

*Н. А. Трушель, П. Г. Пивченко*

## **Особенности гистологического строения артерий виллизиева круга взрослого человека**

*Белорусский государственный медицинский университет*

Микроскопически и морфометрически установлены особенности гистологического строения стенки сосудов артериального круга большого мозга (виллизиева круга) в зависимости от формы черепа взрослого человека, а также выявлены закономерности топографии и строения интимальных подушек в месте бифуркации данных сосудов.

Ключевые слова: головной мозг, виллизиев круг, гистология, морфометрия.

Различные аспекты гистологического строения сосудов артериального круга большого мозга освещены в значительном количестве работ [1-6, 8-11]. Между строением артерий мозга и артерий внутренних органов, по мнению ученых [2, 3, 6, 8], имеется существенная разница: в мозговых артериях наружная эластическая мембрана отсутствует, а внутренняя эластическая мембрана развита хорошо. Артерии виллизиева круга относятся к артериям мышечного типа, т.е. в них особенно развит средний слой [3, 10]. В местах деления сосудов мозга (чаще сосудов артериального круга большого мозга) обнаруживаются интимальные подушки, представляющие своеобразные мышечно-эластические утолщения в результате гиперплазии интимы [2-5, 10]. Результаты исследований отдельных ученых свидетельствуют о том, что «подушки» появляются на 5-6 месяце внутриутробного развития в местах ветвления артерий мозга и являются физиологическими образованиями, обеспечивающими регуляцию мозгового кровотока [4, 5]. Другие авторы [5, 6, 8] важнейшую роль в возникновении интимальных утолщений отводят гемодинамическому (механическому) фактору (пульсирующий характер кровотока, возникновение завихрений в области развилки артерий). Утолщение интимы в отдельных работах рассматриваются как «нормальные возрастные изменения» [2].

В изученной литературе мы не обнаружили описания гистологических и морфометрических особенностей строения сосудов артериального круга большого мозга в зависимости от формы черепа взрослого человека, от вариантов строения круга и от индивидуальных особенностей артерий, входящих в состав виллизиева круга. Поэтому цель настоящего исследования – установить индивидуальные гистологические и морфометрические особенности строения стенки артерий виллизиева круга в зависимости от формы черепа человека и от вариантов анатомии артериального круга большого мозга.

**Материал и методы**

Микроскопически и морфометрически исследованы сосуды виллизиева круга на 48 объектах головного мозга трупов человека в возрасте от 40 до 55 лет с различной формой черепа: мезо-, брахи- и долихокраны (классификация с учетом черепного индекса [7]). Материал получен в соответствии с Законом Республики Беларусь № 55-3 от 12.11.2001 г. «О погребении и похоронном деле» из служб судебных экспертиз г. Минска и Минской области от лиц, умерших от заболеваний, не связанных с поражением головного мозга, а также

не страдавших гипертензией. Сосуды фиксировались в 10% растворе формалина.

Гистологические препараты изучены после окраски гематоксилин-эозином, по Ван-Гизону и орсеином по Унны-Тенцеру. Морфометрия осуществлялась с помощью анализатора изображений «Биоскан» и программы Scion Image v.402. Первичная обработка данных проводилась с помощью программного пакета «Microsoft Excel 2003» и «Statistika 6.0».

