

© Группа авторов, 2002

Изменения параметров вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга у ортопедических больных с односторонними укорочениями верхних конечностей в условиях дистракционного остеосинтеза (первое сообщение: "Период дистракции")

А.П. Шейн, М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова

Changes of evoked bioelectric activity parameters of somatosensory cerebral cortex in orthopaedic patients with unilateral shortening of the upper limbs treated by distraction osteosynthesis (the first report: "Distraction period")

A.P. Shein, M.S. Saifutdinov, T.V. Sizova

Государственное учреждение науки

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

В настоящей работе подробно, на основе теоретических положений, приведенных в предварительном сообщении цикла изложена методика получения вызванной биоэлектрической активности (ВБА) и представлено описание неспецифической реакции ЦНС, характеризуемой соответствующими изменениями параметров ВБА, в ответ на хроническое дозированное растяжение тканей удлиняемой конечности. Средний ранг ВБА в период дистракции снижается под влиянием совокупности факторов периферического и центрального генеза. В соответствии с предлагаемой классификацией произведено деление электрограмм ВБА на группы с высоким и низким уровнем шума. В частности, выделению в отдельную группу четвертого и пятого типов ВБА способствовало отчетливое проявление электрофизиологической реакции толстых афферентных волокон сенсорной фракции смешанного нерва на хроническое дозированное растяжение в виде снижения интеграла области ранних компонентов. Ключевые слова: дистракционный остеосинтез, соматосенсорный вызванный потенциал, вызванная биоэлектрическая активность.

The work shows the technique of obtaining of evoked bioelectric activity (EBA) in detail on the basis of the theoretical principles, given in the preliminary report of the series, and also gives the description of the central nervous system non-specific reaction, characterized by appropriate changes of EBA, in response to chronic graduated extension of the tissues of the limb being lengthened. EBA average rank decreases in the period of distraction under the influence of the set of peripheral and central genesis factors. EBA electrograms were divided into the groups with high and low level of noise according to the proposed classification. Specifically, well-defined manifestation of the electrophysiological response of the thick afferent fibers of the mixed nerve sensory fraction to chronic graduated extension as integral decrease of the zone of early components contributed to formation of EBA fourth and fifth types into a separate group.

Keywords: distraction osteosynthesis, somatosensory evoked potential, evoked bioelectric activity.

Проведенные нами предварительные исследования [1] состояния соматосенсорного анализатора у больных с односторонними укорочениями нижних конечностей с использованием метода соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) показали его достаточную чувствительность в отношении постдистракционных изменений афферентного аппарата, обеспечивающего функционирование удлиняемой конечности. В вышеупомянутой работе обсуждалась возможная связь динамики интегральных и временных характеристик вызванной биоэлектрической активности (ВБА) соматосенсорной

коры мозга с состоянием кожных рецепторов и проприорецепторов, фракции толстых афферентов смешанного нерва и уровнем афферентного притока в сенсорную кору в процессе лечения и в восстановительном периоде после снятия аппарата Илизарова. Однако дальнейшие исследования [2-4], выполненные на больших выборках больных, показали неоднозначность изменений характеристик ВБА под влиянием хронического дозированного растяжения. Собран значительный по объему материал, требующий систематического описания и всестороннего анализа. Решению этих задач посвящен предлагаемый

цикл работ.

В настоящей работе подробно, на основе теоретических положений, приведенных в предварительном сообщении цикла («Теоретические и методические аспекты») изложена методика

