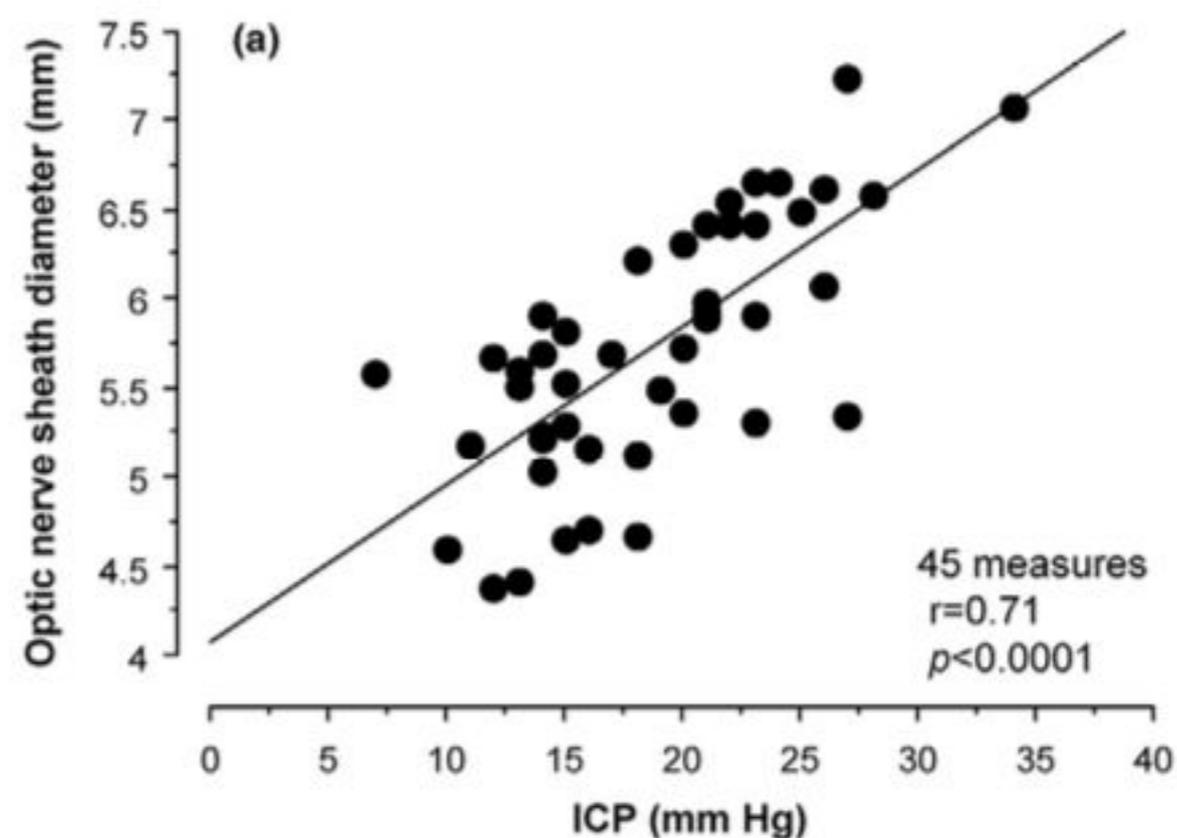
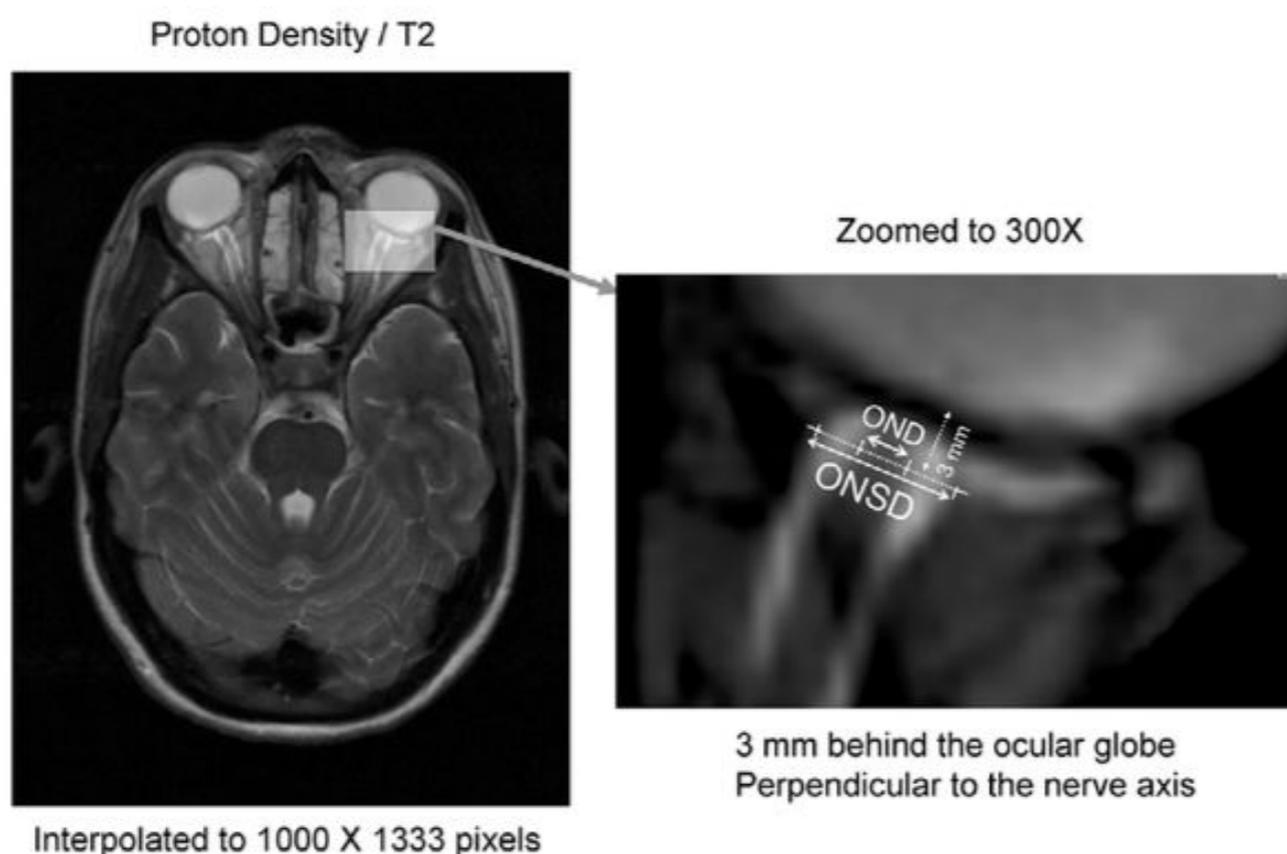
# ONSD

| Методы оценки ONSD | Точность | Скорость и простота | «Первый» этап |
|--------------------|----------|---------------------|---------------|
| MPT                | +++      | -                   | +/-           |
| КТ                 | +        | ++                  | +++           |
| УЗИ                | ++       | +++                 | +/- (?)       |

## Research

**Use of T2-weighted magnetic resonance imaging of the optic nerve sheath to detect raised intracranial pressure**

Thomas Geeraerts<sup>1,2</sup>, Virginia FJ Newcombe<sup>1</sup>, Jonathan P Coles<sup>1</sup>, Maria Giulia Abate<sup>1</sup>,  
Iain E Perkes<sup>1</sup>, Peter JA Hutchinson<sup>3</sup>, Jo G Outtrim<sup>1</sup>, Dot A Chatfield<sup>1</sup> and David K Menon<sup>1</sup>



Хорошая корреляция между ONSD and ICP

- $ONSD > 5,82 \text{ mm}$  ~ вероятность ВЧГ в 90%
- $ONSD < 5,82 \text{ mm}$  ~ вероятность нормального ВЧД в 90%
- $ONSD < 5,3 \text{ mm}$  ~ вероятность нормального ВЧД в 100%

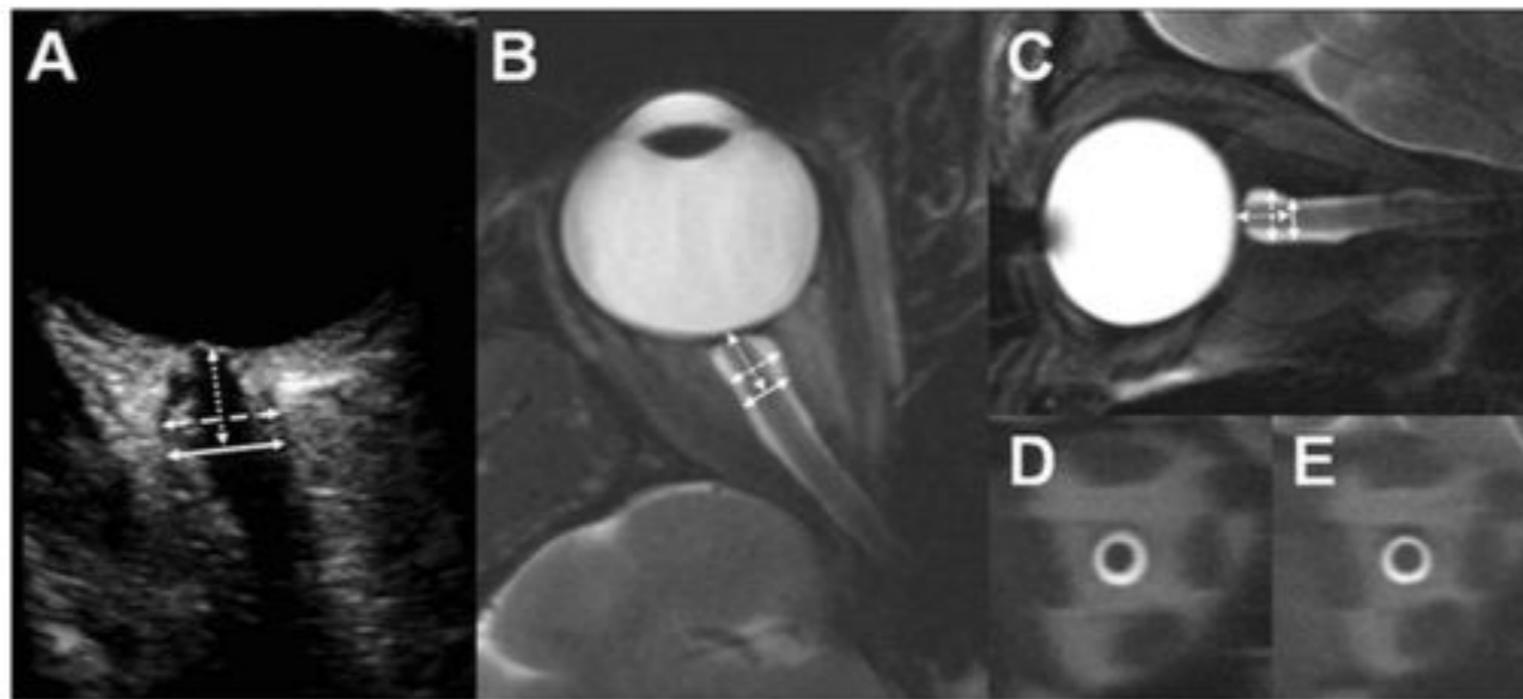
# Reproducibility and accuracy of optic nerve sheath diameter assessment using ultrasound compared to magnetic resonance imaging

