

УДК 591.483:591.471.372

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ИСТОЧНИКАХ РАЗВИТИЯ И СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СОЕДИНИТЕЛЬНОТКАННЫХ ОБОЛОЧЕК ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ ПЛЕЧЕВОГО СПЛЕТЕНИЯ

Затолокина М. А.

ГБОУ ВПО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, Курск, Россия (305041, Курск, ул. Карла Маркса, 3), e-mail: marika1212@mail.ru

В статье представлены данные литературного обзора об источниках развития и структурно-функциональных особенностях соединительнотканых оболочек периферических нервов плечевого сплетения. Было выявлено, что развивающиеся соединительнотканые оболочки, на протяжении всего внутриутробного периода развития имеют различные соотношения клеточных и волокнистых структур. Это позволило выделить следующие стадии: клеточная, клеточно-волокнистая, волокнисто-клеточная и волокнистая. При этом закладка и развитие эпинеурия по времени опережает развитие перинеурия, развитие которого, в свою очередь, происходит раньше эндоневрия. Также, эндо-, пери- и эпинеурий периферических нервных стволов являются многотканевыми структурами, в составе которых присутствуют: рыхлая волокнистая неоформленная соединительная ткань, эпителиальная ткань, гладкая мышечная ткань, нервная ткань. Все это дает основание считать, что соединительнотканые оболочки, окружающие нервные стволы, являются единым функционирующим аппаратом.

Ключевые слова: периферические нервы, плечевое сплетение, эндоневрий, перинеурий, эпинеурий.

MODERN CONCEPTS OF SOURCES DEVELOPMENT AND STRUCTURAL AND FUNCTIONAL FEATURES OF SHELLS CONNECTIVE TISSUE OF PERIPHERAL NERVES OF THE BRACHIAL PLEXUS

Zatolokina M. A.

Kursk State Medical University, Kursk, e-mail: marika1212@mail.ru

The data of the literary review on sources of the development and the structurally functional features of the connective tissue membranes of the peripheral nerves of the brachial plexus are presented in the article. It has been revealed that the developing connective tissue membranes, throughout all the antenatal period of development have various ratios of cellular and fibrous structures. It has allowed to allocate the following stages: cellular, cellular and fibrous, fibrous and cellular and fibrous. At the same time, the anlage and the development of the epineurium advances the development of the perineurium, which in turn, happens earlier than the endoneurium's. Also, endo-, peri- and epineurium of the peripheral nervous trunks are multitissue structures which comprise: the areolar shapeless tissue, the epithelium, the smooth muscular tissue, the nervous tissue. All this gives the grounds to consider that the connective tissue membranes surrounding nervous trunks are the common functioning device.

Keywords: peripheral nerves, brachial plexus, endoneurium, perineurium, epineurium.

Необходимость изучения эмбриогенеза соединительнотканых оболочек периферических нервов плечевого сплетения продиктована активным их влиянием на рост и дифференцировку нерва в целом. Возникновение и развитие стромы нерва имеет большое значение в формировании структуры периферических нервов [2,6,9]. Цель нашего исследования состояла в анализе литературных данных о современных представлениях об источниках развития и структурно-функциональных особенностях соединительнотканых оболочек периферических нервов плечевого сплетения.

Почти столетие назад И. Броманом (1927) уже было выявлено, что к моменту вступления плечевого сплетения в конечность оно окружается соединительноткаными

влагалищами, которые окутывают отдельные волокна в меньшие или большие пучки. В сороковые годы прошлого столетия Л. Вольфсон (1940), изучая развитие плечевого сплетения у человека, выявил, что обособление нервных стволов происходит при помощи соединительнотканых прослоек, внедряющихся между отдельными стволами. В 50-70-е годы прошлого столетия изучением процесса развития и становления невралных оболочек, являющихся составной частью нерва как органа, активно занимались такие морфологи, как: П. Ф. Степанов (1958–1971), Ю. П. Судаков (1968–1971), В. Г. Воробьева и А. Н. Шарова (1968–1971). В результате было установлено, что в развитии соединительнотканых оболочек периферических нервов плечевого сплетения непосредственное участие принимает мезенхима, имеющая различную степень зрелости. На протяжении всего внутриутробного периода оболочки нервов в своем развитии проходят клеточную, клеточно-волокнистую, волокнисто-клеточную и волокнистую стадии развития.

