

ИВАНОВ А. Ю.¹, ПАНУНЦЕВ В. С.¹,
ВЛАСОВ Т. Д.², ОЛЮШИН В. Е.¹,
ПОПОВА Е. В.¹, УСТАЕВА И. Г.¹

Скоростные параметры кровотока в верхнем сагиттальном синусе и их динамика при пробах с гипервентиляцией и изменении внутричерепного давления

¹ Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А. Л. Поленова, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург
e-mail: alexey-iv@ya.ru

Реферат

Представлены результаты интраоперационных доплерографических измерений скорости кровотока в сагиттальном синусе у 30 пациентов с опухолями хиазмально-селлярной области. Всем больным осуществлялась бифронтальная трепанация черепа, что позволяло лоцировать параметры кровотока в начале средней трети синуса контактным датчиком 16 и 20 МГц. Скорости кровотока составили: средняя максимальная — $21,77 \pm 8,49$ см/с; средняя минимальная — $15,06 \pm 7,27$ см/с. При пробе с гипервентиляцией (etCO₂ понижали на 5 мм рт. ст.) скорость кровотока снижалась на 20–25 %, при вскрытии твердой мозговой оболочки скорость кровотока в синусе уменьшалась на 10–15 %.

Ключевые слова: сагиттальный синус, скорость кровотока, сонография, интракраниальный венозный кровоток.

Ivanov A. Yu.¹, Panuntsev V. S.¹, Vlasov T. D.², Olushin V. E.¹,
Popova E. V.¹, Ustaeva I. G.¹

Dynamics of blood flow velocity in sagittal sinus during the test including hyperventilation and changing of intracranial pressure

¹ Russian Polenov neurosurgical institute, Saint-Petersburg

² State Pavlov Medical University, Saint Petersburg
e-mail: alexey-iv@ya.ru

Abstract

The article deals with the results of the intraoperative doppler measurements of blood flow velocity in sagittal sinus in 30 patients with the tumors of sellar region. All the patients underwent bifrontal surgical approach which allowed to locate blood flow parameters by means of 16 and 20 MGz probe in the front part of the middle third of sinus. Blood flow velocity was medium maximum — $21,77 \pm 8,49$ cm/s; medium minimum — $15,06 \pm 7,27$ cm/s. During the test including hyperventilation (etCO₂ reduced 5 mm Hg) blood velocity flow was decreased 20–25 %; after meningiotomy blood flow velocity in sinus decreased 10–15 %.

Keywords: sagittal sinus, blood flow velocity, sonography, intracranial venous hemodynamics.

Введение

Скоростные параметры кровотока в большинстве отделов синусной системы головного мозга изучены достаточно хорошо, в первую очередь, с помощью ультразвуковых методик обследования. Этому способствовала хорошая доступность для локализации прямого синуса и базальных вен Розенталя через большое затылочное отверстие, поперечных синусов — через височное окно, кавернозных синусов через височное окно и трансклазничным доступом. Однако верхний сагиттальный синус (ВСС) в этом

смысле является исключением, поскольку находится в своеобразной «мертвой зоне» для ультразвукового доплерографического исследования, и получить достоверный сигнал от него возможно крайне редко. Между тем, поскольку ВСС является самым большим из всех синусов, оценка внутричерепного венозного кровотока без его учета крайне затруднительна.

В связи с этим произведено интраоперационное исследование кровотока в верхнем сагиттальном синусе с помощью контактной доплерографии.

Таблица 1

Возраст (лет)	Мужчины		Женщины		Всего	
	абс. ч.	%	абс. ч.	%	абс. ч.	%
30–39	1	3,33	1	3,33	2	6,66
40–49	5	16,68	—	—	5	16,68
50–59	5	16,68	10	33,4	15	50,08
60–69	2	6,6	5	16,68	7	23,22
70 и старше	—	—	1	3,3	1	3,3
Итого	13	43,29	17	56,71	30	100

Материал и методы исследования

В исследование были включены 30 пациентов с опухолями хиазмально-селлярной области, 13 мужчин, 17 женщин. Распределение пациентов по полу и возрасту представлено в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, более 70 % пациентов были в возрасте старше 50 лет, что характерно для аденом и менингиом хиазмально-селлярной области.

