



## Оценка влияния синус-сберегающих модификаций каротидной эндартерэктомии на вегетативную регуляцию и центральную гемодинамику

Фокин А.А., Борсук Д.А., Миронов В.А., Трейгер Г.А.\*

Южно-Уральский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, 454092, Челябинск, ул. Воровского, 64

Поступила в редакцию 30 ноября 2015 г. Принята к печати 15 февраля 2016 г.

\* Для корреспонденции: the\_doctor\_174@mail.ru

### Актуальность

Такие осложнения, как острый инфаркт миокарда, гиперперфузионный синдром и его последствия, послеоперационные гематомы, являются серьезной угрозой раннего послеоперационного периода при каротидных реконструкциях. Одним из основных факторов риска их развития является колебание центральной гемодинамики, особенно со склонностью к артериальной гипертензии.

### Цель

Оценить степень влияния сохранения нервов каротидного синуса при скелетизации бифуркации общей сонной артерии на предупреждение артериальной гипертензии после каротидных реконструкций, а также сопоставить полученные данные с исследованием вариабельности сердечного ритма с помощью ритмокардиографии.

### Материал и методы

Ретроспективному анализу с изучением показателей центральной гемодинамики подвергли истории болезни 290 пациентов. Больных разделили на две группы: первая – 167 пациентов, у которых пересекли нервы каротидного синуса при выделении внутренней сонной артерии; вторая – 123 пациента, у которых сохранили нервы каротидного синуса. Во второй части исследования провели проспективную оценку периферической вегетативной регуляции у 13 пациентов первой и 17 больных второй группы с помощью высокоточного анализа вариабельности сердечного ритма в лаборатории нейрокардиологии.

### Результаты

В первый послеоперационный день у пациентов второй группы, у которых сохранили нервы каротидного синуса, все гемодинамические показатели (систолическое, диастолическое, пульсовое артериальное давление, а также частота сердечных сокращений) были ниже, чем в первой группе ( $p < 0,05$ ) с тенденцией к восстановлению к третьему дню. Это привело к снижению осложнений в послеоперационном периоде. Также у пациентов второй группы при нейрофизиологическом исследовании отметили более низкую активность симпатической и более высокую активность парасимпатической системы, что объясняет разницу в показателях центральной гемодинамики в двух группах. Сопутствующая абляция ганглионарных сплетений легочной артерии при хирургической коррекции порока митрального клапана, осложненного высокой легочной гипертензией, является безопасной и эффективной процедурой. Дальнейшее изучение с долгосрочной оценкой результатов определит, возможно ли интерпретировать снижение уровня среднего давления в легочной артерии как клиническое преимущество.

### Заключение

Выполнение синус-сберегающих операций на сонных артериях снижает риск осложнений раннего послеоперационного периода, связанных с развитием постоперационной артериальной гипертензии.

### Ключевые слова

Каротидная эндартерэктомия • Нервы каротидного синуса • Артериальная гипертензия • Ритмокардиография

Эффективность хирургической коррекции гемодинамически значимых стенозов внутренних сонных артерий (ВСА) доказана в ряде крупных междуна-

родных исследований. Каротидная эндартерэктомия (КЭАЭ) – наиболее обоснованный и надежный метод профилактики ишемического инсульта как

**Для цитирования:** Фокин А.А., Борсук Д.А., Миронов В.А., - Г.А. Оценка влияния синус-сберегающих модификаций каротидной эндартерэктомии на вегетативную регуляцию и центральную гемодинамику // Патология кровообращения и кардиохирургия. 2016. Т. 20. № 1. С. 19–24.

**Citation:** Fokin AA, Borsuk DA, Mironov VA, Treiger GA. Assessing the impact of sinus-saving modifications of carotid endarterectomy on autonomic regulation and central hemodynamics. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya* [Circulation Pathology and Cardiac Surgery]. 2016;20(1):19-24. (In Russ.).



