

© Группа авторов, 2008

**Функциональное состояние мышц спины
и нижней конечности при деформациях позвоночного столба
и одностороннем укорочении нижней конечности**

А.В. Попков, И.А. Меньщикова, А.П. Шеин, Э.В. Ершов, Л.В. Мальцева

***The functional status of the muscles of the back and lower limb
for spine deformities and unilateral shortening of the lower limb***

A.V. Popkov, I.A. Menshchikova, A.P. Shein, E.V. Yershov, L.V. Maltseva

Федеральное государственное учреждение

«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова Росмедтехнологий», г. Курган
(генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Исследования проведены у 26 больных с деформациями позвоночного столба и односторонним укорочением нижней конечности в возрасте от 12 до 21 года ($17 \pm 1,44$ лет). Проводили электромиографическое и эхосонографическое исследование. Выявили, что одностороннее укорочение вызывает отклонения таза от срединной вертикали, ведет к перераспределению тонуса паравертебральных мышц и мышц нижних конечностей, а именно: на стороне укорочения выше тонус параспинальных мышц, задней группы мышц бедра и ниже — передней группы мышц голени. Постоянная функциональная перегрузка мышц приводит к появлению в них триггерных точек.

Ключевые слова: разновысокость ног, функциональный сколиоз, электромиография.

The studies were performed in 26 patients with spine deformities and unilateral shortening of the lower limb at the age of 12-21 years (17 ± 1.44 years). Both electromyography and echosonography were performed. It has been revealed that unilateral shortening results in pelvis deviations out of the middle vertical, leads to tonus redistribution of paravertebral muscles and lower limb muscles, it means: on the side of shortening the tonus of paravertebral muscles, that of the posterior group of femoral muscles is higher, and the tonus of the anterior group of leg muscles is lower. The continued functional overloading of muscles leads to appearing trigger points in them.

Keywords: length discrepancy of lower limbs, functional scoliosis, electromyography.

Разновысокость ног, по мнению многих авторов, вызывает патобиомеханические изменения статического и двигательного стереотипа, проявляющиеся, в том числе, и в виде деформаций позвоночного столба [4]. Длительно существующие нарушения естественной структуры двигательной афферентации вызывают формирование в ЦНС системы патологических связей, изменений во всех шести уровнях двигательных координаций по Н.А.Бернштейну [1]. Так, по мнению В.Д. Дедовой и Т.И. Черкасовой, одной из причин асимметрии электромиографических параметров мышц при односторонних укорочениях нижних конечностей является «неправильная статика больного» [8]. Патологические моторные программы, функционируя, порождают вторичные нарушения структуры двигательной афферентации, что характеризуется О.В. Богдановым как «порочный круг» [2, 3]. При этом, по мнению К.П. Петрова, наличие миофасциальных триггерных точек (ТТ)

является косвенным подтверждением незрелости механизмов регуляции позы [10,11].

С другой стороны, работами сотрудников РНЦ «ВТО» определено, что оперативное удлинение конечностей по методу чрескостного дистракционного остеосинтеза может служить адекватной клинической моделью для изучения роли специфической соматосенсорной афферентации в её взаимодействии с неспецифической активностью при формировании новой системы сенсорного обеспечения двигательных актов и дает уникальную возможность целенаправленной коррекции этих процессов [12].

Цель настоящего исследования: выявить отличия в состоянии мышц у больных с деформациями позвоночного столба при одностороннем укорочением нижних конечностей и в отдаленном периоде после оперативной коррекции длины ног по методу чрескостного дистракционного остеосинтеза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено на 26 больных с деформациями позвоночного столба и односторонним

укорочением нижней конечности в возрасте от 12 до 21 года ($17 \pm 1,44$ лет). У двух человек — укороче-

ние правой ноги, у 24 – левой. Было выделено две группы. В первую группу вошли 12 больных с деформациями позвоночника в сроки от 1,5 до 6 лет после полной оперативной коррекции длины ног по методу чрескостного дистракционного остеосинтеза. Распределение выборки по этиологии укорочения: врожденная аномалия развития конечности – 11 больных, вследствие гематогенного остеомиелита – 1. Изначальная разница в длине конечностей составляла 2-7 (4,6±0,89) см. Удлинение производилось со скоростью: бедра – 0,5-1 (0,8±0,14) мм в сутки, голени – 0,5-1,17 (0,8±0,17) мм в сутки. Продолжительность дистракции составляла: бедра – 45-47 (45,8±0,48) дней, голени – 21-45 (30±5,34) дней, фиксации: бедра – 34-99 (60,8±15,93), голени – 25-99 (53±16,97). Во вторую группу вошли 14 больных с разницей длины ног 1,0-1,5 см.