Аденомы гипофиза отмечались у 21 пациента, менингиомы бугорка турецкого седла — у 7 больных, одна менингиома располагалась в ольфакторной ямке и у одного пациента наблюдалась краниофарингиома.

Основными жалобами были падение остроты и изменения полей зрения (28 больных), гормональные нарушения (17 пациентов).

Состояние 28 больных было компенсированное, лишь у 2 оно расценивалось как средней тяжести. Тяжелое состояние, выраженная внутричерепная гипертензия или гипертензионно-дислокационный синдром являлись критериями исключения из исследования.

Исследование осуществлялось интраоперационно, после осуществления бифронтального костного доступа. При этом становились доступны передний и начало среднего отделов синуса, а расположение патологии на значительном анатомическом удалении от ВСС позволяло считать полученные показатели неискаженными воздействием основного заболевания.

Перед вскрытием твердой мозговой оболочки производилась локация кровотока в передних и средних отделах синуса микродоплеровским датчиком в

20МГц аппарата «Минимакс-Допплер К» («Минимакс», Россия) или 16 МГц датчиком аппарата Multidop-T2 (DWL, Германия). Локация осуществлялась под углом 30° против направления кровотока.

После осуществления гемостаза, датчик устанавливался над синусом под углом в 30° против направления тока крови на расстоянии 1 см от начала сагиттального синуса, а затем у края костного дефекта на границе передней и средней трети синуса, и проводилось измерение скорости кровотока. После этого осуществлялся сеанс гипервентиляции; под контролем показателей капнографа достигалось падение etCO_2 на 5 мм рт. ст. от исходного, или без капнографии — в этом случае увеличивали объем минутного объема дыхания (МОД) на 1,5–3 литра в минуту от исходного в течение 7–10 минут. Затем повторно измеряли скорость кровотока в тех же точках синуса, что и до гипервентиляции.

Следующим этапом проводилась фиксация ЛСК в синусе после вскрытия твердой мозговой оболочки для оценки реакции кровотока на снижение внутричерепного давления.

Результаты исследования

Скорости кровотока в начальных отделах синуса приведены в табл. 2.

Как видно из данных табл. 2, средние значения скорости в начальных отделах синуса были невысоки — 9 на 6 см/с, только в одном наблюдении они достигли 22 см/с. У этого пациента в самом начале синуса в него впадала довольно крупная вена, чем, возможно, и объясняются такие результаты измерений.

Минимальные и максимальные ЛСК в начальных отделах синуса, см/с

Таблица 2

Скорость	Количество наблюдений	Среднее значение ЛСК	Стандартное отклонение	Минимум в группе	Максимум в группе
ЛСК _{макс}	28	9,18	3,56	5	22
ЛСК _{мин}	28	6,46	3,21	4	21

Таблица 3

Скорость	Количество наблюдений	Среднее значение ЛСК	Стандартное отклонение	Минимум в группе	Максимум в группе
ЛСК _{макс}	28	21,77	8,49	9	45
ЛСК _{мин}	28	15,06	7,27	5	38

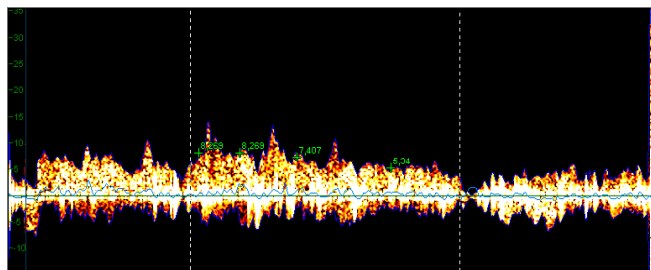


Рис. 1. Скорость кровотока в начальных отделах сагиттального синуса. Картина классического венозного паттерна с дополнительными наложениями пиков артериального кровотока одной из мелких твердооболочечных артерий. ЛСК_{макс} — 8 см/с, ЛСК_{мин} — 5 см/с