Jochen Bäuerle<sup>1\*\*</sup>, Florian Schuchardt<sup>1†</sup>, Laure Schroeder<sup>1</sup>, Karl Egger<sup>2</sup>, Matthias Weigel<sup>3</sup> and Andreas Harloff<sup>1</sup>

Оптимальная глубина  
УЗИ-ONSD **3мм**

Соответствие между  
МРТ и УЗИ - ONSD  
**R=0,72, p=0,002**

Различия между  
методами МРТ и УЗИ  
- ONSD **< 5%**



**Figure 1** Transbulbar sonography and MRI of the optic nerve sheath. (A) The eye bulb and the optic nerve are displayed by B-mode sonography. The optic nerve sheath diameter was measured 3 and 5 mm behind the papilla (dotted arrow) in an axial plane showing the optic nerve in its longitudinal course. Transverse (B) and sagittal (C) T2-weighted TSE sequences were created to schedule coronal and orthogonal HASTE sequences of the optic nerve sheath 3 mm (D) and 5 mm (E) behind the papilla.

# ONSD

| Методы оценки ONSD | Точность | Скорость и простота | «Первый» этап |
|--------------------|----------|---------------------|---------------|
| МРТ                | +++      | -                   | +/-           |
| КТ                 | +        | ++                  | +++           |
| УЗИ                | ++       | +++                 | +/- (?)       |

# КТ исследование

- Стандарт - при острой церебральной патологии  
(САК, ЧМТ, ОНМК, ВЧК и др.)
  - Ориентир - нейрохирургическая патология  
(гематомы, гидроцефалия, отек, масс-эффект и т.д.)
- Легко выполним, в том числе в ОРИТ  
(транспортные КТ)
- Диагностический потенциал - расширен  
(режимы ангиографии, перфузии, 3D-реконструкции)

# «КТ-признаки» внутричерепной гипертензии

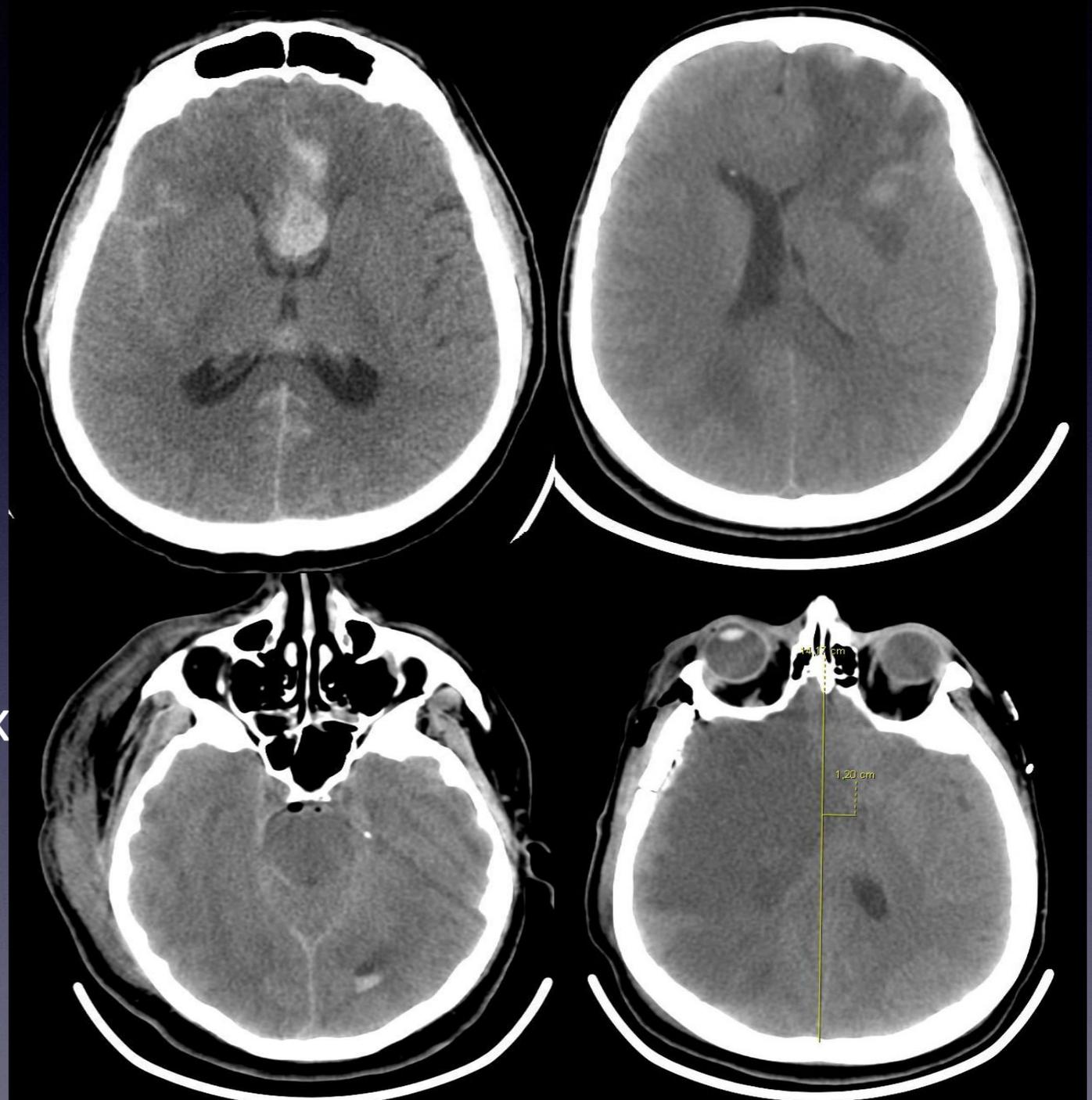
Отсутствие границы серого и белого вещества

Отсутствие САП

Смещение срединных структур >5 мм

Сужение или расширение боковых желудочков

Компрессия базальных цистерн



*Эти же критерии используются как показания*

*для инвазивного мониторинга ВЧД («патология на КТ»)*

# Как **дополнительный** критерий - **ДОЗН**

(диаметр оболочки зрительного нерва)

Optic nerve sheath diameter

• Investigation •

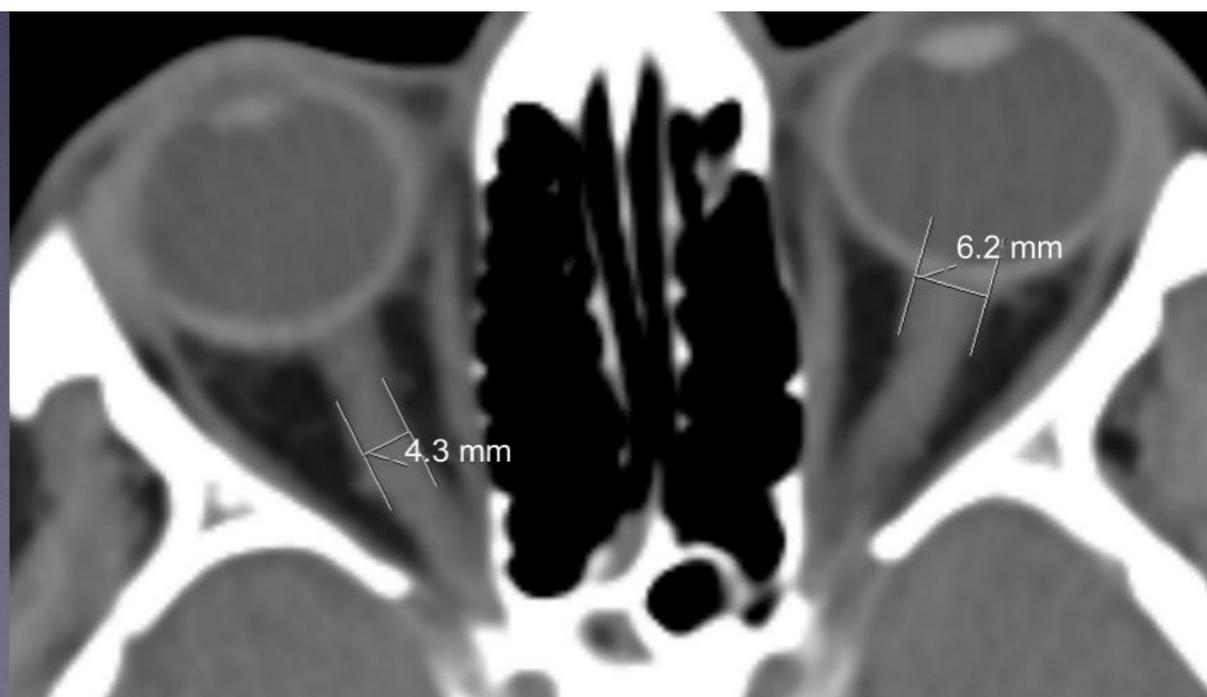
## Optic nerve sheath diameters in healthy adults measured by computer tomography

