

Е.В. Добродный

НЕРАСКРЫТЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АППАРАТА ИЛИЗАРОВА

Метод Илизарова является одним из выдающихся достижений отечественной и мировой травматологии и ортопедии. Датой рождения метода можно считать 1952 г., когда автор подал заявку на авторское свидетельство «Способ сращения костей при переломах и аппарат для осуществления этого способа». За 55 лет использования методика совершенствовалась, а конструкция находила все новые области применения.

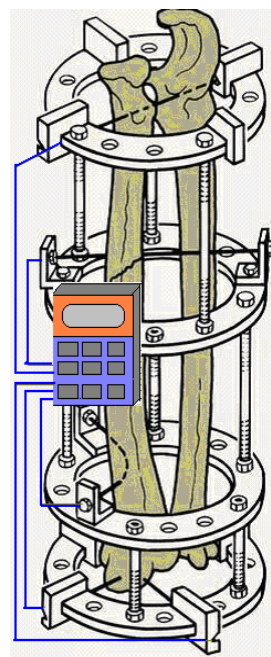
Конструкция, выпускаемая в настоящее время несколькими заводами как аппарат Илизарова, является результатом коллективного творчества и лишь отдаленно напоминает первый вариант изделия.

Чрескостный остеосинтез это, прежде всего, биомеханика, сопряженная с биохимическими и электрофизиологическими процессами, происходящими как в месте формирования костного регенерата, так и на спицах. Поскольку сам аппарат в основном состоит из металлических частей, то возникающие при этом электрические потенциалы распределяются и перемещаются по живым тканям и проводящим элементам конструкции.

Лечение каждого больного с повреждением конечностей представляет для хирурга трудную и уникальную задачу в связи с разнообразием травм, сложностью анатомического строения и главное непредсказуемостью осложнений и воспалительных процессов.

В процессе многолетних наблюдений за лечением заболеваний и повреждений конечностей с использованием шарнирно-дистракционных аппаратов наружной чрескостной фиксации было замечено возникновение ряда патологических явлений местного и общего характера, не всегда поддающихся объяснению. По данным разных авторов, процент осложнений колеблется от 10 до 42 [1]. Из местных расстройств наблюдаются: воспаление мягких тканей в местах прохождения одной или нескольких спиц, которое нередко трудно поддается лечению, резкие боли, не купирующиеся иногда даже применением наркотических анальгезирующих препаратов, отеки, местные вегетотрофические расстройства, лимфорея, изменения мышечного тонуса, дерматозы [5]. В последнее время из-за возникающих реакций травматологи применяют термин "непереносимость аппарата".

Рассмотрим подробнее механизм возникновения таких патологических проявлений, хотя четкого мнения по этому поводу нет и, скорее всего, это комплекс причин. В месте перелома могут возникать осложнения вследствие нехватки питательных веществ, кальция и фосфора, при этом возникает деминерализация, которая приводит к изменению как морфологии поверхности, так и элементного состава костной ткани. Еще одной причиной может служить слишком быстрое вытягивание кости, когда кость просто не успевает формироваться и образуется «ложный сустав». У разных пациентов даже при однотипных травмах кость может расти с разной скоростью из-за индивидуальных особенностей организма, а тянут их чаще всего стандартно: на 1 мм в сутки. Так, С.П. Миронов, О.В. Огане-



сян и др. [3] считают, что патологии могут возникать из-за проведения спиц через биологически активные зоны. В ткани металлические элементы конструкции могут выступать в роли антенн, в которых возникают неуправляемые электрические стимуляции. В 1993 году уже проводились работы по уменьшению "антенного эффекта" аппарата путем применения различных конструкций-изоляторов, изготовленных из современных изоляционных материалов [4]. Существует и целый ряд других причин, которые могут вызывать негативные последствия, поэтому без достоверной диагностики невозможно сказать, что явилось их причиной.