На ранних сроках эмбрионального развития человека плечевое сплетение располагается в гомогенной мезенхиме, внутренний слой клеток которой, прилежащий к нервам, образует закладку эпинеурия. Ядра клеток мезенхимы, имеющие округлую или овальную формы, располагаются в толще нервов без определенной закономерности. От внутривольных, отростчатых клеток мезенхимы, расположенных в виде цепочек, отходят отростки, посредством которых внутривольные клетки соединяются с отростками клеток мезенхимы закладки эпинеурия. При этом образуется внутренний нежно волокнистый ретикулярный остов, петли которого имеют полигональную форму. Ретикулярный остов в каждом развивающемся нерве является структурой, которая по отношению к нему выполняет опорно-трофическую функцию. В течение эмбрионального периода развития ретикулярный остов не исчезает бесследно, а является основой, на базе которой происходит формирование эпи-, пери- и эндоневрия. У эмбрионов более поздних сроков развития в результате разрежения параневральной мезенхимы происходит выделение закладки эпинеурия, которая представлена одним-тремя слоями клеток мезенхимы. Отростчатые клетки, соединяясь своими отростками, образуют наружный ретикулярный остов. Особенностью такого наружного ретикулярного остова является то, что наружными отростками он связан с отростками параневральной мезенхимы, а внутренними – с отростками внутривольных клеток мезенхимы, участвуя вместе с ними в формировании внутреннего ретикулярного остова. В его основе содержатся петли полигональной формы, которые вытянуты в поперечном и растянуты в продольном направлениях. Срединный, лучевой и локтевой нервы имеют более сложно устроенный ретикулярный остов, чем кожные, мышечно-кожный и подмышечный нервы. Большая часть внутривольных клеток мезенхимы, группируясь в виде цепочек, выделяет границы первичных пучков. По мере

увеличения количества клеточных рядов, в закладке эпиневрия появляются нежные волокнистые структуры, и эпиневральная ткань постепенно приобретает клеточно-волокнистое строение. Количество клеточно-волокнистых рядов в закладке эпиневрия варьирует в зависимости от толщины нервов. В результате, крупные в диаметре нервные стволы содержат большее количество клеточно-волокнистых структур, чем тонкие. Параллельно с этими процессами происходит разделение закладки эпиневрия на наружный и внутренний слои. Наружный слой закладки эпиневрия тесно взаимосвязан с закладками мышц, фасций, в нем преобладают волокнистые структуры над клеточными. Внутренний слой эпиневрия содержит больше клеточных элементов и связан с закладкой периневрия. Толщина закладки эпиневрия практически двукратно преобладает у срединного, лучевого и локтевого нервов над тонкими нервами. У эмбрионов и плодов более позднего срока развития количество волокнистых структур в закладке эпиневрия продолжает увеличиваться, и в результате эпиневрив приобретает волокнисто-клеточное строение, сохраняя при этом разделение на внутренний и волокнистый слои. В толще нервов внутривольные отросчатые клетки мезенхимы, расположенные в виде цепочек, образуют закладку периневрия, который дополняется нежными волокнами и разделяет нервы на первичные пучки. В закладке периневрия наряду с клетками появляются волокнистые структуры. Толщина закладки периневрия имеет схожую тенденцию, что и толщина закладки эпиневрия. В толще первичных пучков отростки внутривольных клеток мезенхимы, соединяясь друг с другом и с отростками клеток мезенхимы, закладки периневрия образуют ретикулярный остов первичного пучка, петли которого переходят из одного пучка в другой. Закладка периневрия у эмбрионов и плодов более позднего срока развития приобретает клеточно-волокнистое и волокнисто-клеточное строение, структуры его располагаются вокруг пучков в один-три ряда. В периневрив первичных пучков отчетливо видно разделение на наружный и внутренний слои. Внутренний слой продолжается в толщу некоторых первичных пучков и обеспечивает разделение первичных пучков на вторичные пучки. Закладка периневрия вторичных пучков имеет клеточное и клеточно-волокнистое строение, структуры его располагаются вокруг пучков в один-два ряда. В толще первичных и вторичных пучков внутривольные отросчатые клетки мезенхимы имеют овальные или веретеновидные ядра и располагаются без определенной закономерности. Отростки этих клеток, соединяясь между собой и с отростками клеток закладки периневривальных влагалищ, образуют ретикулярный остов, обособленный для каждого пучка. У плодов человека на самых поздних сроках развития и у новорожденных в строении невральнх влагалищ волокнистые структуры преобладают над клеточными. Волокнистые и клеточные элементы эпиневривального влагалища располагаются вокруг нервов в 3–10 рядов. Клетки в эпиневрив