*Michael Vaiman<sup>1</sup>, Rani Abuita<sup>1</sup>, Inessa Bekerman<sup>2</sup>*

300 здоровых

"Норма» ДОЗН по КТ  
на расстоянии 3 мм

5,17+/-1,34 mm



Myrinder S. Sekhon  
Donald E. Griesdale  
Chiara Robba  
Nick McGlashan  
Edward Needham  
Katherine Walland  
Alyssa C. Shook  
Peter Smielewski  
Marek Czosnyka  
Arun K. Gupta  
David K. Menon

# Optic nerve sheath diameter on computed tomography is correlated with simultaneously measured intracranial pressure in patients with severe traumatic brain injury

Intensive Care Med (2014) 40:1267–1274  
DOI 10.1007/s00134-014-3392-7

## Исследовано:

57 пострадавших с ЧМТ

ШКГ < 9

Возраст >18 лет

ICP «Codman» паренхиматозно

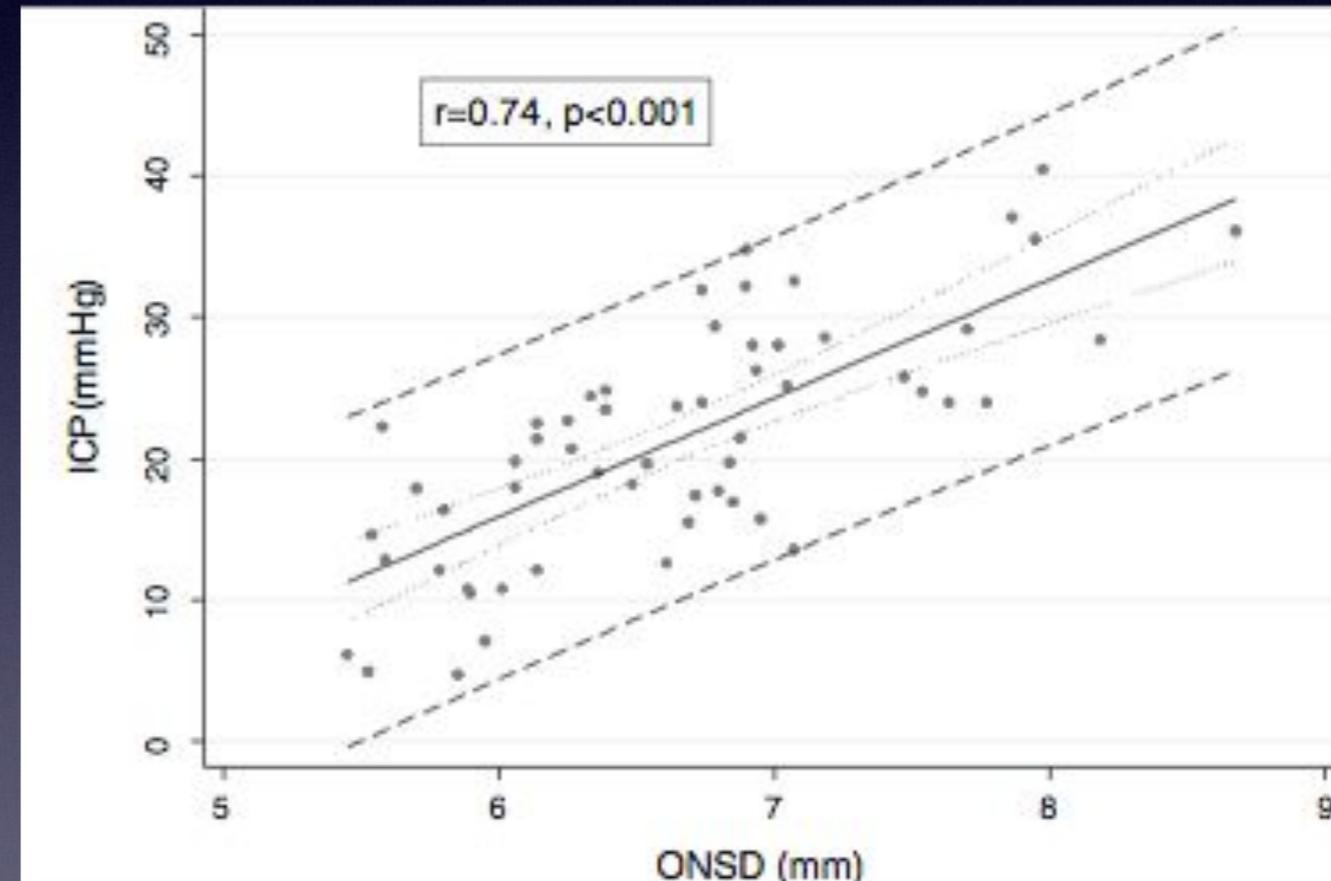
СТ «CereTom» в ОРИТ

## Установлено:

Линейная корреляция ONSD и ICP ( $r=0,74$ )

При **ONSD>6,0** диагностика ICP>20mmHg: Se=90% /

Sp=42%



# Наши данные (Туркин А.М. и соавт.)

## Исследовано:

41 пострадавший с ЧМТ

ШКГ > 9

Возраст >18 лет

ICP «Codman» паренхиматозно

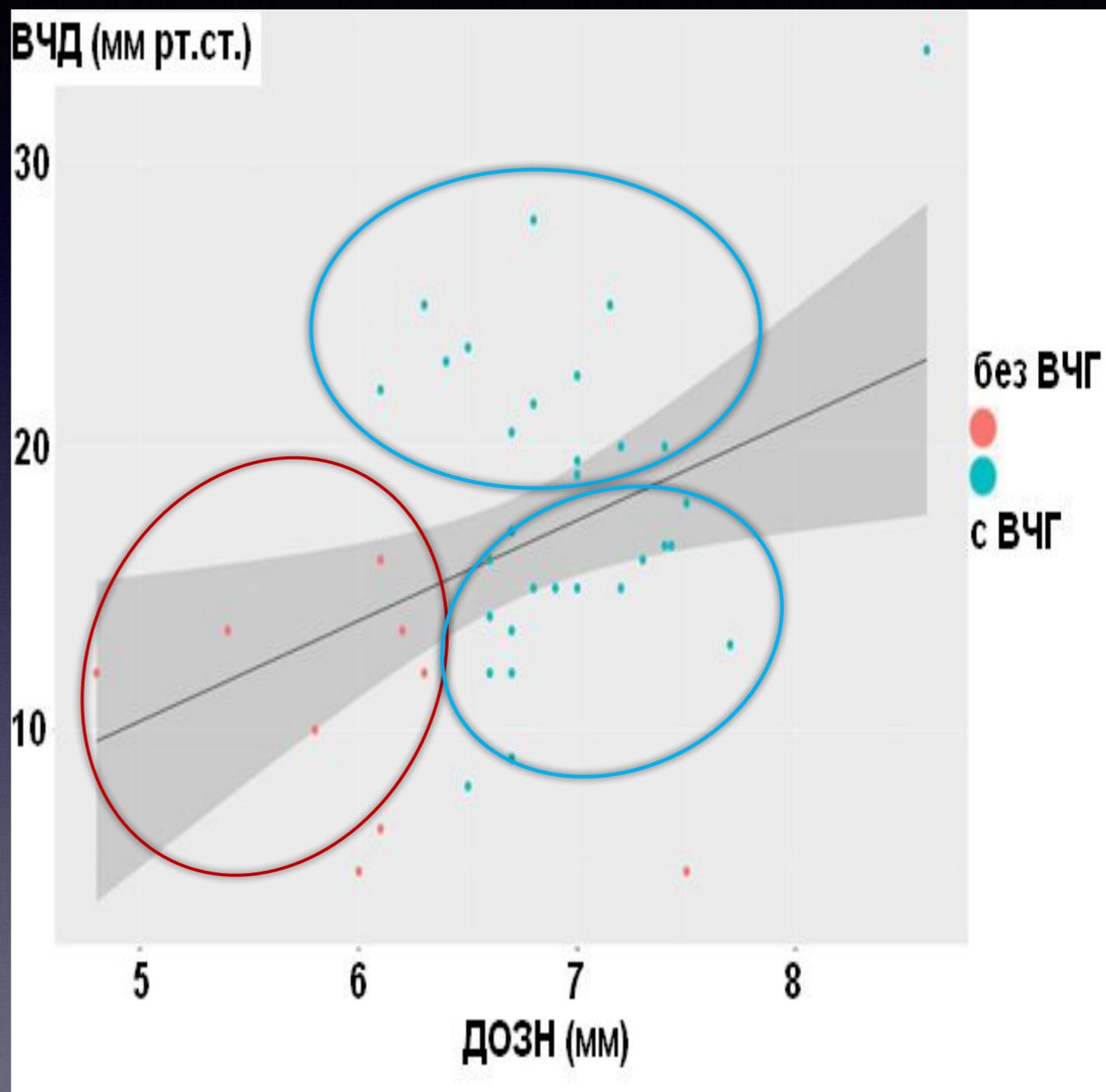
СТ «CereTom» в ОРИТ

## Получено:

ДОЗН - **маркер** перенесенной и вероятной ВЧГ

**Коррелирует** с ВЧД ( $r=0,32$ ,  $p<0,05$ )

**ДОЗН>6,35** ~ **ВЧГ**: Se=93% / Sp=80%



# ONSD

| Методы оценки ONSD | Точность | Скорость и простота | «Первый» этап |
|--------------------|----------|---------------------|---------------|
| MPT                | +++      | -                   | +/-           |
| КТ                 | +        | ++                  | +++           |
| УЗИ                | ++       | +++                 | +/- (?)       |

УДК 616.8-07

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА ПОВЫШЕНИЯ ВНУТРИЧЕРЕПНОГО ДАВЛЕНИЯ У ДЕТЕЙ ПРИ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЯХ

В. Б. Войтенков, Н. В. Скрипченко, А. А. Вильниц, А. В. Климкин, Ю. П. Васильева,  
Б. В. Остапенко, Г. П. Иванова, А. И. Конев

*Научно-исследовательский институт детских инфекций  
Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия*