**Рис. 1.** Анатомия нервов каротидного синуса

у симптомных, так и асимптомных пациентов [1]. При рассмотрении последствий данных оперативных вмешательств неврологические осложнения, связанные с техническими дефектами оперативного пособия, встречаются редко. Угрозу представляют такие осложнения, как гиперперфузионный синдром, острый инфаркт миокарда, послеоперационные гематомы со вторичной нейропатией черепно-мозговых нервов, с которыми может столкнуться любой хирург, вне зависимости от уровня оперативной техники. Ведущим фактором риска вышеперечисленных осложнений является колебания центральной гемодинамики гипертензионного характера, которые встречаются в 19–64% случаев после каротидной эндартерэктомии [2, 3].

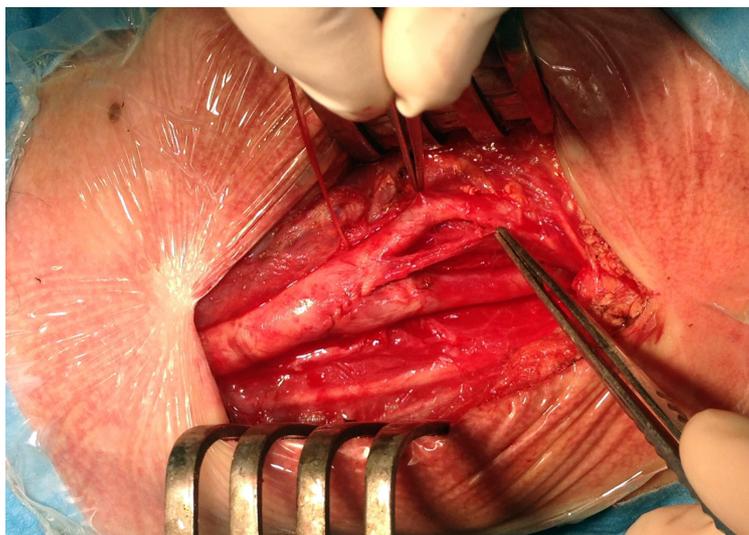
Опубликованные в последнее время работы свидетельствуют о том, что сохранение нервов каротидного синуса (рис. 1) при выполнении операций на сонных артериях способствует более гладкому течению послеоперационного периода, главным образом за счет более управляемого артериального давления [4, 5]. Логичным объяснением этого является более низкое адренергическое влияние на регуляцию сосудистого тонуса у таких пациентов [6].

Целью работы было изучить особенности гемодинамики и изменения периферической вегетативной регуляции, а также вариабельности сердечного ритма в послеоперационном периоде у пациентов, опери-

рованных на сонных артериях, в зависимости от сохранения или повреждения у них нервов каротидного синуса.

## Материал и методы

Ретроспективному анализу подвергли истории болезни 290 пациентов, оперированных на сонных артериях с 2010 по 2014 г. Применяли как эверсионную, так и классическую технику КЭАЭ. Больных разделили на две группы: первая – 167 пациентов, у которых пересекли нервы каротидного синуса при выделении ВСА; вторая – 123 пациента, у которых сохранили нервы каротидного синуса. При классической каротидной эндартерэктомии это не вызывает затруднения, при эверсионной можно достичь сохранения каротидного гломуса за счет тщательного отделения нервов от артерий и пересечения ВСА несколько выше места каротидного гломуса, а не непосредственно в месте отхождения ВСА от общей сонной артерии, после чего КЭАЭ выполняют стандартно (рис. 2). Эверсионную КЭАЭ проводили без сохранения нервов каротидного синуса в тех случаях, когда по причине индивидуальных анатомических особенностей пациента это представляло большее удобство для хирурга при выделении бифуркации общей сонной артерии. Соответствующие данные были указаны в протоколе операции. Группы были сопоставимы по возрасту, полу, исходному невро-



**Рис. 2.** Эверсионная эндартерэктомия с сохранением нервов каротидного синуса

логическому статусу, исходной артериальной гипертензии, сопутствующей патологии, применению временно-го внутрисосудистого шунта, времени пережатия ВСА, контрлатеральному значимому поражению сонных артерий ( $p > 0,05$ ).

