

А.М. ЕРЕМЕЕВ, А.А. ТРОФИМОВА, И.И. ШАЙХУТДИНОВ, М.В. ЗАГИДУЛЛИН, И.А. ВАЛЕЕВ

Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан

Особенности функционирования мышц нижних конечностей и их спинальных центров при гонартрозах

Еремеев Александр Михайлович

кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела
420124, г. Казань, ул. Меридианная, д. 26, кв. 161, тел. (843) 231-52-44, e-mail: aeremeev@ksu.ru

У больных гонартрозом ноцицептивная импульсация из пораженного сустава оказывает тормозное действие на произвольно вызванную электрическую активность разных головок четырехглавой мышцы бедра и трехглавой мышцы голени. Методом стимуляционной электромиографии показано, что тормозное действие из зоны поражения сустава влияет как на сами мышцы, так и на их спинальные центры.

Ключевые слова: гонартроз, ноцицептивная импульсация, четырехглавая мышца бедра и трехглавая мышца голени, электронейромиография, М- и Н-ответы.

A.M. EREMEEV, A.A. TROFIMOVA, I.I. SHAIKHUTDINOV, M.V. ZAGIDYLLIN, I.A. VALEEV

Republican Clinical Hospital of Ministry of Health Care of the Republic of Tatarstan

Features functioning of the lower limb muscles and spinal centers at gonarthrosis

In patients with gonarthrosis nociceptive impulses from the inflamed joint has an inhibitory effect on the voluntary electrical activity of different heads of the quadriceps femoris and triceps shin. Using the method of stimulus electromyography it was showed that the inhibitory action from the damaged area of the joint affects on both the muscles, and their spinal centers.

Keywords: gonarthrosis, nociceptive impulses, quadriceps femoris, triceps shin tibia, electroneuromyography, M- and H-responses.

Деформирующий артроз (остеоартроз) — полиэтиологичное дегенеративно-дистрофическое заболевание, характеризующееся первичным поражением суставного хряща с последующим вовлечением в патологический процесс субхондрального и метафизарного слоя кости, а также синовиальной оболочки, связок, капсулы, мышц, сопровождающееся формированием остеофитов и проявляющееся болью и ограничением движения в суставе.

Согласно данным эпидемиологических исследований, этим заболеванием страдают от 13 до 29% взрослых людей, причем самой частой локализацией патологического процесса при дегенеративно-дистрофических заболеваниях суставов, сопровождающихся временной утратой трудоспособности, является коленный сустав. У женщин деформирующий артроз коленного сустава (гонартроз) развивается в 2 раза чаще, чем у мужчин. Больные с деформирующим артрозом составляют около одной трети всех лиц со стойкой утратой трудоспособности результа-

те заболеваний суставов [1]. Таким образом, дегенеративно-дистрофические заболевания суставов, кроме медицинского аспекта, имеют важное социально-экономическое значение.

Необходимо отметить, что, несмотря на значительное количество публикаций, посвященных изучению артрозов, остаются плохо исследованными расстройства функционирования мышц и их спинальных центров при этих заболеваниях.

Электромиографические исследования мышц нижних конечностей при заболеваниях крупных суставов чаще всего ограничивались регистрацией спонтанной и произвольно вызванной активности с помощью метода глобальной электромиографии (ЭМГ) [2]. Имеются также многочисленные исследования, выполненные с помощью стимуляционной ЭМГ, вызванных моторных (М) и рефлекторных (Н) ответов трехглавой мышцы голени при различных заболеваниях [3]. Относительно регистрации таких ответов в четырехглавой мышце бедра в доступной нам литературе оказалась только одна работа [4]. Проведенное



Таблица 1.

