

И.В. Гайворонский^{1,2}, А.А. Родионов², И.А. Горячева^{1,2},
Н.К. Хабибуллина^{1,2}, Г.И. Ничипорук^{1,2}

Особенности кровоснабжения полового члена и влияние на него суточных биоритмов

¹Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Резюме. Рассматриваются вопросы нейрогуморальной регуляции эректильной функции полового члена и влияние на нее суточных биоритмов. Показано, что реализация эректильной функции обусловлена особенностями кровоснабжения полового члена: наличием множественных источников васкуляризации, обилием анастомозов между глубокими и дорсальными артериями, специфичностью иннервации гладкомышечных подушечек в завитковых артериолах, кавернах и венулах, временным препятствием оттоку крови на различных уровнях венозного русла органа. Полагаем, что функциональная автономия полового члена определяется наличием в пещеристых телах ганглиозной системы, обладающей собственным автоматизмом. Данная система способна изменять состояние полового члена от покоя до эрекции самостоятельно без участия различных отделов центральной нервной системы. Интрамуральные парасимпатические ганглии осуществляют иннервацию гладкомышечных подушечек сосудов как самостоятельно, так и с участием крестцового отдела центральной нервной системы. Существенное влияние на сексуальную активность мужчин оказывает гормональный фон. Согласно часовому и суточному биоритмам, максимальная концентрация тестостерона в плазме крови наблюдается в утренние часы после пробуждения, а минимальная – вечером. Биоритм эрекции отчетливо проявляется во время сна, в то время как в состоянии бодрствования в течение дня он искажается под действием различных раздражителей. Следовательно, особенности кровоснабжения полового члена, обуславливающие эрекцию и детумесценцию, связаны с нейроэндокринными и вегетативными биоритмами организма. Изолированный и комплексный вклад интегративно-регуляторных систем в регуляцию эректильной функции требует дальнейшего многоуровневого изучения.

Ключевые слова: половой член, кровоснабжение полового члена, иннервация полового члена, биоритмы, эрекция, тестостерон, пещеристые тела, нейрогуморальная регуляция.

По данным ряда исследователей, регуляторные механизмы сосудистой системы представляют собой аппарат, предназначенный исключительно для удовлетворения потребностей тканей органа в питании [1]. По нашему мнению, сосудистая система полового члена является исключением из этого утверждения, так как она обеспечивает не только трофику тканей полового члена, но и его эректильную функцию. Эрекция представляет собой комплекс физиологических процессов, требующих участия центральной и периферической нервной системы, сосудистых и тканевых структур, нейрофизиологических медиаторов. Некоторые авторы [3, 15], рассматривая патогенетические аспекты эректильной дисфункции, пришли к убеждению, что причиной последней могут быть как отдельные факторы, так и их совокупность.

Известно, что механизмы гуморальной регуляции эрекции складываются из взаимосочетанного влияния гормонов желёз внутренней секреции, нейроэндокринной деятельности гипоталамуса, а также в известной степени медиаторно-ферментативного обмена и подчинены суточным биоритмам [21].

Несмотря на существующие постулаты, вопросы нейрогуморальной регуляции полового члена, ее роль в эректильной функции полового члена, а также под-

чиненность последней суточным биоритмам являются чрезвычайно сложными и до конца не выясненными. Рассматривать их нужно только с позиций тесной морфофункциональной связи с особенностями кровоснабжения и оттока крови.

К артериям полового члена, обеспечивающим васкуляризацию полового члена, относят 8 источников кровоснабжения: дорсальные и глубокие артерии полового члена доставляют кровь преимущественно в пещеристые тела; артерии луковицы полового члена и уретральные артерии – к губчатому телу, луковице и уретре. Для обеспечения эректильной функции наибольшее значение имеют глубокие и дорсальные артерии полового члена. Весьма важной особенностью кровоснабжения полового члена является очень богатое их анастомозирование.

