

© Группа авторов, 2002

Изменения параметров вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга у ортопедических больных с односторонними укорочениями верхних конечностей в условиях дистракционного остеосинтеза

(Второе сообщение: "Период дистракции")

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

Changes of the parameters of evoked bioelectric activity of somatosensory cerebral cortex in orthopaedic patients with unilateral shortenings of the upper limbs treated by distraction osteosynthesis

(The second report: "The period of distraction")

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)

Представлены результаты анализа динамики параметров вызванной биоэлектрической активности 49 пациентов 11-42 лет с односторонними укорочениями верхних конечностей в зависимости от особенностей локализации тестируемых методом соматосенсорных вызванных потенциалов рецептивных полей. Предполагается, что постдистракционные изменения в рецепторах кожи, выявляемые при тестировании рецептивных полей области дистракции, а также реакция быстропроводящих афферентных волокон периферического смешанного нерва, выявляемая при тестировании дистальных рецептивных полей, приводят к уменьшению общего сенсорного потока в лемнисковой проводящей системе соматосенсорного анализатора, что выражается в снижении интеграла вызванной биоэлектрической активности, независимо от степени зашумленности, обусловленной активностью экстралемнисковой системы.

Ключевые слова: дистракционный остеосинтез, соматосенсорный вызванный потенциал, биоэлектрическая активность.

The results of the analysis of the dynamics of evoked bioelectric activity parameters are given for 49 patients at the age of 11-42 years with unilateral shortenings of the upper limbs, who were tested by the method of somatosensory evoked potentials (SSEP) of receptive fields, depending on localization features. It is supposed that both postdistraction changes in cutaneous ceptors, revealed by testing of the receptive fields of the distraction zone, and the reaction of fast-conductive afferent fibers of the peripheral mixed nerve, determined by testing of the distal receptive fields, lead to decrease of the general sensory flow in the lemniscus conductive system of the somatosensory analyzer, demonstrating in reducing of the integral of the evoked bioelectric activity, which is traced irrespective of the level of noise, caused by the activity of the extralemniscus system.

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

Периферические элементы соматосенсорной системы пациента (тела рецепторов и сенсорные нервные волокна) пространственно разнесены в тканевых комплексах укороченной конечности. В процессе ее удлинения степень влияния хронического дозированного растяжения на рецепторы и нервные проводники будет зависеть от их локализации относительно зоны растяжения. В предыдущем сообщении данного цикла «Методика исследования» отмечено, что тестируемые рецептивные поля удлиняемой конечности

целесообразно разделить на две группы: 1 – рецептивные поля, находящиеся в зоне дистракции; 2 – рецептивные поля, расположенные дистальнее зоны дистракции. При тестировании кожных рецептивных полей зоны удлинения исследуется суммарный эффект воздействия хронического дозированного растяжения на рецепторы кожи и волокна иннервирующих их периферических нервов удлиняемого сегмента конечности. Раздражение рецептивных полей дистальнее зоны удлинения позволяет фиксиро-

вать реакцию на дистракцию преимущественно подвергнутого растяжению фрагмента соответствующего периферического нерва. Объединение рецептивных полей зоны дистракции (плеча – РП-1 и предплечья – РП-2*) и дистальных рецептивных полей (предплечья – РП-2 и кисти – РП-3) в две большие группы способствовало

увеличению репрезентативности выборки и, следовательно, статистической достоверности оценки поведения изучаемого параметра. В данной работе представлены результаты анализа динамики параметров ВБА в зависимости от особенностей локализации тестируемых рецептивных полей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Характеристика выборки пациентов и метод получения вызванной биоэлектрической актив-

ности (ВБА) подробно изложены в предыдущем сообщении.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В дооперационном обследовании для объединенных групп рецептивных полей укороченной конечности (рис. 1А, справа) доля электрограмм с высоким и низким уровнем достигала почти 50-процентного уровня; для зоны удлинения доля первых – на 3,4% выше, а для дистальных – на 3,2% ниже. На контралатеральной стороне (рис. 1В) преобладали электрограммы с низким уровнем шума.

В период дистракции на оперированной конечности для рецептивных полей зоны удлинения соотношение двух групп электрограмм практически не менялось относительно исходного, за счет отмеченной ранее (в первом сообщении) разнонаправленности изменений данного параметра для РП-1 и РП-2*. Для дистальных рецептивных полей оперированной конечности это снижение (на 30,2%) было более выражено ($P < 0,05$) в основном за счет записей ВБА, полученных для РП-3.