Средняя амплитуда электрической активности (А) четырехглавой мышцы бедра и трехглавой мышцы голени у здоровых испытуемых и больных гонартрозом

	Медиальная головка		Латеральная головка		Прямая мышца		ЧГМ бедра
	Здоровые	Больные	Здоровые	Больные	Здоровые	Больные	
А (мВ)	0,24±0,05	0,09±0,12	0,26±0,04	0,09±0,02	0,16±0,02	0,05±0,01	
Разница, %	63,5; p<0,01		63,2; p<0,01		71,0; p<0,001		
	Медиальная головка		Латеральная головка		Камбаловидная мышца		ТГМ голени
А (мВ)	0,42±0,07	0,20±0,09	0,20±0,08	0,17±0,03	0,25±0,18	0,27±0,14	
Разница, %	52,3; p<0,01		13,3; p>0,05		5,6; p>0,05		

Таблица 2.

Порог и максимальная амплитуда (А) моторных ответов трехглавой мышцы голени и четырехглавой мышцы бедра

	Медиальная головка		Латеральная головка		Камбаловидная мышца		
	Здоровые	Больные	Здоровые	Больные	Здоровые	Больные	
Порог В	66,8±4,8	66,8±4,8	58,6±5,3	85,1±9,1	58,7±3,3	98,9±8,9	ТГМ голени
Разница, %	4,4; p>0,05		31,1; p<0,05		40,6; p<0,05		
А мВ	6,6±0,9	2,3±0,5	5,4±0,8	3,5±0,6	5,5±0,9	3,1±0,4	
Разница, %	65,2; p<0,05		35,2; p< 0,05		43,3; p<0,05		
	Медиальная головка		Латеральная головка		Прямая мышца		ЧГМ бедра
Порог В	66,9±6,5	168,0±36,6	63,9±5,8	167,0±12,4	62,4±6,2	97,5±9,0	
Разница, %	59,8; p<0,05		61,7; p<0,05		36; p<0,05		
А мВ	6,3±1,1	2,3±0,4	8,5±1,9	4,4±0,9	5,3±1,5	3,4±0,4	
Разница, %	63,4; p<0,05		48,8; p<0,05		34,8; p<0,05		

Таблица 3.

Порог, максимальная амплитуда (А) рефлексорных ответов и отношение максимальных амплитуд Н- и М-ответов (Н/М х 100%) трехглавой мышцы голени и четырехглавой мышцы бедра

	Медиальная головка		Латеральная головка		Камбаловидная мышца		ТГМ голени	
	Здоровые	Больные	Здоровые	Больные	Здоровые	Больные		
Порог В	62,5±4,3	70,5±3,6	63,1±5,7	83,7±8,5	61,8±3,1	86,8±6,1		
Разница, %	11,3; p> 0,05		24,7; p<0,05		28,8; p<0,05			
А мВ	1,8±0,5	0,5±0,2	1,7±0,4	0,6±0,1	3,4±0,8	0,9±0,2		
Разница, %	73,3; p<0,05		64,8; p<0,05		73,6; p<0,05			
Н/М %	27,2±5,2	21,7±5,1	31,4±5,1	17,1±1,7	61,8±8,9	29,0±5,0		
Разница, %	20,2; p> 0,05		45,5; p<0,05		53,1; p<0,01			
	Медиальная головка		Латеральная головка		Прямая мышца			ЧГМ бедра
Порог В	64,8±5,9	99,0±3,7	68,1±6,0	119,7±5,5	63,9±4,5	92,0±2,0		
Разница, %	34,6; p<0,01		43,1; p<0,01		30,5; p<0,01			
А мВ	2,2±0,2	0,6±0,1	2,0±0,3	0,70±0,04	3,1±0,1	1,6±0,1		
Разница, %	73,7; p<0,05		65,0; p<0,001		48,4; p<0,001			
Н/М %	34,9±1,8	26,1±1,5	23,5±1,6	15,9±0,4	58,5±6,2	47,1±2,5		
Разница, %	8,8; p<0,01		32,3; p<0,01		19,5; p<0,05			



нами ранее электромиографическое обследование этих мышц показало, что применение стимуляционной ЭМГ позволяет говорить о состоянии как периферического, так и центрального звена нейромоторного аппарата, что в конечном итоге дает возможность судить о механизмах, лежащих в основе изменения деятельности мышц при артрозах [5].

