



(51) МПК  
[A61B 5/0488 \(2006.01\)](#)  
 (52) СПК  
[A61B 5/0488 \(2020.02\)](#)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 26.08.2020)

(21)(22) Заявка: [2019131063](#), 30.09.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 30.09.2019

Дата регистрации:  
 13.08.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.09.2019

(45) Опубликовано: [13.08.2020](#) Бюл. № [23](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2533837 C1, 20.11.2014. KR 1020050121049 A, 26.12.2005. DE 59811239 D1, 27.05.2004. ТЕНИЛИН Н. А. и др. Обоснование преимуществ раннего хирургического лечения врожденного вывиха надколенника. Травматология и ортопедия России. 2012, номер 4, стр. 76-81. ШЕИН А. П. и др. ЭМГ-характеристики функционального состояния мышц нижних конечностей у

больных с латеральным вывихом надколенника до и в различные сроки после оперативного лечения. Гений ортопедии. 2003, номер 1, стр. 31-35. MOHR K. J. et al. Electromyography of the Quadriceps in Patellofemoral Pain with Patellar Subluxation. Clinical Orthopaedics and Related Research. 2003, Number 415, pp. 261-271. SHEEHY P. et al. An Electromyographic Study of Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis Activity While Ascending and Descending Steps. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1998, Volume 27, Issue 6, pp. 423-429.

Адрес для переписки:

153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33,  
 ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-  
 спасательная академия ГПС МЧС России,  
 Кафедра основ гражданской обороны и  
 управления в ЧС, проф. Королевой С.В.

(72) Автор(ы):

Королева Светлана Валерьевна (RU),  
 Рашова Мадина Ганикызы (RU),  
 Кирпичев Иван Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий" (RU)

(54) Способ диагностики динамического дисбаланса четырехглавой мышцы бедра вследствие латеродислокации надколенника

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине, а именно к травматологии и ортопедии, и может быть использовано для диагностики динамического дисбаланса четырехглавой мышцы бедра вследствие латеродислокации надколенника. Выполняют

поверхностную электронейромиографию. ЭНМГ-исследование соотносится с фазами шага. При определении дополнительного сокращения *m. vastus medialis* четырехглавой мышцы бедра в диапазоне 60-80% цикла шага диагностируется дисбаланс *m. vastus medialis* четырехглавой мышцы бедра вследствие латеропозиции надколенника. Способ позволяет совершенствовать лечение на основе объективных критериев за счет определения в режиме реального времени возникновения измененного стереотипа ходьбы. 4 ил.

Изобретение относится к медицине, а именно к травматологии и ортопедии, и может быть использовано при диагностике острого и хронического повреждения коленного сустава связанного с дислокацией надколенника для целенаправленного контролируемого лечения и полной функциональной реабилитации на основе объективных критериев. Медико-социальная и экономическая значимость патологии коленного сустава связана с ее высокой долей (31,2%) в составе причин первичной инвалидности [Харченко А.П. Клинические и организационные перспективы развития малоинвазивной хирургии коленного сустава (на примере крупного административного центра Ставропольского края): автореф. дис.... канд. мед. наук / А.П. Харченко. - Новосибирск, 2006. - 22 с.]. Острое повреждение коленного сустава занимает четвертую часть (10-25%) в общей структуре детского травматизма в России. Вывих надколенника является одним из наиболее частых повреждений коленного сустава у детей и подростков: каждый пятый (15-20%) из всех госпитализированных больных с травмой колена поступает с данным диагнозом. Промежуточный ретроспективный анализ данных за 20-летний период указывает на увеличение первичного вывиха надколенника в 2 раза Архипов С.В. с соавт. 1985-1988 гг. - 0,6-11,8% против 15-20% Быков В.М., Тимофеев И.В., 2004 [Архипов С.В. Клиника, диагностика и лечение вывихов надколенника у взрослых: автореф. дис.... канд. мед. наук / С.В. Архипов. - М., 1985. - С. 3-15; Быков В.М. Диагностика и лечение травматических вывихов надколенника у детей: Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: 14.00.35 - детская хирургия - СПб., 2006. - С. 13. Тимофеев И.В. Клиника, диагностика и эндоскопические методы лечения острого вывиха надколенника: автореф. дис....канд. мед. наук: 14.00.35 - детская хирургия - М., 2004. - 15 с.].