Рентгенологические и топографические отклонения в форме туловища и позвоночника соответствовали: у 2 больных – сколиотическим деформациям 3-й степени, у 14 больных – сколиотическим деформациям 2-й степени, у 10 больных – сколиотическим деформациям 1-й степени.

Биоэлектрическую активность мышц регистрировали при максимальном произвольном напряжении с помощью накожных биполярных электродов (диаметр электрода – 0,7 см, межэлектродное расстояние – 1,5 см) на электромиографе «DISA-1500» (фирма «Dantec», Дания). Измеряли среднюю амплитуду (СА) и частоту следования колебаний (ЧСК) интерференционной электромиограммы (ЭМГ) мышцы, разгибателя позвоночника (*m. erector spinae*), прямой (*m. rectus fem.*) и двуглавой (*m. biceps fem.*) мышц бедра, передней большеберцовой (*m. tibialis ant.*) и трехглавой (*m. gastrocnemius (c.l)*) мышц голени. Вызванную биоэлектрическую активность, включая применение траскраниальной магнитной стиму-

ляции, регистрировали на цифровой системе ЭМГ и ВП Viking-IV (Nicolet, США), оборудованной магнитоимпульсным стимулятором типа Quadropuls-500 (Magstim, Великобритания). М-ответы получали в отведениях от *m. rectus fem.* (*n. femoralis*, область стимуляции - паховая складка), *m. tibialis ant.* и *m. extensor dig. br.* (*n. peroneus*, область стимуляции - подколенная ямка); *m. gastrocnemius (c. lat.)*, *m. soleus* и *m. flexor dig. br.* (*n. tibialis*, область стимуляции - подколенная ямка); Н-рефлексы – *m. gastrocnemius (c.l)* и *m. soleus*. Регистрировали траскраниально вызванные потенциалы (ТВП) *m. erect. spinae* и *m. tibialis ant.* Область магнитоимпульсной стимуляции – 2 см кзади от vertex. Способ стимуляции – одиночный; интенсивность стимула – на 20 % выше пороговой величины (в среднем – 60 % от максимума выходной мощности стимулятора). Оценивалась амплитуда ТВП ("от пика до пика"), латентность, длительность и число фаз.

В качестве контроля использованы ЭМГ-показатели 32 неврологически здоровых испытуемых в возрасте от 15 до 24 лет.

Для выявления миофасциальных триггерных точек проводили сонографическое исследование на ультразвуковой установке «SONO DIAGNOST» – 360 и «SONOLINE» SL-450 в режиме реального времени линейным датчиком 7,5 МГц.

Статистическая обработка данных производилась с помощью пакета анализа данных Microsoft EXCEL-2000, дополненного разработанными И.П. Гайдышевым [6] программами непараметрической статистики и оценки нормальности распределения выборок AtteStat. Для оценки достоверности различия средних использованы t-критерий Стьюдента и непараметрические критерии Манна-Уитни для независимых и сопряженных вариант. Принятый уровень значимости – 0,05 [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У всех больных как первой, так и второй группы был зарегистрирован перекос таза, проявляющийся в асимметрии крыльев подвздошных костей, передних и задних верхних подвздошных остей во фронтальной и горизонтальной плоскостях. При этом с выпуклой стороны сколиотической деформации ямка, соответствующая задней верхней подвздошной ости, была расширена и выстояла, а с вогнутой стороны деформации – сужена и углублена. Определялось блокирование крестцово-подвздошного сочленения на стороне укорочения ноги. Следует отметить, что, по мнению Е.В. Неретиной с соавт., разница в длине нижних конечностей величиной 0,5-1 см вызвана именно блоком крестцово-подвздошного сочленения [9].