На контралатеральной стороне отмечено незначительное увеличение доли электрограмм с высоким уровнем шума, более выраженное для рецептивных полей, симметричных дистальному сегменту оперированной конечности (рис. 1Б).

В таблице 1 приведены средние значения и вариативность параметров ВБА в выборках, объединенных по группам рецептивных полей. В процессе лечения для объединенных групп

рецептивных полей зоны удлинения и дистального по отношению к ней сегмента конечности сохранялся отмеченный в предыдущем сообщении характер динамики среднего ранга (AR) и интеграла (S[p]) ВБА. Показатель AR изменялся однонаправленно. Его снижение на оперированной конечности в период дистракции по сравнению со средним дооперационным значением и соответствующими значениями контралатеральной стороны статистически значимо ($p < 0,05$) и более выражено (на 30,2% от исходного уровня) для дистальных рецептивных полей в основном за счет значений AR, полученных для РП-3. Вариативность среднего балла ведет себя противоположным образом (табл. 1).

До операции значения коэффициентов вариации (KV%) билатерально имели близкие значения, незначительно превышающие контрольные (для оперированной конечности на 8,5-9,8%; а для контралатеральной – на 9,5-9,7%). Для дистальных рецептивных полей вариативность была незначительно (на 3-5%) ниже. В период дистракции вариативность возрастала на 29,6-38,7%, и на 19,4-25,9% для обеих групп рецептивных полей, соответственно оперированной и контралатеральной сторон. Причем, рост вариативности оказался больше на оперированной конечности и для дистальных групп рецептивных полей.

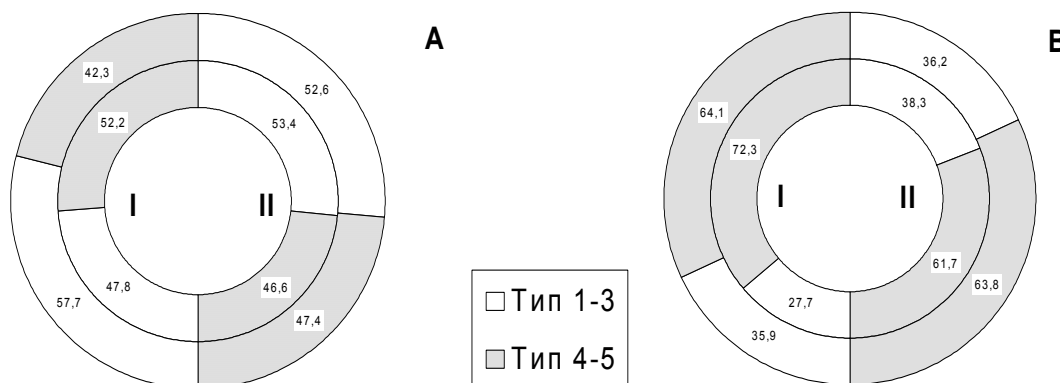


Рис. 1. Динамика степени зашумлённости ВБА при стимуляции рецептивных полей зоны удлинения (I) и дистального сегмента (II) оперированной (А) и идентичных участков кожных покровов контралатеральной (В) конечностей.

Таблица 1.

Изменения средних значений ($M \pm m$) параметров вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры мозга в зависимости от ее типа в процессе удлинения верхних конечностей