Целью данной работы является исследование параметров электрической активности (ЭА) мышц бедра и голени и функционального состояния их спинальных центров у здоровых людей и больных гонартрозом.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие 25 здоровых испытуемых добровольцев и 20 больных правосторонним гонартрозом с их согласия. Возраст обследованных людей разного пола составил от 20 до 65 лет. В ходе исследования испытуемые находились в положении лежа на животе.

Отведение ЭА производили от прямой мышцы, медиальной и латеральной головок, входящих в состав четырехглавой мышцы бедра (ЧГМ), а также камбаловидной, медиальной и латеральной икроножной мышц, формирующих трехглавую мышцу голени (ТГМ) с помощью серебряных поверхностных биполярных электродов с площадью пластин 25 мм². Исследование проводили в двух режимах: в состоянии покоя и при максимальном мышечном сокращении. Определяли среднюю амплитуду и частоту ЭА.

Электрическую стимуляцию осуществляли с помощью монополярного поверхностного электрода. Его помещали в проекции бедренного и большеберцового нервов, соответственно в паховой области и подколенной ямке. Прямоугольные стимулы длительностью 1 мс наносили не чаще одного в десять секунд. Сила раздражения варьировала от десяти до двухсот вольт. Определяли порог возникновения, латентный период, длительность моторных и рефлекторных ответов, а также скорость распространения возбуждения (СРВ) по соответствующим нервам. Для определения СРВ определяли базу (расстояние от места наложения стимулирующего электрода до места наложения отводящего в метрах).

Для усиления и регистрации ЭА использовали электромиограф МГ-42 фирмы «Медикор», совмещенный с системой компьютерного анализа данных. Параметры ЭА, зарегистрированные на правой ноге больных правосторонним гонартрозом, сравнивали с параметрами, полученными на правой ноге здоровых испытуемых. Разницу между параметрами ЭА, зарегистрированными у здоровых и больных людей, выражали в процентах и определяли достоверность различий с помощью t-критерия Стьюдента для попарно несвязанных вариант.

Результаты

У здоровых испытуемых и больных гонартрозом фоновая ЭА в мышцах бедра и голени отсутствует. При произвольном напряжении мышц в них регистрируется интерференционная электромиограмма. Средняя частота биопотенциалов в разных головках исследованных мышц существенно не различалась у здоровых и больных людей и в среднем составила для ЧГМ $202,7 \pm 31,8$ имп./с, а для ТГМ — $243,7 \pm 21,8$ имп./с (разница составляет 17%, $p > 0,05$). Минимальная ЭА в ЧГМ бедра как у здоровых, так и больных испытуемых обнаружена в прямой мышце (табл. 1). У больных средняя амплитуда ЭА во всех головках ЧГМ была существенно ниже, чем у здоровых.

Амплитуда произвольно вызванной ЭА, зарегистрированной у здоровых и больных испытуемых в головках ТГМ, была выше, чем в ЧГМ (табл. 1). Здесь также отмечено снижение амплитуды ЭА у больных, но менее выраженное, чем ЧГМ бедра,

причем достоверно амплитуда снизилась только в медиальной головке (табл. 1).

Известно, что электрическое раздражение большеберцового нерва в подколенной ямке вызывает в трехглавой мышце голени появление прямых моторных (М) и рефлекторных (Н) ответов. Н-ответ (рефлекс) получил название от имени своего первооткрывателя немецкого физиолога Гоффмана [6]. Впоследствии была доказана его моносинаптическая природа. В наших исследованиях латентный период возникновения М-ответа в ТГМ у здоровых и больных гонартрозом людей существенно не различался, находился в пределах от 3,5 в латеральной икроножной мышце до 5,4 мс в камбаловидной и в среднем составил $4,4 \pm 0,3$ мс. Длительность моторных ответов также была практически одинакова у всех обследованных, лежала в пределах от 10,5 до 12,7 мс и в среднем составила $11,9 \pm 0,7$ мс. Скорость распространения возбуждения по нервным волокнам большеберцового нерва в среднем составила $43,8 \pm 3,4$ м/с.

