

THE STRUCTURE OF THE RETINA IN PACIFIC SALMON FRY IN TWILIGHT ILLUMINATION DURING THE GEOMAGNETIC FIELD CHANGES

A.A. Maksimovich and V.P. Gniubkina

The retinomotor response of the masu salmon *Oncorhynchus masou* fry retina was studied under the conditions of mesopic (twilight) illumination after experimental geomagnetic field (GMF) compensation which was reached using the Helmholtz coils. In the control group, the retinomotor response of masu salmon fry to twilight illumination was usual: the nuclei of the neurosensory rod cells were located immediately above the external limiting layer, while the nuclei of the neurosensory cone cells were displaced closer to the pigment epithelium. After experimental GMF compensation, the masu salmon fry retina

reaction was unusual: the neurosensory cone cell nuclei adhered to the external limiting membrane, while the nuclei of the neurosensory rod cells were displaced closer to the pigment epithelium layer. Double and central neurosensory cone cells occupied the position that was inadequate to normal reaction to twilight: the bodies of these cells were considerably elongated, and the external segments reached the pigment epithelium layer. Thus, in the experiment with GMF compensation, we have found the unusual structure of the retina, which only vaguely corresponded to a reaction to mesopic adaptation. The results suggest, that the visible light is not a unique variety of the electromagnetic field, that could be perceived by the fish retina.

Key words: retina, retinomotor response, light-dependent magnetoreception, geomagnetic field, Pacific salmon.

Laboratory of Physiology, A.V. Zhirmunskiy Institute of Marine Biology, RAS Far-Eastern Section, Vladivostok

© П.Г. Пивченко, Н.А. Трушель, 2010
УДК 572.74:611.13

П.Г. Пивченко и Н.А. Трушель

ОСОБЕННОСТИ СОСУДОВ АРТЕРИАЛЬНОГО КРУГА БОЛЬШОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЕ ЧЕРЕПА

Кафедра нормальной анатомии (зав. — проф. П.Г. Пивченко) Белорусского государственного медицинского университета, г. Минск, e-mail trusheln@rambler.ru

Методами макромикроскопического препарирования и компьютерной томографии (КТ-ангиографии) сосудов артериального круга большого мозга (АКБМ) выявлено, что у долихокранов переднезадний размер АКБМ больше, чем у мезо- и брахикранов. Классическое строение АКБМ наблюдается у человека в 38–46% случаев (чаще у долихокранов). Сосуды АКБМ характеризуются вариабельностью строения в зависимости от формы черепа: у людей с мезо- и брахикранной формой черепа различные отклонения от классического строения артерий АКБМ чаще наблюдаются в его заднем отделе, а у долихокранов — в переднем. В 30–40% наблюдений у исследованных людей в АКБМ имело место сочетание вариаций строения сосудов переднего и заднего отделов круга (сочетанная форма).

Ключевые слова: головной мозг, артерии, артериальный круг большого мозга, форма черепа, человек.

Профилактика и лечение цереброваскулярных заболеваний является очень важной, не только медицинской, но и социальной проблемой. Расширение представлений о вариантной анатомии артерий головного мозга особенно значимо при современных методах инструментального исследования (ангиография, сонография, компьютерная и магнито-резонансная томография), которые объективно подтверждают вариабельность этих данных при диагностике сосудистой патологии. Важная роль артериального круга большого мозга (АКБМ) в осуществлении распределения крови между сонной и вертебробазиллярной системами постоянно привлекает внимание многих исследователей к изучению особенностей его строения [1–5, 7–11]. По данным большинства работ [1, 2, 5, 7–11], каждая половина АКБМ представлена мозговым отрезком внутренней сонной артерии, проксимальными отделами передней и задней моз-

говых артерий, а также задней соединительной артерией. Обе половины АКБМ соединены спереди посредством передней соединительной артерии, сзади — оральным отделом базилярной артерии. Причем, по данным ряда авторов [1, 2, 5, 7, 10], классическое строение АКБМ встречается примерно в 25–50% наблюдений, а в остальных случаях имеются различные его варианты, которые могут ограничивать компенсаторные возможности этого круга (разомкнутый круг), что необходимо учитывать в нейрохирургической практике.