Рецептивное поле	Стадия удлинения конечности	Оперированная конечность			Контралатеральная конечность		
		N	M ± m	KV%	N	M ± m	KV%
Средний ранг (AR)		Типы 1 – 5 биоэлектрической активности					
РП-1+2 *	До лечения	58	3,5 ± 0,1	28,3	60	3,7 ± 0,1	28,0
	Дистракция	39	2,6 ± 0,2 *+	57,9	58	3,3 ± 0,2	47,4
РП-2+3	До лечения	46	3,6 ± 0,1	23,0	47	3,9 ± 0,1	24,2
	Дистракция	32	2,5 ± 0,3 *	61,7	39	2,6 ± 0,2	50,1
Интеграл S[p]		Типы 1 - 5 биоэлектрической активности					
РП-1+2 *	До лечения	58	1,4 ± 0,1	73,2	60	1,2 ± 0,1	64,7
	Дистракция	39	1,0 ± 0,1	59,3	58	1,0 ± 0,1	45,9
РП-2+3	До лечения	46	1,2 ± 0,1	66,1	47	1,2 ± 0,1	56,8
	Дистракция	27	1,3 ± 0,2	70,6	39	1,1 ± 0,1	41,6
Интеграл S[p]		Типы 1 – 3 биоэлектрической активности					
РП-1+2 *	До лечения	31	1,4 ± 0,2	84,9	23	1,3 ± 0,2	68,6
	Дистракция	20	1,1 ± 0,2	68,9	21	1,2 ± 0,1	52,3
РП-2+3	До лечения	22	1,1 ± 0,2	73,4	13	1,2 ± 0,2	57,2
	Дистракция	15	1,5 ± 0,3	77,8	14	1,2 ± 0,1	42,4
Интеграл S[p]		Типы 4 – 5 биоэлектрической активности					
РП-1+2 *	До лечения	27	1,4 ± 0,2	57,4	37	1,1 ± 0,1	59,9
	Дистракция	18	1,0 ± 0,1	45,0	37	0,9 ± 0,1	35,8
РП-2+3	До лечения	24	1,3 ± 0,2	60,7	34	1,2 ± 0,1	57,5
	Дистракция	11	1,0 ± 0,1	40,5	25	1,0 ± 0,1	38,5

П р и м е ч а н и е: * - наличие статистически значимых различий ($P < 0,05$) по сравнению с дооперационным уровнем по непараметрическому критерию Манна–Уитни; + - наличие статистически значимых различий ($P < 0,05$) по сравнению с контралатеральным уровнем по непараметрическому критерию Манна–Уитни.

Как правило, уменьшение **AR** сопровождалось ростом его вариативности и наоборот. Это согласуется с нашим предположением о том, что в первом приближении значение ранга **ВБА** обратно пропорционально уровню биоэлектрического шума в данной электрограмме. То есть мы полагаем, что соотношение информационной и шумовой составляющих афферентного притока определяет тип **ВБА** при тестировании одного конкретного рецептивного поля. Он отражает результирующее влияние значительного числа взаимодействующих факторов на центральные и периферические структуры соматосенсорного анализатора. Поэтому в каждом конкретном случае интерпретация результатов тестирования не может быть до конца определенной, носит вероятностный характер и требует учета дополнительной клинической и электрофизиологической информации.

Средние значения $S[p]$ электрограмм **ВБА** во всей выборке и записей с высоким уровнем шума (1-3 типов) изменялись в процессе лечения разнонаправленно для обеих групп рецептивных полей. В то же время для электрограмм с низким уровнем шума (4-5 типов) отмечена однонаправленность изменений анализируемого параметра.

Коэффициенты вариации $S[p]$ в среднем по выборке и для электрограмм с высоким уровнем шума (1-3 типов) для рецептивных полей оперированной конечности в большинстве случаев

оказались выше, чем контралатеральной, и изменения их в период дистракции также были разнонаправленными, в то время как на контралатеральной – они в основном снижались по сравнению с исходным уровнем. В целом для электрограмм с низким уровнем шума значения коэффициентов вариации данного параметра были меньше (во всех случаях) на оперированной конечности и (в большинстве случаев) на контралатеральной, по сравнению с соответствующими общевыборочными значениями и вариативностью группы электрограмм с высоким уровнем шума. Вариативность $S[p]$ для электрограмм с низким уровнем шума на оперированной и контралатеральной сторонах имела близкие значения.

Высокая степень вариативности индивидуальных значений $S[p]$ и асимметрия распределения данного параметра свидетельствуют о том, что средние его значения не дают исчерпывающей характеристики поведения интеграла и протекания связанных с ним физиологических процессов в анализируемой ситуации хронического дозированного растяжения тканей конечности. В связи с этим, мы использовали вероятностный анализ динамики индивидуальных значений $S[p]$ на разных этапах лечения (рис. 2), позволяющий выявить доминирующий тип реакции данного параметра на кондиционирующий фактор, каковым является дистракция.