Обязательным симптомом сколиотической деформации у больных с односторонним укорочением нижней конечности являлось наличие

мышечного валика – четко очерченного и хорошо контурируемого под кожей мышечного образования, расположенного паравертебрально с выпуклой стороны как первичной, так и вторичной дуг искривления. Приемами мануальной диагностики у этих больных выявили функциональные блоки позвоночно-двигательных сегментов: у всех – в пояснично-крестцовом переходе, у 14 человек – в поясничном отделе позвоночника, у 22 – в грудном отделе. Активные миофасциальные триггерные точки определялись как в мышцах паравертебральной области, так и в мышцах плечевого пояса, что согласуется с данными других авторов [5]. В мышцах здоровой нижней конечности, как правило, определялось большее количество активных ТТ.

Сонографически подтверждено наличие в паравертебральных мышцах триггерных точек – участков повышенной эхоплотности (рис. 1).

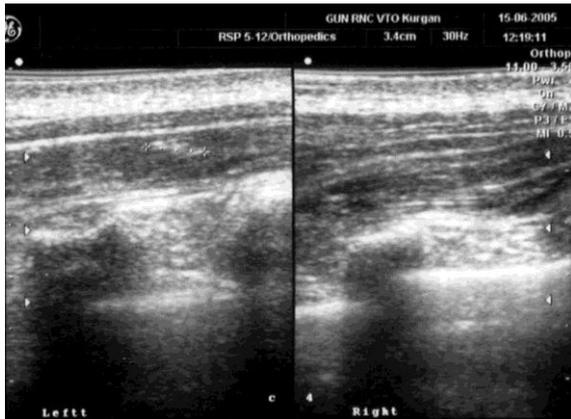


Рис. 1. Сонограмма паравертебральной области больной М.: слева в структуре паравертебральных мышц визуализируется миофасциальная триггерная точка

Следует отметить, что особенностью ТТ у обследуемых больных являлось отсутствие иррадирующей боли: при надавливании боль была только в границах пальпации ТТ. По визуально-аналоговой шкале пациенты оценивали уровень боли от 0 до 1 балла.

Анализ результатов вызванной и произвольной ЭМГ первой и второй группы выявил однонаправленные статистически достоверные различия по единичным признакам. Значительно большее количество достоверных различий регистрировалось при сравнении мышц стороны укорочения и контралатеральной стороны: данные представлены в сводных таблицах 1-4.

Средняя амплитуда суммарной ЭМГ передней большеберцовой мышцы стороны укорочения даже через три года после полного оперативного выравнивания длины ног у больных с деформациями позвоночного столба достоверно отличалась от контрольных величин и составляла $0,47 \pm 0,03$ мВ, а контралатеральной стороны – $0,54 \pm 0,08$ мВ. У больных с односторонним укорочением аналогичные показатели составляли $0,51 \pm 0,09$ мВ и $0,56 \pm 0,07$ мВ соответственно. В целом, по выборке произвольная биоэлектрическая активность передней группы мышц голени стороны укорочения статистически достоверно была меньше показателей контралатеральной стороны, а задней группы мышц бедра – статистически достоверно больше (табл. 1).

Показатель ЧСК оказался ниже контрольных величин в среднем (по всем отведениям слева и справа) на 7,5 %.

Вызванная биоэлектрическая активность мышц нижних конечностей во всех отведениях ниже возрастной нормы (табл. 2). При этом в отведении от короткого разгибателя пальцев как укороченной, так и контралатеральной стороны – статистически достоверно ($p < 0,05$). Характерно также наличие статистически значимой асимметрии амплитуды М-ответа m. rectus fem., что, по-видимому, связано с хронической функциональной недогрузкой «антигравитационных» мышц бедра укороченной конечности.