По результатам мониторинговых исследований И.Г. Клименко (2009), рецидивирующий привычный вывих надколенника, частота которого составляет от 3 до 5% всех патологических состояний КС, приводит к тяжелым нарушениям функции нижних конечностей [Клименко И.Г. Хирургическая коррекция диспластического, рецидивирующего вывиха надколенника // Сибирский медицинский журнал. - 2009. - Т. 89, №6. - С. 181-184]. Ряд авторов отмечают, что несовершенство и несвоевременность диагностики повреждений структур коленного сустава и, соответственно, неэффективное лечение, - в 47-60% случаев приводят к развитию различных форм и степеней нестабильности сустава, стойкой инвалидизации пациентов [Волоховский Н.Н., Кузнецов И.А. Хондромалиция при нестабильности надколенника // Сб. мат. Третьего Конгр. Рос. Артроскоп. о-ва. М., 2000. - С. 5-12, Bodne D., Quinn S.F., Murray W.T. et al. Magnetic resonance images of chronic patellar tendinitis // *Skeletal Radiol.* 1988. - Vol.17. - P.24-28, Брюханов А.В. Магнитно-резонансная томография в диагностике и оценке эффективности лечения гемофилических артропатий: Автореф. дис. канд. мед. наук. Барнаул, 1996. - 28 с.]. При этом не только ранняя диагностика дислокации надколенника, (возникшая как до возникновения вывиха надколенника, так и вследствие данного повреждения) но и исправление ее в ходе операции - значимая составляющая эффективного лечения.

Из анализа доступной литературы известно, что чаще всего в практическом здравоохранении для диагностики латеролокации надколенника используется физикальное исследование. Так, возникновение резкой болезненности в переднем отделе коленного сустава после не прямой травмы колена в сочетании с латеральной дислокацией надколенника является основанием для установки диагноза. Однако, в ряде случаев, при самопроизвольном вправлении вывиха на основании только клинической картины нельзя точно установить сам факт вывиха в анамнезе. В подобных ситуациях на первый план в 62,8-90% случаев выступает картина

внутриуставного кровоизлияния [Тимофеев И.В. Клиника, диагностика и эндоскопические методы лечения острого вывиха надколенника: автореф. дис.... канд. мед. наук: 14.00.35 - детская хирургия - М., 2004. - 15 с.], что не является строго специфической картиной вывиха, а наблюдается при большинстве травм коленного сустава, вследствие чего возникают диагностические трудности в определении характера повреждения, и как следствие, ошибки в тактике ведения больного.

При анализе анамнеза травмы менее половины пациентов описывают сам факт смещения надколенника, особенно если это касается детей и подростков. Детский контингент больных не может точно изложить сам момент получения и характер травмы [Выборное Д.Ю. Артроскопия при травме и заболеваниях коленного сустава у детей/ Д.Ю. Выборнов, М.А. Петров, И.Н. Исаев // Детская хирургия. - 2012. - №5. - С. 29-34].

Также из-за частого самовправления вывиха при форсированном выпрямлении ноги еще на месте получения травмы в совокупности с некоторыми свойствами детского организма: отек проявляется сильнее, чем у взрослых, массивный гемартроз, болевая контрактура - все это затрудняет клинический осмотр пациента, а сам факт смещения не доказывает.

