

Сравнительное определение механической прочности трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы для пластики передней крестообразной связки, подготовленной различными способами (экспериментальное исследование)

Бальжинимаев Д.Б.¹, Михайлов И.Н.¹, Тишков Н.В.^{1,2}

¹ ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, Россия);

² Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100, Россия)

Автор, ответственный за переписку: Бальжинимаев Доржи Баирович, e-mail: dorji45@mail.ru

Резюме

По данным современной литературы, проведено достаточное количество исследований по определению механической прочности трансплантатов из сухожилия полусухожильной и тонкой мышцы, собственной связки надколенника, широкой фасции бедра, сухожилия длинной малоберцовой мышцы, каждая из которых обладает уникальными характеристиками, но в настоящее время недостаточно изучены трансплантаты, подготовленные оригинальными (новыми) способами.

В период с 05.11.2018 по 17.12.2018 гг. нами было проведено экспериментальное исследование по определению механической прочности трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы, взятого у трупного материала. Трансплантаты были подготовлены оригинальным и известным (техника Graft-Link) способами.

Экспериментальное исследование одобрено комитетом по этике ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии».

Материал для исследования был подготовлен на базе Иркутского областного бюро судебно-медицинской экспертизы.

После забора исследуемого трупного материала на кафедре сопротивления материалов НИ ИргТУ проводились основные этапы экспериментального исследования. Исследования механических свойств трансплантата проводились на испытательной машине Shimadzu, зарегистрированной в Государственном реестре средств измерений и допущенной к применению в Российской Федерации.

В результате проведенного исследования нами получены следующие данные. Механическая прочность трансплантата, полученного из сухожилия полусухожильной мышцы оригинальным способом, составляет в среднем $607,8 \pm 101,2$ Н/мм. Механическая прочность трансплантата, полученного из сухожилия полусухожильной мышцы известным способом (техника Graft-Link), составляет в среднем $351,8 \pm 133,0$ Н/мм.

Ключевые слова: трансплантат, пластика ПКС, механическая прочность, сухожилие полусухожильной мышцы

Для цитирования: Бальжинимаев Д.Б., Михайлов И.Н., Тишков Н.В. Сравнительное определение механической прочности трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы для пластики передней крестообразной связки, подготовленной различными способами (экспериментальное исследование). *Acta biomedica scientifica*. 2019; 4(6): 143-147. doi: 10.29413/ABS.2019-4.6.23.

Comparative Determination of the Mechanical Strength of a Transplant from a Tendon of a Semitendinosus Muscle for Plastic Surgery of the Anterior Cruciate Ligament Prepared in Various Ways (Experimental Study)

Balzhinimaev D.B.¹, Mikhaylov I.N.¹, Tishkov N.V.¹

¹ Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology (Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003, Russian Federation);

² Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education (Yubileyniy 100, Irkutsk 664049, Russian Federation)

Corresponding author: Dorzhi B. Balzhinimaev, e-mail: dorji45@mail.ru

Abstract

According to modern literature, a sufficient number of studies have been carried out to determine the mechanical strength of transplants from the tendon of the semitendinosus and gracilis muscles, the autologous ligament of the patella, the broad fascia, peroneus longus tendon, each of which has unique characteristics, but at present, transplants prepared by original (new) methods are understudied.

In the period from November 5 to December 17, 2018 we conducted an experimental study to determine the mechanical strength of a transplant from a tendon of a semitendinosus muscle taken from cadaveric material. The transplants were prepared by original and well-known (Graft-Link technique) methods.

The experimental study was approved by the Ethics committee of Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology. The material for the study was prepared on the basis of the Irkutsk Regional Bureau of Forensic Medical Examination.

After sampling the cadaveric material being studied, the main stages of the experimental study were carried out at the materials resistance department of the Irkutsk State Technical University. Studies of the mechanical properties of the transplant

were carried out on a Shimadzu testing machine registered in the State Register of Measuring Instruments and approved for use in the Russian Federation.

As a result of the study, we obtained the following data. The mechanical strength of the graft obtained from the tendon of the semitendinosus muscle in an original way is on average 607.8 ± 101.2 N/mm. The mechanical strength of the graft obtained from the tendon of the semitendinosus muscle in a traditional manner (Graft-Link technique) is on average 351.8 ± 133.0 N/mm.