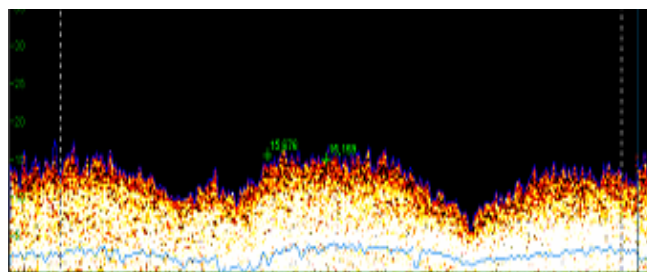


Рис. 2. Скорость кровотока в средних отделах сагиттального синуса. Исследование кровотока в средних отделах сагиттального синуса. ЛСК_{макс} — 15 см/с, ЛСК_{мин} — 10 см/с. Классический паттерн интракраниального венозного потока

Минимальные и максимальные ЛСК в начальных отделах синуса после проведения пробы с гипервентиляцией, см/с

Таблица 4

Скорость	Количество наблюдений	Среднее значение ЛСК	Стандартное отклонение	Минимум в группе	Максимум в группе
ЛСК _{макс}	14	5,64	1,60	3	8
ЛСК _{мин}	14	3,54	1,39	2	6

Минимальные и максимальные ЛСК в средней трети синуса после проведения пробы с гипервентиляцией, см/с

Таблица 5

Скорость	Количество наблюдений	Среднее значение ЛСК	Стандартное отклонение	Минимум в группе	Максимум в группе
ЛСК _{макс}	20	14,65	5,96	5	26
ЛСК _{мин}	20	8,75	4,10	3	19

Для верификации достоверности разницы скоростных параметров в начальной и средней трети синуса проведен Т-тест, который продемонстрировал, что нарастание скорости действительно имело место ($P=0,000018$).

При наличии технической возможности после снятия базовых показателей осуществлялась проба с гипервентиляцией по вышеописанной методике. Результаты представлены в табл. 4.

Как можно видеть из данных в табл. 4, после гипервентиляции ЛСК в начальных отделах синуса снизилась почти в два раза, что подтверждается данными Т-теста. Уменьшение количества наблюдений по сравнению с исходным связано, во-первых, с тем, что тест на гипервентиляцию проводился только в

том случае, если позволяла интраоперационная ситуация, а во-вторых, со сложностью регистрации при особо низких значениях сигнала в синусе — такие наблюдения исключались из рассмотрения.

Результаты пробы с гипервентиляцией в средней трети синуса представлены в табл. 5.

Как следует из табл. 5, средние значения скорости кровотока после гипервентиляции, так же как и в начальных отделах синуса, снижались, хотя и не столь значительно.

Статистическая обработка (Т-тест) показала наличие достоверной разницы между показателями до и после гипервентиляции ($P=0,002$).

Следует отметить, что у двух пациентов отмечалось нарастание скорости после гипервентиляции,

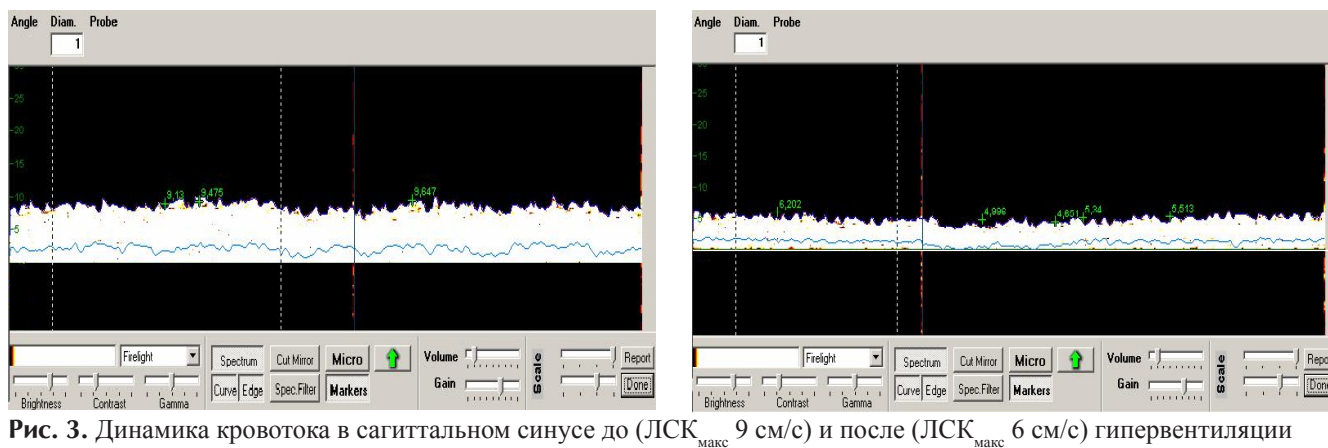


Рис. 3. Динамика кровотока в сагиттальном синусе до (ЛСК_{макс} 9 см/с) и после (ЛСК_{макс} 6 см/с) гипервентиляции