получения **ВБА** и представлено описание неспецифической реакции ЦНС, характеризующееся соответствующими изменениями параметров **ВБА**, в ответ на хроническое дозированное растяжение тканей удлиняемой конечности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Быстрое усреднение, регистрация (на магнитные диски) и первичная обработка **ВБА** осуществлялись с помощью анализатора биоэлектрической активности "BASIS-2381" (фирма "BIOMEDIKA", Италия). Пациента помещали в кресло, установленное в светозвуконепроницаемой экранированной камере. Электрические импульсы прямоугольной формы, длительностью 0,1 мс, вдвое превышающие по амплитуде сенсорный порог, подавались на кожу пациента через биполярный электрод типа 13L22 (фирма "DANTEK", Дания) с фиксированным межэлектродным расстоянием 15 миллиметров. Цифровое усреднение осуществлялось с помощью программы "S05-EVOKED POTENTIALS PACKAGE", входящей в комплект поставки анализатора "BASIS-2381". Обследование больного включало в себя два **ССВП**-теста. В первом, с целью определения типа **ВБА** и промежуточных компонент **ССВП**, частота стимуляции составляла 1 импульс в две-три секунды. Импульсы подавались в случайной последовательности (использован режим ручного запуска); количество усредняемых реализаций – 50; скорость развертки - 50 мс/деление. В процессе усреднения пациенту предлагалось считать количество раздражающих импульсов. При втором тестировании, используемом для детализации ранних компонент **ССВП**, стимуляция проводилась с частотой 3 импульса в секунду; количество усредняемых реализаций варьировало от 200 до 1000, скорость развертки – 20 мс/деление.

Зоны размещения стимулирующих электродов: область, соответствующая рецептивному полю 1 (**РП-1**) - кожа дорзолатеральной поверхности плеча, иннервируется n. cutaneus brachii posterior (ветвь n. radialis от plexus brachialis), рецептивному полю 2 (**РП-2**) - кожа дорзальной поверхности предплечья, иннервируется n. cutaneus antebrachii posterior (ветвь n. radialis), рецептивному полю 3 (**РП-3**) - кожа лучевой половины тыла кисти между основаниями первого и второго пальцев, иннервируется r. superficialis manus n. radialis (ветвь n. radialis от plexus brachialis). В случаях одновременного удлинения плеча и предплечья электроды накладывались в области **РП-1**, **РП-2** и **РП-3**. Последовательность тестирования рецептивных полей всегда соответствовала приведенному порядку их перечисления. В зависимости от выбора сегмента удлинения у разных пациентов

РП-2 могло находиться в зоне distraction или дистальнее по отношению к ней. Для дифференцированного анализа результатов **ССВП**-тестирования при различных конфигурациях distractionного остеосинтеза в первом случае (при одновременном удлинении плеча и предплечья) второе рецептивное поле обозначено как **РП-2***.

Отведение **ВБА** осуществлялось монополярно с помощью поверхностных электродов типа 13L29 производства (фирма "DANTEK", Дания). Активный полюс электрода размещался над первичной проекцией верхней конечности соматосенсорной коры контралатерального по отношению к тестируемой конечности полушария (на 7 см латеральнее средней сагиттальной линии головы и на 1-2 см кзади от аурикулярной вертикали), референтный - на мочке уха с соответствующей стороны.

С помощью программы S07 ("INTEGRAL") анализатора "BASIS-2381" вычисляли интегралы фрагментов электрограмм усредненной вызванной биоэлектрической активности, соответствующие областям ранних компонент **ССВП** – 20-100 мс от момента подачи тестирующего сигнала. [5].

До операции, в различные сроки на протяжении периода distraction, обследовано 49 пациентов 11-42 лет (29 - мужского, 21 – женского пола) с односторонними укорочениями (на 3-15 см) верхних конечностей справа и слева разной этиологии. При этом укорочение плеча и предплечья составляло соответственно 1,5-14 см и 1-10 см. После проведения предоперационного обследования пациентам накладывался distractionный аппарат Илизарова. В зависимости от величины и сегмента укорочения производилась остеотомия на одном или двух уровнях плеча или (и) предплечья [6]. Плечо удлинляли 15 пациентам, предплечье – 7, плечо и предплечье одновременно - 27.