Результаты и обсуждение

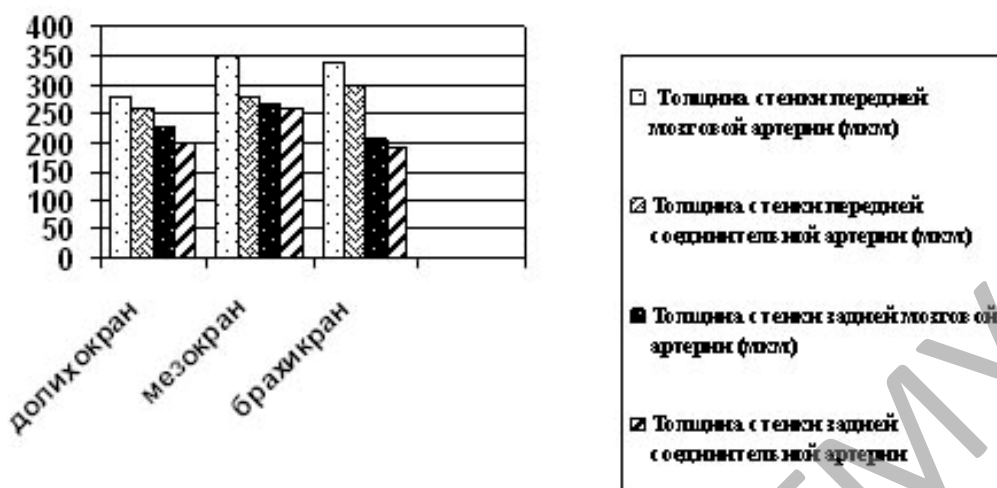
В результате гистологического исследования установлено, что толщина стенки сосудов виллизиева круга у людей с разной формой черепа характеризуется вариабельностью морфометрических параметров (диаграмма 1). Так, стенка передней мозговой артерии у мезокранов и брахикранов больше (300-350 мкм), чем у долихокранов (270-290 мкм) в 1,2 раза. Наибольшая толщина стенки задней мозговой и задней соединительной артерий обнаруживается у мезокранов (250-270 мкм и 230-270 мкм соответственно), а передней соединительной – у брахикранов (280-340 мкм).

При любой форме черепа наименьшую толщину стенки имеет задняя соединительная (190-270 мкм) и задняя мозговая (205-270 мкм) артерии. Толщина стенки передней соединительной артерии (260-340 мкм) превышает толщину задней соединительной артерии (190-260 мкм) приблизительно в 1,2-1,3 раза; толщина стенки внутренней сонной и базилярной артерий колеблется в пределах 460-870 мкм. Стенка задней соединительной артерии, как правило, тоньше стенки других артерий виллизиева круга, что объясняется наименьшим диаметром данной артерии (1,1 - 1,5 мм).

Стенка артерий переднего отдела виллизиева круга (передняя мозговая и передняя соединительная артерии) толще стенки артерий заднего отдела круга (задняя мозговая и задние соединительные артерии). Это, вероятно, связано с тем, что через каждую внутреннюю сонную артерию к мозгу направляется 30-40% от всего количества крови, доставляемого в мозг, а через базилярную артерию - 20-30% крови. Причем при некоторых вариантах строения виллизиева круга (задняя трифуркация внутренней сонной артерии), по данным отдельных авторов [11], через базилярную артерию поступает к мозгу только 10% крови.

Диаграмма 1

Толщина стенки артерий виллизиева круга у людей с разной формой черепа (мкм)

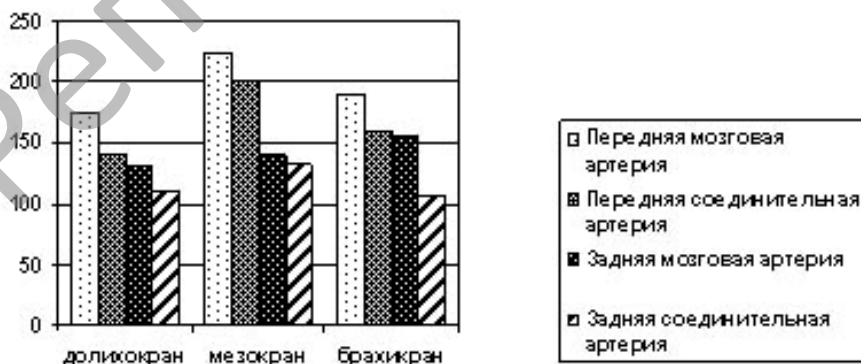


Толщина мышечной оболочки сосудов виллизиева круга характеризуется индивидуальными особенностями: у мезокранов она колеблется в пределах 132-225 мкм, у долихокранов – 110-175 мкм, у брахикранов – 107-190 мкм.

