

Прибор для определения длины трансплантата при восстановительных микрохирургических операциях

Аннотация

Описан принцип работы прибора, созданного для определения оптимальной длины трансплантата для восстановительных операций при повреждении сухожилий, сосудов и нервов. Клинические испытания данного прибора показали хорошие результаты, что позволяет рекомендовать его для широкого применения.

Введение

Повреждения сухожилий при различных травмах чаще всего связаны с открытыми повреждениями конечности, при этом повреждения сухожилий зачастую сопровождаются нарушением целостности сосудов и нервов [1]. Основной проблемой, с которой зачастую приходится сталкиваться хирургу при восстановлении данных структур, – это восстановление функциональной активности как сухожилий, так нервов и сосудов; при этом для достижения этой цели не должно быть перерастяжения и структура должна иметь достаточные свойства для выполнения функциональной нагрузки [2], [3]. Для достижения этой цели в настоящее время предложены различные методы [4], [5], однако полное разрешение данного вопроса далеко от своего окончательного решения.

Цель

Разработать прибор для определения оптимальной длины трансплантата при восстановительных микрохирургических операциях.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели в условиях эксперимента с использованием метода математического моделирования были выполнены необходимые расчеты по определению длины трансплантата и некоторых других характеристик для восстановления длины нервов и кровеносных сосудов. Необходимо отметить, что невозможно включить все микрохирургические операции, поэтому были рассмотрены типичные случаи повреждения эластичных структур на предплечье и кисти. В процессе работы мы столкнулись с трудностью в создании математической модели, обусловленной пространственной сложностью, что обусловлено тем, что как артерия, так и нерв имеют значительную разветвленность. Однако при хирургической операции хирург работает с линейными участками. В связи с этим, с достаточной степенью точности мы можем в соответствии с принципом Даламбера считать, что силы натяжения, распределенные вдоль коллатералей, заменены их равнодействующей вдоль линейного участка. При этом для практических формул оказалось неважным конкретное место приложения равнодействующей силы. По сути, мы не знаем истинного размера эластичной структуры, участвующей в моделировании, но, как оказалось, это и не является необходимым. В случае рассмотрения ситуаций с сухожилиями мы имели в виду весь сухожильно-мышечный комплекс, который, очевидно, обладает эластичными свойствами, и, разумеется, к сухожильно-мышечному комплексу применимы, с незначительными модификациями, все рассуждения, приведенные для сосудов и нервов.

В работе приведен способ определения продольной силы натяжения в растянутых эластичных структурах посредством приложения поперечной силы.

Для определения величины трансплантата (вставки) предложена следующая формула: $l_{\text{иск}} = d - F / F_1$, где $l_{\text{иск}}$ – длина трансплантата; d – величина диастаза; F – продольная сила натяжения трансплантируемой структуры, отнесенная к единице площади поперечного сечения; F_1 – так называемая сан-

тиметровая сила натяжения восстанавливаемой структуры, отнесенная к единице площади поперечного сечения, для определения которой предложены разные способы определения. При этом частное F / F_1 измеряется в выбранных единицах длины, в нашем случае – сантиметрах. Необходимо отметить, что значение длины трансплантата, полученное с помощью данного соотношения, может быть равным или меньшим 0. В случае нулевой длины это означает, что трансплантат не нужен и можно проводить соединение концов восстанавливаемой структуры напрямую. В случае значений, меньших 0, это соотношение говорит о том, что дистальные и проксимальные концы должны быть урезаны на величину, равную абсолютному значению полученной длины, и концы сшиты затем напрямую. Такие ситуации возникают при укорочении кости.