Как известно, тест «максимальное произвольное напряжение» показывает долю мотонейронов, способных активироваться при произвольном напряжении мышцы, иначе говоря – характеризует уровень центрального торможения мотонейронного пула. Максимальный М-ответ количественно отражает число мышечных волокон, активно отвечающих на супрамаксимальное раздражение соответствующего нерва, т.е. характеризует состояние периферического звена части двигательных единиц, оставшихся не вовлеченными в реактивно-пластические процессы. Даже при сохранении целостности спинального мотонейрона высокий (т.е. максимально приближенный к соме нейрона) уровень травматизации его аксона стимулирует гиперсинтетическую активность нервной клетки, приводящей к ее быстрому истощению и гибели, что выражается в снижении амплитуды М-ответа. Следствием повреждения кортикоспинальных трактов без нарушения целостности сегментарных мотонейронных ядер является умеренная гипотрофия мышц нижних конечностей, более выраженная в ее дистальных отделах (m. extensor dig. br. и m. flexor dig. br.), что также выражается в изменениях М-ответов в соответствующих отведениях. Следовательно, наблюдаемая картина произвольной и вызванной биоэлектрической активности (табл. 1 и 2) свидетельствует о недостаточности функционирования нервных структур на стороне укорочения как центрального, так и периферического уровня.

Таблица 1

Средняя амплитуда (СА) и частота следования колебаний (ЧСК) суммарной ЭМГ (M±m) различных мышц нижних конечностей у больных с деформациями позвоночного столба и односторонним укорочением нижней конечности

| Мышцы | Укороченная | | Контралатеральная | |
|--------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | СА, мВ | ЧСК, Гц | СА, мВ | ЧСК, Гц |
| m.tib.ant. | $0,49 \pm 0,04^{*«K»}$ (75 % К) | $276 \pm 11,7$ (91 % К) | $0,54 \pm 0,05$ (83 % К) | $282 \pm 10,3$ (93 % К) |
| m.gastr.lat. | $0,34 \pm 0,05$ (85 % К) | $258 \pm 13,2$ (96 % К) | $0,34 \pm 0,04$ (85 % К) | $261 \pm 13,2$ (97 % К) |
| m.rect.fem. | $0,37 \pm 0,06$ (90 % К) | $212 \pm 11,01$ (89 % К) | $0,35 \pm 0,03$ (85 % К) | $222 \pm 13,4$ (93 % К) |
| m.bic.fem. | $0,50 \pm 0,05^{*«K»}$ (81 % К) | $231 \pm 15,51$ (92 % К) | $0,44 \pm 0,03^{*«K»}$ (71 % К) | $223 \pm 18,4$ (89 % К) |
| m.erect.sp. | $0,40 \pm 0,03$ | $272 \pm 11,7$ | $0,37 \pm 0,03$ | $276 \pm 12,7$ |

* - $p < 0,05$ по сравнению с контралатеральной стороной; «K» - $p < 0,05$ по сравнению с контрольными (здоровые испытуемые) величинами; в скобках под усредненными ЭМГ-показателями приведены их значения в процентах от контрольных (К).

Таблица 2

Средние величины ($M \pm m$) показателей М-ответов мышц нижних конечностей у больных с деформациями позвоночного столба и односторонним укорочением нижней конечности

| Мышцы | Укороченная | | Контралатеральная | |
|------------------|---------------|------------|-------------------|------------|
| | Амплитуда, мВ | % от N | Амплитуда, мВ | % от N |
| m. tib. ant. | 7,78±0,6 | 83,26±12,4 | 7,71±0,6 | 81,08±12,2 |
| m. ext. dig. br. | 7,92±0,9 | 56,7±9,1 | 8,32±1,0 | 60,03±10,1 |
| m. rect. fem. | 19,53±1,05 | 75,7±10,2* | 20,38±0,9 | 80,88±10,5 |
| m. gastr. lat. | 30,43±1,7 | 75,62±10,4 | 30,59±1,7 | 78,38±10,6 |
| m. soleus | 27,0±1,2 | 83,05±10,9 | 26,52±1,5 | 80,23±10,9 |
| m. flex. dig br. | 18,37±1,9 | 81,49±13,5 | 17,68±1,1 | 81,19±11,6 |

* - $p < 0,05$ по сравнению с контралатеральной стороной

Методику Н-рефлекса используют для получения сведений о сохранности элементов моносинаптической рефлекторной дуги и нарушениях нисходящих пресинаптических тормозных влияний на спинальные α -мотонейроны. Средние значения амплитуды максимальных по амплитуде Н-рефлексов (основного анализируемого показателя) m. gastrocnemius, зарегистрированных у здоровых испытуемых, составляют – 7,24±0,41 мВ (22,1±0,9 % от соответствующего М-ответа), а для m. soleus – соответственно 9,66±0,47 мВ (37,6±1,8 % от М-ответа). Как видно из таблицы 3, у всех обследуемых наблюдалось достоверное снижение показателей Н-рефлекса тестируемых мышц укороченной стороны.