В имеющейся литературе недостаточно или фрагментарно описаны морфологические, топографические и морфометрические особенности строения сосудов АКБМ человека в зависимости от формы черепа. Поэтому цель настоящего исследования — установить варианты строения и топографии артерий головного мозга, участвую-

щих в формировании АКБМ взрослого человека, при разной форме черепа.

Материал и методы. Методом макромикроскопического препарирования с помощью бинокулярного стереоскопического микроскопа МБС-2 исследованы сосуды АКБМ на 150 препаратах головного мозга трупов людей в возрасте от 45 до 70 лет с различной формой черепа: мезо-, брахи- и долихокраны (классификация по черепному индексу [6]). Сосуды АКБМ изучали после фиксации головного мозга в 5% растворе формалина либо сразу после вскрытия трупа человека. Головной мозг использован от людей, умерших от заболеваний, не связанных с поражением головного мозга или его сосудов. Материал получен в соответствии с Законом Республики Беларусь № 51-3 от 12.11.2001 г. «О погребении и похоронном деле» из служб судебных экспертиз г. Минска и Минской области.

На спиральном мультисрезовом компьютерном томографе Light Speed PRO-16 (Дженерал Электрик, США) с помощью программы E-film исследованы артерии АКБМ у 20 людей в возрасте от 45 до 60 лет с брахикранной формой черепа. (Компьютерные томограммы головного мозга были предоставлены Минским городским диагностическим центром). Первичную обработку данных проводили с помощью программного пакета «Microsoft Exel 2003», «Statistica 6.0» и методов вариационной статистики.

Результаты исследования. Установлено, что классическое строение АКБМ у людей с мезокранной формой черепа наблюдается в 38% случаев, с долихокранной — в 46% случаев и с брахикранной — в 42% случаев. В остальных случаях при всех формах черепа установлены различные варианты его строения.

У мезокранов длина АКБМ равна $2,50 \pm 0,20$ мм, ширина — $2,10 \pm 0,10$ мм; у долихокранов — длина — $2,70 \pm 0,20$ мм, ширина — $1,90 \pm 0,10$ мм; у брахикранов соответственно $2,40 \pm 0,20$ мм и $2,30 \pm 0,20$ мм.

Анатомически АКБМ можно разделить на два отдела: передний и задний. К переднему отделу относятся проксимальные отрезки передних мозговых артерий, отходящие от мозговых частей внутренних сонных артерий, и передняя соединительная артерия, в состав заднего отдела входят проксимальные отрезки задних мозговых артерий, отходящие от базилярной артерии, и задние соединительные артерии.