Key words: transplant, anterior cruciate ligament plastic, mechanical strength, semi-tendon muscle tendon

Для цитирования: Balzhinimaev D.B., Mikhaylov I.N., Tishkov N.V. Comparative Determination of the Mechanical Strength of a Transplant from a Tendon of a Semitendinosus Muscle for Plastic Surgery of the Anterior Cruciate Ligament Prepared in Various Ways (Experimental Study). *Acta biomedica scientifica*. 2019; 4(6): 143-147. doi: 10.29413/ABS.2019-4.6.23.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы лечения пациентов с повреждением передней крестообразной связки (ПКС) коленного сустава несомненна. Так, по данным разных авторов, частота неудовлетворительных результатов консервативного лечения пациентов с повреждением ПКС достигает 90 %, а частота неудовлетворительных результатов хирургического лечения – 34 % [1, 2].

Чаще всего повреждениям ПКС подвержены люди молодого, трудоспособного возраста, ведущие активный (спортивный) образ жизни. В гендерном соотношении разрыв ПКС чаще всего происходит у лиц мужского пола, так как мужчины в большей степени занимаются травмоопасными видами спорта, и их труд связан с высокими нагрузками [3, 4].

В настоящее время выбор трансплантата для пластики ПКС является открытым вопросом и зависит от условий труда, клиники в целом и от предпочтений хирурга. Наиболее популярными на сегодняшний день являются ауто-сухожилия – сухожильный трансплантат из средней трети надколенника с двумя костными блоками, центральная часть сухожилия четырёхглавой мышцы бедра, сухожилия «гусиной лапки», такие как сухожилия полусухожильной и тонкой мышц, а также сложенное вчетверо сухожилие полусухожильной мышцы. Единым значимым положительным моментом всех вышеперечисленных аутоматериалов является то, что их механическая прочность выше, чем у интактной ПКС, и выдерживают нагрузку более чем в 2 раза [7].

На современном этапе при выборе сухожильного ауто-трансплантата доминируют сухожилия подколенных сгибателей (сухожилие полусухожильной и тонкой мышц), которые обладают множеством положительных качеств, таких как высокая прочность трансплантата, малая травматичность забора сухожилий, относительная простота подготовки ауто-трансплантата, редкое развитие болезни «донорского места» [5].

Существенным недостатком забора данных сухожилий является дефицит сгибания коленного сустава в позднем послеоперационном периоде из-за использования в качестве трансплантата сухожилий полусухожильной и тонкой мышц, которые и являются его сгибателями в сложном параартикулярном комплексе коленного сустава [6].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение механической прочности четырёхпучкового трансплантата, подготовленного оригинальным и известным (техника Graft-Link) способами из сухожилия полусухожильной мышцы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В экспериментальном исследовании было использовано 60 трупных сухожилий полусухожильной мышцы.

Забор сухожильного материала производился на базе Иркутского областного бюро судебно-медицинской экспертизы (ИОБСМЭ).

Проведение экспериментального исследования одобрено комитетом по этике ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии».

Забор сухожилия полусухожильной мышцы производили по технике Graft-Link. По способу подготовки трансплантата сформированы две группы: 1-я группа – подготовка осуществлялась по оригинальной методике; 2-я группа – стандартная методика (техника Graft-Link). В каждой группе использовалось по 30 сухожилий.

При подготовке трансплантата по оригинальной методике (1-я группа) на свободных концах сухожилия выполняли накладной шов с двумя открытыми срезами. Для этого один конец сухожилия накладывали на другой, при этом выпуск среза нижнего конца составлял 5–6 мм, после чего прошитый конец отворачивали на срез и накладывали второй ряд швов по ширине сухожилия (рис. 1). Далее полученный трансплантат сгибали так, чтобы получился трансплантат из четырёх пучков, и прошивали его с двух концов на 1,0–1,5 см обвивным швом (приоритетная справка на изобретение «Способ пластики передней крестообразной связки» от 27.03.2019 г., заявка № 2019108959/14 (017177)).

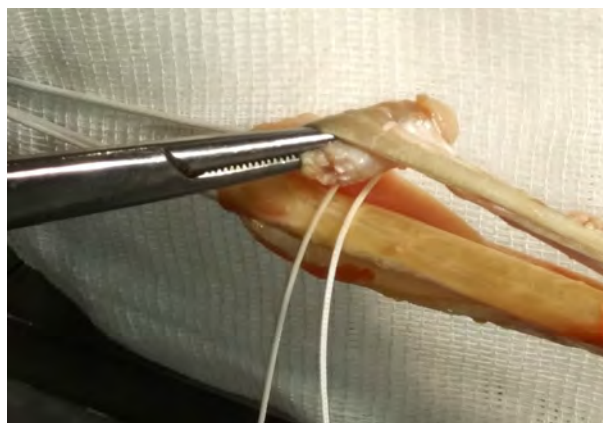


Рис. 1. Подготовка и армирование трансплантата.
Fig. 1. Transplant preparation and reinforcement.