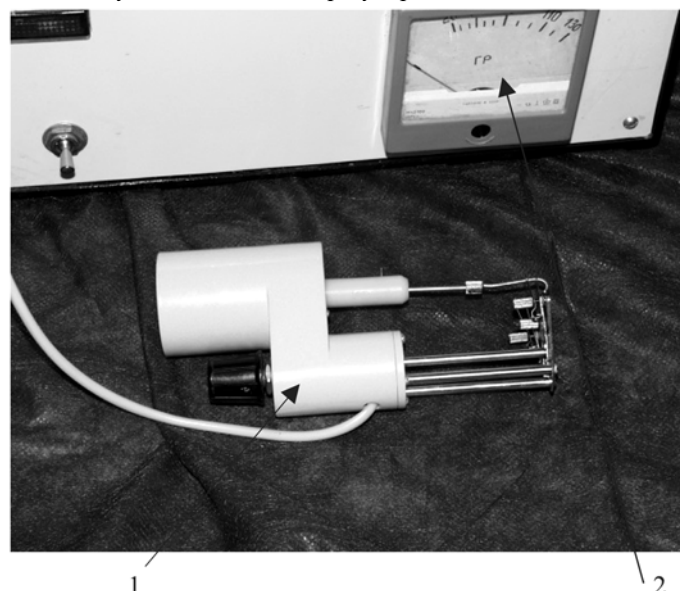


Рис. 1. Общий вид прибора для определения силы натяжения в эластичной структуре без ее разрушения:

1 – реостат; 2 – амперметр, градуированный в граммах

Для реализации математических методов определения по двум замерам силы натяжения, определения длины трансплантата, а также определения силы натяжения при восстановлении эластичных структур совместно с сектором «Информационные структуры» Саратовского госуниверситета создана программа TIN (TensionINterface). Эта программа позволяет определять силу натяжения эластичной структуры и площадь ее поперечного сечения с тем, чтобы определить силу натяжения, отнесенную к единице площади, а также определять величину трансплантата и силу натяжения восстанавливаемой эластичной структуры. По заданному значению модельной силы натяжения и силе натяжения, определяемой специальным измерением, для одного из концов восстанавливаемой эластичной структуры указанная программа позволяет определять значение силы натяжения другого конца эластичной структуры таким образом, чтобы при восстановлении эластичной структуры сила ее натяжения совпала со значением модель-

ной силы. Для выполнения этих функций производились соответствующие измерения и результаты этих измерений вводились в соответствующие поля формы программы, которые описывают параметры объекта манипуляций и операционного поля.

Проведенные исследования позволили разработать и создать специальный прибор, использование которого дало возможность определять силу продольного натяжения по результатам двух измерений без разрушения этих структур. Общий вид разработанного прибора представлен на *рис. 1*.

Принципиальная схема разработанного прибора представлена на *рис. 2*.

Работа прибора заключается в следующем: в случае замыкания выключателя (ВК), расположенного в аппарате, который питается от бытовой электрической сети с напряжением 220 В, понижающий трансформатор, обозначаемый на схеме *T*, производит обеспечение рабочей сети прибора напряжением в 12 В. В дальнейшем, при помощи выпрямителя, ток преобразуется из переменного в постоянный. Поступивший ток поступает на цепь, которая состоит из переменного резистора, электромагнитной катушки с металлическим стержнем, оканчивающимся небольшим крючком диаметром 9 мм, и амперметра, который градуируется в граммах. В дальнейшем при помощи реостата можно изменять силу тока в цепи, в результате этой манипуляции металлический стержень в катушке втягивается или убирается. При этом на амперметре отражаются возникающие усилия. Работа прибора заключается в следующем: в случае замыкания выключателя (ВК), расположенного в аппарате, который питается от бытовой электрической сети с напряжением 220 В, понижающий трансформатор, обозначаемый на схеме *T*, производит обеспечение рабочей сети прибора напряжением в 12 В. В дальнейшем при помощи выпрямителя ток преобразуется из переменного в постоянный. Поступивший ток поступает на цепь, которая состоит из переменного резистора, электромагнитной катушки с металлическим стержнем, оканчивающимся небольшим крючком диаметром 9 мм, и амперметра, который градуируется в граммах. В дальнейшем при помощи реостата можно изменять силу тока в цепи, в результате этой манипуляции металлический стержень в катушке втягивается или убирается. При этом на амперметре отражаются возникающие усилия.

Рабочая часть прибора представлена на *рис. 3*. Она представлена микроклипсами для фиксации эластичных структур, крючком для зацепления эластичной структуры и базой. На практике представленный аппарат работает следующим образом: с помощью двух микроклипс выбранный участок эластичной структуры жестко фиксируется, при этом расстояние между ними может колебаться в пределах от 1 до 5 см. Базой в данном случае называется конкретное расстояние между двумя микроклипсами. После того как выбрано расстояние, закрепляется крючок, который располагается на конце стержня датчика, датчик фиксируется на первом участке выбранного

материала и при помощи реостата, который расположен на корпусе датчика данного прибора, происходит первое смещение стержня. Необходимо отметить, что движения стержня при этом происходят вдоль линейки, градуировка которой происходит в миллиметрах, а сама она находится снаружи, на корпусе датчика.