Из исследования GALA известно, что после наркоза артериальная гипертензия встречается чаще, чем после регионарной анестезии [7], поэтому мы сопоставили группы по данному критерию. В условиях местной анестезии шейного сплетения выполнили 58 (35,6%) операций у больных первой и 39 (33%) у пациентов второй группы. В условиях наркоза осуществили 109 (64,4%) и 84 (67%) реконструкции соответственно ( $p = 0,8$ ).

Всем пациентам проводили мониторинг гемодинамических показателей на основании данных реанимационных карт в послеоперационном периоде и данных регулярных измерений в отделении до операции. В

обеих группах нас интересовали показатели гемодинамики на первый и третий день после операции: среднее систолическое, среднее диастолическое, среднее артериальное давление (АД), пульсовое АД и частота сердечных сокращений (ЧСС).

Также провели проспективную оценку периферической вегетативной регуляции у 13 пациентов первой и 17 больных второй группы с помощью высокоточного анализа variability сердечного ритма, ассоциирующегося с автономной регуляцией пейсмекерной активности синоатриального узла сердца [8, 9]. В Челябинской областной клинической больнице такое исследование осуществляют практически применением ритмокардиографии высокого разрешения в лаборатории нейрокардиологии. Ритмокардиография – это неинвазивное электрофизиологическое исследование сердца, включающее регистрацию и графическое отображение 200 и более следующих друг за другом

**Таблица 1** Послеоперационные осложнения в исследуемых группах

| Осложнение                        | Группа 1, n (%) | Группа 2, n (%) | p    |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|------|
| Транзиторные ишемические атаки    | 2 (1,1)         | 1 (0,8)         | 0,96 |
| Ишемический инсульт               | 3 (1,7)         | 1 (0,8)         | 0,81 |
| Острый инфаркт миокарда           | 3 (1,7)         | 1 (0,8)         | 0,81 |
| Тромбоз внутренней сонной артерии | 1 (0,6)         | 0 (0)           | 0,87 |
| Преходящие изменения на ЭКГ       | 14 (7,9)        | 8 (6)           | 0,85 |
| Летальность                       | 2 (1,1)         | 1 (0,8)         | 0,96 |

**Таблица 2** Пред- и послеоперационные параметры в первые сутки после каротидной эндартерэктомии

| Показатель                                               | Группа 1        |                                  | Группа 2        |                                  | p      |
|----------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|--------|
|                                                          | Предоперационно | В первые послеоперационные сутки | Предоперационно | В первые послеоперационные сутки |        |
| Среднее систолическое артериальное давление, мм рт. ст.  | 131±14,1        | 151±16,8                         | 140±14,2        | 133±13,5                         | <0,001 |
| Среднее диастолическое артериальное давление, мм рт. ст. | 86±7,3          | 89±10,1                          | 85±6,4          | 79±5,1                           | <0,005 |
| Среднее артериальное давление, мм рт. ст.                | 96              | 99                               | 101             | 88                               | <0,005 |
| Частота сердечных сокращений, уд/мин                     | 68±6,1          | 70±4,2                           | 72±4,6          | 64±5,1                           | <0,05  |
| Пульсовое артериальное давление, мм рт. ст.              | 45±9,3          | 60±13,6                          | 54±9,4          | 52±11,2                          | <0,005 |

кардиоциклов (RR-интервалов) в одном из отведений. Вегетативную регуляцию также оценивали предоперационно, на первые и четвертые сутки после операции.

Проверили исследуемые выборки на нормальность распределений (Хи-квадрат). Отсутствие нормальности распределений и малый объем выборок ( $n = 13$ ,  $n = 17$ ) не позволяют использовать параметрические методы статистического анализа, поэтому для сравнения этих групп использовали непараметрические методы.

## Результаты

В ближайшем послеоперационном периоде не обнаружили статистически значимых различий между группами по отдельным осложнениям (табл. 1). Однако по общему количеству осложнений (транзиторные ишемические атаки, инсульт, острый инфаркт миокарда) была достигнута статистически значимая разница – 8 (4,7%) в первой и 3 (2,4%) пациента во второй группе ( $p < 0,05$ ).