Минимальные и максимальные ЛСК в начальных отделах синуса после вскрытия ТМО, см/с

Таблица 6

Скорость	Количество наблюдений	Среднее значение ЛСК	Стандартное отклонение	Минимум в группе	Максимум в группе
ЛСК _{макс}	7	8,43	3,05	3	13
ЛСК _{мин}	7	5,57	1,72	2	7

Минимальные и максимальные ЛСК в средней трети синуса после вскрытия ТМО, см/с

Таблица 7

Скорость	Количество наблюдений	Среднее значение ЛСК	Стандартное отклонение	Минимум в группе	Максимум в группе
ЛСК _{макс}	9	19,67	5,96	11	27
ЛСК _{мин}	9	12,33	4,64	6	19

что было расценено как парадоксальный тип реакции, однако причины этого явления установить не удалось.

Динамику кровотока в синусе после гипервентиляции можно видеть на рис. 2. Таким образом, можно заключить, что скорость в начальных отделах синуса составляет около $9,18 \pm 3,56$ см/с максимальная и $6,46 \pm 3,21$ см/с минимальная и возрастала по направлению к средним отделам синуса до $21,77 \pm 8,49$ см/с максимальная и $15,06 \pm 7,27$ см/с минимальная. После проведения пробы на гипервентиляцию скоростные показатели достоверно снижались более, чем на 30%.

В литературе существуют различные позиции относительно зависимости скорости кровотока в сагиттальном синусе от уровня внутричерепного давления. Общеизвестным фактом является увеличение скорости в прямом синусе в ответ на нарастание ВЧД, однако остается не до конца уточненным, является ли это результатом перераспределения крови из системы сагиттального синуса в систему глубоких вен или стандартной общей реакцией всех синусов на повышение ликворного давления.

В связи с этим дополнительно измерена скорость в сагиттальном синусе после вскрытия твердой мозговой оболочки на фоне снижения ВЧД. Вскрытие ТМО

осуществлялась на фоне восстановления кровотока после гипервентиляции.

Результаты пробы со вскрытием ТМО в начальных отделах синуса представлены в табл. 6.

Как видно из данных табл. 6, после вскрытия ТМО показатели несколько снижались (с $9,18 \pm 3,56$ см/с до $8,43 \pm 3,05$ см/с в максимальных значениях и с $6,46 \pm 3,21$ см/с до $5,57 \pm 1,72$ см/с в минимальных). При проведении парного теста по Wilcoxon (Wilcoxon matched pairs test) получена достоверность разницы полученных результатов на уровне тенденции ($P=0,091$). То, что не удалось достичь уровня 5 % значимости, скорее всего, обусловлено недостаточным числом наблюдений после вскрытия ТМО. Следует заметить, что после вскрытия твердой мозговой оболочки кровотоков в начальных отделах синуса зачастую оказывался настолько низким, что не превышал уровня помех, и, как уже говорилось ранее, такие наблюдения исключались из рассмотрения.

Результаты пробы со вскрытием ТМО в средних отделах синуса представлены в табл. 7.

В средних отделах синуса скорость кровотока также снижалась (с $21,77 \pm 8,49$ см/с до $19,67 \pm 5,96$ см/с в максимальных значениях и с $15,06 \pm 7,27$ см/с до $12,33 \pm 4,64$ см/с в минимальных). При проведении парного теста по Wilcoxon достоверность разницы

