

Список литературы

1. Адыширин-Заде, Э. А. Морфологические проявления адаптации в кровеносном русле органов / Э. А. Адыширин-Заде // Вопросы морфологии кровеносной системы. – Куйбышев : Изд-во Куйбышевск. мед. ин-та, 1979. – С. 3–6.
2. Бабин, В. В. Структурные механизмы регуляции ангиогенеза / В. В. Бабин, Л. В. Фомина // Российские морфологические ведомости. – 1999. – № 1–2. – С. 32.
3. Вартамян, Л. В. Некоторые структурные особенности оболочек мозга и их кровеносных сосудов, имеющие значение в регуляции мозгового кровообращения / Л. В. Вартамян // Биологический журнал Армении. – 1985. – № 9. – С. 816–819.
4. Оглезнев, К. Я. Изменение сосудов головного мозга при закрытой ЧМТ, полученной в состоянии алкогольной интоксикации / К. Я. Оглезнев, С. Б. Сергиевский // Черепно-мозговая травма и алкогольная интоксикация. – М. : Медицина, 1981. – С. 83–87.
5. Смирнова, И. В. Травматическая эпилепсия и алкогольная интоксикация / И. В. Смирнова, А. И. Болдырев // Черепно-мозговая травма и алкогольная интоксикация. – М. : Медицина, 1981. – С. 48–52.

Калаев Александр Александрович, кандидат медицинских наук, профессор РАЕ, заместитель главного врача по хирургии, ГБУЗ АО «Городская клиническая больница № 3 им. С.М. Кирова», Россия, 414038, г. Астрахань, ул. Хибинская, д. 2, тел.: 8-905-364-47-36, e-mail: gkb3@mail.ru.

Молдавская Анна Аркадьевна, доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии человека, ГБОУ ВПО «Астраханская государственная медицинская академия» Минздрава России, Россия, 414000, г. Астрахань, ул. Бакинская, д. 121, тел.: (8512) 52-41-43, e-mail: agma@astranet.ru.

Петров Владислав Владимирович, доктор медицинских наук, профессор кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин НОУ ВПО «Южно-Российский гуманитарный институт» Астраханский филиал, Россия, 414024, г. Астрахань, ул. Н. Островского, д. 56 а, тел.: (8512) 45-91-41, e-mail: srh@astranet.ru.

УДК 612.117.1:611.835.87

© О.В. Калмин, И.В. Бочкарева, 2012

О.В. Калмин, И.В. Бочкарева

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БОЛЬШЕБЕРЦОВОГО НЕРВА

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет» Минобрнауки России

Изучены механические свойства большеберцовых нервов 78 трупов людей обоего пола в возрасте от 21 до 60 лет. Исследование показало, что в течение периода зрелого возраста происходит постепенное увеличение деформационной нагрузки и упругости нерва при малых степенях удлинения (в пределах упругой деформации) вследствие изменения качественного и количественного состава соединительной ткани и уменьшения компенсационных резервных возможностей нерва в целом; снижение прочности и упругости нерва при больших степенях удлинения и в момент разрыва до 50 лет и последующее их увеличение в связи с накоплением в стволе соединительной ткани и склерозом нерва; значительное снижение растяжимости нерва в связи с возрастной качественной и количественной перестройкой нейрофиброархитектоники.

Ключевые слова: большеберцовый нерв, жесткость, деформация, механические свойства.

O.V. Kalmin, I.V. Bochkareva

THE AGE CHANGES OF MECHANICAL PROPERTIES OF THE TIBIAL NERVE

The mechanical properties of tibial nerves of 78 corpses of people of both sex aged from 21 to 60 years were studied. The research showed that during the period of maturity there was gradual increase in deformation loading and elasticity of the nerve at small degrees of lengthening (within elastic deformation) owing to change of qualitative and quantitative structure of the connective tissue and reduction of compensatory reserve possibilities of the nerve as a whole; decrease in strength and elasticity of the nerve at big degrees of lengthening and at the moment of rupture till 50

years and their subsequent increase in connection with accumulation in the trunk of the connective tissue and the nerve sclerosis; considerable decrease in extensibility of the nerve in connection with age qualitative and quantitative reorganization of neurofibroarchitectonics.

Key words: *tibial nerve, rigidity, deformation, mechanical properties.*

Введение. В последние годы резко увеличилось количество повреждений периферических нервов при травмах нижних конечностей, что особенно характерно для большеберцового нерва [5]. Данные о деформативно-прочностных свойствах большеберцового нерва немногочисленны, противоречивы и зачастую получены при проведении хирургических операций на этих нервах [4, 5, 6] или же на образцах нервов, взятых от животных [3]. Крайне немногочисленны сведения о характере и закономерностях возрастной изменчивости механических параметров нервных стволов [4].