Установлено, что толщина мышечного слоя стенки сосудов у людей с разной формой черепа зависит от положения в составе артериального круга большого мозга (диаграмма 2) и варьирует в зависимости от формы черепа. При любой форме черепа человека наиболее толстая мышечная оболочка отмечается в передней мозговой и передней соединительной артериях, а наиболее тонкая – задней мозговой и задних соединительных артериях. Причем, мышечная оболочка задней мозговой артерии толще у лиц с брахикранной формой черепа (составляет 60-70% толщины стенки), а передней мозговой артерии - у мезокранов (60%). Мышечная оболочка передней соединительной артерии развита лучше и составляет 50-80% толщины стенки, а в задней соединительной артерии эта оболочка тоньше, на ее долю приходится 40-65% толщины стенки сосуда.

Диаграмма 1

Морфометрические показатели толщины мышечной оболочки артерий виллизиева круга у людей с разной формой черепа (мкм)

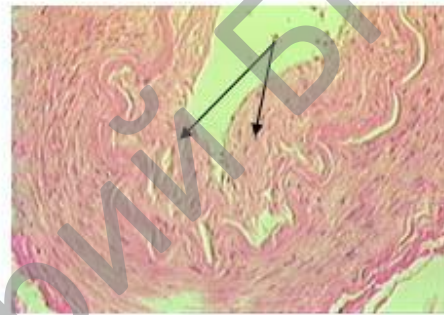


В результате гистологического исследования установлено, что в местах ветвления артерий виллизиева круга, а также на начальном отрезке артерии после ветвления обнаруживаются интимальные подушки (чаще имеют вид «холмика» на продольном срезе сосуда, выступающего в просвет артерии). Интимальные подушки состоят из слоев эластических волокон, между которыми располагаются гладкомышечные клетки (рисунок 1, 2). С внутренней поверхности подушки выстланы слоем эндотелия. Внутренняя эластическая мембрана отделяет интимальную подушку от ее мышечной оболочки, которая в месте локализации подушки, как правило, истончена (составляет 20-40% толщины всей стенки), что, вероятно, обусловлено ее атрофией в результате механического воздействия опосредованно через подушку на мышечную оболочку сосуда в связи с особенностями кровотока в области ветвления артерий (рисунок 3).



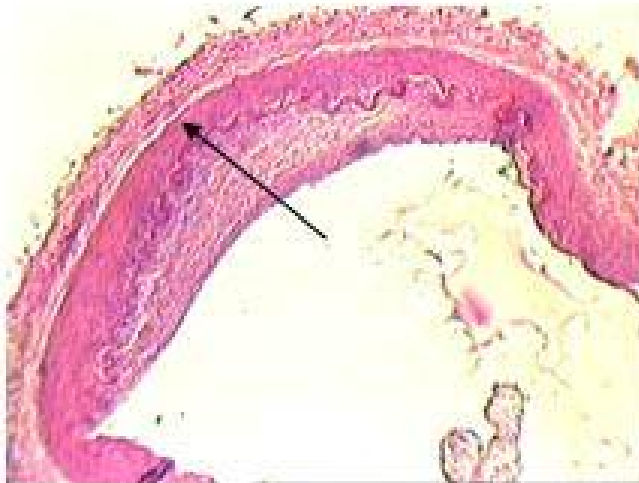
Стрелки указывают на эластические волокна в интимальной подушке. Окраска методом Унны-Тенцера. Ув. 004

**Рисунок 1 – Строение интимальной подушки**



Стрелки указывают на гладкомышечные клетки в интимальной подушке. Окраска по Ван-Гизону. Ув. 004

**Рисунок 2 – Интимальная подушка занимает три четверти окружности артерии**



Стрелка указывает на мышечную оболочку под интимальной подушкой.

Окраска гематоксилин-эозином.  
Ув. 004

### **Рисунок 3 – Источники мышечной оболочки под интимальной подушкой**

Некоторые интимальные утолщения, содержащие гладкомышечные клетки, охватывают кольцом начало артериальной ветви в виде «муфты» либо занимают три четверти окружности артерии (рисунок 2).