Стандартное рентгенологическое обследование при своей объективности, доступности и неинвазивности, возможности диагностики сопутствующих повреждений костных структур позволяет диагностировать «зафиксированный» вывих надколенника, однако не позволяет указать на вывих при самопроизвольном его вправлении, так как не учитывает «функциональный» компонент травмы. При сочетанном повреждении надколенника и мышц бедра рентгенологическое обследование позволяет визуализировать только нарушение костных структур, однако при перихондральных повреждениях оно остается малоинформативным, что в 66% оставляет данные повреждения не диагностированными [Клинические проявления и дифференциальная диагностика внутриуставной патологии коленного сустава в детском возрасте / М. А. Герасименко // Военная медицина. - 2014. - №3 (32). - С. 108-112]. К недостаткам рентгенологического обследования следует отнести и невозможность диагностики самопроизвольно вправившихся вывихов надколенника, дополнительную лучевую нагрузку на пациента, невозможность диагностики сопутствующих мягкотканых и перихондральных повреждений, невозможность оценки восстановления коленного сустава в процессе реабилитации.

Из уровня техники известно применение ультразвукового исследования для оценки коленного сустава при подобном повреждении. Это доступный, не инвазивный способ визуализации повреждений, не приводящий к дополнительной лучевой нагрузке на исследуемого. Однако, как и у предыдущего метода, ультразвуковое исследование позволяет лишь выявить косвенные признаки самопроизвольно вправившегося вывиха надколенника, такие как повреждения медиальных стабилизаторов надколенника в виде диффузного утолщения мягких тканей, неравномерного повышения эхогенности с утратой четкости дифференцировки структур медиального отдела сустава, утолщения синовиальной оболочки, причем указанные признаки можно было выявить лишь в остром периоде травмы.

Кроме того, УЗВ-метод не позволяет провести функциональную оценку состояния коленного сустава в процессе реабилитации, во многом остается субъективным.

Одним из наиболее информативных способов визуализации повреждения мягких тканей коленного сустава является магнитно-резонансная томография (МРТ), чувствительность и специфичность которой для повреждений менисков и крестообразных связок выше 80%, а в некоторых исследованиях 90% и выше, что ставит МРТ на первое место в диагностическом плане. Еще одним из преимуществ МРТ является пространственное изображение, что дает в полной мере оценить все структуры [Пицын И.А. Использование артроскопии и принципа обратной связи специалистов для оценки истинной эффективности ультразвукового исследования в дифференциальной диагностике патологии внутриуставных структур коленного сустава: автореф. дис.... канд. мед. наук. - Ярославль, 2016. - 18 с.].

В качестве недостатков МРТ - его субъективность, дороговизна; сохраняющийся отек в остром периоде может исказить картину внутриуставных повреждений, не позволяет оценить функциональное состояние мышц, принимающих участие в

движении и кинематической стабилизации коленного сустава. Данные обстоятельства ограничивают применение МРТ в клинической практике в остром периоде и при оценке эффективности лечения и реабилитации у пациентов с латеролокацией надколенника.

По данным патентно-информационного поиска известны способы диагностики и лечения вывиха надколенника - по патенту №2674918 от 27.12.17 г. «Способ хирургического лечения рецидивирующего вывиха надколенника у детей», при котором методом многослойной спиральной компьютерной томографии производят пространственную визуализацию костных структур коленного сустава, определяют степень повреждения хряща надколенника и бедренной кости. Методом магнитно-резонансной томографии оценивают степень повреждения медиальной поддерживающей связки надколенника, транс- и остеохондральные повреждения бедренной поверхности надколенника и наружного мыщелка бедренной кости и состояние окружающих мягких тканей, в том числе состояние их сосудистой сети. По патенту №2343862 от 06.12.06 г. «Способ аутопластики собственной связки надколенника после эндопротезирования коленного сустава» одним из технических решений указана возможность латеропозиции надколенника, при которой фиксацию аутотрансплантата производят с медиальным смещением его сухожильной части. Общими недостатками указанных способов является их исключительно анатомическая составляющая, при которой не оценивается функциональная эффективность новых структур.