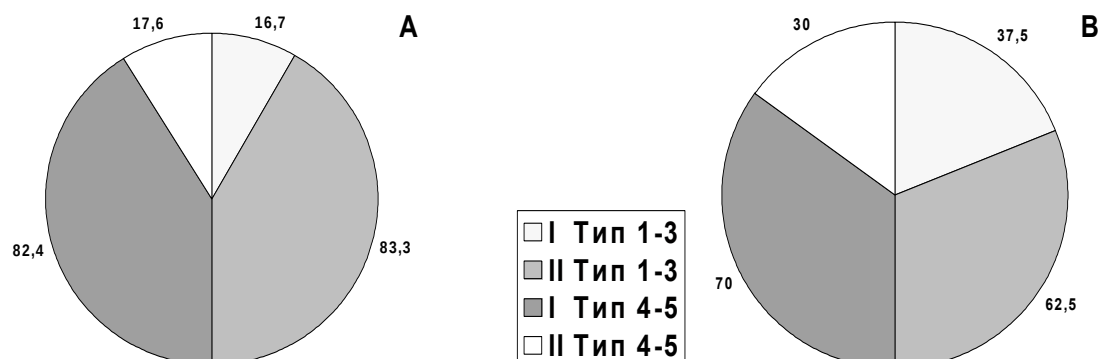


Рис. 2. Результаты вероятностного анализа направленности изменений интеграла ВБА в период distraction (в зависимости от степени её зашумленности) при тестировании рецептивных полей зоны удлинения (А) и дистального сегмента (В) оперированной конечности. I – значения интеграла выше, II – значения интеграла ниже среднего дооперационного уровня.

Из представленных на рисунке 2 диаграмм видно, что в период distraction при раздражении рецептивных полей плеча и предплечья, находящихся в зоне удлинения, 83,3% всех значений интегралов для первого-третьего типов ВБА, а также 82,4% всех значений для четвертого-пятого типов ВБА были ниже среднего дооперационного уровня. При тестировании рецептивных полей, расположенных дистальнее удлиняемого сегмента, 62,5% и 87,5% значений $S(p)$ для ВБА первого-третьего и четвертого-пятого типов соответственно также были ниже среднего дооперационного уровня.

Важно отметить, что в период distraction для электрограмм четвертого и пятого типов доля значений интеграла, находящихся ниже среднего дооперационного уровня оставалась значительной для обеих групп рецептивных полей, причем для дистальных она была больше. В то же время для электрограмм с высоким уровнем шума (1-3 тип) доля значений $S(p)$, находящихся ниже среднего дооперационного уровня,

была несколько меньше. Тем не менее, при разной степени зашумленности ВБА большинство индивидуальных значений интеграла в процессе удлинения находилось ниже среднего дооперационного уровня. Иными словами, наиболее вероятной реакцией $S(p)$ на distraction является его снижение, более выраженное для группы электрограмм, характеризующихся низким уровнем шума.

Таким образом, постdistractionные изменения в рецепторах кожи [1], выявляемые при тестировании рецептивных полей области distraction, а также реакция быстропроводящих афферентных волокон периферического смешанного нерва [2], выявляемая при тестировании дистальных рецептивных полей, приводят к уменьшению общего сенсорного потока в лемнисковой проводящей системе соматосенсорного анализатора, что выражается в снижении интеграла ВБА, наблюдаемом независимо от степени зашумленности, обусловленной активностью экстралемнисковой системы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Комплекс вышеперечисленных факторов, к которым следует добавить снижение активности проприорецепторов под влиянием хронического дозированного растяжения [3, 4], ведет к развитию локальной недостаточности специфической соматосенсорной информации (рис. 3), достигающей в ряде случаев уровня сенсорного дефицита [5].

Первоначально недостаточность специфической афферентации проявляется в снижении, а дефицит ее - в полном выпадении ранних компонент соматосенсорного вызванного потенциала. Промежуточные и поздние компоненты остаются малоизмененными или несколько увеличиваются по амплитуде, что отражает сохранность неспецифической соматосенсорной афферентации и, по-видимому, некоторое возрастание ноцицептивной. Подобная точка зрения согласуется с основными положениями концепции информационного синтеза А.М.

Иваницкого с соавторами (1984) [6] и представлениями других авторов [7, 8]. Такой конфигурация вызванного потенциала соответствует Тип-4 и в ряде случаев – Тип-3 ВБА в ответ на стимуляцию рецептивных полей укороченной конечности.