Анализ известных источников патентной и научно-технической информации показывает, что традиционные способы оценки функционального состояния организма и реализующие их технические средства в применении к диагностике указанных осложнений являются относительно трудоемкими и не отвечают требованиям ранней диагностики и системного подхода, да и ориентированы они в основном на иные проблемы. В нашем случае необходимо выявлять воспалительные процессы в области перелома и на спицах, причем желательнее в реальном времени или хотя бы несколько раз в день. Выявлять намечающиеся патологические изменения нужно на раннем этапе, чтобы их вовремя предупредить. А это возможно лишь при использовании самих элементов конструкции аппарата в диагностических целях, регистрируя разность электрических потенциалов на спицах разных уровней. Работы по межуровневой проводимости проводились в 1977–1978 гг. в Курганском НИИ экспериментальной и клинической ортопедии и травматологии, в лаборатории, руководимой канд. техн. наук В.А. Помазкиным. Тогда убедительных результатов добиться не удалось, поскольку появилось мнение, что восстановительные процессы существенно замедляются при применении изоляционных материалов, хотя это вступает в противоречие с исследованиями С.П. Миронова, О.В. Оганесяна и др. [4], в которых они применяли различные конструкции изоляторов, изготовленных из современных изоляционных материалов, в результате чего было выявлено их положительное влияние.

Обозначенное противоречие в первую очередь указывает на неизученность проблемы и необходимость новых исследований. Но прежде чем перейти к разработке нового метода диагностики, необходимо рассмотреть особенности электрической проводимости живой ткани. Ведь в живой ткани нет свободных электронов, и поэтому она не может быть уподоблена металлическому проводнику или полупроводнику, в котором электрический ток представляет собой упорядоченное движение свободных электронов. Ткани тела человека содержат значительное количество воды (до 65 % по весу), и поэтому живую ткань предпочтительнее рассматривать как электролит, т. е. раствор, разлагающийся химически при прохождении по нему тока, и, таким образом, считать, что она обладает ионной проводимостью. При этом перенос электрических зарядов в живой ткани осуществляется заряженными атомами или группами атомов – ионами. В живой ткани имеет место явление межклеточной миграции (перемещения) энергии, т. е. резонансный перенос энергии электронного возбуждения между возбужденной и невозбужденной клетками. Поэтому можно предположить, что живая ткань обладает также электронно-дырочной проводимостью, свойственной полупроводникам.

Таким образом, тело человека можно рассматривать как проводник особого рода, имеющий переменное сопротивление и обладающий в какой-то мере свойствами проводников первого рода (полупроводники) и второго рода (электролиты).

Воспаление, сопутствующее процессу заживления, – это процесс возбуждения клеток, следовательно, биопотенциал при воспалении тканей будет другим в отличие от потенциала покоя. Измеряя разность потенциалов между отдельными уровнями, можно выявить, насколько активно идут процессы в локации у перелома.

Необходимо разобраться и с тем, каким образом полезные вещества, представленные ионами, транспортируются по межклеточному веществу в зону остеосинтеза. Поскольку

ионы – это заряженные частицы, а ткань обладает свойствами электролита, то поток частиц, обладающих зарядом q , при наличии градиента электрического потенциала $d\varphi/dx$, равен

$$J = -qnu \frac{d\varphi}{dx},$$

где n – число частиц в единице объема; u – подвижность частицы.

Изменение свободной электрической энергии одного моля заряженных частиц составляет:

$$\Delta G = zF(\varphi_2 - \varphi_1) = zeN_A(\varphi_2 - \varphi_1) = qN_A(\varphi_2 - \varphi_1),$$

где z – заряд иона в единицах элементарного заряда; $F = N_A e$ – число Фарадея; e – элементарный электрический заряд; N_A – число Авогадро; φ_1 – электрический потенциал той области пространства, откуда переносятся ионы; φ_2 – электрический потенциал той области пространства, куда переносятся ионы.

Из изложенного следует, что чем больше разность потенциалов между двумя областями, тем активнее идет перенос вещества. Аппарат Илизарова, когда его части не изолированы, соединяет разные области, выравнивая их потенциалы между собой, тем самым частично влияя на пассивный транспорт веществ. Это влияние может оказаться как полезным, так и негативным, в зависимости от активности воспалительных процессов и, соответственно, скорости процесса заживления.

На наш взгляд, логичнее было бы сделать аппарат проводимым в одних случаях и непроводимым в других, а быть может и управлять его проводимостью по мере необходимости и, как минимум, установить «переключатель» между заизолированными элементами конструкции, работающий как в статичном режиме, так и в режиме пропускания тока на определенной частоте. Нам не встретились работы, где бы предлагался такой подход. Небезынтересно было бы также изучить и соответствующие эффекты в эксперименте, попытавшись раскрыть механизм управления ими.