Применение артроскопии коленного сустава является наиболее информативным методом диагностики вывиха надколенника и сопутствующих повреждений. Данный способ позволяет не только визуализировать повреждения, но и провести раннюю хирургическую коррекцию. К недостаткам метода следует отнести высокую инвазивность, по сравнению с предыдущими методами, необходимость высокой квалификации хирурга, наличия оборудования, необходимость госпитализации пациента, невозможность оценить состояние мышц, стабилизирующих коленный сустав, невозможность использования метода для оценки лечения и реабилитации пациентов.

Наиболее близким к предлагаемому способу является использование электронноймиографии (ЭНМГ) у больных с вывихом надколенника [Электронеймиография в диагностике патологии пателлофemorального сустава у пациентов молодого возраста / М.А. Герасименко, О.И. Шалатонина, Е.В. Жук, С.И. Третьяк // Казан. мед. журн. - 2011. - №4. - С. 503-508]. Применение данного способа предполагает проведение ЭНМГ в покое (контроль) и при сгибании и разгибании коленного сустава, что приводило к возникновению изменения возбудимости в дуге моносимпатического рефлекса как в моторном, так и сенсорном его звене, по сравнению с неповрежденной конечностью. Дисфункция нервно-мышечного аппарата проявлялась на обеих конечностях (генерализация нарушений) с доминированием на стороне травмы. Была проведена оценка соотношения амплитуд латеральной и медиальной широких мышц бедра, двуглавой и латеральной широкой мышц бедра, а также мышц голени, выполняющих антагонистические моторные функции в норме и на пораженной конечности. Так, отношение амплитуды ЭНМГ медиальной широкой мышцы к амплитуде латеральной составляло 0,86 у здоровых лиц, на стороне пораженного сустава ниже 0,75; для двуглавой мышцы бедра и латеральной головки - 0,84 и 1,3, соответственно; двуглавой и медиальной широкой - 0,97 и 1,7, соответственно; для икроножной и латеральной широкой мышцы - 0,9 (N) и 1,5, икроножной и медиальной широкой мышцы - 1,1 (N) и 2,0 соответственно. Полученные результаты указывали на изменение физиологического баланса между широкими мышцами с преобладанием активности латеральной головки четырехглавой мышцы, двуглавой мышцы бедра и икроножной мышцы голени. Такое соотношение активности латеральной и медиальной порций четырехглавой мышцы бедра и других мышц не является строго стабильным - оно может изменяться после повторных травм коленного сустава, хирургического лечения и в процессе реабилитации. Наблюдаемая более высокая активность латеральной широкой и икроножной мышцы на стороне синдрома латеральной гиперпрессии надколенника позволяет предположить возможность участия их в избыточном гомолатеральном

натяжении надколенника. К недостаткам метода следует отнести его трудоемкость и невозможность применения в движении, что значительно снижает чувствительность самого способа. Данный способ принят в качестве прототипа.

Технический результат предлагаемого способа диагностики динамического дисбаланса четырехглавой мышцы бедра вследствие латеродислокации надколенника достигается тем, что наш способ использовал аппарат исследования ходьбы (в данном случае - компьютерный комплекс «Стэдис» ООО «Нейрософт», г. Иваново), позволяющий регистрировать ЭНМГ в динамике ходьбы, сопоставляя огибающие ЭНМГ с циклом шага, и при появлении дополнительной волны сокращения *m. vastus medialis* четырехглавой мышцы бедра в интервале 60-80% цикла шага - диагностируется динамический дисбаланс четырехглавой мышцы бедра вследствие латеродислокации надколенника.

Патогенетической основой предлагаемого способа является биомеханическая иерархия двигательных актов опорно-двигательной системы, и при изменении анатомических соотношений компенсация происходит за счет мышечно-связочного аппарата ипсилатеральной конечности.