не многочисленны и располагаются во внутреннем слое. Ядра клеток имеют веретенообразную форму. Внутренний слой эпиневрия продолжается в толщу нерва и связан с периневрием. Толщина эпиневрия в 2–3 раза больше периневрия. Волокнистые и клеточные структуры периневрия располагаются вокруг первичных пучков в 3–6 рядов. В периневррии первичных пучков выделяется два слоя – внутренний и наружный. В наружном слое больше располагается волокнистых структур, во внутреннем – клеточных элементов. Внутренний слой периневрия продолжается в толщу некоторых первичных пучков и разделяет их на вторичные. Периневррий вторичных пучков имеет различную степень зрелости.

Таким образом, развивающиеся соединительнотканые оболочки, на протяжении всего внутриутробного периода развития имеют различные соотношения клеточных и волокнистых структур [1,2,3]. Это позволило выделить в развитии невральных оболочек периферических нервов плечевого сплетения следующие стадии, о которых в своих работах еще в 60-е годы прошлого столетия говорил П. Ф. Степанов: клеточная, клеточно-волокнистая, волокнисто-клеточная и волокнистая. При этом при образовании срединного, локтевого и лучевого нервов эти стадии, сменяющие одна другую, протекают значительно быстрее, чем у кожных, мышечно-кожном и подмышечном нервах. Резюмируя все ранее изложенное, следует подчеркнуть, что на протяжении всего периода эмбрионального развития оболочки периферических нервов плечевого сплетения имеют разное соотношение клеточных и волокнистых структур, как в качественном, так и в количественном аспекте. Так же, закладка и развитие эпиневрия по времени опережает развитие периневрия, развитие которого, в свою очередь, происходит раньше эндоневрия.

Что касается современных представлений об особенностях строения соединительнотканых оболочек периферических нервов плечевого сплетения, можно смело констатировать, что принципиальных отличий от схемы, предложенной К. А. Григоровичем еще в 1981 году, нет. Соединительнотканые оболочки образуют внешний футляр нерва и окружают каждый пучок внутри него и нервные волокна внутри нервных пучков. Согласно такому расположению выделяют: эпиневррий, периневррий и эндоневррий. Многочисленные наблюдения показывают, что степень развития соединительнотканых оболочек периферических нервов определяется пучковой структурой, топографическими, возрастными и индивидуальными особенностями [5.6.9]. Наиболее лабильным компонентом невральных оболочек является эпиневррий, который покрывает нервный ствол снаружи, ограничивая его от окружающих тканей. Основным структурным компонентом его является рыхлая волокнистая соединительная ткань, заполняющая все промежутки между отдельными пучками нервных волокон, и жировая ткань. Большинство авторов [4,9,10]