Показатели транскраниально вызванных потенциалов передней большеберцовой мышцы и мышцы-разгибателя позвоночника у больных с односторонним укорочением нижних конечностей не отличаются от показателей возрастной нормы (табл. 4). Однако наблюдается статистически достоверное увеличение амплитуды и длительности ТВП мышцы-разгибателя позвоночника на стороне укорочения, что свидетельствует о наличии у обследованных больных компенсаторной асимметрии в распределении фоновых тонических активирующих супраспинальных влияний на двигательные единицы мышц, обеспечивающих стабилизацию позвоночного столба при стоянии и ходьбе в услови-

ях перекоса таза: на стороне укорочения тонус параспинальных мышц оказался заметно выше, чем на контралатеральной.

В целом полученные результаты согласуются с опубликованными ранее: в отдаленном периоде после снятия аппарата Илизарова моторные программы, возникшие в онтогенезе, восстанавливаются быстрее, чем формируются новые. Имеющиеся у больных с односторонним укорочением нижней конечности элементы функциональной недостаточности усугубляются после окончания лечения несоответствием прежних двигательных навыков новым анатомо-биомеханическим условиям функционирования конечности. Данное обстоятельство затрудняет выработку новых двигательных навыков [12].

Отсутствие различий анализируемых нами признаков у больных первой и второй групп, свидетельствуют о том, что разработка системы целенаправленной коррекции имеющихся патологических знаков (устранение блокирования КПС, перекоса таза, блоков позвоночно-двигательных сегментов в патогенетически значимом регионе позвоночника, инактивация ТТ в паравертебральных мышцах, электростимуляция ослабленных мышц, а также обучение больного навыкам биомеханически правильной статики и походки, основанное, в частности, на применении методов функционального биоуправления) является перспективным направлением ортопедии и реабилитации.

Таблица 3

Средние значения ($M \pm m$) амплитуды максимальных по амплитуде Н-рефлексов мышц нижних конечностей у больных с деформациями позвоночного столба и односторонним укорочением нижней конечности

| Мышцы | Укороченная | | | Контралатеральная | | |
|--------------|--------------------------|-----------|-------------------------|-------------------|-----------|-------------------------|
| | Амплитуда, мВ | % | % от М | Амплитуда, мВ | % | % от М |
| m.gastr.lat. | 5,88±1,04 ^{«К»} | 54,3±2,01 | 16,5±3,5 ^{«К»} | 6,9±0,9 | 64,3±11,7 | 21,1±5,6 |
| m.soleus | 6,3±1,2* ^{«К»} | 46,6±11,4 | 20,1±4,4 ^{«К»} | 7,83±1,1 | 54,3±10,1 | 26,1±7,0 ^{«К»} |

* - $p < 0,05$ по сравнению с контралатеральной стороной; ^{«К»} - $p < 0,05$ по сравнению с контрольными (здоровые испытуемые) величинами.

Таблица 4

Средние значения ($M \pm m$) показателей транскраниально вызванных потенциалов мышц у больных с деформациями позвоночного столба и односторонним укорочением нижней конечности

| Мышцы | Укороченная | | | | Контралатеральная | | | |
|--------------|---------------|----------|-----------|----------|-------------------|----------|----------|---------|
| | Амплитуда, мВ | Лат | Длит | Фаз | Амплитуда, мВ | Лат | Длит | Фаз |
| m.tib.ant. | 5,2±0,4 | 25,1±0,5 | 44,9±2,3 | 2,7±0,4* | 5,4±0,4 | 25,8±0,5 | 44,6±3,2 | 2,2±0,1 |
| m. erect.sp. | 2,6±0,3* | 12,1±1,0 | 30,5±3,1* | 3,24±0,4 | 2,0±0,2 | 12,1±0,9 | 27,2±2,8 | 3,4±0,4 |