По данным Э.В. Семенова [20], на поперечном срезе пещеристого тела можно выделить две зоны кровоснабжения: центральную, доставка крови в которую осуществляется в основном за счет глубокой артерии, и периферическую, получающую кровь от ветвей дорсальных артерий. Мы предлагаем такую позицию и предлагаем оригинальную схему кровоснабжения пещеристого тела (рис. 1). По нашему мнению, граница между этими зонами весьма условна, и сосуды этих зон могут перекрывать друг друга.

Большое количество межартериальных и артериоло-венулярных анастомозов на всех уровнях артериальной системы полового члена обеспечивает эффективное шунтирование крови между указанными источниками кровоснабжения, так и ее быстрое поступление в венозное русло. Терминальный уровень кровоснабжения обеспечивают открывающиеся непосредственно в лакуны пещеристых тел многочисленные завитковые артериолы. Они берут начало от ветвей глубоких и дорсальных артерий полового члена.

Ветви дорсальных артерий, прободающие белочную оболочку, в ряде случаев могут замещать глубокие артерии полового члена [4, 5]. В данном случае четкого деления пещеристого тела полового члена на центральную и периферическую зоны не прослеживается, и в отличие от обычных условий гемодинамики органа васкуляризация периферической зоны преобладает над центральной.

В вялом состоянии полового члена центральная зона пещеристого тела кровоснабжается хуже, чем периферическая. Это обусловлено тем, что глубокая артерия находится в спавшемся состоянии, возможно из-за наличия сфинктера у места её входа в пещеристое тело или расположенного на протяжении. По этой причине величина артериального давления в ней ниже, чем в дорсальной артерии. Следовательно, дорсальной артерии отводится ведущая роль в кровоснабжении полового члена в его вялом состоянии. Кроме того, приток крови по данной артерии способствует выравниванию указанной разницы артериального давления в центральной и периферической зонах пещеристого тела.

В вялом состоянии, по данным В.В. Кришталь, С.Р. Григорян [12], внутripещеристое давление составляет около 5 мм рт. ст., а объем оттекающей крови – от 2,5 до 8 мл/мин и равен объему притекающей крови.

Отток крови из центральной зоны пещеристого тела происходит в основном через глубокую вену, а от периферической зоны в глубокую дорсальную вену через систему эмиссарных вен.

К особенностям строения стенок сосудов, участвующих в кровоснабжении полового члена, относят наличие выступающих в их просвет субинтимальных гладкомышечных образований – подушечек Эбнера, а также наличие в их стенках гладких мышечных клеток, формирующих циркулярные и продольные пласты и сфинктеры. Следовательно, гладкие мышечные волокна сосудов и ячеек (каверн) пещеристого и губчатого тел играют роль ключевой мишени в процессе эрекции. Известно, что эрекция может быть вызвана нервными импульсами, исходящими из высших центров головного мозга (психогенная эрекция), или из центров спинного мозга – рефлексогенная эрекция [13].

По данным В.М. Покровского, Г.В. Коротько [18], гладкая мускулатура сосудов имеет собственный базальный тонус. Он наиболее выражен в сфинктерах. Гладкая мускулатура полового члена имеет симпатическую (адренергическую) и парасимпатическую

(холинергическую) иннервацию [18]. Нервные волокна идут к гладкой мускулатуре центральной зоны пещеристого тела в составе адвентиции глубокой артерии полового члена и её ветвей, а к периферической в составе стенки дорсальной артерии и её ветвей. По данным П.К. Джонсон [7], вегетативные нервные волокна доходят в основном до артериол, которые хорошо иннервированы. В то же время автор отмечает, что капиллярная сеть не имеет непосредственной иннервации. Учитывая, что между сосудами этих зон нет четкой границы, то нет четкой границы и между их вегетативной иннервацией.

Строение нервных окончаний в гладкой мышце отличается от строения нервно-мышечного синапса скелетной мышцы. В гладкой мускулатуре нет концевых пластинок и отдельных нервных окончаний. По всей длине разветвлений адренергических и холинергических нервных волокон имеются утолщения, называемые варикозами. Они содержат гранулы с медиатором, который выделяется из каждого расширения. Нейромедиаторы диффундируют из варикозных терминалей в межклеточное пространство. Последующее взаимодействие нейромедиаторов с их рецепторами в мембране вызывает сокращение либо расслабление гладких мышечных клеток. Гладкая мускулатура полового члена, иннервируемая симпатическими нервами, имеет два вида рецепторов – α и β . Медиатор норадреналин, взаимодействуя с этими видами рецепторов, оказывает разный эффект. Так, действие норадреналина на α -адренорецепторы вызывает генерацию возбуждения гладких мышечных клеток и усиливает сосудистый тонус мелких сосудов. На β -адренорецепторы норадреналин оказывает тормозящее действие, и гладкая мускулатура сосудов расслабляется [25].