## ULTRASONOGRAPHY DIAGNOSIS OF ELEVATED INTRACRANIAL PRESSURE IN CHILDREN WITH CRITICAL ILLNESS

V. B. Voitenkov, N. V. Skripchenko, A. A. Vilnitz, A. V. Klimkin,  
Y. P. Vasilyeva, B. V. Ostapenko, G. P. Ivanova, A. I. Konev

*Federal research institute of children's infections  
of Federal medical-biological agency of Russia, St. Petersburg, Russia*

© Коллектив авторов, 2014

Нами проведено изучение особенностей применения методики ультразвукового исследования зрительного нерва у детей с повышением внутричерепного давления (ВЧД) на фоне критических состояний, обусловленных инфекционными заболеваниями. Десять пациентов детского возраста с критическими состояниями обследованы на портативном аппарате Mindray M7/M7T. Выявлено, что диаметр оболочки зрительного нерва у пациентов был увеличен и варьировал от 5,2 до 6,8 мм, средний размер 5,8 ± 0,5 мм. В дальнейшем, при улучшении клинического состояния, у всех пациентов наблюдалось уменьшение диаметра диска зрительного нерва в среднем на 5,2 ± 0,2 мм. Применение портативного ультразвукового аппарата у детей с повышением ВЧД на фоне критического состояния, обусловленного инфекционными заболеваниями информативно; получаемые параметры отличаются устойчивостью и коррелируют с течением заболевания. Можно рекомендовать максимально широкое внедрение методики ультразвукового исследования (УЗИ) зрительных нервов в педиатрической практике. Для первичной оценки и скринингового исследования и обеспечения должной оперативности в критических ситуациях могут применяться портативные аппараты, обладающие достаточным техническим совершенством и удобные в применении.

# Совместный проект с НИИ Очаповского (Краевая б-ца г. Краснодар)

Огарь О.Н., О.А.В., Конарева Т.И., Чич А.И., Обедзинская В.И.

## ЦЕЛЬ:

Сравнить неинвазивный и инвазивный методы измерения ВЧД

Сравнить диаметр оболочки зрительного нерва (ДОЗН)  
в группах с нормальным и высоким значением ВЧД среди  
пострадавших с тяжелой ЧМТ

# Методика измерения (ДОЗН)

Линейный датчиком 3-11 МГц

**Положение:** верхне-латеральное при сомкнутых веках

**Направление:** каудально-медиальное

**Измерение:** трехкратно с каждой стороны (OD and OS)



# Методика измерения (ДОЗН)

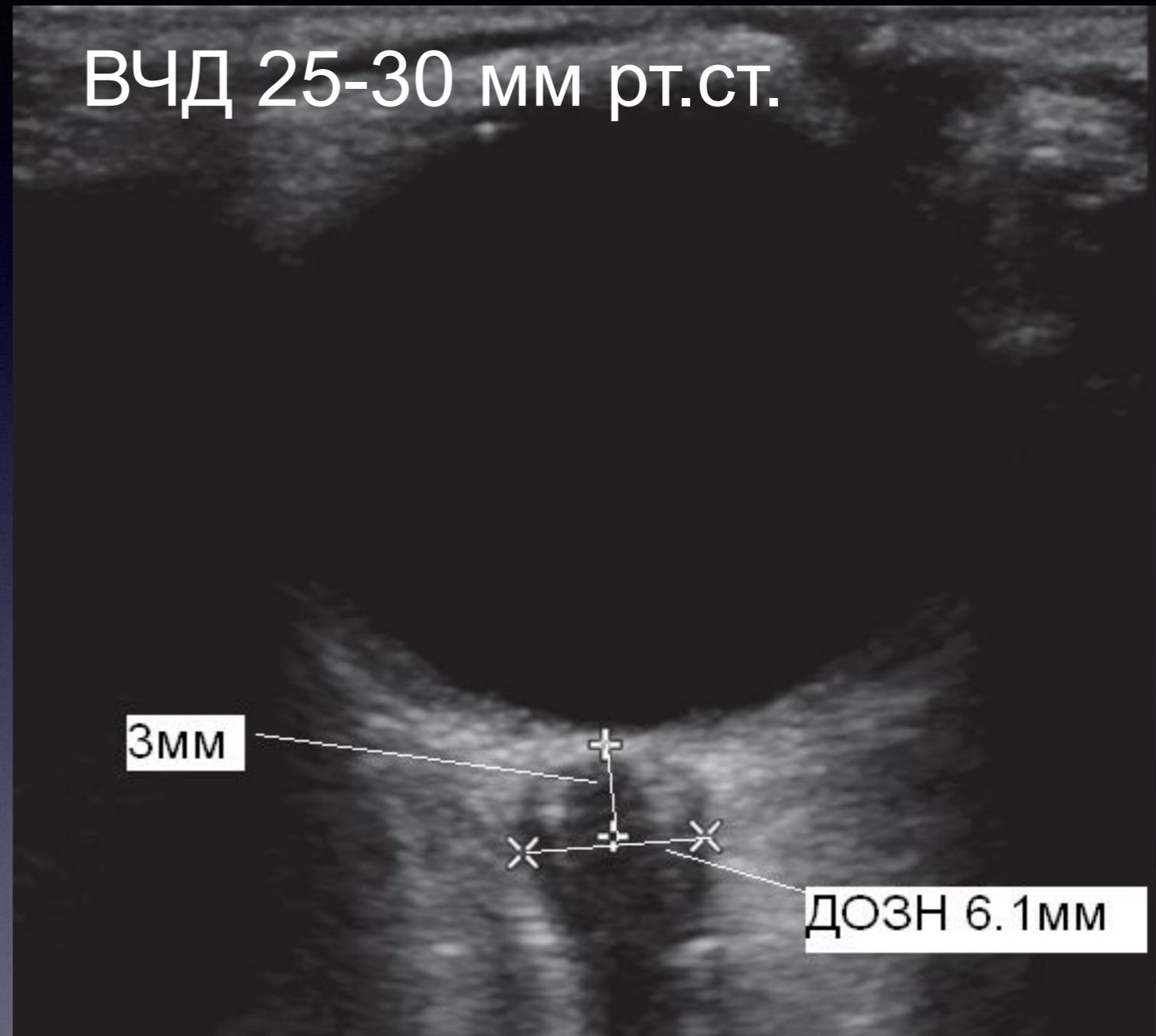
**Измерение ДОЗН:**

на расстоянии 3 мм

от задней стенки

глазного яблока

в аксиальной плоскости



# Материалы

16 пострадавших с ЧМТ (**ШКГ ≤ 8 баллов**)

Возраст: **32+/-14 лет**

Сроки госпитализации **< 24 часа**: медиана 11,8 [6,5; 18]

Вид повреждения/ сочетанность

- **открытая** ЧМТ 13 (**81%**) пострадавших
- **сочетанная** ЧМТ 10 (**63%**) пострадавших

Субстрат повреждения на КТ

- диффузное повреждение - 4 (25%)
- очаговое повреждение - 5 (31%)
- интракраниальные гематомы - 7 (43%)

Оперировано н/х - 11 (69%)

- **декомпрессивная** краниоэктомия - 9 (**56%**)

# 1. Результаты

Проведено:

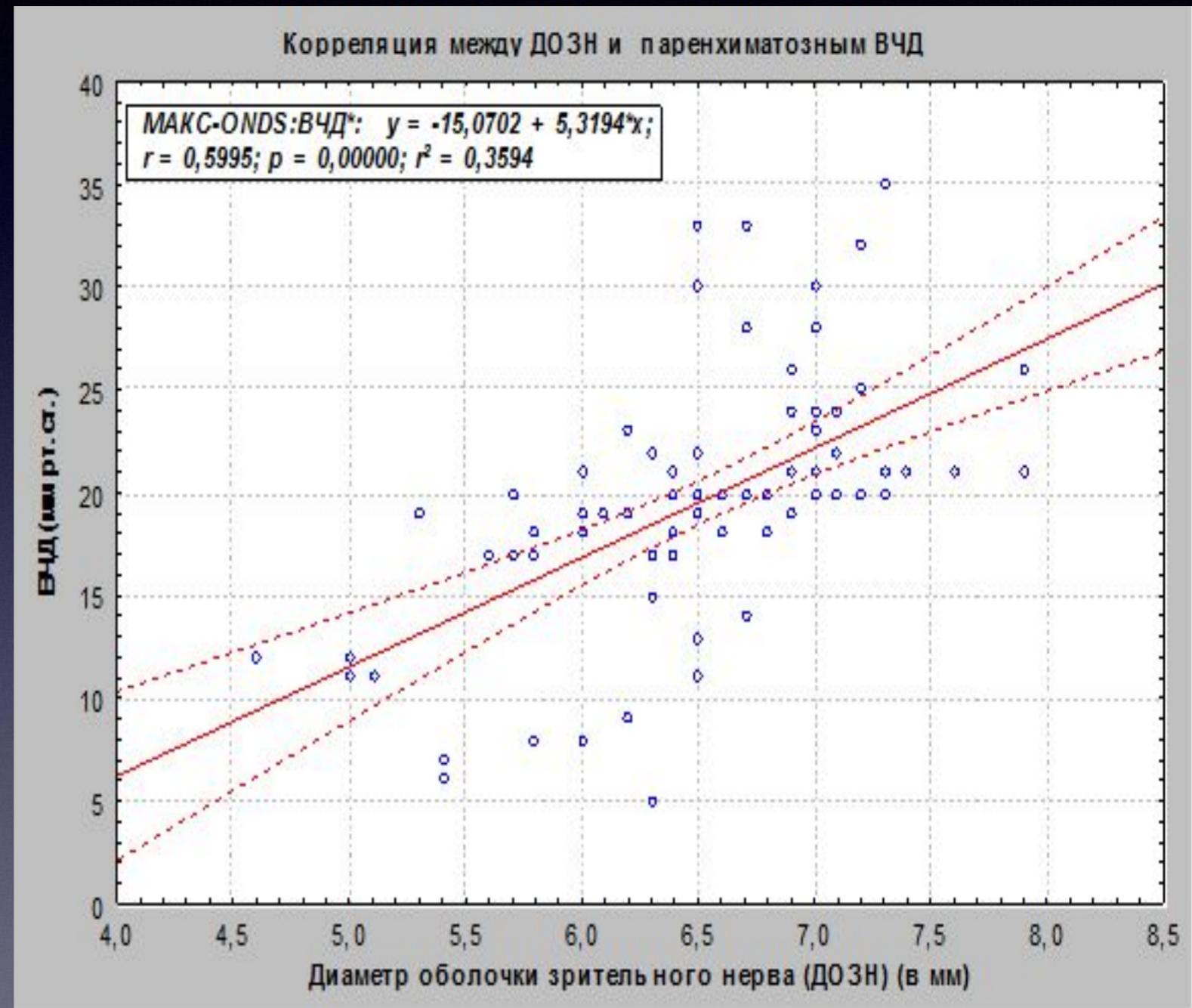
82 одновременных

сеанса измерения

ВЧД– ДОЗН

Получено:

$R=0,59$ ,  $p<0,01$ ;  $R^2=0,35$



## 2. Результат

ВЧД >20 мм рт.ст. было в 63 (77%) сеансах одновременной оценки ВЧД

При ВЧГ ДОЗН был выше, чем при нормальном значении ВЧД:

6,8 [6,5 ; 7,1] мм

против

5,8 [5,1; 6,3] мм

( $p < 0,01$ )

# Проблема

Большая вариабельность, как диаметра зрительного нерва, так и диаметра оболочки

Какие решения:

1. Использовать индексы
2. Сравнить пациента самим с собой в динамике

# Расчетный индекс ONSD-СТ



Соотношение диаметра оболочки зрительного нерва к поперечнику глазного яблока

у здоровых 0,19

При ВЧГ > 0,20 (>0,28)

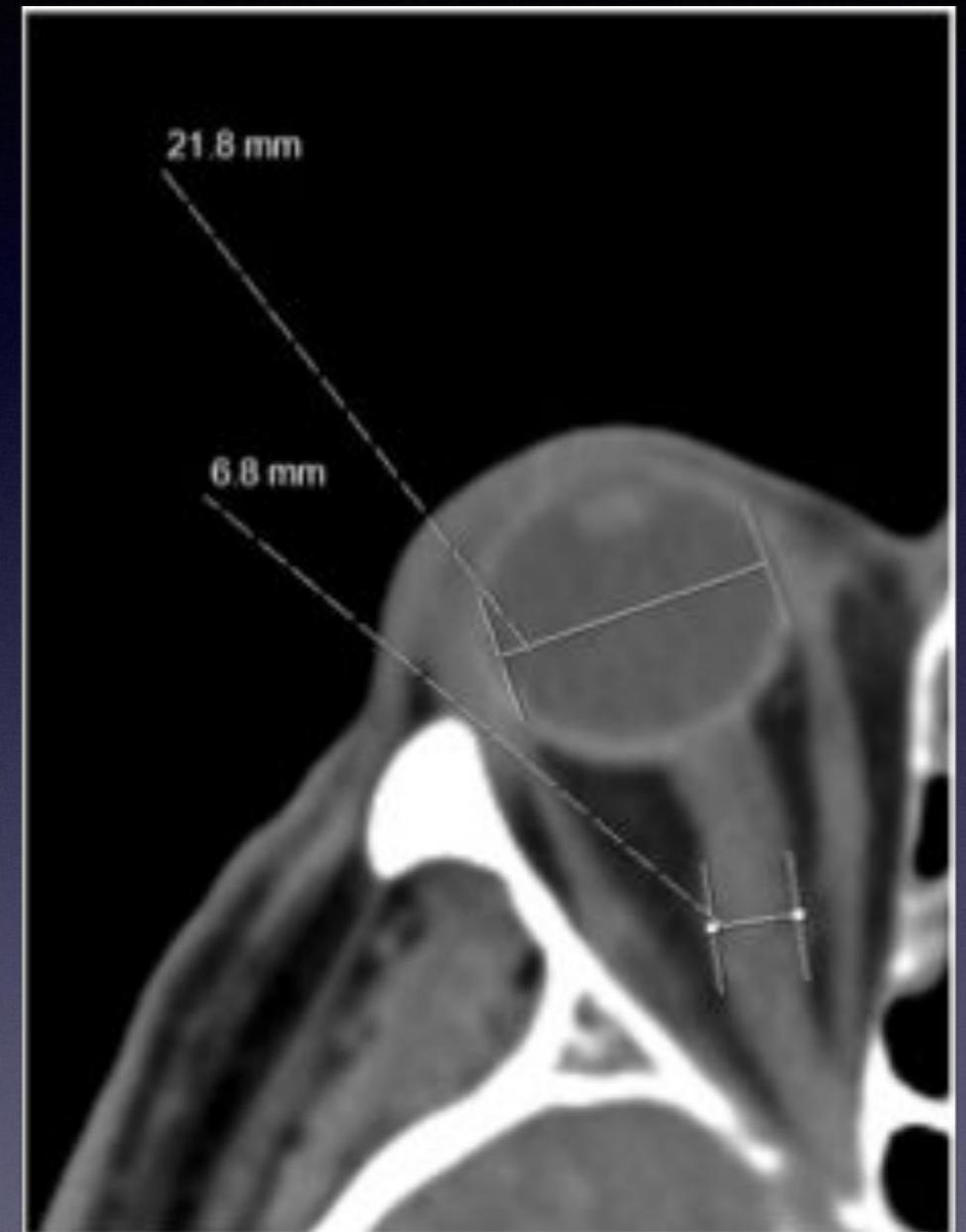


Fig. 1. The measurement of the eyeball transverse diameter (retina to retina) and the optic nerve sheath diameter at a point where the ophthalmic artery crosses the optic nerve (H anatomical landmark). The ONSD/ETD ratio is 0.31 against normative 0.19. The patient has diffuse swelling of both cerebral hemispheres, Glasgow Coma Scale score 9.

**Initial evaluation of the intracranial pressure in cases of traumatic brain injury without hemorrhage**

Inessa Bekerman<sup>a</sup>, Tal Sigal<sup>a</sup>, Itzhak Kimiagar<sup>b</sup>, Michael Vaiman<sup>c,\*</sup>

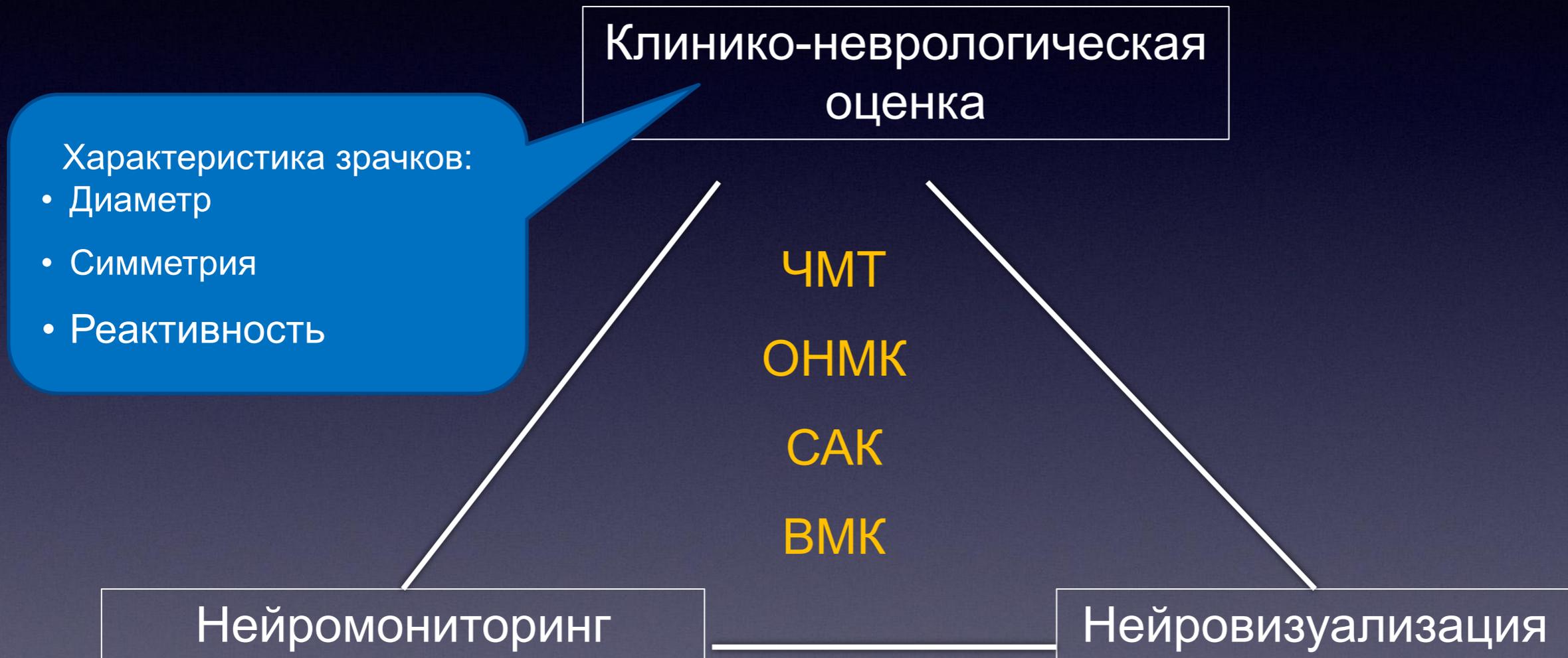
<sup>a</sup> Department of Radiology, Assaf Harode Medical Center, Affiliated to Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, Israel

<sup>b</sup> Neurology Department, Assaf Harode Medical Center, Affiliated to Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, Israel

<sup>c</sup> Department of Otolaryngology, Head and Neck Surgery, Assaf Harode Medical Center, Affiliated to Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, Israel

# Пупиллометрия

# Три составляющие оценки пациента в NICU





# Почему важно оценивать диаметр, симметрию и реактивность зрачков

1. Прогностический показатель исхода при тяжелой ЧМТ
2. Маркер дислокационных нарушений
3. Один из критериев при диагностике смерти мозга