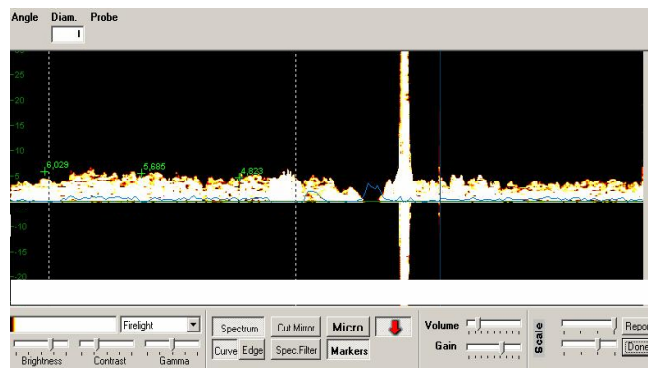
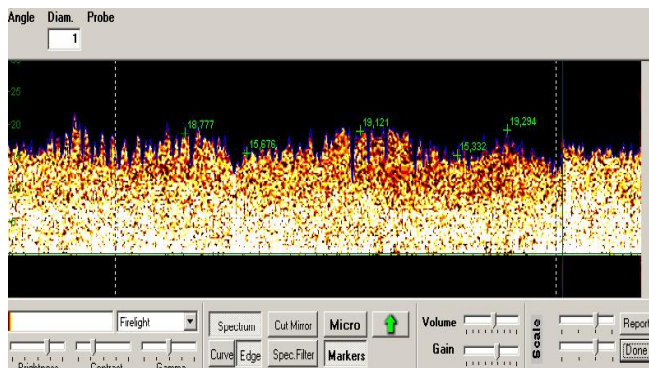


Рис. 4. Изменение кровотока в синусе после вскрытия ТМО. На первом тренде (до вскрытия ТМО) — $LCK_{\text{макс}}$ 18 см/с, на втором (после вскрытия) $LCK_{\text{макс}}$ — 6 см/с

цы полученных результатов была подтверждена ($P=0,0077$). Проиллюстрировать эту закономерность может рис. 3.

Следовательно, можно говорить о снижении скорости по сагиттальному синусу при уменьшении внутричерепного давления после вскрытия ТМО.

Обсуждение

Верхний сагиттальный синус представляет собой главный коллектор, собирающий кровь от конвексимальных отделов головного мозга, он играет большую роль в резорбции ликвора и связях интракраниальной и экстракраниальных венозных систем и является объектом повышенного хирургического интереса при ряде тяжелых заболеваний центральной нервной системы [2–4, 7, 8, 10].

Тем не менее до настоящего времени ряд аспектов его функционирования остается недостаточно изученным. Очень мало данных относительно скоростных параметров кровотока по верхнему сагиттальному синусу, уровню давления в нем при различных заболеваниях, градиенту давления, обеспечивающего кровотоки в самом синусе [1, 3, 9, 11].

В нашем исследовании было осуществлено измерение кровотока в верхнем сагиттальном синусе у пациентов с опухолями хиазмально-селлярной области. Подобная патология была выбрана с расчетом на то, что максимальное удаление от области измерения и компенсированное состояние всех пациентов (без внутричерепной гипертензии) позволит получить показатели, не искаженные основным заболеванием и, насколько это возможно, приближенные к нормальным. Поскольку опухоли локализовались в хиазмально-селлярной области, то для осуществления хирургического доступа использовалась бифронтальная костно-пластическая трепанация, что делало доступным переднюю и начало средней трети синуса. Эти анатомические особенности во многом и определили дизайн исследования. Измерения производились контактным микродоплерографическим датчиком 20 МГц под углом 30° к синусу против направления кровотока.

В начале передней трети синуса скорость кровотока составила $9,18 \pm 3,56$ см/с максимум и $6,46 \pm 3,21$ см/с минимум, а в начале средней трети скорость составила уже $21,77 \pm 8,49$ см/с максимум и $15,06 \pm 7,27$ см/с минимум. Таким образом, показано, что скорость

кровотока в начальных отделах синуса меньше, чем в средней его трети (разница статистически достоверна). В отношении самих скоростных показателей следует отметить, что в работах D. E. Stolz (1999, 2006), посвященных оценке скорости кровотока в глубоких венах и синусах с помощью транскраниального триплексного сканирования, приводятся несколько иные цифры. По его данным, скорость в верхнем сагиттальном синусе составляет $9,8 \pm 3,6$ см/с максимальная и $6,1 \pm 2,5$ см/с минимальная. Однако сам автор признает (1999), что расположение датчика в поперечной плоскости к верхнему сагиттальному синусу не дает возможности правильно выставить угол локации, а это, соответственно, искажает абсолютные значения полученных величин. Поэтому он рекомендует использовать эти данные только для оценки динамики показателей в режиме мониторинга, правда, указывает, что возможность локации ВСС этим способом не превышает 50–70 %.