Предлагаемый нами способ выполняют следующим образом:

Для регистрации параметров ходьбы устанавливают 2 беспроводных биометрических сенсора «Нейросенс» на голени пациента выше лодыжек и один датчик на пояснице. Каждый биометрический сенсор позволяет регистрировать до двух дифференциальных каналов поверхностной ЭМГ.

Главной мышцей передней группы является *m. quadriceps femoris*. Из четырех головок этой мышцы для исследования с помощью поверхностной ЭМГ доступны только три: *m. rectus femoris*, *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, при этом *M. vastus lateralis* и *m. vastus medialis* синергисты и могут оказывать действие только на коленный сустав. Накожные электроды устанавливают на двигательные точки вдоль мышечных волокон по стандартной методике The SENIAM project (Surface ElectroMyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles) is a European concerted action in the Biomedical Health and Research Program (BIOMED II) of the European Union [Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.seniam.org/>].

Пациент ходит по ровной поверхности без средств опоры, в удобной обуви (без каблучков, плотно прилегающая к стопе) в комфортном для себя темпе в течение двух минут. Программа в автоматическом режиме регистрирует временные, фазные и кинематические параметры ходьбы, сопоставляя их с огибающей ЭНМГ мышц. Для каждой ЭНМГ рассчитывается два количественных параметра:

1) амплитуда (мкВ) - наибольшее значение огибающей ЭНМГ за цикл шага (ЦШ), используется для оценки силы сокращения мышцы;

2) фаза (% ЦШ) - момент ЦШ, на который приходится максимальное значение огибающей ЭНМГ, для оценки своевременности включения мышцы в ЦШ.

Исследование проведено на базе ОБУЗ «Ивановский областной госпиталь для ветеранов войн» в феврале - мае 2019 г. Обследовано 40 человек, в возрасте с 10 до 17 лет (средний возраст  $13,5 \pm 2,3$  лет) с травматическими вывихами надколенника как после консервативного (20 чел.), так и после оперативного (20 чел.) лечения. Группу контроля составили практически здоровые 40 добровольцев (студенты I курса ФГБОУ ВО Ивановской государственной медицинской академии МЗ РФ и ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России). Критериями включения были: лица до 18 лет включительно, проживающие в ЦФО, с индексом массы тела от 21 до 24, без вредных привычек, с основной группой по физкультуре, без патологии и травмы коленного сустава в анамнезе, без переломов костей таза, бедра, голени, стопы.

В норме максимум для *m. vastus medialis* имеет место в 12% ЦШ. (фиг. 1). В ходе исследования у подростков с вывихом надколенника как после оперативного, так и консервативного лечения выявлен дисбаланс биоэлектрической активности *m. vastus medialis* в цикле шага со стороны вывиха, заключающийся в ее дополнительном напряжении в периоде переноса (60%-80% ЦШ), по сравнению с респондентами контрольной группы.

Формируется новый динамический стереотип ходьбы, при котором наблюдается дополнительное, имеющее компенсаторный характер, сокращение *m. vastus medialis* в

тот период ходьбы, когда происходит потеря контакта с опорой - в момент отрыва носка от опоры в периоде переноса, что является компенсацией стабилизации КС во время сгибания, когда имеется «тенденция» надколенника к вывиху.

Примеры скрин-шот экранов ЭНМГ клинического применения разработанного способа представлены на фиг. 2-4.

Фиг. 2. ЭНМГ *m. vastus medialis* в цикле шага в экспериментальной группе. Подросток Б., 17 лет с вывихом надколенника слева после консервативного лечения через 1,5 мес. после травмы: наблюдается сильное дополнительное сокращение мышцы, необходимое для стабилизации надколенника с  $\text{мах}=68,5\%$  в периоде переноса.

Фиг. 3. ЭНМГ *m. vastus medialis* в цикле шага в экспериментальной группе. Подросток 17,5 лет с вывихом надколенника слева в анамнезе после консервативного лечения через 2 года после травмы. Имеется вторая волна сокращения медиальной головки четырехглавой мышцы бедра с началом в 45% ЦШ в конце периода опоры и с максимумом в начале периода переноса в 60% ЦШ.