Щадящее оперативное вмешательство, стабильная фиксация аппаратом Илизарова оперированного сегмента обеспечивали легкое послеоперационное течение без температурных реакций организма, с хорошим физическим активным состоянием пациентов [7], что позволяло им активно передвигаться по стационару уже на второй день после операции [6]. Через 6-7 дней после операции, в зависимости от состояния пациента, начинали distraction со скоростью 0,75-1 мм в сутки за 3-4 приема на одном уров-

не. Суммарный темп удлинения плеча колебался от 0,75 до 1,6 мм/сутки, а предплечья – 0,75 – 1,0 мм/сутки. После достижения запланированных величин удлинения (4–14,5 см на плече и 1,2–4,5 см на предплечье, что составило соответ-

ственно 13,0–85,0% и 5,7–21,0% от исходной длины сегмента), дистракция прекращалась. Продолжительность периода фиксации костного регенерата варьировала в пределах 2 - 5 месяцев.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Весь пакет из 569 электрограмм **ВБА** классифицирован нами [4] на пять типов (тип-1 - тип-5) в зависимости от степени приближения к нормальной конфигурации **ССВП**. Предложенная нами классификация удобна тем, что позволяет использовать ранг типа **ВБА** в качестве количественной меры, характеризующей тенденцию в смене ее типов на различных этапах лечения. С этой целью произведены расчеты средних рангов (**AR**) **ВБА** для отдельных рецептивных полей (табл. 1) в дооперационном обследовании и за период дистракции. Объем анализируемых групп значений параметров оказался недостаточен для окончательного заключения о характере их статистического распределения. В связи с этим, при проведении статистической оценки достоверности изменений рассматриваемых показателей мы использовали непараметрический критерий Манна-Уитни [8, 9].

В предоперационном периоде билатерально **AR** был максимален для **РП-3** и в целом оказался выше для дистальных рецептивных полей, а также на контралатеральной конечности. В процессе лечения на оперированной и контралатеральной конечностях данный параметр изменялся однонаправленно. В период дистракции **AR** снижался по сравнению с исходным уровнем в меньшей степени для **РП-1** (оперированная конечность - на 23% ($p > 0,05$); контралатеральная - на 2,4% ($p > 0,05$)) и в большей - для **РП-3** (оперированная конечность - на 38,5% ($p < 0,05$); контралатеральная - на 19,0%

($p > 0,05$)). Показано, что снижение **AR** более отчетливо выражено на стороне удлинения. Для **РП-2*** и **РП-2** снижение балльного показателя в период дистракции на 27,5% и 27% также было статистически значимым ($p < 0,05$).

Последующий анализ поведения рассматриваемых параметров проводился в зависимости от типа **ВБА**. Поэтому все электрограммы разделены нами на две группы. К первой отнесены все записи **ВБА** 1-3 типов, а ко второй - 4-5 типов (табл. 2).

В предоперационном периоде для **РП-3** на укороченной, а также для **РП-2** и **РП-3** на контралатеральной конечностях, доминировали (более 60%) электрограммы первой группы (см. рис. 1). Во всех остальных случаях электрограммы обеих групп распределились относительно равномерно, с незначительным преобладанием (0-4%) электрограмм первой группы.

В период дистракции на оперированной и контралатеральной сторонах для всех рецептивных полей, кроме **РП-1**, отмечено уменьшение на 1,9-35,7% количества электрограмм второй группы, максимальное для **РП-3** оперированной конечности. Для **РП-1** оперированной конечности, несмотря на незначительное увеличение доли электрограмм 4 и 5 типов, сохранилось доминирование электрограмм первой группы, в то время как возрастание доли электрограмм второй группы на 11,5% по сравнению с дооперационным уровнем для **РП-1** контралатеральной конечности выглядело более существенным.

Таблица 1.

Изменения среднего ($M \pm m$) ранга (**AR**) вызванной биоэлектрической активности у больных с односторонними укорочениями верхних конечностей