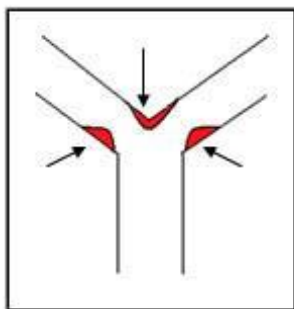
Высота интимальных подушек на поперечном срезе артерий колеблется от 45 до 410 мкм.

Интимальные подушки обнаруживаются в сосудах артериального круга большого мозга, как у взрослого человека, так и у новорожденных детей, однако у последних они выявляются значительно реже.

Интимальные подушки локализуются в области латеральных и апикального углов бифуркации. Их высота зависит от формы артериального круга большого мозга, т.е. от диаметра ветвящихся сосудов. Так, при классическом строении виллизиева круга в области апикального угла бифуркации базилярной артерии на равные по диаметру задние мозговые артерии интимальная подушка располагается симметрично (рисунок 4). При других вариантах строения круга, например, задней трифуркации одной внутренней сонной артерии, базилярная артерия делится на задние мозговые артерии разные по диаметру. В этом случае в месте апикального угла бифуркации интимальная подушка располагается асимметрично: высота ее больше выражена в месте отхождения меньшего по диаметру сосуда (рисунок 5). Это объясняется законами гидродинамики, чем меньше диаметр сосуда, тем под более острым углом он отклоняется и,

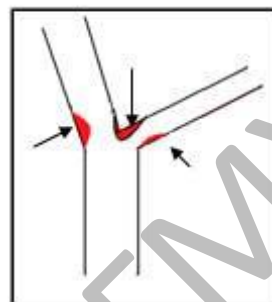
следовательно, наибольшая функциональная нагрузка приходится на интиму меньшего по диаметру сосуда.

В области латеральных углов бифуркации также выявляются интимальные подушки, причем они значительно больше по сравнению с подушками в области апикального угла, что можно объяснить образованием локального завихрения потока крови в этих местах (турбулентное движение) [5, 9].



а – подушка в области апикального угла бифуркации;  
б – подушки в области латеральных углов бифуркации

**Рисунок 5 – Расположение интимальных подушек в области ветвления базилярной артерии на разные по диаметру задние мозговые артерии**

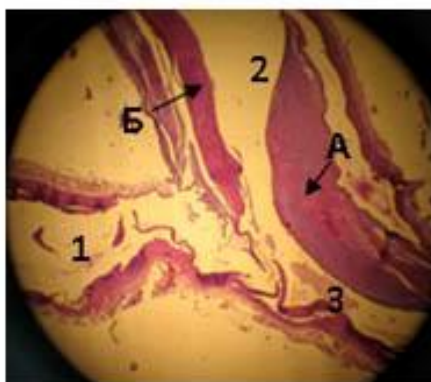


а – подушка в области апикального угла бифуркации;  
б – подушки в области латеральных углов бифуркации

**Рисунок 4 – Расположение интимальных подушек в области ветвления базилярной артерии на равные по диаметру задние мозговые артерии**

Так, в месте деления внутренней сонной артерии на разные по диаметру переднюю и среднюю мозговые артерии интимальные подушки имеют большую высоту на наружной стенке средней мозговой артерии.

При постоянном воздействии различных неблагоприятных факторов (никотин, повышение содержания в крови липидов или гипертензия) интимальные подушки в области латеральных углов бифуркации могут трансформироваться в атеросклеротические бляшки, особенно в просвете более крупного сосуда (рисунок 6), что находит подтверждение в исследованиях последних лет [11]. С возрастом количество и высота интимальных подушек возрастает, что можно объяснить существованием генетически детерминированных предпосылок к их количественному и качественному изменению; это согласуется с мнением отдельных авторов [8].



А – атеросклеротическая бляшка в области латерального угла бифуркации внутренней сонной артерии;

Б – интимальная подушка в области апикального угла бифуркации.

1 – передняя мозговая артерия, 2 – средняя мозговая артерия, 3 – внутренняя сонная артерия

Окраска гематоксилин-эозином. Ув. 004

**Рисунок 6 – Бифуркация внутренней сонной артерии**

Подушки в форме «полипа» с телом и ножкой, описанные в некоторых работах [6, 8], в сосудах головного мозга нами выявлены не были.