называют эту ткань внутренним эпиневрием, в отличие от наружного эпиневрия, окружающего нервный ствол снаружи и образованного более плотной тканью. Эпиневрй является основным носителем кровеносных сосудов и составляет главную базу для кровоснабжения проводникового аппарата, играет первостепенную трофическую и защитную роль, а также принимает непосредственное участие в продуцировании периневральной жидкости. Околопучковый эпиневрй переходит в периневрий, который образует плотные соединительнотканые футляры вокруг нервных пучков и подразделяется на наружный и внутренний. Как правило, при препаровке периневрий сравнительно легко удаляется, разделяясь на два, иногда три слоя. Наружный слой периневрия представлен пересекающимися соединительноткаными волокнами, во внутренних слоях обнаруживается большое количество соединительнотканых клеток, среди которых залегают периневральные сосудистые сплетения. При этом внутренний слой кровоснабжается и иннервируется гораздо богаче наружного. Висцеральная часть периневрия, непосредственно прилегающая к нервным волокнам, образует ряд перегородок внутрь нервных пучков [7,8]. Выраженность эндоневральных прослоек соответствует толщине внутреннего периневрия. Эндоневрий состоит из тонких пучков и одиночных волокон соединительной ткани. В эндоневральной соединительной ткани содержатся мельчайшие ветвления и капиллярные сети кровеносных сосудов, посредством которых поступают питательные вещества к нервным волокнам и леммоцитам [6,10]. Расположенные в эндоневрии, так называемые эндоневральные пространства, являются своеобразным барьером, не пропускающим чужеродные белковосвязанные соединения. Благодаря продольному расположению коллагеновых волокон не происходит тракционной травматизации нерва при повреждении, но при этом обеспечивается свободное смещение нервных волокон при сгибательных движениях конечности и ориентация направленного роста нервных волокон при регенерации нерва. Что касается особенностей кровоснабжения и иннервации, то существует некая специфичность пространственных взаимоотношений артериальных и венозных компонентов микроциркуляторного русла. Для невральных оболочек характерна многогранность деления внутриневральных артерий, наличие последовательных звеньев микроциркуляторного русла, широкое анастомозирование сосудов, значительная пластичность сосудистых стенок, умеренная извитость начальных отделов артерий и артериол, наличие запирательных устройств в устьях артериальных сосудов и артерио-венулярных анастомозов. Следует отметить, что в эпиневрйи артериальные ветви чаще отделяются под прямыми углами, описав дугу, принимают продольную ориентацию, что создает условия для равномерного тока крови в сосудах периневрия, в котором ветви сосудов отходят под острыми углами. Во внутренних слоях периневрия залегают прекапилляры, капилляры и посткапилляры, в

эндоневрии имеются только капилляры. В эпиневррии обнаруживаются артериолы со спиралеобразным расположением миоцитов, располагающихся в виде «манжеток». Для капилляров эпиневррии характерна большая, в сравнении с капиллярами периневррии, вариабельность ядер эндотелиоцитов. Вазкуляризацию периневррии обеспечивают ветви артерий, залегающих в слоях эпиневррии, прилежащих к нервным пучкам. От артерий в наружные слои периневррии отходят артериолы, которые проникают в субэндотелиальные слои и отдают под острыми и прямыми углами капилляры. Интересно отметить, что в капиллярах периневррии расстояние между эндотелиоцитами ничтожно мало и это создает предпосылки для более высокого уровня обменных процессов и трофики нервных проводников. Специфичность нервного аппарата оболочек определяется особенностями строения соединительнотканых и сосудистых образований нерва. В эпиневррии залегают свободные и несвободные компактные и диффузные кустиковидные рецепторы, терминали которых распространяются среди волокон соединительной ткани, кровеносных сосудов и захватывают стенки периневральных и периаксональных влагалищ. В соединительнотканых слоях периневррии залегают нервные пучки, содержащие единичные нервные волокна. Эндоневрий, в сравнении с другими оболочками, весьма беден нервными структурами. В нем залегают нервные пучки, одиночные нервные проводники и кустиковидные свободные рецепторы с ограниченными ветвлениями терминалей. Нервному аппарату оболочек принадлежит существенная роль в восприятии и проведении болевых раздражений. Сигалевич Д. А. (1968) считал, что невральные оболочки являются субстратом коллатеральных нервных путей.