Величина смещения одновременно фиксируется с показаниями амперметра, который градуирован в граммах, что позволяет получать значения первой из необходимых перпендикулярных сил. В дальнейшем измерения повторяются с использованием других значений смещения. Полученные в ходе исследования данные были занесены в компьютер, а обработка данных осуществлялась с помощью специально разработанной программы TIN, задача которой заключалась в определении искомой продольной силы натяжения определенной ткани.

С целью определения площади поперечного сечения эластичных структур мы предложили и внесли некоторые изменения в стандартный микрометр.

1. Радикальное уменьшение скобы микрометра, это изменение привело к доступности наиболее адекватного использования нетравмирующего эффекта данного прибора для выполнения операций.

2. Корпус микрометрического винта был оснащен металлическим кольцом, на котором жестко закреплялся миллиметровая линейка.

Внедрение данных модификаций дало возможность одновременно выполнять измерения двух параметров: большой и малой осей эллипса сечения эластичной структуры. К существенному недостатку предложенного метода измерения можно отнести одно обстоятельство, обусловленное тем, что частые стерилизации микровинта микрометра приводили к снижению легкости хода, что, в свою очередь, вызывало значительные затруднения. Это обстоятельство послужило тому, что был усовершенствован противоположный прибор для измерения, в котором не было выявленного изъяна. Для этого высокоточным фрезерным станком были нанесены деления в миллиметрах на губку штангенциркуля, что позволяло разбирать штангенциркуль на основные три части, обрабатывать и хорошо стерилизовать (*рис. 4*).

Обсуждение

Результаты проведенного исследования позволили создать прибор для определения продольной силы натяжения без разрушения эластичной структуры (сосуды, нервы), который был запатентован [6] и стал широко применяться в практической медицине при проведении микрохирургических операций. На основе проведенного математического моделирования и с использованием созданных приборов и компьютерных программ были выполнены восстановительные операции на сухожилиях и нервах предплечья и кисти у 206 больных. Изолированное повреждение сухожилий отмечалось в 59 случаях (28,6 %),

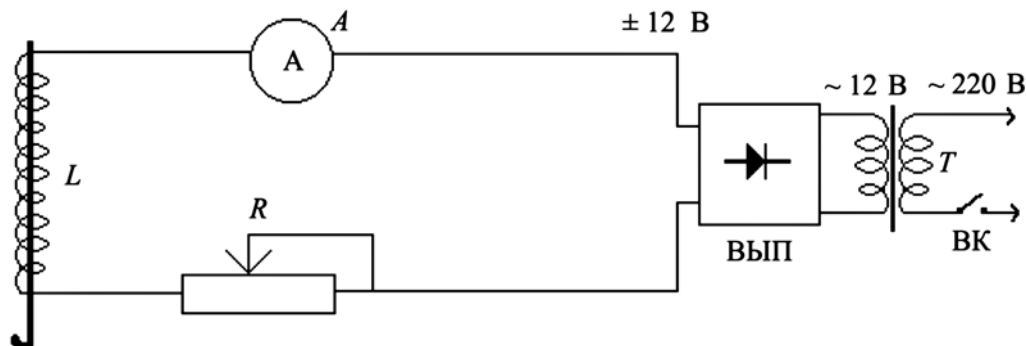


Рис. 2. Принципиальная схема прибора для определения продольной силы натяжения

в 28 случаях (13,6 %) оно сочеталось с повреждением костей, в 81 (39,3 %) – с повреждением нервов, в 16 (7,8 %) – с повреждением артерий и нервов, в 22 (10,7 %) случаях имелось повреждение всех перечисленных структур. В зоне фиброзно-синовialных влагалищ наблюдалось 95 повреждений на кисти, в карпальном канале – 86 и на предплечье – 25 повреждений.