В первый послеоперационный день у пациентов второй группы все гемодинамические характеристики (систолическое, диастолическое, среднее АД, а также ЧСС) были значительно ниже, чем у пациентов первой группы (табл. 2).

На третий послеоперационный день у больных контрольной группы (с пересеченными нервами каротидного синуса) сохранялись более высокие показатели систолического артериального давления (в среднем на 15,5 мм рт. ст.,  $p < 0,03$ ) и ЧСС – 71±6,4 у пациентов первой и 63±5,2 у пациентов второй группы ( $p < 0,05$ ). Остальные гемодинамические параметры к третьему дню после операции были сопоставимы между группами.

Как упомянуто выше, логичным объяснением более управляемого артериального давления у пациентов второй группы является более низкое адренергическое влияние на регуляцию сосудистого тонуса [6]. Для оценки вегетативной регуляции у 13 пациентов первой и 17 больных второй группы применили анализ вариабельнос-

ти сердечного ритма с использованием ритмокардиографии в динамике вегетативных нагрузочных проб.

У пациентов второй группы в первые сутки после операции зарегистрировано значимое снижение симпатического влияния на ритм как в покое, так и после стандартной нагрузочной пробы, дозированной по ЧСС 120 уд/мин, с тенденцией к восстановлению на четвертые сутки. Противоположная ситуация в контрольной группе пациентов: отмечалось снижение парасимпатических влияний и отсутствие тенденции восстановления на четвертый день. Аналогичное состояние отметили при анализе показателей, коррелирующих с выбросом нейротрансмиттеров парасимпатических рецепторов в синаптическую щель.

Динамика показателей, отражающих напряжение механизмов компенсации парасимпатического влияния на регуляцию ритма (частота квантов), у пациентов первой группы значительно снижалась в первый день после операции с последующим неполным восстановлением к третьему дню. Наблюдали повышение показателей, отражающих состояние механизмов компенсации симпатического влияния на регуляцию ритма, в первый послеоперационный день и последующее снижение к третьему дню. В целом у пациентов с пересеченными нервами каротидного синуса можно отметить более медленное восстановление показателей вегетативной регуляции вариабельности сердечного ритма. В то же время у пациентов с сохраненными нервами каротидного синуса динамика показателей парасимпатической активности отражала тенденцию к более раннему восстановлению функций вегетативной регуляции, а симпатическая активность в первый и третий послеоперационные дни оставалась невысокой.

## Обсуждение

Осложнения после операций на сонных артериях встречаются не так часто, но при их возникновении последствия катастрофичны. Одна из главных и не-

решенных проблем послеоперационного периода – стойкая артериальная гипертензия, которая значительно увеличивает риск неблагоприятных исходов. Одной из ведущих причин рассматривают изменение барорецепторной активности. Физиология данного процесса хорошо изучена. Барорецепторы каротидного синуса определяют изменения артериального давления за счет растяжения сосудистой стенки. Растяжение каротидного синуса в ответ на повышение артериального давления обычно вызывает рефлекторную брадикардию и снижение артериального давления, обусловленные активацией депрессорного отдела регуляции сосудистого тонуса и высвобождением медиаторов парасимпатической нервной системы. Анцупов К.А. с соавторами, делая вывод об учащении лабильности АД при разрушении каротидного гломуса и рекомендуя таким образом внедрение в практику технику синус-сберегающей эверсионной КЭАЭ, также основываются на физиологии данного рефлекторного механизма вегетативной регуляции [4]. Удаление кальцинированной бляшки из артериальной стенки меняет ее состояние от фиксированного ригидного до более эластичного. Последующее влияние на эндартерэктомированный сосуд системного АД будет более выраженным в силу указанных выше механических причин и может приводить к гиперреактивному ответу и гипотензии вследствие брадикардии. В нашем исследовании случаев неуправляемой гипотензии, которая потребовала бы применение вазопрессоров и могла бы привести к неврологическим или кардиальным осложнениям, не было. В то же время отмечены статистически достоверно более высокие показатели артериального давления в группе пациентов с пересеченными нервами каротидного синуса. Также у этих пациентов получены результаты, свидетельствующие о более высокой активности симпатической и более низкой активности парасимпатической системы в обеспечении компенсации вегетативных дисрегуляций, более позднем восстановлении всех показателей вариабельности сердечного ритма, отражающих состояние вегетативной регуляции. Это объясняется пересечением, а значит полным выключением депрессорного отдела вегетативной регуляции с абсолютным преобладанием прессорных адренергических влияний.