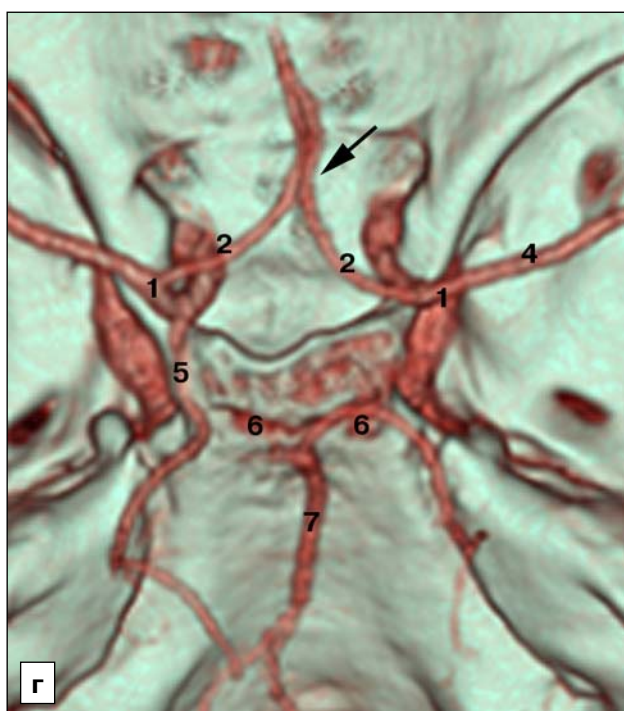
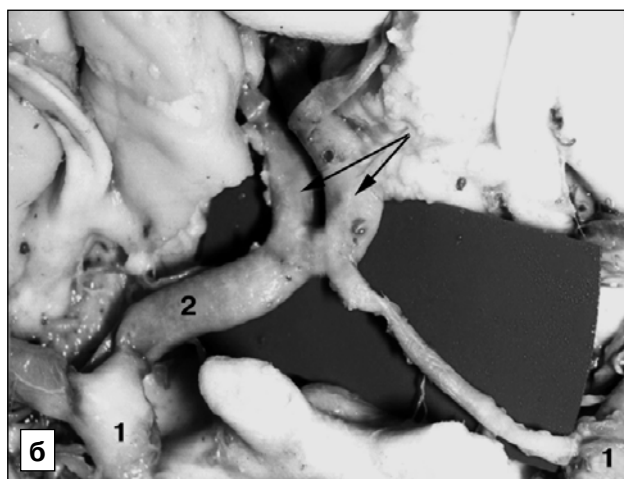
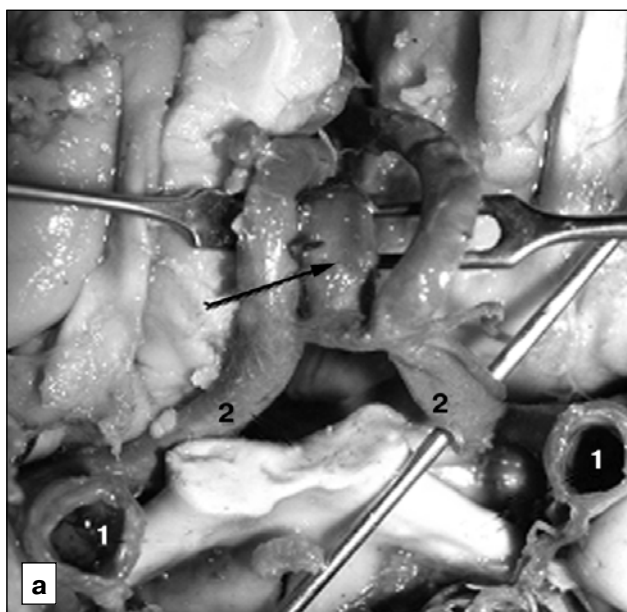
В переднем отделе АКБМ у людей с различной формой черепа наиболее часто (от 4 до 12% случаев) выявляются следующие варианты анатомии его сосудов: 1) расщепление передней соединительной артерии; данный тип строения выявляется одинаково часто при всех формах черепа (4% случаев); 2) срединная (добавочная) артерия мозолистого тела, которая чаще обнаруживается у брахикранов (8% случаев) (рисунок, а); 3) одноствольный тип передней мозговой артерии, при котором отсутствует передняя соединительная артерия и происходит слияние проксимальных отрезков передних мозговых артерий в общий ствол, в начале которого отходят крупные лобно-

долевые ветви к обоим полушариям головного мозга; такой тип строения чаще обнаруживается у долихокранов (10% случаев); 4) отсутствие передней соединительной артерии (разомкнутый АКБМ); чаще выявляется у брахикранов (4% случаев); 5) пристеночное соприкосновение передних мозговых артерий, когда передняя соединительная артерия отсутствует и между передними мозговыми артериями имеется фистула; данный тип строения выявляется одинаково часто при всех формах черепа (12% случаев); 6) удвоение передней соединительной артерии (4% случаев); чаще выявляется у мезо- и долихокранов; 7) передняя трифуркация внутренней сонной артерии (см. рисунок, б); в данном случае две передние мозговые артерии отходят от одной внутренней сонной артерии и отмечается гипоплазия проксимального отрезка противоположной передней мозговой артерии; данный тип строения выявляется чаще у брахикранов (8% случаев).

Редко обнаруживается в переднем отделе АКБМ у мезо- и брахикранов возвратная артерия (2% случаев), которая отходит от передней мозговой артерии на уровне передней соединительной артерии и направляется назад и следует вдоль средней мозговой артерии. В 2–4% случаев у людей с разной формой черепа наблюдается сплетениевидный тип передней мозговой артерии, при котором происходит разделение проксимального отрезка передней мозговой артерии на ограниченном участке на 2–3 ветви, которые сразу же вновь сливаются.