Расслабление гладкомышечных волокон в сосудах и трабекулах полового члена, кроме адреналина, контролирует и оксид азота, вырабатываемый эндотелием сосудов [25]. Аналогичным действием обладают вазоактивный интестинальный пептид, простагландин E1 (альпростадил), вещество P и кальцитонин – генсвязанный пептид и др. [26, 27]. Эти вещества способствуют увеличению образования циклического аденозинмонофосфата из аденозинтрифосфата снижают концентрацию цитоплазматического связанного кальция и ингибируют эффект α -адренергических рецепторов, оказывая выраженный расслабляющий эффект на гладкую мускулатуру [27]. По окончании половой активности (в фазу детумесценции, наступающую обычно после семяизвержения) происходит выделение симпатического медиатора норадреналина, который приводит к сокращению гладкой мускулатуры трабекул и сфинктеров завитковых артериол.

Известно, что каждый орган, в том числе и половой член, функционирует под двойным контролем: нервным, со стороны вегетативной нервной системы, и гуморальным, в частности – со стороны гормонов. По мнению И.И. Дедова, В.И. Дедова [6], основой, на которой базируется пирамида нейроэндокринной

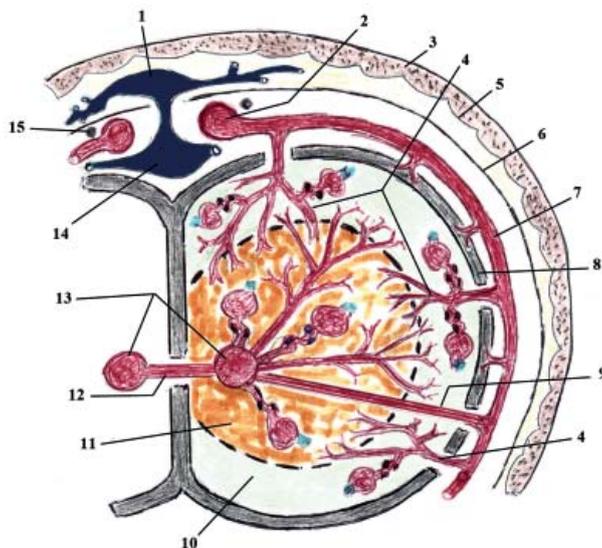


Рис. 1. Источники кровоснабжения центральной и периферической зон пещеристого тела полового члена (схема):
 1 – поверхностная вена полового члена; 2 – дорсальная артерия полового члена; 3 – кожа полового члена;
 4 – интраорганные ветви дорсальной артерии полового члена, васкуляризирующие периферическую зону пещеристого
 тела; 5 – поверхностная фасция полового члена; 6 – собственная фасция полового члена; 7 – огибающая артерия
 полового члена; 8 – белочная оболочка пещеристого тела; 9 – анастомоз между глубокой и дорсальной артерией полового
 члена; 10 – периферическая зона пещеристого тела; 11 – центральная зона пещеристого тела; 12 – анастомоз между
 глубокими артериями полового члена; 13 – глубокая артерия полового члена и её ветви, васкуляризирующие центральную
 зону пещеристого тела; 14 – глубокая дорсальная вена полового члена; 15 – дорсальный нерв полового члена