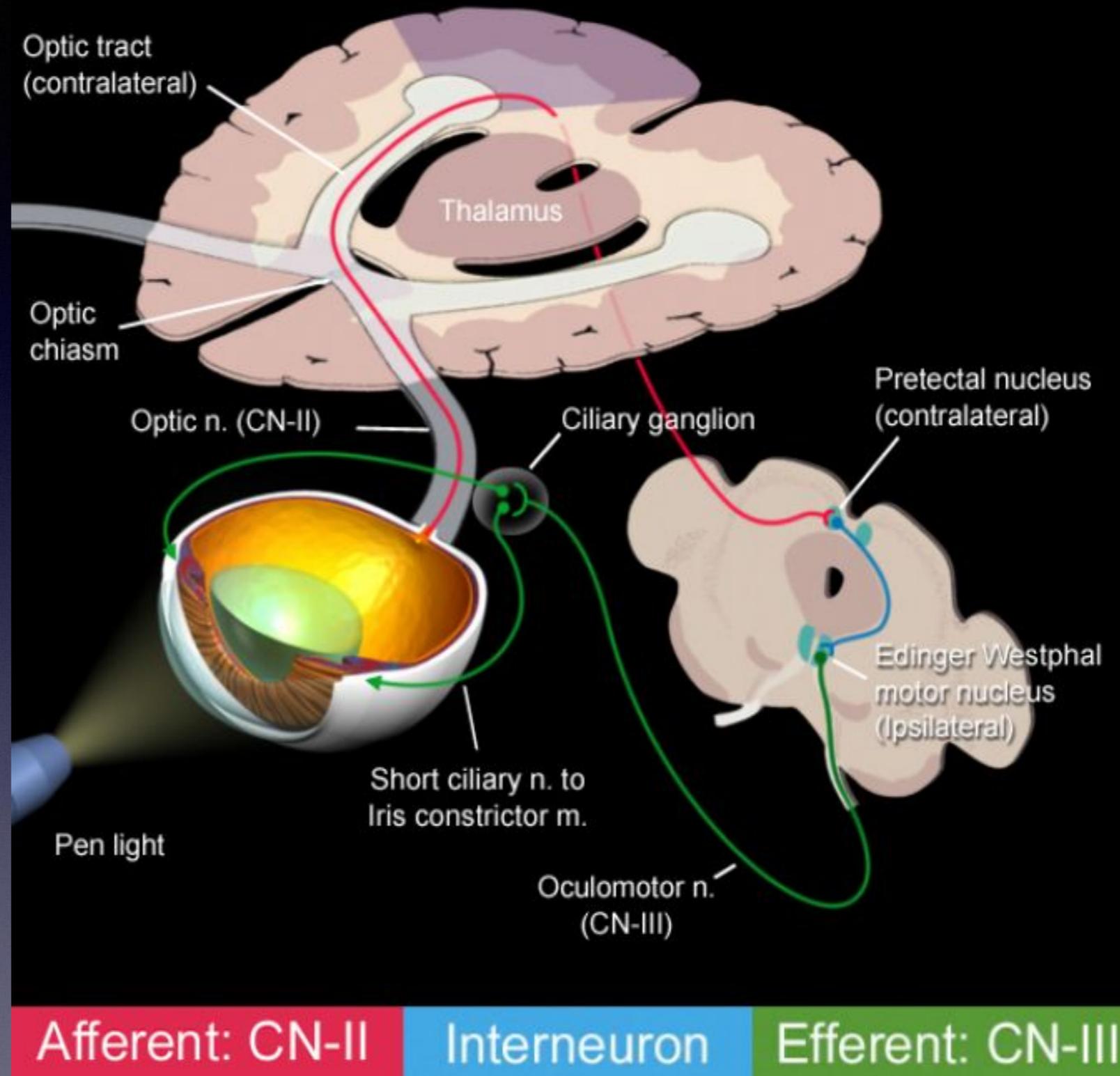
# Рекомендации ВТФ

JOURNAL OF NEUROTRAUMA  
Volume 17, Number 6/7, 2000  
Mary Ann Liebert, Inc.

1. Анизокория – различия диаметра  $> 1$  мм
2. Расширенными считаются зрачки  $> 4$  мм
3. Артериальная гипотензия и гипоксемия должны быть устранены до момента оценки фотореакции
4. Следует исключать травму орбиты
5. Повторная оценка фотореакции должна проводиться после удаления внутричерепных гематом

# PARASYMPATHETIC DIRECT PATHWAY

Афферентный и эфферентный пути зрачкового рефлекса



# Проблемы

1. Отсутствие стандартизации метода оценки фотореакции и размера зрачка
2. Отсутствие объективизации измерения (цифровые значения)
3. Высокая степень расхождения оценки между исследователями
4. Медикаментозные воздействия, затрудняющие оценку в NICU

# Решение для NICU

## Пупиллометр NPI-200

Инфракрасная цифровая видеокамера  
Стандартизированный световой стимул

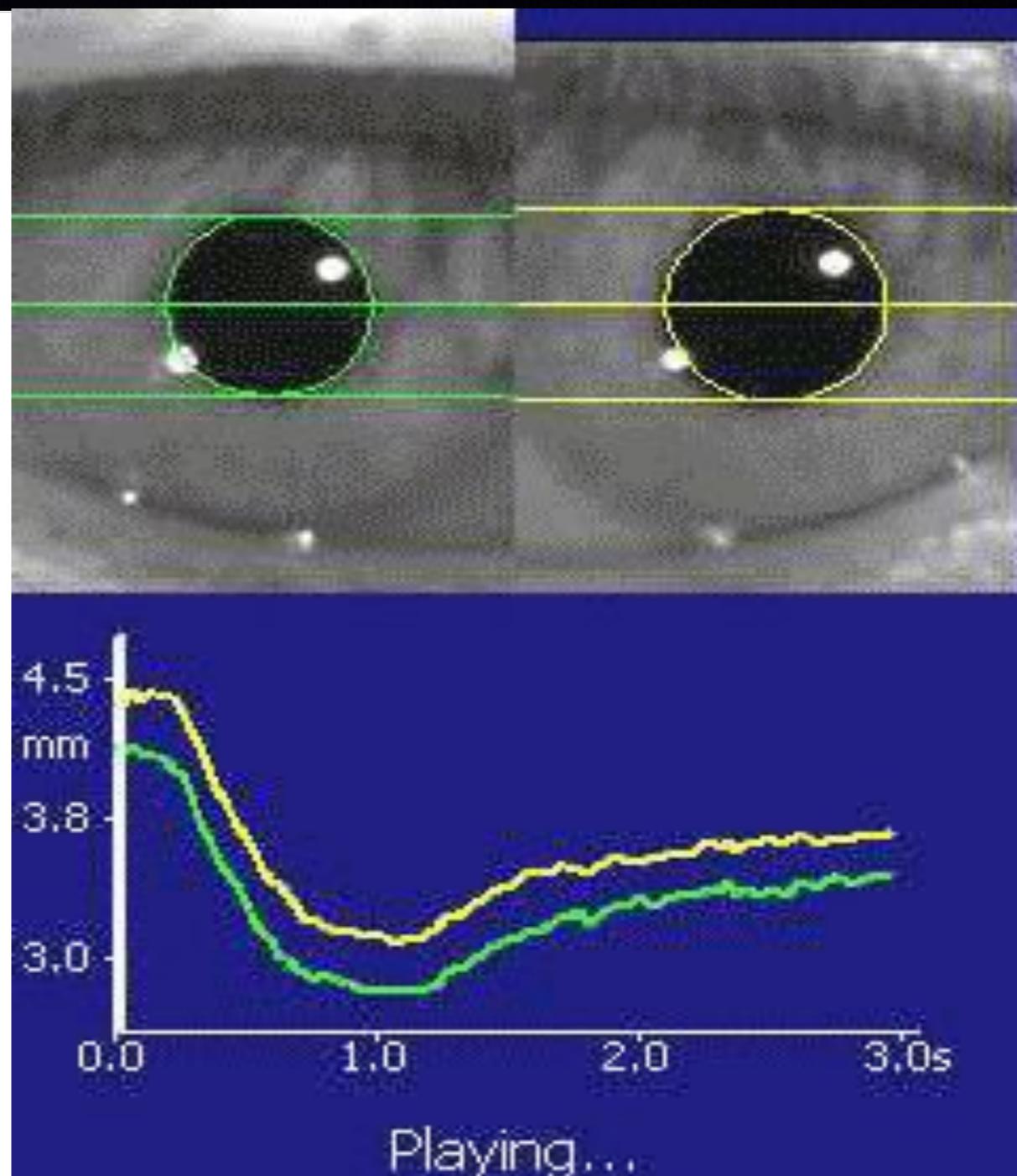
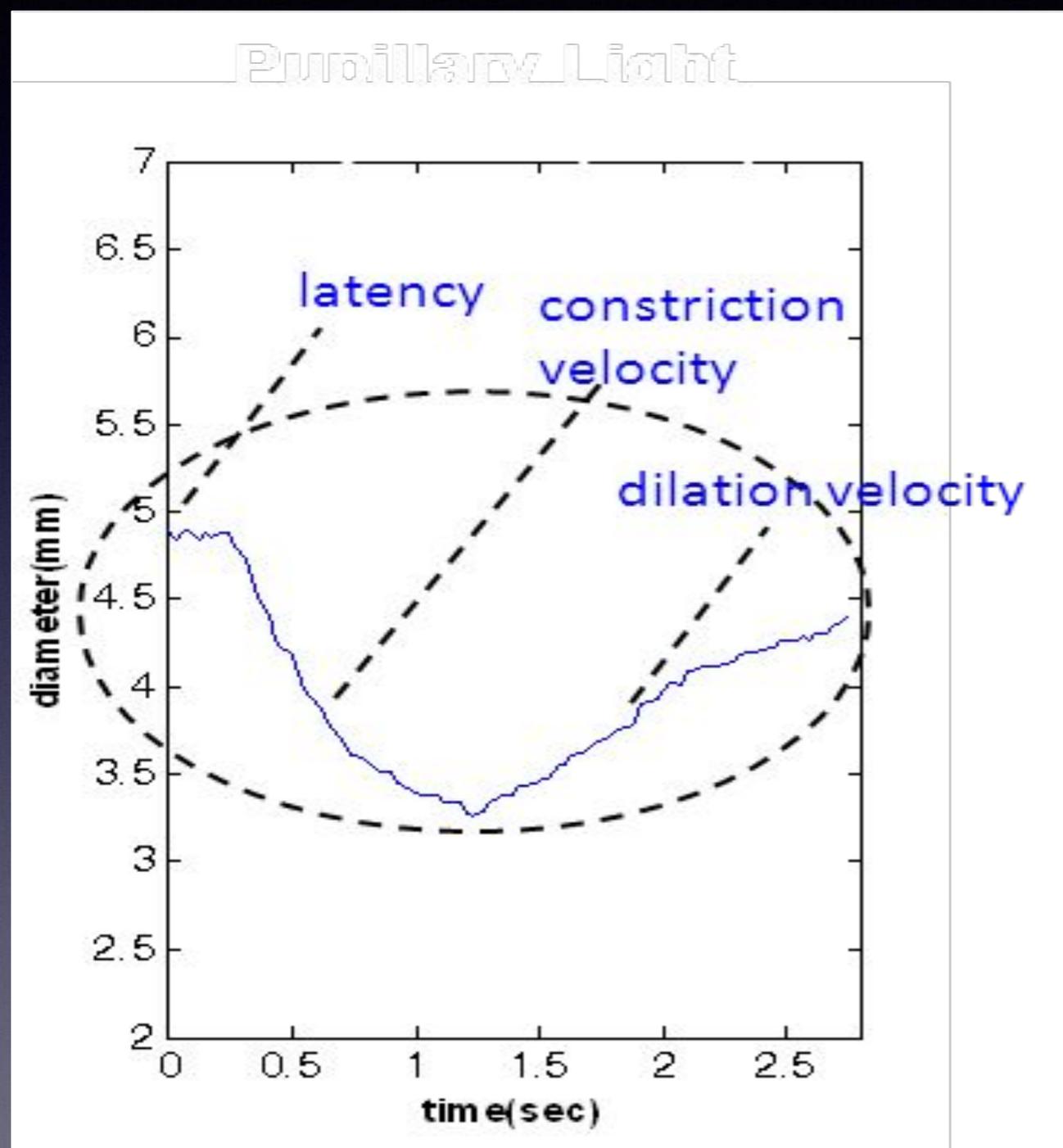
Фиксированное расстояние