В заднем отделе АКБМ чаще (от 8 до 30% случаев) обнаруживаются следующие вариации строения его сосудов: 1) задняя трифуркация внутренней сонной артерии (см. рисунок, в), при которой задняя мозговая артерия отходит от внутренней сонной артерии. При этом варианте строения задняя соединительная артерия на стороне трифуркации по диаметру равна задней мозговой артерии, т.е. задняя соединительная артерия плавно переходит в заднюю мозговую артерию. Часть задней мозговой артерии, примыкающая к базилярной артерии, как правило, гипоплазирована. Данная вариация строения артерий наблюдается в 2 раза чаще с правой стороны (30% случаев) и обнаруживается преимущественно у мезо- и брахикранов; 2) аплазия задней соединительной артерии; данный тип строения сосудов выявляется в 1,5 раза чаще с левой стороны круга (8–20% случаев), а также нередко с обеих сторон (12% случаев).

Реже (в 2% случаев) в заднем отделе АКБМ встречаются следующие варианты строения его сосудов: 1) удвоение задней соединительной артерии, которое обнаруживается у мезо- и брахикранов; 2) сплетениевидный тип базилярной артерии, при котором краниальная часть базилярной артерии имеет вид сети от 5 до 12 мелких артериаль-



Варианты строения артериального круга большого мозга человека.

ных сосудов; такой тип строения выявлен у мезокранов; 3) трифуркация базилярной артерии, при которой краниальная часть базилярной артерии делится на 3 ветви примерно одинакового диаметра: две верхние мозжечковые артерии и одну срединную, которая соединяется с АКБМ (гипоплазия краниального отдела базилярной артерии); вариант выявлен у брахикранов.

Данные компьютерной томографии сосудов головного мозга у людей с брахикранной формой черепа подтверждают тот факт, что различные вариации строения АКБМ чаще выявляются в заднем его отделе. В 30–40% наблюдений у обследованных людей в АКБМ имело место сочетание

а — срединная артерия мозолистого тела (стрелка); б — передняя трифуркация внутренней сонной артерии (стрелки указывают на 2 передние мозговые артерии, отходящие от правой внутренней сонной артерии); в — задняя трифуркация внутренней сонной артерии (двусторонняя) (а, б, в — фото с макропрепарата); г — пристеночное соприкосновение передних мозговых артерий (стрелка) и аплазия правой задней соединительной артерии (изображение получено с помощью компьютерной томографии головного мозга). 1 — внутренняя сонная артерия; 2 — передняя мозговая артерия; 3 — передняя соединительная артерия; 4 — средняя мозговая артерия; 5 — задняя соединительная артерия; 6 — задняя мозговая артерия; 7 — базилярная артерия.

вариаций строения сосудов переднего и заднего отделов круга (сочетанная форма) (см. рисунок, г).

Обсуждение полученных данных. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что классическое строение АКБМ наблюдается у человека в 38–46% случаев (чаще у долихокранов). При классическом строении длина и диаметр сосудов одной половины круга соответствуют его второй половине, при этом диаметр мозговых артерий (передней, средней и задней) превышает диаметр передней и задних соединительных артерий в 1,5–2 раза.

АКБМ может быть симметричным и асимметричным, что согласуется с мнением некоторых авторов [1, 2, 7]. Симметричный круг наблюдается либо при классическом его строении, либо при некоторых вариантах строения его артерий, выявляемых с обеих сторон (двусторонняя задняя трифуркация внутренних сонных артерий, двусторонняя аплазия задних соединительных артерий и др.). Асимметрия может иметь место в переднем или заднем отделе АКБМ, либо с правой или левой его стороны (лево- или правосторонняя передняя, либо задняя трифуркация внутренней сонной артерии, аплазия одной из задних соединительных артерий).

При анализе полученных данных выявлено, что сосуды АКБМ характеризуются вариабельностью строения в зависимости от формы черепа человека. Так, у людей с мезо- и брахикранной формой черепа различные отклонения от классического строения артерий АКБМ чаще наблюдаются в его заднем отделе, что согласуется с данными некоторых исследований [1, 7]. Соотношение вариаций строения сосудов переднего отдела артериального круга к заднему отделу составляет у мезокранов 0,7:1 и у брахикранов — 0,6:1. У долихокранов, наоборот, различные вариации строения сосудов АКБМ обнаруживаются чаще в его переднем отделе (соотношение — 1,2:1), что, возможно, связано с большим переднезадним размером артериального круга у долихокранов ($2,70 \pm 0,20$ мм) по сравнению с таковым у мезокранов ($2,50 \pm 0,20$ мм) и брахикранов ($2,40 \pm 0,20$ мм).