В то же время увеличение для обеих групп рецептивных полей доли электрограмм с высоким уровнем шума в сочетании с разнонаправленностью изменений интеграла ВБА, соответствующего области ранних компонент ССВП, свидетельствует о высоком уровне активности неспецифической соматосенсорной подсистемы (рис. 4). В основе последней лежат экстралемнисковые пути, по которым в ЦНС поступает афферентация от ноцицепторов и других тканевых интерорецепторов, активность которых возрастает под влиянием оперативной травмы [9] и хронического дозированного растяжения тканей удлиняемой конечности.

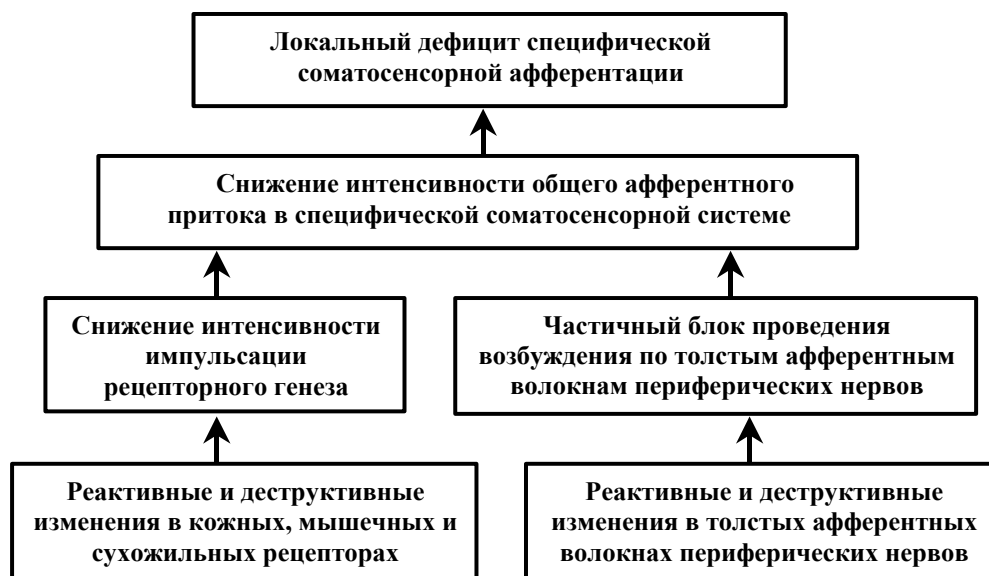


Рис. 3. Схема возникновения локальной недостаточности специфической соматосенсорной афферентации в условиях удлинения конечности методом дистракционного остеосинтеза.

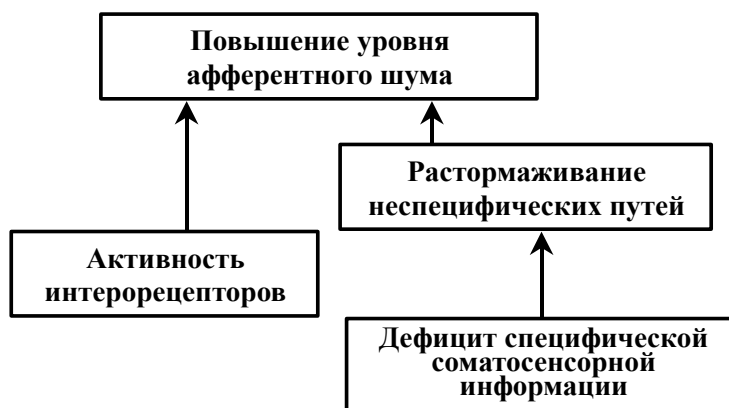


Рис. 4. Повышение активности неспецифической соматосенсорной подсистемы.

Исследования влияния на ЦНС сенсорной депривации [10, 11, 12] показали, что в спонтанной электрической активности мозга под ее воздействием нарастают медленные колебания. В ряде случаев дефицит афферентации в специфической подсистеме изучаемого анализатора способствует возникновению в соответствующей части таламо-кортикального комплекса следовых циклических реакций. В их основе лежат вторичные ритмические всплески активности разрядов передаточных нейронов таламуса с частотой 8-10 в сек, следующие за первичным ответом на раздражение кожных афферентов [13]. Эти циклические процессы возникают в результате взаимодействия нейронов коры с интернейронным аппаратом таламуса [13] и за счет увеличения популяции активных нейронов способствуют более надежной передаче возбуждения в кору [13]. Описанная выше пусковая импульсация от таламических триггерных механизмов в сочетании с дефицитом специфической афферентации проявляется в виде усилен-

ной ритмической активности в соответствующей проекционной зоне коры и регистрируется на электрограммах в виде картины усредненного α -ритма (Тип-2 ВБА), иногда суммированно с ССВП (Тип-3). Предполагается, что при этом должны усиливаться возбудительные и тормозные реакции специфических нейронов на восходящую афферентацию [12].