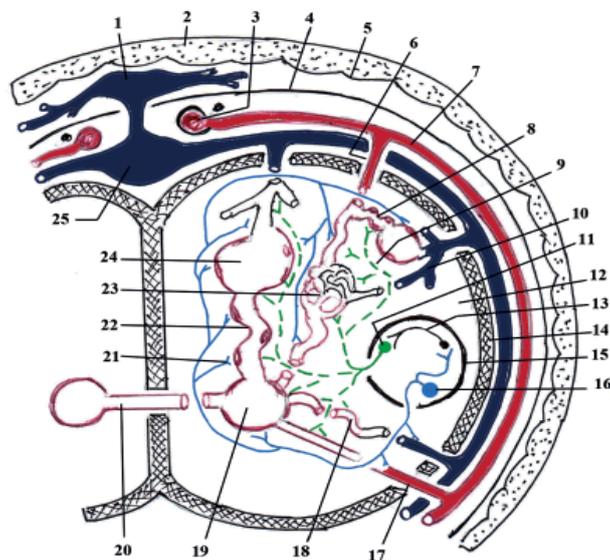


Рис. 2. Схема метасимпатической иннервации пещеристого тела полового члена: 1 – поверхностная вена полового члена;
 2 – кожа полового члена; 3 – дорсальная артерия полового члена; 4 – собственная фасция полового члена;
 5 – поверхностная фасция полового члена; 6 – ветвь дорсальной артерии полового члена, кровоснабжающая
 периферическую зону пещеристого тела; 7 – огибающая артерия; 8 – извитая артериола, кровоснабжающая строму
 пещеристого тела; 9 – эфферентные постганглионарные волокна; 10 – постпещеристая венула, переходящая в
 постпещеристые (эмиссарные) вены; 11 – эфферентный нейрон (клетка Догеля I типа); 12 – пещеристое тело;
 13 – ассоциативный нейрон (клетка Догеля II типа); 14 – белочная оболочка пещеристого тела полового члена;
 15 – интрамуральный (метасимпатический) ганглий пещеристого тела полового члена; 16 – эфферентный нейрон (клетка
 Догеля III типа); 17 – анастомоз между глубокой и дорсальной артерией полового члена; 18 – артериоло-венулярный
 анастомоз (шунт); 19 – глубокая артерия полового члена; 20 – анастомоз между глубокими артериями полового члена;
 21 – чувствительные волокна афферентного нейрона; 22 – извитая артериола с подушечками Эбнера, кровоснабжающая
 центральную зону пещеристого тела; 23 – капиллярная сеть стромы пещеристого тела; 24 – каверна (ячейка) пещеристой
 ткани; 25 – глубокая дорсальная вена полового члена

системы, где реализуются гормональные эффекты, являются органы-мишени, клетки которых (в данном случае гладкая мускулатура сосудов полового члена), дифференцируясь в период эмбрионального морфогенеза, приобретают специфические рецепторы и возникают способности к внутриорганной саморегуляции всех функций полового члена.

Функциональная автономия полового члена также объясняется наличием в пещеристых телах ганглиозной системы, обладающей собственным автоматизмом и имеющей необходимые для автономной рефлекторной деятельности афферентное, вставочное и эфферентное звено. Аналогичные механизмы регуляции функций тазовых и ряда других органов ранее описаны Б.А. Бердичевским, В.Б. Бердичевским [2] и А.Д. Ноздрачевым, П.М. Маслоуковым [17]. Наличие такого ганглиозного (метасимпатического) отдела вегетативной нервной системы может изменять в половом члене состояние от покоя до эрекции без участия центральной нервной системы (ЦНС). В составе этих ганглиев есть нейроны-ритмоводители, которые не имеют синаптических входов. На их функцию не влияют ганглиоблокаторы и вещества медиаторного типа, однако сами они синаптически связаны со вставочными и (или) эффекторными нейронами [18]. Таким образом, ганглии метасимпатического отдела вегетативной нервной системы могут функционировать как самостоятельные интегративные образования на основе местных рефлекторных дуг при полной децентрализации нервной системы (рис. 2). Данную ганглиозную систему можно сравнить с проводящей системой сердца.