Рецептивное поле	Срок	Средний ранг вызванной биоэлектрической активности					
		оперированная конечность			контралатеральная конечность		
		n	$M \pm m$	KV %	n	$M \pm m$	KV %
РП-1	До лечения	26	$3,5 \pm 0,2$	33,9	28	$3,4 \pm 0,2$	30,2
	Дистракция	27	$2,7 \pm 0,3$	57,9	26	$3,3 \pm 0,3$	48,5
РП-2*	До лечения	32	$3,6 \pm 0,1$	23,6	32	$3,8 \pm 0,2$	25,7
	Дистракция	12	$2,6 \pm 0,5^*$	60,6	32	$3,2 \pm 0,3$	47,2
РП-2	До лечения	32	$3,6 \pm 0,1$	23,6	32	$3,8 \pm 0,2$	25,7
	Дистракция	20	$2,6 \pm 0,3^*$	59,1	32	$3,2 \pm 0,3$	47,2
РП-3	До лечения	14	$3,7 \pm 0,2$	22,2	15	$3,9 \pm 0,2$	21,6
	Дистракция	7	$2,3 \pm 0,6^*$	74,6	7	$3,1 \pm 0,6$	50,1

Примечание: * - различия статистически значимы ($p < 0,05$) по сравнению с исходным (дооперационным) уровнем.

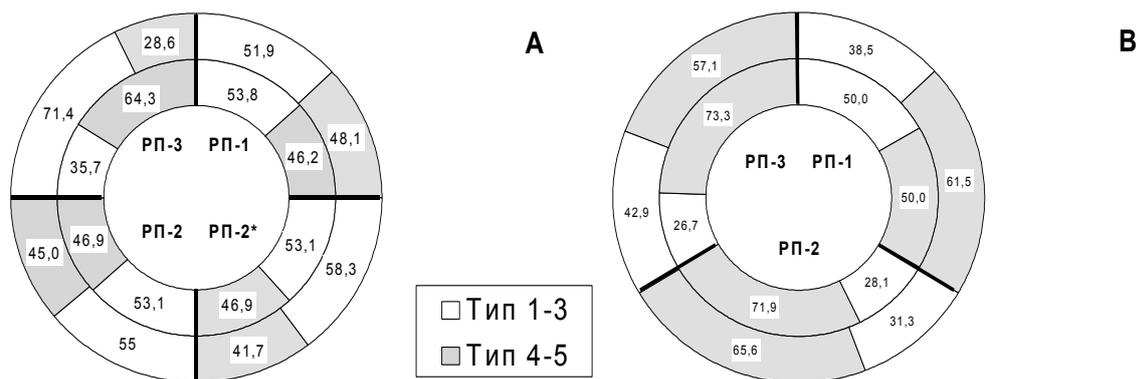


Рисунок 1. Доля электрограмм (%) с высоким (Типы 1-3) и низким (Типы 4-5) уровнем шума на оперированной (А) и контралатеральной (В) стороне в предоперационном периоде (внутреннее кольцо) и во время distraction (внешнее кольцо).

Таблица 2.

Изменения средних значений ($M \pm m$) интеграла $S(p)$ области ранних компонент вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры мозга в зависимости от ее типа в период distraction в сравнении с предоперационным состоянием