В переднем отделе АКБМ наиболее часто наблюдаются следующие вариации строения его сосудов: одностовольный тип передней мозговой артерии и пристеночное соприкосновение передних мозговых артерий (10–12% случаев); в заднем отделе АКБМ чаще выявляются задняя трифуркация внутренней сонной артерии и аплазия задней соединительной артерии (8–30% случаев). Среди сочетанных форм АКБМ наиболее часто встречаются пристеночное соприкосновение передних мозговых артерий и аплазия одной или обеих задних соединительных артерий (10–12% случаев), либо одностовольный тип передних мозговых артерий и задняя трифуркация внутренней сонной артерии с одной или обеих сторон (6–10% наблюдений).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вартанян Л.В. Вариабельность артериального кольца основания мозга. В кн.: Вопросы морфологии нервной системы. М., Медицина, 1973, с. 172–177.
2. Гиндце Б.К. Артериальная система головного мозга человека и животных. Ч. I. М., Медицина, 1947.
3. Гончар А.А. и И Гончар И.А. Локализация разорвавшихся аневризм по данным церебральной ангиографии. Мед. журн. (Минск), 2007, № 3, с. 41–43.
4. Горбунов А.В. и Федоров О.О. Частота типичного (классического) строения артерий головного мозга человека в норме и при цереброваскулярных заболеваниях. Морфология, 2008, т. 133, вып. 4, с. 63.
5. Савич В.И. Патологические изменения экстра- интракраниальных артерий и инфаркт мозга. Минск, Беларусь, 1987.
6. Тегало Л.И., Марфина О.В. и Радзевич-Грун И. Основы антропологии. Минск, Белорусская наука, 2008.
7. Шмидт Е.В., Лунев Д.К. и Верещагин Н.В. Сосудистые заболевания головного и спинного мозга. М., Медицина, 1976.
8. Fujimoto K. and Tanaka O. Morphological examination of the circulus arteriosus cerebri humani (circle of Willis). I. Anterior and posterior communicating arteries. Kaibogaku Zasshi, 1989, v. 64, № 5, p. 481–489.
9. Horikoshi T., Akiyama I., Yamagata Z. et al. Magnetic resonance angiographic evidence of sex-linked variations in the circle of Willis and the occurrence of cerebral aneurysms. J. Neurosurg., 2002, v. 96, № 4, p. 697–703.
10. Kwak R., Ohi T., Niizuma H. and Suzuki J. Hemodynamics in the anterior part of the circle of Willis in patients with the anterior communicating artery aneurysm study by cerebral angiography. No Shinkei Geka, 1978, v. 6, № 11, p. 1065–1069.
11. Milenković Z., Durić S., Stefanović I. et al. Multiple intracranial aneurysms and asymmetrical circle of Willis. Med. Pregl., 1995, v. 48, № 1–2, p. 32–35.

Поступила в редакцию 16.03.09
Получена после доработки 23.12.09

PECULIARITIES OF THE VESSELS OF HUMAN ARTERIAL CIRCLE OF WILLIS IN DIFFERENT SHAPE OF THE SKULL

P.G. Pivchenko and N.A. Trushel

The vessels of the circle of Willis of a brain of adult persons were studied by macro-microscopic preparation computer tomography (CT-angiography). It was demonstrated that in dolichocranes, the anterior-posterior dimension of the circle of Willis was greater, than in meso- and brachicranes. Classical structure of the circle of Willis was found in humans in 38–46% of the cases studied (most frequently in dolichocranes). The vessels of the circle of Willis were characterized by a structural variability that was associated with the shape of the skull: in the individuals with meso- and brachicranial skull shape, the various deviations from the classical structure of the arteries of the circle of Willis were most common in its posterior area, while in dolichocranes these were most frequently seen in the anterior area. In 30–40% of the cases studied, there was a combination of the structural variations of the blood vessels in both anterior and posterior areas of the circle of Willis (a combined form).

Key words: brain, arteries, circle of Willis, skull shape, man.

Department of Normal Anatomy, Belorussian State Medical University, Minsk