По данным ряда авторов [8, 12], в боковых рогах спинного мозга находятся скопления нейронов автономной нервной системы, ответственной за реакции, возникающие в половых органах (эрекция полового члена, эякуляция, секреция половых желёз и т.п.). С анатомической точки зрения эти центры являются телами вторых нейронов автономной рефлекторной дуги. Нейроны, управляющие эрекцией, расположены в крестцовом отделе спинного мозга. Интрамуральные парасимпатические ганглии осуществляют иннервацию гладкомышечных подушечек артериол как самостоятельно, так и с участием крестцового отдела ЦНС. Нейроны, регулирующие эякуляцию, локализованы в поясничном отделе, а превертебральные симпатические ганглии – в нижнем подчревном сплетении или в нижнем брыжеечном. Следовательно, скопления нейронов в крестцовом и поясничном отделах спинного мозга образуют центры эрекции и эякуляции. Такие центры являются местом переключения как простых рефлексов, так и более сложных, осуществляемых при участии высших отделов нервной системы.

Импульсация по симпатическим нервным волокнам способствует сокращению гладких мышц вокруг ячеек пещеристых тел и завитковых артериол. В результате этого артериальный кровоток начинает соответствовать таковому в фазе покоя, отток крови по венам осуществляется беспрепятственно. Основным нейротрансмисмиттером, вызывающим детумесценцию,

является норадреналин – возбуждая адренергические альфа-рецепторы в пещеристых трабекулах и пещеристых артериях, он вызывает сужение артериальных сосудов полового члена.

Развитие в онтогенезе системы гипоталамус-гипофиз-гонады завершается формированием прямых и обратных связей между половыми, гонадотропными и гипоталамическими гормонами. При этом взаимоотношения между различными звеньями системы построены по принципу взаимодействия и направлены на получение конечного полезного приспособительного результата. Развитие нисходящих гипофизарно-половых регуляторных влияний происходит параллельно с развитием обратных связей, то есть зависимостью гонадотропной функции гипофиза от гормональной активности гонад [6].

Общая схема гормональной регуляции половой функции тестостероном выглядит следующим образом. Гипоталамус вырабатывает рилизинг-факторы, которые воздействуют на гипофиз. Последний вырабатывает гонадотропины, в частности – лютеинизирующий гормон. Он действует на клетки Лейдига яичка, которые вырабатывают тестостерон. Последний оказывает расслабляющее влияние на гладкую мускулатуру артерий полового члена и в определённых концентрациях обеспечивает эрекцию [14]. Он также формирует либидо и его выраженность у мужчин.

В гладкой мускулатуре полового члена, по данным В.В. Кришталь, С.Р. Григорян [12], имеются клетки – мишени, которые являются акцепторами для тестостерона и его метаболитов: они способны генерировать специфические андрогенные ответы. Изменение концентрации тестостерона в крови обусловлено временем суток и возрастом.

Либидо у мужчин во многом обусловлено сексуальными биоритмами [16]. Биологические ритмы являются эволюционно более ранними и в известной мере закрепленными генетически. Биологическим ритмом (биоритмом) называют автоколебательный процесс в биологической системе, характеризующийся последовательным чередованием фаз напряжения и расслабления [6, 10, 19].

Биологические ритмы доказывают существование у живых организмов внутренней способности измерять время. Биоритмы (биологические часы) могут иметь интервалы в пределах минут, часов, суток, месяцев и даже лет. Для биологического времени характерны такие общие свойства, как направленность, непрерывность, неравномерность, ритмичность.

Одной из причин суточных (циркадианных) ритмов служит чередование света и темноты, определенных восходом и заходом солнца. Эти ритмы используются в качестве критерия нормы и адаптационных способностей организма. Супрахиазматическое и паравентрикулярные ядра биологических часов гипоталамуса синхронизируют деятельность нейроэндокринной и вегетативной нервной системы с временем суток [23].

Одним из ритмов, влияющим на сексуальную активность и сексуальные реакции человека, является

гормональный ритм. Биоритмы гормонов являются тем фундаментом, на котором базируется гомеостаз. Эти биоритмы очень надёжны, так как они «отшлифованы» в течение многих миллионов лет и закреплены в филогенезе у всех позвоночных животных, включая человека. Согласно часовому и суточному биоритмам тестостерона, максимальная его концентрация в плазме крови наблюдается в утренние часы после пробуждения, а минимальная – вечером [19]. Часовые биоритмы колебания тестостерона обуславливают периодичность эрекции полового члена, наиболее отчетливо проявляющуюся во время сна и возникающую у лиц репродуктивного периода в среднем через 90–120 минут. В состоянии бодрствования в течение дня биоритм тестостерона искажается под действием различных раздражителей. У мужчин в возрасте 20–50 лет во время сна эрекция возникает от 4 до 6 раз. Ночные и утренние эрекции не сопровождаются сексуальным возбуждением и субъективно не переживаемы [10, 12].