У здоровых людей пороговая сила раздражения, вызывающая моторный ответ, была почти одинаковой во всех головках и в среднем составила $58,0 \pm 4,6$ В. У больных гонартрозом пороги возникновения М-ответов были существенно выше, различались в разных головках и в среднем составили $84,6 \pm 10,0$ В ($p < 0,05$). М-ответы с максимальной амплитудой у здоровых людей зарегистрированы в медиальной икроножной мышце (усредненное значение максимальной амплитуды М-ответов всех головок равнялось $5,8 \pm 0,9$ мВ). У больных отмечено достоверное снижение амплитуды моторных ответов во всех головках ТГМ голени (среднее значение $3,0 \pm 0,5$ мВ) (табл. 2).

Рефлекторные ответы ТГМ голени были зарегистрированы у всех обследованных, их латентный период равнялся в среднем $27,5 \pm 1,1$ мс, а длительность $10,5 \pm 1,1$ мс. У здоровых людей порог возникновения Н-ответов был практически одинаковым в разных головках и составил в среднем $62,5 \pm 4,3$ В. У больных он в большинстве случаев значительно повысился ($80,3 \pm 5,3$; $p < 0,05$). Рефлекторные ответы максимальной амплитуды у всех обследованных зарегистрированы в камбаловидной мышце. У больных отмечено достоверное снижение амплитуды Н-ответов ($0,67 \pm 0,17$ В) по сравнению с $2,37 \pm 0,57$ В у здоровых людей (табл. 3). Отношение максимальной амплитуды Н-ответа к максимальной амплитуде М-ответа у здоровых людей в среднем равнялось $34,8 \pm 5,1\%$, а у больных — $22,3 \pm 3,6\%$ ($p < 0,05$).

При раздражении бедренного нерва в паховой области в четырехглавой мышце бедра также регистрируются моторные и рефлекторные ответы. У здоровых и больных людей латентный период возникновения М-ответа практически не различался и в разных головках лежал в пределах от 3,9 мс до 5,5 мс (в среднем — $4,7 \pm 0,7$ мс). Длительность моторных ответов в разных головках ЧГМ различалась незначительно и в среднем составила $14,9 \pm 1,5$ мс. Латентный период и длительность моторных ответов ЧГМ были почти такие же, как и в ТГМ. Скорость распространения возбуждения по бедренному нерву равнялась $58,1 \pm 5,2$ м/с., что существенно выше, чем СРВ по большеберцовому нерву ($p < 0,05$). У здоровых людей пороги возникновения М-ответов в разных головках ЧГМ существенно не различались и составили в среднем $64,4 \pm 6,2$ В. У больных людей отмечено достоверное увеличение порогов возникновения моторных ответов, наиболее выраженное в прямой мышце бедра. В среднем величина порога у них составила $144,2 \pm 19,3$ В, что на 41,4% больше, чем в ТГМ ($p < 0,05$). У здоровых людей ответы с максимальной амплитудой зарегистрированы в медиальной головке ЧГМ (в среднем по всем головкам ЧГМ ее значения составили $6,7 \pm 1,5$ мВ, что примерно равно значению, полученному в ТГМ). У больных отмечено значительное



($p < 0,01$), (табл. 2) снижение амплитуды М-ответов, наиболее выраженное в ее медиальной головке (средняя амплитуда М-ответов составила $3,4 \pm 0,6$ мВ, т.е. на 0,4 мВ больше, чем в ТГМ).