Существуют разные теории развития артериальной гипертензии после КЭАЭ. Например, в 1989 г. Ahn S.S. с соавторами предположили интракраниальную причину, так как обнаружили в крови яремной вены после операций на сонных артериях повышенное содержание норадреналина и ренина [10]. В 1974 г., когда выполняли большинство КЭАЭ по классической методике, Angell-James выдвинул предположение, что сохранение нервов каротидного синуса улучшает барорефлекторную чувствительность сосудистого русла. Основанием этому послужило исследование 9 пациентов, которым

вызывали рефлекторную брадикардию с целью снижения артериального давления в послеоперационном периоде. Эффект от манипуляции был наибольшим у данных пациентов в сравнении с теми, кому не уделяли внимание в отношении сохранности структур каротидного гломуса [5]. В 2001 г. Mehta M. с коллегами в исследовании указали на то, что у пациентов, оперированных по эверсионной методике, в первые 4 суток после операции отмечали стойкое повышение АД, что наблюдали гораздо реже у пациентов, прооперированных по классической технике КЭАЭ. Коллектив авторов также предположил, что послеоперационная артериальная гипертензия связана с разрушением барорецепторного комплекса синокаротидной зоны [6]. В 2012 г. Demirel S. с соавторами опубликовали работу, согласно которой даже одностороннее пересечение нервов каротидного синуса при эверсионной КЭАЭ приводит к значимым гемодинамическим изменениям, сопряженным с повышением симпатической активности [5]. По результатам нашего исследования и ряда работ других авторов [4–6], сохранение нервов каротидного синуса обоснованно и способствует профилактике стойкой послеоперационной артериальной гипертензии.

## Выводы

- 1) Показатели послеоперационной центральной гемодинамики достоверно различаются в зависимости от сохранения либо пересечения нервов каротидного синуса.
- 2) Применение синус-сберегающей техники в каротидной хирургии снижает риск развития у пациентов послеоперационной артериальной гипертензии и связанных с ней осложнений.
- 3) У пациентов с сохраненными нервами каротидного синуса получены результаты, свидетельствующие о более низкой активности симпатической и более высокой активности парасимпатической системы в обеспечении компенсации вегетативных дисрегуляций, а также более раннем восстановлении всех показателей вариабельности сердечного ритма, отражающих состояние вегетативной регуляции.
- 4) Данное направление требует дальнейшего изучения.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

## Список литературы

1. Покровский А.В., Белоярцев Д.Ф., Адыхаев З.А., Шатохина А.Д., Вафина Г.Р., Кутырев О.Е. Влияет ли способ каротидной реконструкции на непосредственные результаты вмешательства? // Ангиология и сосудистая хирургия. 2012. Т. 18. № 3. С. 81–91.