С учетом инфрадианных биоритмов, имеющих больший диапазон колебаний, чем суточные, для тестостерона установлен и околотырёхсуточный биоритм. Так, максимальные колебания уровня тестостерона наблюдаются на 1-й и 2-й день 4-суточного биоритма. Считается, что влияние тестостерона на эрекцию скорее количественное, чем качественное [28, 24].

Учитывая, что для биологического времени характерна не только ритмичность, но и неравномерность, поэтому в старости гормональные биоритмы тестостерона нарушаются. По данным И.И. Дедова, В.И. Дедова [6], механизм утраты циркадианного ритма тестостерона может быть связан с возрастными изменениями синтеза и секреции гипоталамических нейротрансмиттеров, в частности, катехоламинов, которые могут изменять циркадианный ритм секреции гонадотропинов и тем самым нарушать биоритм секреции тестостерона.

Периодичность эрекции зависит и от биоритмов вегетативной нервной системы. По данным М.П. Чернышевой, А.Д. Ноздрачева [22], вегетативная нервная система находится в состоянии непрерывного возбуждения, характеризующегося неравномерной степенью активности её парасимпатического и симпатического отделов. Влияние парасимпатического и симпатического тонуса на гладкую мускулатуру полового члена зависит от времени суток, но в пределах их саморегуляторных взаимоотношений. Эрекции возникают в связи с активацией тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, они тем интенсивнее, чем сильнее доминирует этот отдел, что имеет место с 4 до 6 часов утра у спящего человека. Фаза эрекции характеризуется постоянным объемом напряженного полового члена, увеличением внутритрипещерного давления до 80 мм рт. ст., достигающего уровня артериального давления. Объем артериального притока крови в период наступления эрекции составляет от 120 до 270 мл/мин.

Эрекция исчезает в связи с повышением тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, преобладающего над тонусом парасимпатического отдела в светлое время суток. Тонус симпатической нервной системы необходим для поддержания сосудосуживающего эффекта и поддержания полового члена в вялом состоянии.

Особый интерес представляет взаимодействие парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы при эрекции. Открытым остаётся вопрос, каким образом гладкая мускулатура подшечек Эбнера в стенках артериол расслабляется под действием тонуса парасимпатического отдела, но в то же время гладкая мускулатура в сфинктерной системе отводящих венул и вен под действием симпатического отдела сокращается. Возможно, это связано с наличием в гладкой мускулатуре полового члена α - и β -адренорецепторов и холинорецепторов, при избирательном воздействии на которые возникает эффект расширения или сужения сосудов. По нашему мнению, биологический смысл часовых и суточных колебаний гормонального и вегетативного тонусов состоит в том, что они обуславливают периодичность сокращения и расслабления гладкой мускулатуры полового члена. Синхронизацию суточных биоритмов нейроэндокринной и вегетативной нервной систем осуществляет гипоталамус.

Некоторые авторы считают, что универсальным индикатором показателей работы вегетативной нервной системы является сосудистая система, особенности строения и функции которой зависят от соматотипа [9]. Так, ваготония в 100% случаях регистрировалась у лиц астенического и грудного типа телосложения. Исходя из этого можно предположить, что и эрекция полового члена у данных соматотипов будет более выраженной.

В то же время В.В. Кришталь, С.Р. Григорян [12] утверждают, что ими выявлены корреляции между эрекциями и конституциональным типом телосложения. Так, наиболее выраженные эрекции во сне проявляются у мужчин атлетического телосложения, более слабые эрекции отмечались у пикников, а наименее выраженные у лептосомных мужчин.