Цель: проанализировать возрастную динамику деформативно-прочностных свойств большеберцового нерва взрослых людей.

Материал и методы исследования. Материалом исследования послужили большеберцовые нервы 78 трупов взрослых людей обоего пола в возрасте от 21 до 60 лет, причина смерти которых была не связана с травмой или заболеванием периферической нервной системы. Образцы нервов для исследования брали на уровне подколенной ямки не позднее 24 часов с момента наступления смерти. Изучены механические свойства нерва на 3 уровнях продольной растягивающей деформации: на 10 и 25 % первоначальной длины и в момент разрыва. Материал исследования был разделен на 4 возрастные группы: 1) 21–30 лет, 2) 31–40 лет, 3) 41–50 лет, 4) 51–60 лет. Полученные данные обрабатывали стандартными вариационно-статистическими методами.

Результаты и их обсуждение. Исследование показало, что абсолютная нагрузка при 10 % растяжении большеберцового нерва в течение периода зрелого возраста непрерывно увеличивается с $38,2 \pm 1,4$ Н в 1 группе до $53,4 \pm 1,1$ Н в 4 группе. Общий прирост параметра составляет 39,8 %. Относительная нагрузка при 10 % деформации большеберцового нерва также увеличивается в среднем с 9,5 ± 0,14 % в 1 группе до 22,6 ± 0,45 % в 4 группе (в совокупности – в 2,4 раза). Коэффициент упругости при 10 % удлинении нерва (первый секущий модуль упругости) с увеличением возраста изменяется на 24,7 % (в среднем с $18,94 \pm 1,00$ Н/мм² до $23,61 \pm 0,66$ Н/мм²).

Абсолютная нагрузка при растяжении большеберцового нерва на 25 % первоначальной длины уменьшается от 1 до 3 группы на 20,1 % (с $232,79 \pm 7,59$ Н до $185,92 \pm 5,57$ Н), а после 50 лет снова увеличивается на 4,8 %. Относительная нагрузка при 25 % деформации большеберцового нерва с увеличением возраста, в отличие от абсолютной нагрузки, непрерывно нарастает в среднем с 58,11 ± 0,57 % в 1 группе до 81,63 ± 0,66 % в 4 группе. Коэффициент упругости при больших деформациях (второй секущий модуль упругости) статистически достоверно уменьшается на 25,2 % (с $46,03 \pm 2,23$ Н/мм² в 1 группе до $34,42 \pm 0,91$ Н/мм² в 4 группе).

Общая прочность (разрывная нагрузка) большеберцового нерва статистически достоверно уменьшается от 1 до 4 группы на 40,8 % (в среднем с $404,29 \pm 14,97$ Н до $238,87 \pm 15,43$ Н). Предел прочности большеберцового нерва повторяет динамику разрывной нагрузки. Он достоверно уменьшается от 1 до 4 возрастной группы на 46,7 % (с $19,83 \pm 1,05$ до $10,57 \pm 0,29$ Н/мм²). Максимальная относительная деформация нерва в течение исследованного возрастного периода снижается в 1,29 раза (с $39,88 \pm 0,18$ в 1 группе до $31,03 \pm 0,25$ % в 4 группе). Коэффициент жесткости (модуль Юнга) большеберцового нерва при разрыве сначала статистически достоверно уменьшается от 1 до 3 группы на 34,6 % (с $50,51 \pm 2,75$ до $33,01 \pm 0,88$ Н/мм²), а к 60 годам снова возрастает на 3,1 % (до $34,02 \pm 0,84$ Н/мм²).

Выявленная динамика деформативно-прочностных свойств большеберцового нерва в течение периода зрелого возраста связана с возрастными изменениями его внутривольного строения [1]. Известно, что на начальной стадии деформация нерва происходит преимущественно за счет сглаживания волн извилистости самого нерва, отдельных его пучков в стволе, выпрямления складок нервных волокон и растяжения соединительнотканых, в основном эластических, волокон [2]. Поэтому динамика абсолютной нагрузки и коэффициента упругости при 10 % деформации связана преимущественно с изменением структуры, качественного и количественного состава соединительной ткани нерва из-за накопления в нем коллагена и жировой ткани, уменьшения содержания эластина и снижения деформационных резервов [2, 6]. С возрастом происходит склерозирование нерва, вследствие чего утолщаются его оболочки и увеличивается содержание соединительной ткани в нерве [2]. При больших (15 % и более) деформациях растяжение нерва происходит за счет всех его компонентов: и нервных, и соединительнотканых, преимущественно коллагеновых [2, 4, 5, 6]. После 50 лет дальнейшее количест-

венное накопление соединительной ткани приводит к качественным изменениям. Вследствие перестройки молекулярной структуры соединительной ткани происходит увеличение ее жесткости [2] и, следовательно, жесткости нерва.