Рецептивное поле	Срок	Оперированная конечность			Контралатеральная конечность		
		n	$M \pm m$	KV %	n	$M \pm m$	KV %
Тип-1 - тип-5 вызванной биоэлектрической активности							
РП-1	До лечения	26	$1,6 \pm 0,2$	76,5	28	$1,2 \pm 0,2$	69,3
	Distraction	27	$0,9 \pm 0,1^*$	51,0	26	$1,0 \pm 0,1$	47,7
РП-2*	До лечения	32	$1,2 \pm 0,1$	65,4	32	$1,2 \pm 0,1$	61,0
	Distraction	12	$1,2 \pm 0,2$	69,0	32	$1,1 \pm 0,1$	44,9
РП-2	До лечения	32	$1,2 \pm 0,1$	65,4	32	$1,2 \pm 0,1$	61,0
	Distraction	20	$1,5 \pm 0,2$	66,5	32	$1,1 \pm 0,1$	44,9
РП-3	До лечения	14	$1,2 \pm 0,2$	70,3	15	$1,3 \pm 0,2$	49,8
	Distraction	7	$0,7 \pm 0,1^*$	30,0	7	$1,2 \pm 0,1$	26,3
Тип-1 - тип-3 вызванной биоэлектрической активности							
РП-1	До лечения	14	$1,9 \pm 0,4$	79,9	14	$1,4 \pm 0,3$	73,8
	Distraction	14	$1,0 \pm 0,2^*$	57,8	10	$1,1 \pm 0,2$	64,3
РП-2*	До лечения	17	$1,0 \pm 0,2$	67,0	9	$1,2 \pm 0,2$	58,6
	Distraction	7	$1,2 \pm 0,4$	85,4	10	$1,3 \pm 0,2$	44,5
РП-2	До лечения	17	$1,0 \pm 0,2$	67,0	9	$1,2 \pm 0,2$	58,6
	Distraction	11	$1,8 \pm 0,4^*$	65,8	10	$1,3 \pm 0,2$	44,5
РП-3	До лечения	5	$1,4 \pm 0,5$	84,6	4	$1,2 \pm 0,4$	62,5
	Distraction	5	$0,8 \pm 0,1$	33,2	3	$1,1 \pm 0,3$	41,7
Тип-4 - тип-5 вызванной биоэлектрической активности							
РП-1	До лечения	12	$1,2 \pm 0,2$	53,4	14	$1,0 \pm 0,1$	54,0
	Distraction	13	$0,9 \pm 0,1$	41,8	16	$0,9 \pm 0,1$	26,0
РП-2*	До лечения	15	$1,5 \pm 0,2$	60,2	23	$1,1 \pm 0,1$	63,3
	Distraction	5	$1,2 \pm 0,3$	47,1	21	$0,9 \pm 0,1$	41,8
РП-2	До лечения	15	$1,5 \pm 0,2$	60,2	23	$1,1 \pm 0,1$	63,3
	Distraction	9	$1,1 \pm 0,1$	38,1	21	$0,9 \pm 0,1$	41,8
РП-3	До лечения	9	$1,1 \pm 0,2$	57,7	11	$1,3 \pm 0,2$	47,9
	Distraction	2	$0,7 \pm 0,1$	10,9	4	$1,2 \pm 0,1$	16,7

Примечание: * - наличие статистически значимых различий ($p < 0,05$) по сравнению с дооперационным уровнем

Поведение интеграла раннего диапазона - $S(p)$ ВБА выглядело неоднозначным (см. табл. 1). Изменение по сравнению с дооперационным уровнем его средних по выборке (типы 1-5) за период distraction значений было разнонаправленным для всего набора рецептивных полей как оперированной, так и контралатеральной конечностей. Коэффициенты вариации данного параметра (KV%) для рецептивных полей оперированной конечности оказались несколько выше (на 4-20,5% до операции и на

1,6-4,1% в период distraction), чем для контралатеральной, и изменения их в период distraction также были разнонаправленными, в то время как на контралатеральной они в основном снижались (на 16,1-23,5%) по сравнению с исходным уровнем. В первой группе наблюдений сохранились основные особенности поведения $S(p)$, описанные выше. Одновременно с этим возрос размах колебаний данного параметра по абсолютной величине. Вариативность значений интеграла в первой группе в большинстве слу-

чаев на оперированной конечности была выше, чем на контралатеральной (на 6,1-22,1% до операции и на 21,3-40,9% в период distraction) и средневыборочной (на 1,6-14,3% и 4,5-12,7% до операции, а также на 3,2-16,4% и на 15,4-16,6% в период distraction для рецептивных полей соответственно оперированной и контралатеральной конечностей). Во второй группе средние за период distraction значения интеграла имели выраженную тенденцию к снижению (т.е. все изменения в отличие от 1-й группы и суммарновыборочных значений были однонаправлены) для всего набора рецептивных полей оперированной (на 20-36,4%) и контралатеральной (на 7,6-18,2%) конечностей. В первом случае выявленное снижение оказалось максимальным для **РП-3**. Для рецептивных полей контралатеральной конечности снижение средних значений интеграла было менее выражено, чем оперированной. Коэффициент вариации во второй группе наблюдений был существенно ниже, чем в первой (на 5,2-21,1% исходно и на 9,2-28,4% в период distraction), а также средневыборочный

(на 6,8-26,9% исходно и на 1,6-38,3% в период distraction). Для контралатеральной конечности он имел значения близкие или меньшие, чем для оперированной. Изменения коэффициента вариации также были однонаправлены. Отмечено их снижение для всех рецептивных полей на оперированной и контралатеральной конечностях.