Рефлекторные ответы в четырехглавой мышце голени были зарегистрированы только у 60% здоровых людей и 40% больных гонартрозом. Латентный период их возникновения составил в среднем $20,2 \pm 1,8$ мс, т.е. достоверно меньше, чем в ТГМ. Длительность рефлекторных ответов была незначительно больше, чем в ТГМ и в среднем равнялась $13,2 \pm 1,1$ мс ($p > 0,05$).

Порог возникновения рефлекторных ответов у здоровых людей был практически одинаковым во всех головках четырехглавой мышцы и составил в среднем $64,8 \pm 5,7$ В, т.е. примерно равен зарегистрированному в ТГМ. У больных отмечено значительное и достоверное повышение порогов Н-ответов во всех головках ЧГМ с максимумом в латеральной (среднее значение для всех головок равняется $103,6 \pm 3,7$ В, что достоверно выше, чем в ТГМ). Рефлекторные ответы с максимальной амплитудой зарегистрированы у здоровых людей в прямой мышце бедра (в среднем для всех головок $2,4 \pm 0,4$ мВ). У больных гонартрозом амплитуда Н-ответов равномерно снизилась во всех головках ЧГМ (табл. 3) и в среднем составила $0,97 \pm 0,08$ мВ, что на 0,3 мВ больше, чем в ТГМ ($p > 0,05$). Отношение $H_{\max}/M_{\max}$ у здоровых людей в среднем составило $35,8 \pm 2,2\%$, а у больных — $28,5 \pm 1,6\%$ ($p < 0,05$).

Обсуждение результатов

Исследование произвольно вызванной ЭА в четырехглавой и трехглавой мышце голени показало, что как у здоровых, так и больных испытуемых она существенно выше в ТГМ, что связано в первую очередь с ее антигравитационной функцией. Кроме этого, произвольное напряжение во всех головках ТГМ вызывается значительно легче, чем в ЧГМ.

У больных отмечается уменьшение вызванной ЭА обследованных мышц по сравнению со здоровыми людьми. Известно, что ноцицептивное раздражение может вызывать как облегчение, так и торможение текущей деятельности мышц. В.И. Алатыревым с соавторами [7] было показано, что интенсивная висцеральная ноцицептивная импульсация у 1/4 части обследованных больных острым аппендицитом вызывает фоновое длительное напряжение мышц передней брюшной стенки и параспинальных мышц. У остальных больных фоновая ЭА не обнаруживалась, а при применении функциональных нагрузок наблюдалось либо увеличение, либо снижение ЭА обследованных мышц на стороне воспаления. Средняя амплитуда вызванной ЭА мышц брюшной стенки и параспинальных мышц у здоровых людей была выше, чем у больных острым аппендицитом. Таким образом, авторы показали, что интенсивная ноцицептивная афферентация из внутренних органов оказывает тормозной эффект на мышцы брюшной стенки и параспинальные мышцы. Такое торможение текущей деятельности мышц является защитным, поскольку препятствует дополнительной травматизации внутренних органов при интенсивном мышечном сокращении. Глубокая суставная боль, которая практически всегда имеется при выраженных гонартрозах, по своей интенсивности и механизмам схожа с висцеральной [8]. По-видимому, ноцицептивная афферентация из поврежденного сустава также оказывает тормозное действие на мышцы, управляющие суставом, причем это действие неоднозначно отражается на разных головках сложных мышц. В функциональном отношении ЧГМ является разгибателем голени, ТГМ задействована в управлении коленным суставом гораздо в меньшей степени и может обеспечивать его сгибание. Наши результаты показывают, что вызванное ноцицептивным раздражением торможение сказывается сильнее на мышцах,

которые в функциональном отношении более тесно связаны с пораженным суставом и являются его экстензорами.