Подготовка 2-й группы трансплантатов проводилась известным способом (техника Graft-Link), свободные концы сшивались конец в конец (рис. 2).

После забора и подготовки исследуемого материала основные этапы экспериментального исследования выполнялись на кафедре сопротивления материалов Национального исследовательского Иркутского государственного технического университета (НИ ИрГТУ).

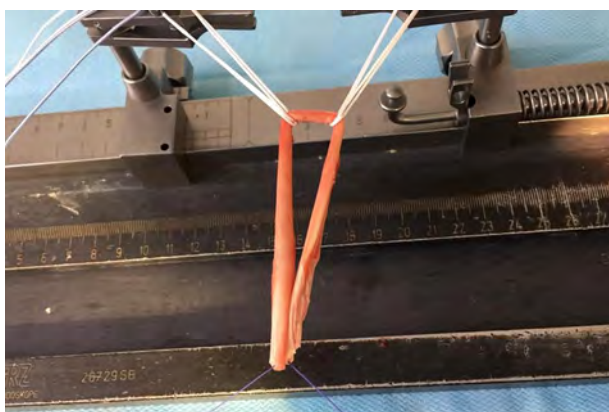


Рис. 2. Подготовка трансплантата техникой Graft-Link (шов «конец в конец»).

Fig. 2. Preparation of the transplant using the Graft-Link technique (end-to-end seam).

Исследование механических свойств трансплантата проводилось на испытательной машине Shimadzu, зарегистрированной в Государственном реестре средств измерений и допущенной к применению в Российской Федерации.

Данные, полученные в результате данного этапа исследования, использовались для оценки эффективности трансплантата, подготовленного оригинальным способом.

Эксперимент проводился в несколько этапов.

1. Концы полученных сухожилий сшивались по оригинальной методике (получен приоритет от 27.03.2019 г., заявка № 2019108959/14 (017177)) нитями полиэстер № 4, а затем обшивались обвивным швом нитями Vicryl 2-0 (рис. 1).

2. Проксимальный и дистальный концы препарата фиксировались в металлические крючки, которые в свою очередь прикреплялись к кольцам от аппарата Илизарова (рис. 3).



Рис. 3. Трансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы, подготовленный оригинальным способом.

Fig. 3. A transplant from a tendon of a semitendinosus muscle prepared in an original way.

3. В аппарате проводилась дистракция со стандартной скоростью 20 мм/мин, фиксировалась сила и величина удлинения сухожилия, при которых происходил разрыв.

Подготовка трансплантатов во второй группе проводилась известным способом (техника Graft-Link) (рис. 4).

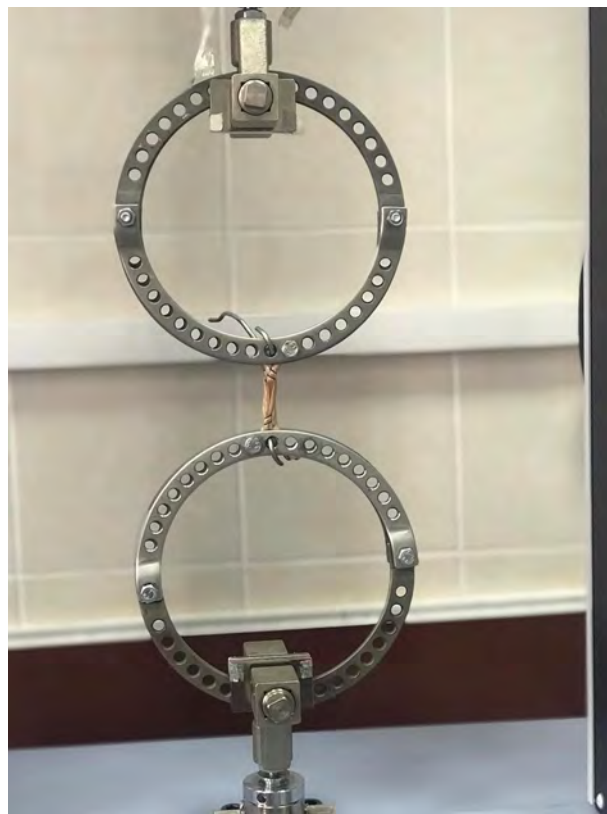


Рис. 4. Трансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы, подготовленный известным способом (техника Graft-Link).

Fig. 4. A graft from a tendon of a semitendinosus muscle prepared in a traditional manner (Graft-Link technique).

Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи сертифицированной программы IBM SPSS Statistics 21 для Mac с использованием непараметрической статистики (критерий Манна – Уитни).

Использовался непараметрический метод определения статистической значимости различий. Для сравнения функциональных результатов в группах использовали непараметрический критерий Манна – Уитни для несвязанных групп. Различия между группами наблюдений считали значимыми при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе экспериментального исследования определена механическая прочность сухожилия полусухожильной мышцы, подготовленной оригинальным способом. Среднее значение силы, при котором происходит разрыв, составляет $607,8 \pm 101,2$ Н/мм. При изучении механической прочности трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы, подготовленного известным способом (техника Graft-Link), среднее значение силы, при котором происходит разрыв, составило $351,8 \pm 133,0$ Н/мм (рис. 5).

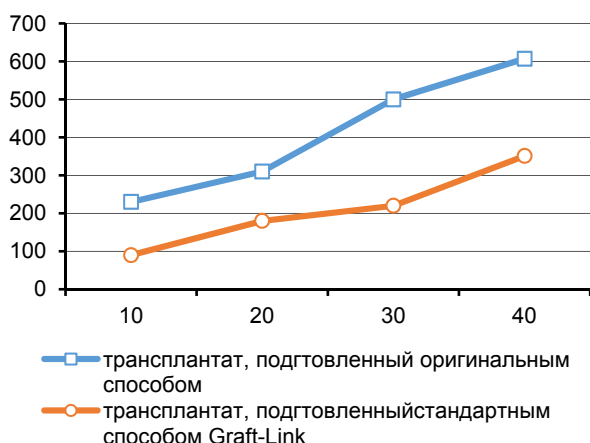


Рис. 5. График пикового значения силы, при которой происходит разрыв трансплантатов.

Fig. 5. The graph of the peak value of the force at which the grafts rupture.

При статистической обработке данных, полученных при оценке прочностных характеристик трансплантата, установлены статистически значимые отличия между группами ($p < 0,05$). По показателю прочности имеет место серьёзный размах вариации между исследуемыми группами (табл. 1).

При сравнении трансплантатов, полученных оригинальным и стандартным способами, по показателю механической прочности во всех случаях получены статистически значимые различия между группами ($p < 0,005$) (рис. 6).

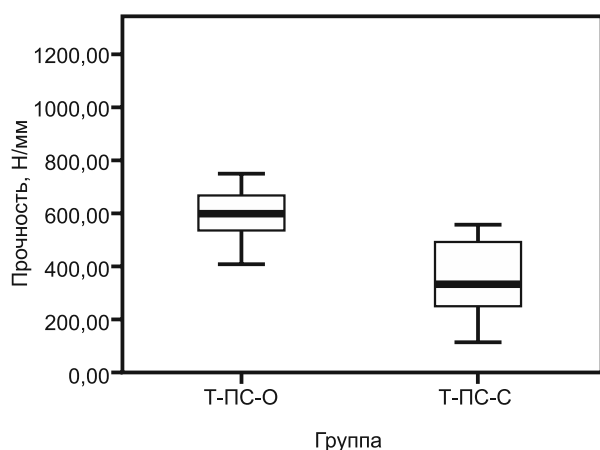


Рис. 6. Механическая прочность трансплантата в исследуемых группах.

Fig. 6. The mechanical strength of the graft in the study groups.

Таким образом, трансплантаты из сухожилия полусухожильной мышцы, подготовленные оригинальным способом, обладают большими прочностными характеристиками, отличными от таковых у трансплантатов из сухожилия полусухожильной мышцы, подготовленных известным способом (техника Graft-Link).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе экспериментального исследования доказано, что использование предлагаемого способа подготовки трансплантата из сухожилия полусухожильной мышцы по оригинальной методике позволяет обеспечить большую механическую прочность в сравнении с трансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы, подготовленной известным способом (техника Graft-Link). Прочностные характеристики трансплантата выше при использовании оригинального способа, что связано с использованием накладного усиливающего шва, который не используется при выполнении стандартной методики.