Потенциалы, снимаемые со спиц, являются интегральными показателями. Они будут зависеть от целого комплекса факторов на них влияющих, и отображать суммарную динамику нескольких процессов. Самый сильный из них – это воспаление на спицах, которое, в свою очередь, зависит от того, какие клетки и ткани были повреждены. Поскольку проводимость ткани нелинейная, а сама она имеет переменное сопротивление, которое будет в какой-то мере зависеть и от того, как идет остеосинтез и от того, с какой частотой мы будем делать аппарат проводимым, то информация, снимаемая нами, будет или о той области, которая меняет проводимость ткани с этой частотой, или о той, которая меняет свой собственный потенциал с этой частотой. Расшифровать зависимости между влияющими факторами и снимаемыми результатами – главная задача на ближайшее время.

В ходе предварительных исследований в качестве устройства стационарного мониторинга можно использовать осциллограф. Для повседневного применения осциллограф не годится, так как за больным необходим постоянный контроль. Поэтому предполагается изготовить устройство мониторинга, которое должно быть легким, компактным, крепиться непосредственно на конструкцию аппарата, и оно не должно никаким образом мешать движениям пациента; при необходимости оно должно отключаться и сниматься. Также в нем должно быть продумано сопряжение с ЭВМ и возможность телеметрического мониторинга.

Как уже было сказано, снимаемые естественные потенциалы в основном дают информацию о процессах, происходящих на спицах. Расшифровать ее можно, хотя бы разложив сигнал по частоте. Или просто по величине потенциала судить о том, есть воспаление на спицах или нет. Куда более сложную задачу представляет выявление из них той части,

которая исходит от области перелома.

Здесь широкое применение биоимпедансных анализаторов делает актуальным сочетание такого анализатора с аппаратом Илизарова, используя, в качестве электродов его собственные элементы конструкции.

Для удобства использования каждый из заизолированных уровней аппарата следует снабдить как токовыми, так потенциальными электродами, но использовать их по мере необходимости. Например, если электроды на уровнях 2 и 4 требуется задействовать как токовые, то на уровнях 1 и 3 электроды будут работать как потенциальные. При необходимости можно также использовать один уровень как токовый и три уровня как потенциальные.

Таким образом, основы для технического воплощения идеи уже имеются и есть необходимость эти исследования проводить. Электрическая проводимость тканей человека хранит много тайн, которые могут помочь не только при лечении переломов, но и для понимания функционирования организма в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голиков В. Д. // В. Сб. Теоретические и практические аспекты чрескостного компрессионного и дистракционного остеосинтеза. – Курган. – 1976. – С. 193–194.
2. Корнилов Н.В., Соломин Л.Н., Войтович А.В., Лаврентьев В.А. Российский НИИ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена. Противоречия чрескостного остеосинтеза: причины, значение, пути разрешения.
3. Миронов С.П., Оганесян О.В., Зилов В.Г., Новикова Е.Б., Иванников С.В., Абельцев В.П. Роль биологически активных зон при восстановлении формы и функции поврежденных суставов конечностей. Вестник травматологии и ортопедии – 2002. – №4. – С. 10–14.
4. Миронов С.П., Оганесян О.В., Зилов В.Г. и др. // Вестник травматологии и ортопедии – 2002. – №2. – С. 14–18.
5. Нечушкин А.И. Оганесян О.В., Новикова Е.Б. Профилактика и лечение некоторых осложнений от повреждения активных зон кожи. – М.: Минздрав СССР, 1981. – 10 с.
6. Соломин Л.Н. Управляемый комбинированный остеосинтез длинных костей: разработка, обоснование, клиническое использование: Дис. ... д-ра мед. наук. – Иркутск, 1996. – 348 с.
7. http://bgd.alpud.ru/_private/el_sopr_tel_chel/giv_tkan.htm Проводимость живой ткани.

УДК 616.721.1-007.43

А.К. Бадави, В.А. Балязин

ФИЗИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ГРЫЖ ДИСКОВ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

В 1857 г. Р. Вирхов впервые описал грыжу межпозвонкового диска в шейном отделе позвоночника, вызвавшую сдавление спинного мозга со смертельным исходом. Начиная с того момента, считается, что причиной выпадения грыжи дорсально или дорсо-латерально (рис. 1) является слабость задней продольной связки, а также то, что при вентральном выпадении клинических проявлений нет и поэтому пациент не обращается за врачебной помощью.

В клинике нейрохирургии РостГМУ на базе кафедры нервных болезней и нейрохирургии с 2005 года было проведено изучение 50-ти случаев МРТ-диагностики у пациентов, прооперированных по поводу выпавшей грыжи межпозвонкового диска пояснично-