Простота использования (2 сек)

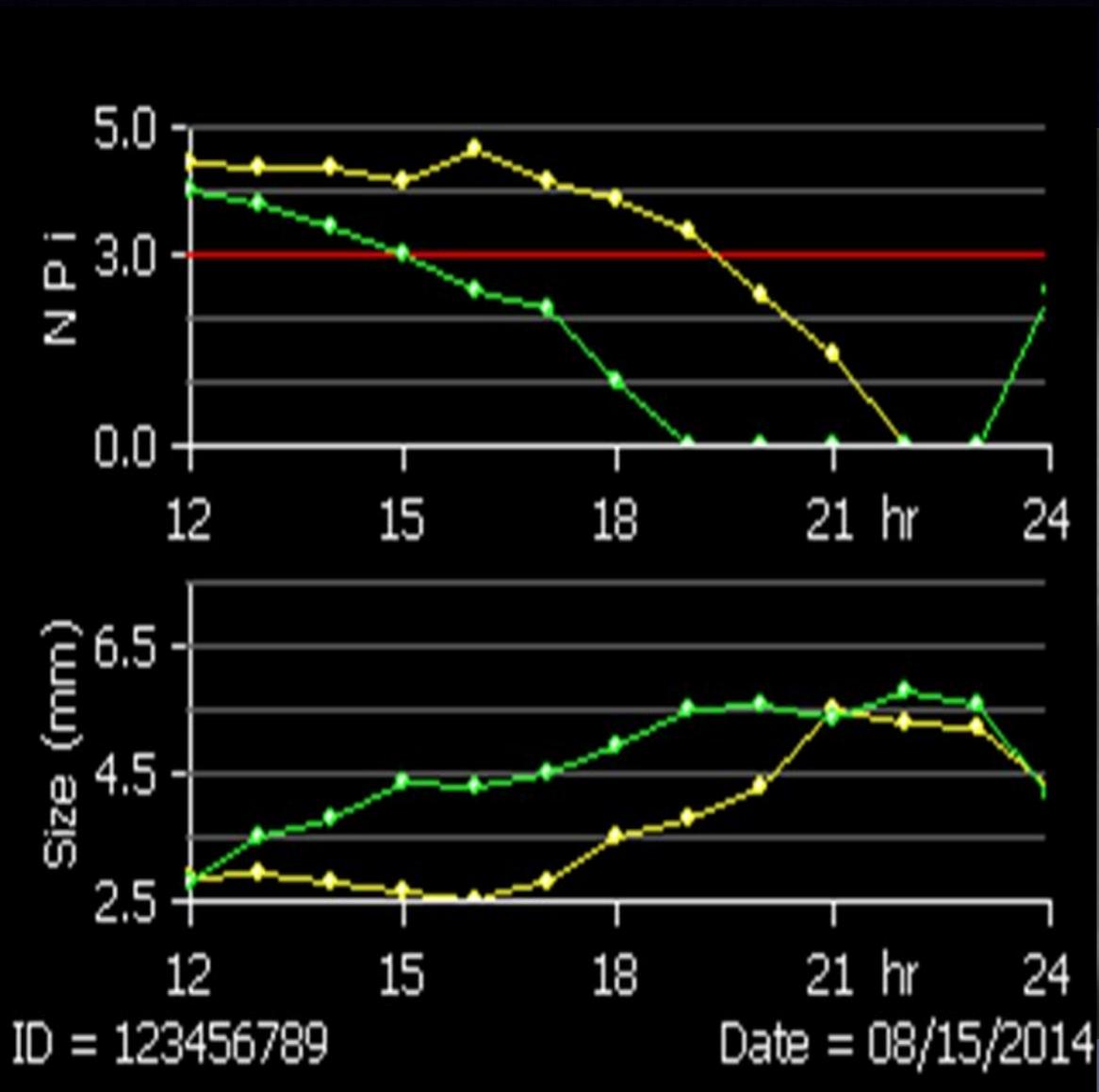
Портативность



# Параметры пупиллометрии



# ПРЕИМУЩЕСТВА ПУПИЛЛОМЕТРИИ



- Отсутствие вариабильности измерения
- Возможность оценки трендов измерений
- Концепция NPI – “Neurological Pupill Index” OR “Index Reactivity”

# Разработка концепции

## NPI

Нивелировать влияние седативных препаратов на качество  
оценки

Предсказать неврологическое ухудшение и **вероятность**  
**повышения ВЧД**

# Концепция NPI

|      | Right     | Left      | Diff       |
|------|-----------|-----------|------------|
| Size | 3.63 mm   | 3.09 mm   | R > L 0.54 |
| MIN  | 2.76 mm   | 2.47 mm   | R > L 0.29 |
| CH   | 24%       | 20%       |            |
| CV   | 2.86 mm/s | 2.17 mm/s |            |
| MCV  | 3.71 mm/s | 2.72 mm/s |            |
| LAT  | 0.23 sec  | 0.23 sec  |            |
| DV   | 0.73 mm/s | 0.47 mm/s |            |

# Влияние медикаментов на NPr

Опиаты

не влияют

Миорелаксанты

не влияют

Бензодиазепины

незначительно снижают

Пропофол

снижает только в больших дозах

Дексометамидин

повышает

Барбитураты

снижает значительно

# Три составляющие оценки пациента в NICU

Клинико-неврологическая  
оценка

- Диаметр зрачков,  
симметрия
- NPI

Нейровизуализация  
КТ/МРТ



# Pupillary reactivity as an early indicator of increased intracranial pressure: The introduction of the Neurological Pupil index

Jeff W. Chen<sup>1</sup>, Zoe J. Gombart<sup>2</sup>, Shana Rogers<sup>3</sup>, Stuart K. Gardiner<sup>4</sup>, Sandy Cecil<sup>5</sup>, Ross M. Bullock<sup>6</sup>

**Цель:** внедрение **NPI**, как предиктора внутричерепной гипертензии

**Метод:** 8 центров, 134 пациента (ЧМТ, САК, ВЧК)  
“Pupillotr NeurOptics”

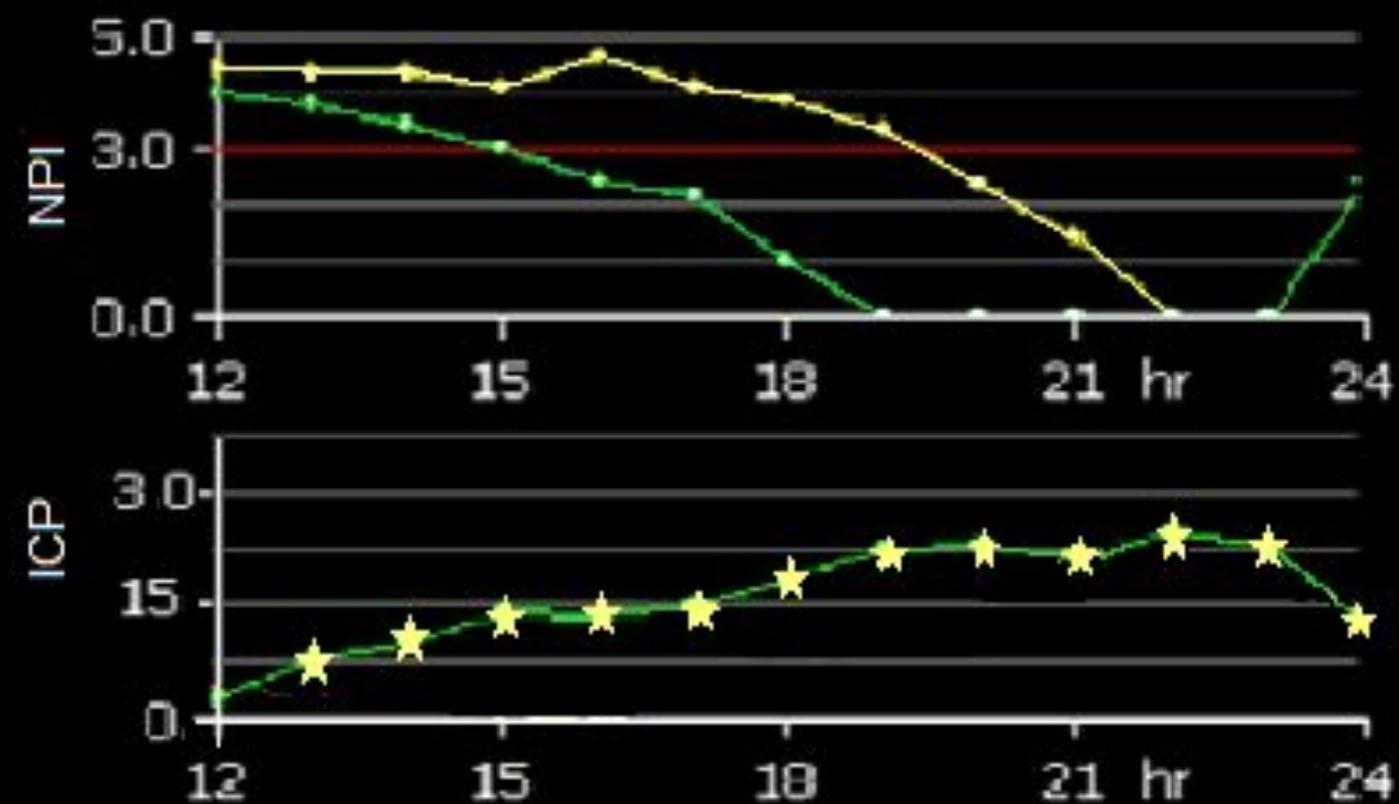
**Результат:** NPI < 3 предшествует росту ВЧД (ср. за 15,9 часов)