Исследование моторных (М) и рефлекторных (Н) ответов мышц дает возможность судить как о состоянии периферического звена нейромоторного аппарата, так и о состоянии их спинальных центров [9]. Классическим объектом исследования моносинаптических рефлекторных ответов является трехглавая мышца голени. Определение порогов возникновения Н-ответов и их максимальной амплитуды позволяет определить рефлекторную возбудимость пояснично-крестцовых мотонейронов, а такие же параметры М-ответа дают возможность судить о состоянии самой мышцы. Как мы уже отмечали, четырехглавая мышца в этом отношении практически не исследована. Между тем эта мышца задействована в работе коленного и тазобедренного суставов. Поэтому одной из целей нашей работы было, во-первых, выявление возможности регистрации М- и Н-ответов в ЧГМ при раздражении бедренного нерва в паховой области, и, во-вторых, определение статистически достоверных параметров этих ответов. Было обнаружено, что М-ответы в разных головках ЧГМ регистрируются у всех обследованных людей. Рефлекторные ответы регистрируются не у всех обследованных, что, вероятно, связано с более выраженными тормозными влияниями на мотонейроны, иннервирующие ЧГМ со стороны супраспинальных структур. Судя по латентному периоду, эти ответы являются моносинаптическими. Из таблиц 2 и 3 видно, что латентный период и длительность моторных и рефлекторных ответов, зарегистрированных в ЧГМ и ТГМ, достоверно не различаются, однако скорость распространения возбуждения по волокнам бедренного нерва достоверно выше.

В наших исследованиях латентный период и длительность М- и Н-ответов, зарегистрированные у здоровых и больных гонартрозом людей в ТГМ и ЧГМ, практически не различались. То же можно отметить относительно скорости распространения возбуждения в большеберцовом и бедренном нервах. Таким образом, поражение коленного сустава не влияет на скорость распространения импульсов и длительность моторных и рефлекторных ответов в обследованных нами нервах и мышцах, а сами нервы, иннервирующие эти мышцы, при гонартрозе не травмируются.

У здоровых людей пороги возникновения М-ответов в разных головках трехглавой мышцы голени существенно не различались, а ответы с максимальной амплитудой зарегистрированы в медиальной икроножной мышце (МИМ). У больных гонартрозом пороги М-ответов (за исключением МИМ) были достоверно выше, а их максимальная амплитуда во всех головках ТГМ была достоверно ниже. Следовательно, патологический процесс в коленном суставе тормозит деятельность всех головок ТГМ, влияя на параметры электрических мышечных ответов. Давая оценку состояния периферического звена двигательного аппарата в этом случае, вероятно, лучше использовать максимальную амплитуду моторных ответов, поскольку пороги их возникновения достаточно вариабельны и зависят от глубины залегания большеберцового нерва и правильного расположения раздражающего электрода.

Рефлекторные ответы зарегистрированы во всех головках ТГМ как у здоровых людей, так и у больных гонартрозом. Пороги возникновения Н-ответов у больных были достоверно выше, а их максимальная амплитуда ниже, чем у здоровых испытуемых. Отношение максимальных амплитуд рефлекторного и моторного ответов, которое говорит о доле рефлекторно возбужденных мотонейронов [10], у больных достоверно ниже. Все это свидетельствует о том, что болевая импульсация из пораженного сустава тормозит рефлекторную возбудимость моторного ядра ТГМ. Это торможение может осуществляться



через систему афферентов флексорного рефлекса [8]. Кроме этого, тонкие афферентные волокна, по которым поступает в спинной мозг ноцицептивная импульсация, могут оказывать пресинаптическое торможение на толстые афференты группы IA, моносинаптически связанные с мотонейронами, иннервирующими ТГМ.