Заключение. На основании анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Толщина стенки сосудов артериального круга большого мозга, а также толщина мышечной ее оболочки зависит положения артерии в составе круга и от формы черепа человека:

- стенка артерий переднего отдела виллизиева круга (передняя мозговая и передняя соединительная артерии) толще стенки артерий заднего отдела круга (задняя мозговая и задние соединительные артерии);

- наиболее толстая мышечная оболочка отмечается в передней мозговой и передней соединительной артериях, а наиболее тонкая – задней мозговой и задних соединительных артериях.

- толщина стенки передней соединительной артерии превышает толщину задней соединительной артерии примерно в 1,2 раза.

2. Интимальные подушки являются постоянными образованиями артериальной системы головного мозга взрослого человека и формируются в результате гемодинамического воздействия потока на интиму артерии.

3. Интимальные подушки располагаются в местах ветвления сосудов виллизиева круга и на ближайшем к бифуркации отрезке ветви, что обусловлено особенностями гидродинамики в этих областях.

4. Частота встречаемости и размер интимальных подушек увеличивается с возрастом человека и зависит от формы черепа (высота интимальных подушек больше у людей с брахикранной формой черепа), а также от варианта строения виллизиева круга.

5. Наибольшая высота интимальных подушек наблюдается в области латерального угла бифуркации артерии в просвете более крупной по диаметру ветви; данные интимальные подушки могут трансформироваться в атеросклеротические бляшки.

Литература

1. Есипова, М. К. Гистологическая структура в условиях нарушенной гемодинамики: тр. IV Всесоюзного съезда невропатологов / М. К. Есипова. М., 1967. С. 281.

2. Ефимов, А. А. Толщина стенки крупных артерий человека как микрометрический биомаркер возрастных изменений артериальной системы для определения возраста в судебно-медицинской практике / А. А. Ефимов // *Морфология*. 2008. Т. 133. № 2. С. 46.
3. Медведев, Ю. А. Аневризмы – болезнь связочного аппарата артерий виллизиева круга / Ю. А. Медведев, Ю. М. Забродская // *Конференция нейрохирургов Северного Кавказа*. Краснодар, 1996. С. 12–13.
4. Мотавкин, П. А. Гистофизиология сосудистых механизмов мозгового кровообращения / П. А. Мотавкин, В. М. Черток. М.: Медицина, 1980. 200 с.
5. Петренко, В. М. Подушки или клапаны венечных артерий / В. М. Петренко // *Медицина XXI ВЕК*, 2009. Т. 1, № 14. С. 33–36.
6. Полиповидные подушки артериального русла и их роль в регуляции регионарного кровообращения / С. И. Шорманов [и др.] // *Морфология*, 2007. Т. 131, № 1. С. 44–49.
7. Тегакко, Л. И. Основы антропологии / Л. И. Тегакко, О. В. Марфина, И. Радзевич-Грун. М.: Белорусская наука, 2008. 381 с.
8. Шорманов, С. В. Структурные особенности полиповидных подушек артерий и их значимость в регуляции регионарной гемодинамики: материалы Междунар. науч. конференции / С. В. Шорманов [и др.] // *Астрах. мед. журнал*, 2007. Т. 2, № 2. С. 210–211.
9. Campbell, G. J. Fenestrations in the Internal Elastic Lamina at Bifurcations of Human Cerebral Arteries / G. J. Campbell, P. Eng, M. R. Roach // *Stroke*. 1981. Vol. 12. P. 489–496.
10. Hassler, O. Physiological intima cushions in the large cerebral arteries of young individuals / O. Hassler // *Acta pathol. et microbiol. Scand.*, 1962. V. 55, № 1. P. 19–27.
11. Roach, M. R. The Hemodynamic Importance of the Geometry of Bifurcations in the Circle of Willis (Glass Model Studies) / M. R. Roach, Susan Scott, Gary G. Ferguson // *American Stroke Association*. 2010. № 4. P. 255–266.