Таким образом, наблюдаемые для всей выборки и в 1-й группе электрограмм **ВБА** высокие значения коэффициента вариации и разнонаправленность изменений средних значений **S(p)** и **KV** для всего набора рецептивных полей на оперированной и контралатеральной конечностях подтверждают наше предположение о значительном уровне шума в анализируемой выборке и в первой группе типов **ВБА**. Выделение электрограмм 4 и 5 типов в отдельную вторую группу (**ВБА** с низким уровнем шума) уменьшают степень зашумленности, о чем свидетельствует снижение соответствующих **KV** и однонаправленность изменений средних значений.

ОБСУЖДЕНИЕ

Мы полагаем, что электрограммы, отнесенные к первой группе, нельзя рассматривать как **ССВП** (в том смысле, в каком феномен **ССВП** охарактеризован в предварительном сообщении данного цикла работ). В них уровень шума фоновой **ЭЭГ** выше полезного сигнала, что препятствует выделению его при усреднении. В большинстве исследований других авторов случаи регистрации электрограмм, отнесенных нами к 1-3 типам **ВБА**, как правило, исключались из рассмотрения как непригодные для компонентного анализа. Мы же полагаем, что записи данного типа являются неотъемлемой частью общей картины событий, формирующихся при указанном способе тестирования функционального состояния соматосенсорного анализатора, и, в связи с этим, их необходимо интегрировать в общую систему описания полученных результатов, так как даже в этих случаях усреднение позволило получить визуальное (доступное зрительной оценке) отображение характерных для данного состояния фоновой **ЭЭГ** паттернов **ВБА** при стимуляции низкой интенсивности. Основываясь на первичном визуальном анализе электрограмм **ВБА** и поведении интеграла области ранних компонент, мы полагаем, что в качестве **ССВП**, пригодных для идентификации и измерения компонент, можно рассматривать только электрограммы второй группы, относящиеся к четвертому и пятому типам. Поэтому в данной работе мы, наряду с **ССВП**, широко используем термин **ВБА** как более широкое понятие, включающее **ССВП** как частный случай [10]. А к электрограммам 1 и 2-й групп необхо-

димо применять разные способы анализа.

Наличие в предоперационном периоде более высокого **AR** для **РП-3** и на контралатеральной конечности, а также преобладание для **РП-3** на оперированной и для **РП-2** и **РП-3** на контралатеральной конечностях электрограмм второй группы объясняется прежде всего доминирующим представительством в первичной проекционной коре рецептивных полей верхней конечности, расположенных более дистально (особенно кисти) по сравнению с проксимальными. Аналогично можно объяснить доминирование электрограмм с низким уровнем шума при тестировании рецептивных полей контралатеральной конечности по сравнению с укороченной.

Снижение среднего балла в период distraction, наряду с некоторым увеличением доли зашумленных электрограмм, - взаимосвязанные, но не тождественные феномены. Для рецептивных полей оперированной конечности они обусловлены процессами центрального и периферического генеза, а на контралатеральной - только центрального. Одним из существенных периферических факторов является постдистракционная реакция толстых миелинизированных волокон [11, 12], ведущая к снижению их проводниковой функции [1, 13], вплоть до формирования временного блока проведения возбуждения в части волокон этого типа. Этим можно объяснить максимальное падение среднего балла и доли электрограмм с низким уровнем шума в период distraction для **РП-3** на оперированной стороне и общее снижение **S(p)** для электрограмм с низким уровнем шума.

ВЫВОДЫ

1. Средний ранг **ВБА** в период distraction снижается под влиянием совокупности факторов периферического и центрального генеза для рецептивных полей оперированной конечности в большей степени под влиянием первых, а для рецептивных полей контралатеральной – в основном под влиянием вторых.

2. Деление электрограмм **ВБА** на группы с высоким и низким уровнем шума в соответствии с предлагаемой нами классификацией соз-

дает предпосылки для применения адекватных видов анализа к разным по электрофизиологической природе феноменам.