Таким образом, особенности кровоснабжения полового члена, обуславливающие его эрекцию и детумесценцию, связаны с нейроэндокринными и вегетативными биоритмами организма, изолированный и комплексный вклад которых в регуляцию описанных процессов требует дальнейшего многоуровневого изучения.

Литература

1. Абрамов, В.В. Асимметрия нервной, эндокринной и иммунной систем / В.В. Абрамов, Т.Я. Абрамова. – Новосибирск: Наука, 1996. – 99 с.
2. Бердичевский, Б.А. Метасимпатическая нервная система и ее роль в реализации функций мочевого пузыря / Б.А. Бердичевский, В.Б. Бердичевский // Урология. – 2013. – № 3. – С. 123–127.
3. Бондаренко, В.М. Патогенетические аспекты эректильной дисфункции / В.М. Бондаренко, Н.И. Доста, А.А. Жебентяев // Новости хирургии. – 2015. – Т. 23, № 2. – С. 217–225.

4. Гайворонский, И.В. Вариантная анатомия артериального русла полового члена / И.В. Гайворонский, Р.Г. Мазуренко // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2011. – № 4 (36). – С. 117–121.
5. Гайворонский, И.В. Источники кровоснабжения полового члена и их анастомозы / И.В. Гайворонский, Р.Г. Мазуренко // Вестн. Санкт-Петербургского ун-та. – Серия 11: Медицина. – 2012. – № 2. – С. 109–115.
6. Дедов, И.И. Биоритмы гормонов / И.И. Дедов, В.И. Дедов. – М.: Медицина, 1992. – 256 с.
7. Джонсон, П. Периферическое кровообращение / П. Джонсон – М.: Медицина, 1982. – 440 с.
8. Загородный, П.И. Физиология и патология половой функции / П.И. Загородный. – Л.: Медицина, 1975. – 261 с.
9. Казакова, Т.В. Сравнительный анализ показателей деятельности вегетативной нервной системы в зависимости от пола и типа телосложения / Т.В. Казакова [и др.] // Сиб. научн. мед. журн. – 2009. – №6. – С. 54–60.
10. Комаров, Ф.И. Хронобиология и хрономедицина / Ф.И. Комаров, С.И. Рапопорт. – М.: Трида-Х, 2000. – 488 с.
11. Коробков, А.В. Нормальная физиология: учебник для студентов университетов / А.В. Коробков, А.А. Башкиров, К.Т. Ветчинкина. – М.: Высш. школа, 1980. – 560 с.
12. Кришталь, В.В. Сексология: учебное пособие / В.В. Кришталь, С.Р. Григорян. – М.: ПЕРСЭ, 2002. – 879 с.
13. Крупин, В.Н. Физиология эрекции: лекция / В.Н. Крупин. – Н. Новгород: НГМА, 2011. – 27 с.
14. Курбатов, Д.Г. Коррекция веноокклюзивной эректильной дисфункции у пациентов с гипогонадизмом / Д.Г. Курбатов [и др.] // Вестн. репродуктивного здоровья. – 2009. – №1. – С. 32–38.
15. Кушниренко, Н.П. Диагностика и хирургическое лечение болезни Пейрони, осложненной эректильной дисфункцией / Н.П. Кушниренко // Вестн. Росс. Воен.-мед. акад. – 2011. – № 3 (35). – С. 87–90.
16. Миронов, С.А. Эректильная дисфункция. Патофизиологическая связь с расстройствами адаптации / С.А. Миронов, С.Б. Артифексов // Вестн. новых мед. технологий. Электронный журнал. – 2013. – № 1. – С. 34–38.
17. Ноздрачев, А.Д. Нейропептид Y и автономная нервная система / А.Д. Ноздрачев, П.М. Маслюков // Журн. эволюц. биохим. и физиол. – 2011. – Т. 47, № 2. – С. 105–112.
18. Покровский, В.М. Физиология человека: учебник / В.М. Покровский, Г.Ф. Коротко. – М.: Медицина, 2011. – 664 с.
19. Попков, В.М. Влияние сеансов биорегуляции на качество жизни мужчин с возрастным андрогенным дефицитом / В.М. Попков [и др.] // Вестн. Росс. Воен.-мед. акад. – 2012. – № 1 (37). – С. 154–157.
20. Семенов, Э.В. Атлас анатомии человека: 3 т. / Э.В. Семенов. – Элиста: АПП «Джангар», 2005. – 272 с.
21. Терешин, А.Т. Патогенетическое обоснование нейростимуляционной терапии метаболического синдрома у больных с эректильной дисфункцией / А.Т. Терешин, Р.К. Долаев, Л.А. Черващенко // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2015. – Т. 14, № 1. – С. 25–30.
22. Чернышева, М.П. Гормональный фактор пространства и времени внутренней среды организма / М.П. Чернышева, А.Д. Ноздрачев. – СПб.: Наука, 2006. – 245 с.
23. Buijs, R.M. Circadian and seasonal rhythms. The biological clock tunes the organs of the body: timing by hormones and the autonomic nervous system / R.M. Buijs [et al.] // J. of Endocr. – 2003. – Vol. 177. – P. 17–26.
24. Claes, H. Characteristics and expectations of patients with erectile dysfunction: Results of the SCORED study / H. Claes [et al.] // Int. J. Impot. Res. – 2008. – Vol. 20. – P. 418–424.
25. Khan, M.A. The effect of nitric oxide and peroxyntrite on rabbit cavernosal smooth muscle relaxation / M.A. Khan, C.S. Thompson, F.H. Mumtaz // World J. Urol. – 2001. – Vol. 19, № 3. – P. 220–224.
26. Kadioglu, A. Quality of erections in men treated with flexible-dose sildenafil for erectile dysfunction: multicenter trial with a double-blind, randomized, placebo-controlled phase and an open-label phase / A. Kadioglu [et al.] // J. Sex. Med. – 2008. – Vol. 5, № 3. – P. 726–734.
27. McMahon, C.G. A pilot study of the role of intracavernous injection of vasoactive intestinal peptide (VIP) et phentolamine mesylate in the treatment of erectile dysfunction / C.G. McMahon // Int. J. Impot. Res. – 1996. – Vol. 8, № 4. – P. 233–236.
28. Traish, A.M. Играют ли андрогены определяющую роль в механизме эрекции? / А.М. Трайш, А.Т. Гуай // Андрология и генитальная хирургия. – 2007. – № 1. – С. 36–44.