Заключение. Резюмируя вышеизложенный материал, следует сделать вывод о том, что эндо-, пери- и эпиневррий периферических нервных стволов являются многотканевыми структурами, в составе которых присутствуют: рыхлая волокнистая неоформленная соединительная ткань, эпителиальная ткань (периневральный эпителий и эндотелий эпиневральных сосудов), гладкая мышечная ткань (гладкие миоциты в составе эпиневральных сосудов), нервная ткань (аксоны и швановские клетки периферических нервных волокон иннервационного аппарата эпи- и периневррии). Учитывая особенности структурной организации невральных оболочек, их функции многогранны: трофика проводникового аппарата, иннервация, амортизация и фиксация нервных стволов. Все это дает основание считать, что соединительнотканые оболочки, окружающие нервные стволы, являются единым функционирующим аппаратом.

Список литературы

1. Гаджиев Г. А. О строении эпинеуральной оболочки некоторых периферических нервов [Текст]: материалы Закавказской конференции морфологов / Г. А. Гаджиев, Э. К. Гасымов. – Баку, 1989. – С.80-82.
2. Карагуяр М. Н. Влияние мезенхимальных стволовых клеток на восстановление периферического нерва после травмы [Текст]: дис. ... канд. биол. наук. – М., 2013. – 169 с.
3. Никитюк Б. А. Морфология человека / Б. А. Никитюк, В. П. Чтецов. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1990. – С. 334.
4. Польской В. С. Параневрий седалищного нерва человека [Текст] : автореф. дис. ... канд. мед. наук / В. С. Польской. – Симферополь, 1991. – 22 с.
5. Турсунова Ю. П. Морфометрические показатели миелиновых и безмиелиновых нервных волокон срединного нерва [Текст] / Ю. П. Турсунова, И. А. Баландина, О. А. Судюков, Л. В. Некрасова // Медицинская наука и образование Урала. – Тюмень, 2010. – С.71-74.
6. Царев А. А. Структурные изменения сосудисто-нервного пучка поперечно - полосатой мускулатуры конечностей при повреждении периферических нервов [Текст] / А. А. Царев, В. В. Кошарный // Вестник проблем биологии и медицины. – 2012. – Т. 2. – № 2. – С. 9-15.
7. Швецов В. И. Особенности клеточного состава эндоневрия седалищного нерва при distractionном остеосинтезе бедра у собак [Текст] / В. И. Шевцов, Н. А. Щудло, М. М. Щудло, И. В. Борисова // Морфология. – 2007. – Т. 131. – № 4. – С. 39-44.
8. Шевцов В. И. Поражение *vasanervorum* как этиопатогенетический фактор массовой деструкции нервных волокон в нервах конечностей при повреждении костей и чрескостномостеосинтозе [Текст] / В. И. Шевцов, М. М. Щудло, Н. А. Щудло // Известия Челябинского научного центра. – 2003. – Вып. 4 (21). – С. 170-175.
9. Wehbé M. A. Brachial plexus anatomy / M. A. Wehbé // Hand Clin. – 2004 Feb. – 20(1). – P. 1-5.
10. Johnson E. Neuroanatomy of the brachial plexus: normal and variant anatomy of its formation / E. Johnson, M. Vekris // SurgRadiol Anat. – 2010. – V. – 32(3). – P. 291-297.