Список литературы:

1. Бейдик О.В., Зарецков А.В., Щербаков М.А., Адамович Г.А. Обоснование расчета длины трансплантата при пластике сухожилий сгибателей в запретной зоне // Геней ортопедии. 2012. № 1. С. 89-92.
2. Козюков В.Г., Лисов С.О. Совершенствование вторичной одномоментной тенденопластики в восстановительном лечении последствий повреждений сухожилий сгибателей пальцев кисти // Пермский медицинский журнал. 2016. № 1. С. 43-48.
3. Баранов Н.А., Кабанов С.Н., Масляков В.В. О некоторых методах определения длины трансплантата периферических нервов, кровеносных сосудов и сухожилий // Российский журнал биомеханики. 2015. № 2. С. 205-220.
4. Волков А.М., Хубулава Г.Г., Пайвин А.А., Любимов А.И., Кравчук В.Н. Использование устройства для определения длины трансплантата во время операций аортокоронарного шунтирования // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2012. № 2. С. 64-66.
5. Гуляев Ю.П., Сергеева А.В. Способ определения продольной силы в растянутых эластичных структурах // Математика. Механика. 2005. № 7. С. 161-165.
6. Баранов Н.А., Кабанов С.Н. Способ определения длины трансплантата при восстановительных микрохирургических операциях на нервах, кровеносных сосудах и сухожильно-мышечном комплексе / Патент на изобретение 2003125041/14 от 11.08.2003.

Владимир Владимирович Масляков,
д-р мед. наук, профессор,
проректор по научной работе,
Николай Алексеевич Баранов,
ассистент,
кафедра хирургических болезней,
филиал ЧУОО ВО «Медицинский
университет «Реавиз»,
Сергей Николаевич Кабанов,
канд. физ.-мат. наук, доцент,
кафедра математической физики
и вычислительной математики,
Саратовский национальный исследовательский
государственный университет
им. Н.Г. Чернышевского,
г. Саратов,
e-mail: maslyakov@inbox.ru

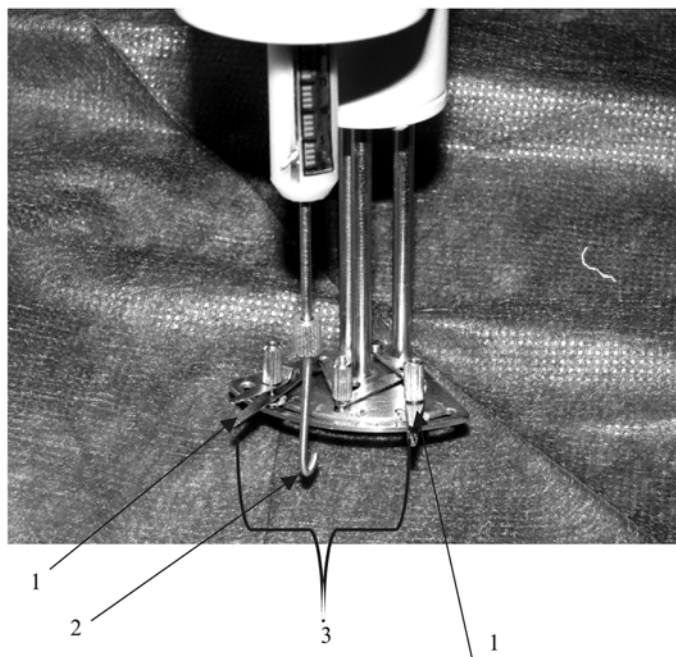


Рис. 3. Рабочая часть прибора для фиксации эластичной структуры: 1 – микроклипса для фиксации эластичной структуры; 2 – крючок для зацепления эластичной структуры; 3 – база

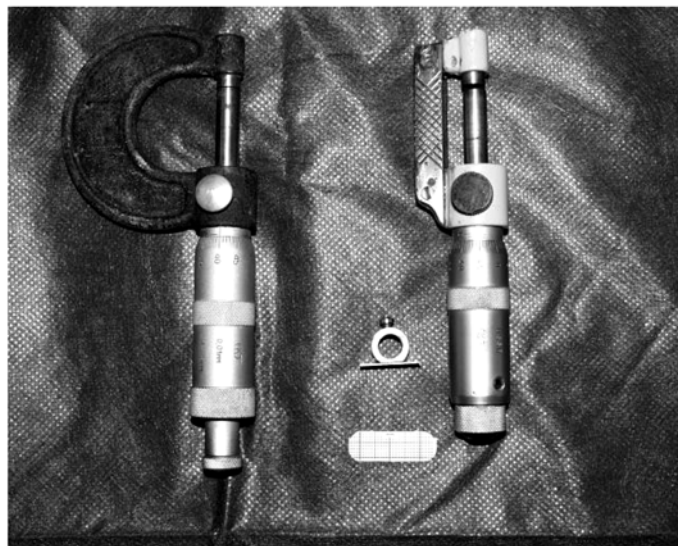


Рис. 4. Модифицированный микрометр

* * * * *