## Заключение:

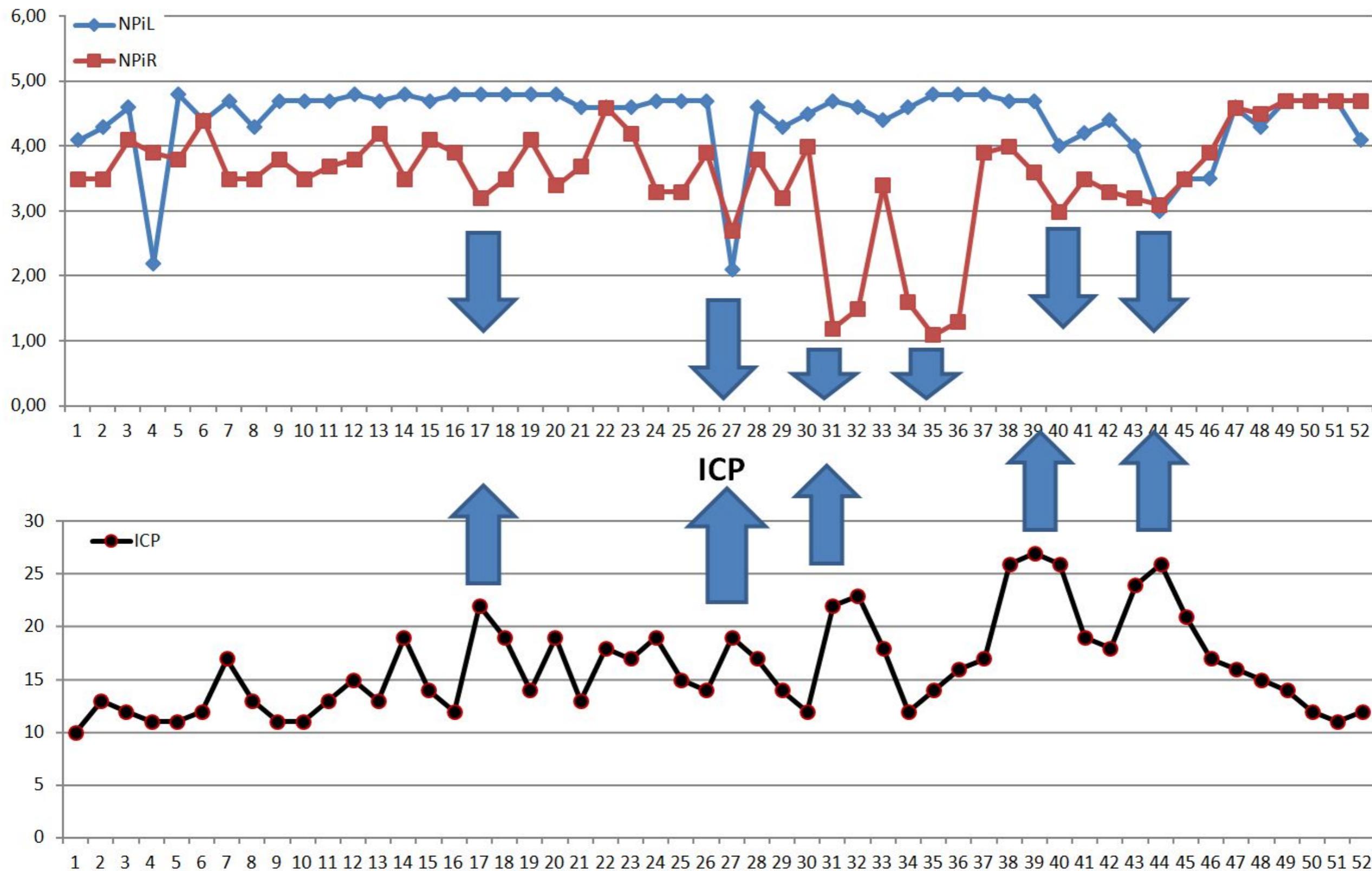
Установлена обратная

зависимость

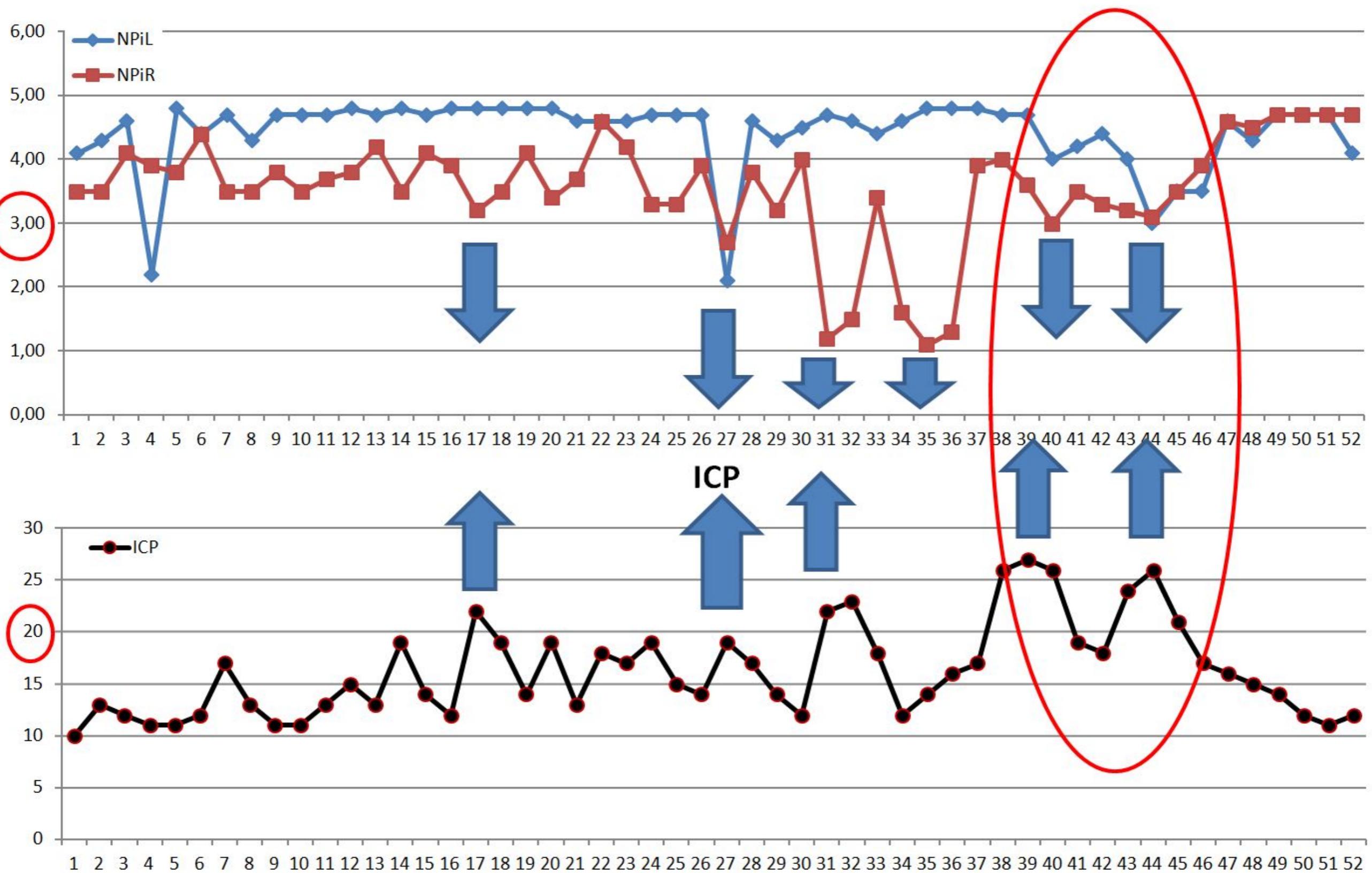
между динамикой NPI и ВЧД



# Динамика тренда ICP и NPi



# Динамика тренда ICP и NPi



# Потенциал мониторинга фотореакции (пупиллометрии)

1. Дополнительная опция нейромониторинга
2. Суррогатный показатель ВЧД
3. Оценка дислокационных нарушений
4. Дополнение в неврологическому осмотру
5. Оценка качества анальгезии у пациентов в коме(?)

# Концепт неинвазивной оценки ВЧД



# Вместо заключения

- ✓ Никакой метод не заменит инвазивного измерения внутричерепного давления
- ✓ С учетом возможностей и условий нужно внедрять неинвазивные методы оценки ВЧД



Спасибо !