Корреляционный анализ показал, что наиболее значительное положительное влияние на величину абсолютной нагрузки при 10 % деформации оказывают толщина оболочек нерва ($h = 0,30-0,53$), абсолютная и относительная площади поперечного сечения соединительной ткани ($h = 0,42-0,74$). Коэффициент упругости при 10 % деформации в наибольшей степени также связан с относительным содержанием соединительной ткани в стволе нерва ($h = 0,39$). Абсолютная нагрузка при 25 % деформации в наибольшей степени связана положительной корреляцией с относительной площадью поперечного сечения соединительной ткани ($h = 0,44$), средней площадью поперечного сечения одного пучка ($h = 0,34$) и плотностью нервных волокон. Коэффициент упругости при 25 % деформации нерва наиболее тесно связан положительной корреляцией с относительной площадью поперечного сечения пучков ($h = 0,47$), количеством и плотностью нервных волокон в стволе ($h = 0,32$). Наибольшее влияние на величину общей прочности оказывают относительная площадь поперечного сечения пучков ($h = 0,47$), толщина оболочек нервов ($h = -0,43 - -0,40$) и плотность нервных волокон ($h = 0,46$). Предел прочности и коэффициент жесткости наиболее тесно связаны положительной корреляцией с абсолютной и относительной площадями поперечного сечения пучков нервных волокон ($h = 0,39-0,67$), общим количеством и плотностью нервных волокон ($h = 0,42-0,48$).

Заключение. В течение периода зрелого возраста происходит значительное изменение механических свойств большеберцового нерва, которые можно свести к нескольким основным тенденциям:

1) прочность и упругость нерва при малых степенях удлинения нерва непрерывно увеличиваются вследствие изменения качественного и количественного состава соединительной ткани и уменьшения компенсационных резервных возможностей нерва в целом;

2) прочность и жесткость нерва при больших деформациях и при разрыве с 21 года до 50 лет снижаются, в первую очередь, в результате дегенерации нервных волокон, а после 50 лет, наоборот, увеличиваются в связи с развивающимся склерозом нервного ствола;

3) растяжимость нерва в течение зрелого возраста непрерывно уменьшается в связи с возрастной качественной и количественной перестройкой нейрофиброархитектоники.

Список литературы

1. Калмин, О. В. Сравнительная характеристика внутривольного строения большеберцового и общего малоберцового нервов в зрелом возрасте / О. В. Калмин, И. В. Паткина // Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – Т. XIV, № 3. – С. 38–40.
2. Серов, В. В. Соединительная ткань : функциональная морфология и общая патология / В. В. Серов, А. Б. Шехтер. – М. : Медицина, 1981. – 310 с.
3. Шевцов, В. И. Динамика изменений большеберцового нерва при удлинении голени собак автодискратором / В. И. Шевцов, Т. Н. Варсегова, М. М. Щудло, С. А. Ерофеев // Гений ортопедии. – 2004. – № 1. – С. 51–54.
4. Brooks, A. D. Resection of the sciatic, peroneal, or tibial nerves: assessment of functional status / A. D. Brooks, J. S. Gold, D. Graham et al. // Ann. Surg. Oncol. – 2002. Jan. – Vol. 9, № 1–2. – P. 41–47.
5. Ramic, I. Work capacity evaluation in Bosnia war veterans with peripheral nerve injuries in the extremities / I. Ramic, V. Z. Filipovic // Article in Croatian. Med. Arh. – 2002. – Vol. 56. – P. 289–292.
6. Viidik, A. On fundamental and phenomenological models, structure and mechanical properties of collagen, elastin and glucosaminoglycan complexes / A. Viidik, C. C. Danielsen, H. Oxlund // Biorheology. – 1982. – Vol. 19. – P. 437–451.

Калмин Олег Витальевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии человека, ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет» Минобрнауки России, Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40, тел.: (8412) 36-84-16, e-mail: ovkalmin@gmail.com.

Бочкарева Ирина Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии человека, ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет» Минобрнауки России, Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40, тел.: (8412) 36-84-16, e-mail: cnit@pnzgu.ru.