Фиг. 4. ЭНМГ *m. vastus medialis* в цикле шага в экспериментальной группе. Девушка 16 лет с вывихом надколенника справа после оперативного лечения через год после травмы: наблюдается дополнительное сокращение мышцы в периоде переноса с максимумом в начале периода переноса в 60% ЦШ, необходимое для стабилизации надколенника.

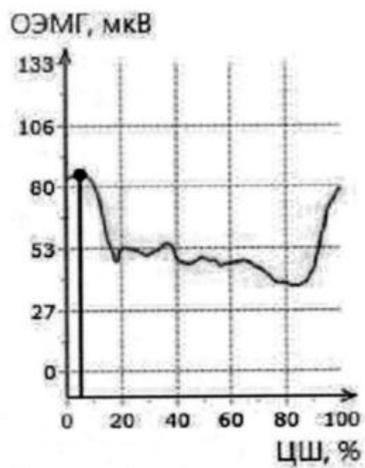
Таким образом, у подростков с вывихом надколенника выявлено изменение биоэлектрической активности *m. vastus medialis* по сравнению с контрольной группой, которое заключается в дополнительном ее сокращении в период переноса, в момент, когда необходима стабилизация надколенника.

#### Формула изобретения

Способ диагностики динамического дисбаланса четырехглавой мышцы бедра вследствие латеродислокации надколенника, включающий выполнение поверхностной электронейромиографии, отличающийся тем, что ЭНМГ-исследование соотносится с фазами шага, и при определении дополнительного сокращения *m. vastus medialis* четырехглавой мышцы бедра в диапазоне 60-80% цикла шага диагностируется дисбаланс *m. vastus medialis* четырехглавой мышцы бедра вследствие латеропозиции надколенника.



Vastus medialis



Текущие значения:

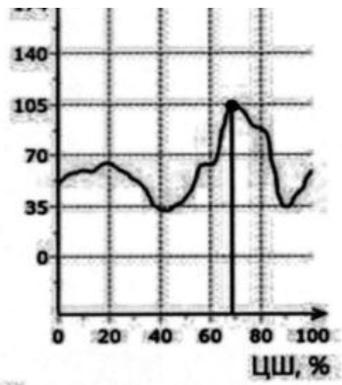
A = 85 мкВ     $\Phi$  = 5,5 %

Фиг. 1

Vastus medialis

ОЭМГ, мкВ

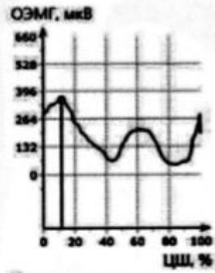
174



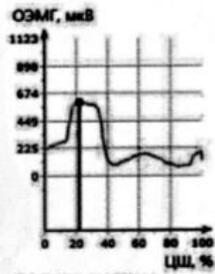
Текущие значения:  
A = 103 мкВ     $\Phi = 68,5 \%$

Фиг.2.

Vastus medialis



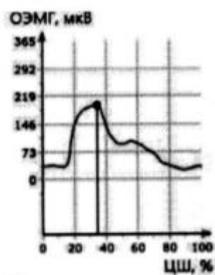
Текущие значения:  
A = 354 мВ @ = 12,0 %



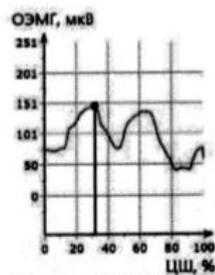
Текущие значения:  
A = 599 мВ @ = 22,0 %

Фиг. 3.

Vastus medialis



Текущие значения:  
A = 195 мВ  $\Phi$  = 34,5 %



Текущие значения:  
A = 146 мВ  $\Phi$  = 31,5 %

Фиг. 4