* - $p < 0,05$ по сравнению с контралатеральной стороной

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернштейн, Н. А. Физиология движений и активность / Н. А. Бернштейн. - М. : Наука, 1990. - 496 с.
2. Богданов, В. А. Биомеханика локомоций человека / В. А. Богданов, В. С. Гурфинкель // Физиология движений. - Л. : Наука, 1976. - С. 276-315.
3. Богданов, О. В. «Функциональное» биоуправление в лечебной физкультуре / О. В. Богданов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. - 1986. - № 6. - С. 26-30.
4. Васильева, Л. Ф. Мануальная диагностика и терапия (клиническая биомеханика и патобиомеханика) : рук. для врачей / Л. Ф. Васильева. - СПб. : Фолиант, 2001. - 400 с.
5. Витовский, И. А. Особенности миофасциальных триггерных точек у детей различных возрастных групп при сколиозах позвоночника / И. А. Витовский // Мануальная медицина. - 1994. - № 6. - С. 22-23.
6. Гайдышев, И. П. Решение научных и инженерных задач средствами Excel, VBA и C/C++ / И. П. Гайдышев. - СПб. : ВХВ-Петербург, 2004. - 512 с.
7. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. - М. : Практика, 1999. - 459 с.
8. Дедова, В. Д. Оперативное удлинение укороченных нижних конечностей у детей / В. Д. Дедова, Т. И. Черкасова. - М. : Медицина, 1973. - 128 с.
9. Неретина, Е. В. Комплексное восстановительное лечение детей и подростков со структуральной асимметрией таза / Е. В. Неретина, В. Н. Кувина, Д. Д. Молоков // Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии : материалы науч.-практ. конф. - СПб., 2000. - С. 299-301.
10. Петров, К. Б. Некоторые неспецифические синдромы при патологии опорно-двигательного аппарата / К. Б. Петров // Мануальная медицина. - 1994. - № 6. - С. 10-16.
11. Петров, К. Б. Неспецифические рефлекторно-мышечные синдромы при патологии двигательной системы (патофизиология, клиника, реабилитация) : автореф. дис... д-ра мед. наук / К. Б. Петров. - Новосибирск, 1998. - 40 с.
12. Шеин, А. П. Локальные и системные реакции сенсомоторных структур на удлинение и ишемию конечностей / А. П. Шеин, М. С. Сайфутдинов, Г. А. Криворучко. - Курган : ДАММИ, 2006. - 284 с.

Рукопись поступила 31.01.06.

Предлагаем вашему вниманию



А.П. Шеин, М.С. Сайфутдинов, Г.А. Криворучко
ЛОКАЛЬНЫЕ И СИСТЕМНЫЕ РЕАКЦИИ
СЕНСОМОТОРНЫХ СТРУКТУР НА УДЛИНЕНИЕ
И ИШЕМИЮ КОНЕЧНОСТЕЙ

Курган : ДАММИ, 2006. – 284 с.

Книга вышла при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект № 06-04-62019.

В книге отражены результаты многоплановых нейрофизиологических исследований реактивности и адаптации нервов и мышц при удлинении конечностей методом дистракционного остеосинтеза по Илизарову, а также анализа характеристик вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга и локальных изометрических моторных тестов, построенных на принципах непрерывного и дискретного зрительно-моторного слежения. Сформулированы и обоснованы концептуальные представления о развитии и фиксации парциальных нарушений в системе взаимодействия периферических сенсомоторных структур с системой "схема тела". Проанализированы механизмы формирования постдистракционной сенсомоторной недостаточности, связанной с глубокими перестройками в периферической части двигательных единиц, т.е. возникновением и развитием несоответствия генетически предопределенных и сформированных в онтогенезе центральных моторных программ исполнительным возможностям эффекторов, а также формирования дефицита адекватного сенсорного обеспечения движений с участием удлинённой конечности. Предложены методы диагностики и коррекции постдистракционных двигательных расстройств, основанные на технологиях электромиографии, регистрации и анализа вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга, электромиостимуляции, функционального биоуправления и гипербарической оксигенации.

Книга рассчитана на нейрофизиологов, психофизиологов, ортопедов-травматологов, невропатологов, реабилитологов.