I.V. Gaivoronskiy, A.A. Rodionov, I.A. Goryacheva, N.K. Khabibullina, G.I. Nichiporuk

Features of the blood supply of the penis and the impact on it of the daily biorhythms

Abstract. *The questions of neurohumoral regulation of the erectile function of the penis and the influence of daily biorhythms on it are considered. It is shown that the realization of the erectile function is due to the peculiarities of the blood supply of the penis: the presence of multiple sources of vascularization, the abundance of anastomoses between the deep and dorsal arteries, the specificity of the innervation of the smooth muscle pads in the curled arterioles, caverns and venules, a temporary obstacle to the outflow of blood at different levels of the venous stream of the organ. We think that the functional autonomy of the penis is determined by the presence of the ganglionic system in the cavernous bodies, which has its own automatism. This system is able to change the condition of the penis from rest to erection without the involvement of various parts of the central nervous system. Intramural parasympathetic ganglia perform innervation of smooth muscle vascular cuffs both independently and with the participation of the sacral part of the central nervous system. The hormonal background has a significant effect on the sexual activity of men. According to the hour and daily biorhythms of testosterone, its maximum concentration in blood plasma is observed in the morning after awakening, and minimal in the evening. Biorhythm of erection is clearly manifested during sleep, while in waking state during the day it is distorted under the influence of various stimuli. Consequently, the peculiarities of the blood supply to the penis, causing an erection and detumescence, are associated with neuroendocrine and vegetative biorhythms of the body. The isolated and complex contribution of integrative-regulatory systems to the regulation of erectile function requires further multi-level study.*

Key words: penis, blood supply, biorhythms, erections, testosterone, cavernous bodies, neurohumoral regulation.

Контактный телефон: 8-911-917-99-93; e-mail: i.v.gaivoronsky@mail.ru