2. Lesar C.J., Sprouse L.R., Harris W.B. Permissive Hypertension during Awake Eversion Carotid Endarterectomy: A Physiologic Approach for Cerebral Protection // *J. Am. Coll. Surg.* 2014. Vol. 218 (4). P. 760–766. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2013.12.029.
3. Timmers H.J., Buskens F.G., Wieling W., Karemaker J.M., Lenders J.W. Long-term effects of unilateral carotid endarterectomy on arterial baroreflex function // *Clin. Auton. Res.* 2004. Vol. 14 (2). P. 72–79.
4. Анцупов К.А., Лаврентьев А.В., Виноградов О.А., Дадашов С.А., Марынич А.А. Особенности техники гломус-сберегающей эверсионной каротидной эндартерэктомии // *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2011. Т. 17. № 2. С. 119–123.
5. Demirel S., Macek L., Bruijnen H., Hakimi M., Bckler D., Attigah N. Eversion carotid endarterectomy is associated with decreased baroreceptor sensitivity compared to the conventional technique // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2012. Vol. 44 (1). P. 1–8. doi: 10.1016/j.ejvs.2012.04.009.
6. Mehta M., Rahmani O., Dietzek A.M., Mecenas J., Scher L.A., Friedman S.G., Safa T., Ohki T., Veith F.J. Eversion technique increases the risk for post-carotid endarterectomy hypertension // *J. Vasc. Surg.* 2001. Vol. 34 (5). P. 839–45.
7. GALA Trial Collaborative Group, Lewis S.C., Warlow C.P., Bodenham A.R., Colam B., Rothwell P.M., Torgerson D., Dellagrammaticas D., Horrocks M., Liapis C., Banning A.P., Gough M., Gough M.J. General anaesthesia versus local anaesthesia for carotid surgery (GALA): a multicentre, randomised controlled trial // *Lancet.* 2008. Vol. 372 (9656). P. 2132–42. doi: 10.1016/S0140-6736(08)61699-2.
8. Lakusic N., Slivnjak V., Baborski F., Cerovec D. Heart Rate Variability after Off-Pump versus On-Pump Coronary Artery Bypass Graft Surgery // *Cardiol. Res. Pract.* 2009. Vol. 2009. P. 295376. doi: 10.4061/2009/295376.
9. Alici G., Ozkan B., Acar G., Sahin M., Yazicioglu M.V., Bulut M., Kiraz O.G., Esen A.M. Evaluation of Autonomic Functions by Heart Rate Variability after Stenting in Patients with Carotid Artery Stenosis // *Annals of Noninvasive Electrocardiology.* 2013. Vol. 18 (2). P. 126–129. doi: 10.1111/anec.12054.
10. Ahn S.S., Marcus D.R., Moore W.S. Post-carotid endarterectomy hypertension: association with elevated cranial norepinephrine // *J. Vasc. Surg.* 1989. Vol. 9 (2). P. 351–60.

### Assessing the impact of sinus-saving modifications of carotid endarterectomy on autonomic regulation and central hemodynamics

Fokin A.A., Borsuk D.A., Mironov V.A., Trejger G.A.\*

South Ural State Medical University, 64 Vorovskogo St., 454092 Chelyabinsk, Russian Federation

\* Corresponding author. the\_doctor\_174@mail.ru

#### Background

Such complications as myocardial infarction, hyperperfusion syndrome and its effects, postoperative hematomas constitute a life-threatening event during early follow-up of carotid surgery. One of the main risk factors for these complications is a variation of central hemodynamics, especially that leading to arterial hypertension.

#### Objective

The study aimed to evaluate the safety of carotid sinus surgery as a way of preventing arterial hypertension after carotid artery reconstructions. The other objective was to compare the resultant data with the heart rate variations obtained during rhythmocardiography.

#### Methods

The study focused on central hemodynamics indicators and included 290 cases. All patients were broken down in two groups. 167 patients of the first group underwent dissection of carotid sinus nerves. The carotid sinus nerves of patients from the second group (123 patients) were kept intact. Analysis of autonomic regulation of 13 patients from the first group and 17 patients from the other one was then carried out, with the heart rate variations accurately estimated at the neurocardiological laboratory.

#### Results

On the first postoperative day all hemodynamic indicators (such as SBP, DBP, pulse pressure, heart rate) in the second group were lower than those in the first group of patients ( $p < 0.05$ ), while tending to recover by the third day. This fact kept postoperative complications to a minimum. The patients from the second group also demonstrated a lower activity of the sympathetic nervous system and a higher activity of the parasympathetic one. These results explain the difference between the central hemodynamic indicators in two groups.

#### Conclusion

Carotid sinus-saving surgery decreases the risk of early postoperative complications caused by arterial hypertension.

**Keywords:** carotid endarterectomy; carotid sinus nerves; arterial hypertension; rhythmocardiography

**Received** 30 November 2015. **Accepted** 15 February 2016.

**Copyright:** © 2016 Fokin et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Competing interests:** The authors declare no competing interests.