В нашей работе измерения проводились непосредственно на открытом синусе под вполне определенным углом локации. Следовательно, можно считать, что полученные нами абсолютные значения скорости в синусе больше отвечают реальности, по крайней мере, в условиях оперативного вмешательства.

Реакция кровотока в синусе на гипервентиляцию была вполне предсказуемой и соответствовала литературным данным (B. Schaller 2004), т. е. снижалась, однако у двух пациентов отмечалась парадоксальная реакция с нарастанием скорости кровотока, причины которой нам установить не удалось.

После вскрытия твердой мозговой оболочки, проводившемся на отдалении от синуса, и, соответственно, снижения уровня внутричерепного давления скорость кровотока в ВСС достоверно уменьшалась. Это может говорить, скорее, в пользу версии возможной прямой зависимости скорости кровотока в сагиттальном синусе от уровня ВЧД, чем в пользу обратной, когда при внутричерепной гипертензии происходит перестройка кровотока в направлении глубоких вен и прямого синуса. Впрочем, в нашей работе мы ориентировались «от противного» т. е. оценивали реакцию не на повышение, а на снижение ликворного давления, и для окончательного ответа на эти вопросы необходимо проведение отдельного, ориентированного именно на эту проблему, исследования.

Литература

1. Габиров, Г. А. Клиника, диагностика и обоснование комплексного лечения больных с синдромом внутричерепной гипертензии неопухолевого генеза / Г. А. Габиров [и др.] // *Вопр. нейрохирургии*. 1994. 4. С. 36-39.
2. Можяев, С. В. Хирургия менигиом верхнего сагиттального синуса (реконструктивные и реваскуляризирующие операции) : дис. + д-ра мед наук / С. В. Можяев. СПб., 1993. 340 с.
3. Разумовский, А. Е. Методические вопросы исследования давления в венозных синусах головного мозга / А. Е. Разумовский [и др.] // *Вопр. нейрохир. им. Н. Н. Бурденко*. 3. 1985. С. 31-36.
4. Тиглиев, Г. С. Значение оценки перестроек венозного кровообращения в хирургии парасагиттальных менигиом / Г. С. Тиглиев [и др.] // *Вопр. патологии мозгового кровообращения в клинике*. Л., 1987. С. 52-56.
5. Тиглиев, Г. С. Хирургическое лечение менигиом верхнего сагиттального синуса (хирургические доступы и техника) / Г. С. Тиглиев [и др.] // *Вопр. нейрохир. им. Н. Н. Бурденко*. 1994. 3. С. 19-22.
6. Хачатрян, В. А. Гидроцефалия : патогенез, диагностика, хирургическое лечение / В. А. Хачатрян [и др.]. СПб., 1998. 228 с.
7. Щедренко, В. В. Изменение венозного давления и оксигенации крови во внутренних яремных венах и синусовидных синусах в остром периоде черепно-мозговой травмы черепа и головного мозга : дис. + д-ра мед. наук / В. В. Щедренко. Л., 1971.
8. Artru, A. A. CSF, sagittal sinus, and jugular venous pressures during desflurane or isoflurane anesthesia in dogs / A. A. Artru [et al] // *J. Neurosurg. Anesthesiol.* 1994. 6 (4). P. 239-248.
9. Brisman, R. Doppler ultrasound measurements of superior sagittal sinus blood velocity / R. Brisman [et al] // *J. Neurosurg.* 1972. 37 (3). P. 312-315.
10. Iwabuchi, T. The significance of dural sinus pressure in neurological surgery correlation with surgical position / T. Iwabuchi [et al] // *No Shinkei Geka*. 1983. 11 (11). P. 1167-1176.
11. Stolz, D. E. Reference data from 130 volunteers transcranial color-coded duplex sonography of intracranial veins and sinuses / D. E. Stolz // *Stroke*. 1999. 30. P. 1070-1075.
12. Stolz, E. Cerebral Vein and Sinuses. Handbook on Neurovascular Ultrasound / E. Stolz // *Front Neurol Neurosci*. 2006. Vol. 21. P. 182-183.
13. Schaller, B. Physiology of cerebral venous blood flow : from experimental data in animals to normal function in humans / B. Schaller // *Brain. Res. Rev.* 2004. 46. P. 243-260.