3. Выделению в отдельную группу четвертого и пятого типов **ВБА** способствовало отчетливое проявление электрофизиологической реакции толстых афферентных волокон сенсорной фракции смешанного нерва на хроническое дозированное растяжение в виде снижения интеграла области ранних компонент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метод вызванных потенциалов головного мозга в анализе функционального состояния афферентных структур удлинённой конечности / А.П. Шеин, М.С. Сайфутдинов, А.В. Попков, Г.Х. Судияров // Значение открытых Г.А. Илизаровым общебиологических закономерностей в регенерации тканей: Сб. науч. тр. - Курган, 1988. - Вып. 13. - С.89-98.
2. Шеин А.П., Сайфутдинов М.С., Сизова Т.В. Виды вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга у больных при удлинении конечностей по Илизарову // Материалы XXV юбилейной научно-практической конференции врачей Курганской области, посвященной 50-летию Курганской области. - Курган, 1992. - С.71-73.
3. Шеин А.П., Сайфутдинов М.С., Сизова Т.В. Информационные процессы на разных уровнях соматосенсорного анализатора у больных при удлинении конечностей по Илизарову // Гений ортопедии. - 1996. - № 2-3. - С.74-75.
4. Шеин А.П., Сайфутдинов М.С., Сизова Т.В. Соматосенсорные вызванные потенциалы в оценке дефицита специфической афферентации, возникающего при дозированном хроническом растяжении смешанного нерва // Тезисы докладов III съезда физиологов Сибири и Дальнего Востока. - Новосибирск, 1997. - С. 262.
5. Иваницкий А.М. и др. Информационные процессы мозга и психическая деятельность / А.М. Иваницкий, В.Б. Стрелец, И.А. Корсаков. - М., 1984. - 200 с.
6. Калякина В.И. Послеоперационное ведение и расчет ориентировочных сроков лечения больных при удлинении плеча методом Илизарова // Медико-биологические и медико-инженерные проблемы чрескостного остеосинтеза по Илизарову: Сб. науч. трудов. - Курган, 1989. - Вып.14. - С.136-144.
7. Клинико-физиологические и морфологические характеристики адаптивной перестройки в мягкотканых структурах удлинённой конечности / В.И. Калякина, А.П. Шеин, Н.С. Шеховцова и др. // Значение открытых Г.А. Илизаровым общебиологических закономерностей в регенерации тканей: Сб. науч. трудов. - Курган, 1988. - Вып.13. - С. 63-71.
8. Рунион Р. Справочник по непараметрической статистике. - М.: Финансы и статистика, 1982. - 198 с.
9. Мюллер П.И. др. Таблицы по математической статистике / П.И. Мюллер, П. Нойман, Р. Шторм. - М.: Финансы и статистика, 1982. - 271 с.
10. Гехман Б.И. Вызванная электрическая активность. Проблемы и перспективы методологии // Физиологический журнал имени И.М. Сеченова. - 1994. - Т.80, № 8. - С.30-41.
11. Илизаров Г.А., Щудло М.М. Изменения нервов голени при ее удлинении в эксперименте // Лечение ортопедо-травматологических больных в стационаре и поликлинике методом чрескостного остеосинтеза, разработанным в КНИИЭКОТ: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. - Курган, 1982. - С.198-201.
12. Кузнецова А.Б., Берко В.Г. Изменения нервных стволов в периоде distraction при удлинении бедра у собак // Чрескостный компрессионный и distractionный остеосинтез в травматологии и ортопедии: Сб. науч. трудов. - Л., 1977. - С.15-18.
13. Шеин А.П., Криворучко Г.А., Калякина В.И. Электрофизиологическое исследование функциональных характеристик срединного и локтевого нервов в условиях оперативного удлинения плеча // Чрескостный компрессионный и distractionный остеосинтез в ортопедии и травматологии: Сб. науч. трудов. - Курган, 1980. - Вып. 6. - С.70-76.

Рукопись поступила 28.11.01.