У здоровых людей пороги возникновения М-ответов во всех обследованных головках ЧГМ были примерно одинаковы и не отличались достоверно от таковых, зарегистрированных в ТГМ. У больных произошло достоверное увеличение порогов моторных ответов. Среднее значение этих порогов было значительно выше, чем в ТГМ. Вероятно, это может быть связано как с более выраженным болевым тормозным влиянием на эту мышцу, так и с техническими трудностями, поскольку у больных в результате скованности движений труднее найти правильное место для расположения раздражающего электрода. Максимальная амплитуда моторных ответов ЧГМ у здоровых людей была достоверно выше, чем у больных. Таким образом, поражение коленного сустава вызывает защитное торможение четырехглавой мышцы, наиболее выраженное для ее медиальной головки. Как для ЧГМ, так и для ТГМ, у больных максимальная амплитуда М-ответов снизилась в среднем примерно на 50%. Рефлекторные ответы ЧГМ у больных гонартрозом регистрируются в 1,5 раза реже, чем у здоровых людей. Пороги их возникновения выше, а максимальная амплитуда ниже (наиболее значительный эффект отмечен в медиальной головке ЧГМ). Все это, вероятно, связано с тем, что к уже имеющемуся выраженному супраспинальному торможению моторного ядра этой мышцы, присоединяется тормозное влияние из зоны воспаленного сустава. Об этом же свидетельствует уменьшение отношения максимальных амплитуд М- и Н-ответов.

Полученные результаты показывают, что ноцицептивные влияния из зоны пораженного коленного сустава носят тормозной характер и в той или иной степени сказываются на всех мышцах, находящихся рядом с ним, независимо от их участия в деятельности сустава. Конечно, сильнее всего этот тормозной эффект проявляется на мышцах, которые в функциональном отношении более тесно связаны с суставными движениями. Такое защитное торможение проявляется как на деятельности самой мышцы, так и состоянии ее спинальных центров. На ранних стадиях развития заболевания, когда явные его симптомы выражены незначительно, обследование всей четы-

рехглавой мышцы бедра (а возможно, только ее медиальной головки) и (или) любой из головок трехглавой мышцы голени методами глобальной и стимуляционной электромиографии может послужить дополнительным диагностическим приемом выявления гонартроза.

Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют о необходимости внесения корректив в тактику лечения деформирующих артрозов. А именно, обосновывают необходимость коррекции нарушений функционирования нервно-мышечного аппарата как на периферическом, так и центральном уровнях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шапиро К.И. Статистика повреждений и заболеваний нижней конечности // Травматология и ортопедия: Руководство для врачей. — СПб: Гиппократ. — 2008. — Т. 3. — 896 с.
2. Динкулеску Т., Стоическу К., Джорджеску Г. Электромиографические наблюдения по мышечным контурам при артрозах и спондилозах // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. — 1973. — № 4. — С. 3-6.
3. Бадалян Л.О., Скворцов Н.Г. Клиническая электронейромиография: руководство для врачей // М.: Медицина, 1974.
4. Mongia S.K. H-reflex from quadriceps and gastrocnemius muscles // Electromyogr. And Clin. Neurophysiol. — 1972. — V. 12. — № 3. — P. 179-190.
5. Шайхутдинов И.И., Еремеев А.М. Электронейромиографические исследования у больных деформирующими артрозами тазобедренного и коленного сустава // Казан. мед. журнал. — 1993. — № 2. — С. 95-97.
6. Hoffmann P. Über die Beziehungen der schenreflexe zur willkürlichen Bewegung und zum Tonus // Zeitschrift für Biologie. — 1918. — V. 68. — P. 351-370.
7. Алатырев В.И., Еремеев А.М., Плещинский И.Н. Влияние длительного ноцицептивного раздражения на двигательные функции человека // Физиология человека. — 1990. — Т. 16, № 3. — С. 77-83.
8. Шмидт Т., Тевс Г. Физиология человека. — М.: Мир. — 2005. — Т. 1. — 323 с.
9. Персон Р.С. Спинальные механизмы управления мышечным сокращением // М.: Наука. — 1985. — 184 с.
10. Коц Я.М. Организация произвольного движения // М.: Наука. — 1975. — 180 с.