Полученные результаты свидетельствуют, что использование оригинального способа пластики ПКС трансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы позволит улучшить результаты лечения пациентов с патологией передней крестообразной связки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Leys T, Salmon L, Waller A, Linklater J, Pinczewski L. Clinical results and risk factors for reinjury 15 years after anterior cruciate ligament reconstruction a prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Am J Sports Med.* 2012; 3(40): 595-605.
2. Pinczewski L, Salmon L, Thompson S, Waller A, Linklater J, Roe J. Radiographic osteoarthritis, clinical outcomes and reinjury 20 years after ACL reconstruction a prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Orthop J Sports Med.* 2016; 1(4): 2325967116S00004.
3. Корнилов Н.В., Грязнухин Э.Г., Осташко В.И., Редько К.Г. *Травматология.* СПб.: Гиппократ; 1999.
4. Корнилов Н.В. *Травматология и ортопедия: руководство для врачей;* в 4-х томах. СПб.: Гиппократ; 2006; 3: 284-312.
5. Кожевников Е.В., Баженов П.А. Сухожилие длинной малоберцовой мышцы как ауто трансплантат для реконструкции связочного аппарата коленного сустава при его нестабильности. *Травматология и ортопедия России.* 2011; (4): 108-113. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2011-4-108-113>
6. Сластинин В.В., Файн А.М., Ваза А.Ю. Использование трансплантата из сухожилий подколенных мышц для пластики передней крестообразной связки (преимущества, проблемы и пути их решения). *Трансплантология.* 2017; 9(4): 317-324. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2017-9-4-317-324>
7. Кожевников Е.В., Баженов П.А. Пластическое восстановление передней крестообразной связки свободным ауто трансплантатом из сухожилия длинной малоберцовой мышцы. *Политравма.* 2011; (1); 76-81.

Прочность трансплантата в исследуемых группах

Таблица 1

Table 1

Graft strength in the study groups

Группы	Показатель	Размах	Среднее	Стандартное отклонение
Трансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы подготовленной оригинальным способом	прочность, Н/мм	411,9	607,8	101,192
Трансплантат из сухожилия полусухожильной мышцы подготовленной стандартным способом	прочность, Н/мм	442,5	351,8	132,988

8. Lubowitz JH, Ahmad C, Andersonk. AI ACL GraftLink technique: secondgeneration, noincision ACL reconstruction. *Arthroscopy*. 2011; 26: 717-727.

REFERENCES

1. Leys T, Salmon L, Waller A, Linklater J, Pinczewski L. Clinical results and risk factors for reinjury 15 years after anterior cruciate ligament reconstruction a prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Am J Sports Med*. 2012; 3(40): 595-605.

2. Pinczewski L, Salmon L, Thompson S, Waller A, Linklater J, Roe J. Radiographic osteoarthritis, clinical outcomes and reinjury 20 years after ACL reconstruction a prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Orthop J Sports Med*. 2016; 1(4): 2325967116S00004.

3. Kornilov NV, Gryaznukhin EG, Ostashko VI, Redko KG. *Traumatology*. Saint Petersburg: Gippokrat; 1999.

4. Kornilov NV. *Traumatology and orthopedics: guidelines for physicians*. Saint Petersburg: Gippokrat; 2006; 3: 284-312.

5. Kozhevnikov EV, Bazhenov PA. Long peroneal muscle tendon as an autograft for the reconstruction of knee joint ligaments due to its instability. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2011; (4): 108-113. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2011--4-108-113>

6. Slastinin VV, Fain AM, Vaza AYU. Using transplant from popliteal muscle tendon for the plastic repair of anterior cruciate ligament (advantages, problems and methods for their solution). *Transplantologiya*. 2017; 9(4): 317-324. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2017-9-4-317-324>

7. Kozhevnikov EV, Bazhenov PA. Plastic recovery of anterior cruciate ligament using free autograft from long peroneal muscle tendon. *Politravma*. 2011; (1); 76-81.

8. Lubowitz JH, Ahmad C, Andersonk. AI ACL GraftLink technique: secondgeneration, noincision ACL reconstruction. *Arthroscopy*. 2011; 26: 717-727.

Сведения об авторах

Бальжиниматов Доржи Баирович – аспирант, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: dorji45@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3486-0688>

Михайлов Иван Николаевич – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, врач травматолого-ортопедического отделения, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: auto_mih@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3215-4736>

Тишков Николай Валерьевич – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий научно-клиническим отделом травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; ассистент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России

Information about the authors

Dorzi B. Balzhinimaev – Postgraduate, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: dorji45@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3486-0688>

Ivan N. Mikhaylov – Candidate of Medical Sciences, Senior Research Officer at the Scientific Clinical Department of Traumatology, Traumatologist at the Unit of Traumatology and Orthopedics N 1, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: auto_mih@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3215-4736>

Nikolay V. Tishkov – Cand. Sc. (Med.), Head of the Scientific Clinical Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; Teaching Assistant at the Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education

Статья получена: 14.10.2019. Статья принята: 14.11.2019. Статья опубликована: 26.12.2019.

Received: 14.10.2019. Accepted: 14.11.2019. Published: 26.12.2019.