В связи с тем, что диапазон низкочастотного альфа-ритма ответственен за внутрицентральный гомеостаз [14], а появление α -активности сопровождается повышением устойчивости центральных процессов [15] и отражает восстановление баланса корково-подкорковых отношений [16], то есть компенсацию избыточности ноцицептивной афферентации, правомерно предположить, что наличие второго типа ВБА свидетельствует о развитии компенсаторных процессов в ЦНС, и в частности активации антиноцицептивных систем.

Таким образом, результаты проведенных исследований дают основания полагать, что появ-

ление электрограмм **ВБА** при тестировании рецептивных полей оперированной конечности в период distraction, фиксации и в ранние сроки после окончания лечения, принадлежащих ко второму, третьему и четвертому типам, связано

с нарушением сенсорного баланса между специфической и неспецифической соматосенсорной афферентацией, возникшим под воздействием хронического дозированного растяжения тканей удлиняемой конечности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изменения нервных проводников и их концевых аппаратов в мышцах и коже при больших одноэтапных удлинениях конечностей по Г.А. Илизарову / Л.Н. Кочуткина, И.П. Кудрявцева, Е.И. Чумасов, К.М. Светикова // Архив анат., гистол. и эмбриологии. - 1990. - Т. 98, № 4. - С. 24-31.
2. 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. тр. - Курган. - Вып. 6. - 1980. - С. 70-76.
3. Шеин А.П. Исследование произвольного управления напряжением скелетных мышц с измененными сократительными свойствами: Автореф. дис... канд. биол. наук. - Казань, 1981. - 25 с.
4. Криворучко Г.А., Шеин А.П. Электромиографический контроль пластических перестроек нервных стволов и мышц в условиях distractionного остеосинтеза по Илизарову // Лечение ортопедо-травматологических больных в стационаре и поликлинике методом чрескостного остеосинтеза, разраб. в КНИИЭКОТ: Сб. науч. тр. - Курган, 1982. - С. 79-82.
5. Шеин А.П., Сайфутдинов М.С., Сизова Т.В. Вызванная биоэлектрическая активность соматосенсорной коры головного мозга у ортопедических больных при удлинении верхних конечностей // Физиология человека. - 1999. - Том 25, № 6. - С. 61-70.
6. Иваницкий А.М. и др. Информационные процессы мозга и психическая деятельность / А.М. Иваницкий, В.Б. Стрелец, И.А. Корсаков. - М., 1984. - 200 с.
7. Зенков Л.Р. Соматосенсорные вызванные потенциалы мозга при дискогенных компрессиях люмбо-сакральных корешков // Журн. невропатол. и психиатрии. - 1976. - Т. 76. - С. 818-822.
8. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней. - М.: Медицина, 1991. - 640 с.
9. Дедова В.Д., Черкасова Т.И. Оперативное удлинение укороченных нижних конечностей у детей. - М.: Медицина, 1973. - 128 с.
10. Григорьева Л.П., Зислина Н.Н., Толстова В.А. Пластичность зрительной системы и обучение // Физиология человека. - 1996. - Т. 12, № 1. - С. 55-62.
11. Жеребцова В.А., Индюхин А.Ф. Пространственная организация связей биоэлектрической активности головного мозга детей с сенсорной депривацией в сравнении со здоровыми сверстниками // Вест. нов. мед. технологий. - 1998. - Т. 5, № 1. - С. 114-117.
12. Зислина Н.Н. Микроэлектродный анализ ритмического разряда последствия в зрительной коре кролика // Материалы Всесоюзной конференции по электрофизиологии центральной нервной системы. - Л.: Наука, 1971. - С. 118.
13. Гланц В.Л. Функциональная структура таламического соматосенсорного реле и следовые циклические процессы в таламо-кортикальной системе // Материалы Всесоюзной конференции по электрофизиологии центральной нервной системы - Л.: Наука, 1971. - С. 72.
14. Золотарев Ф.Я., Святогор И.А. Уровень синхронизации биоэлектрической активности α -диапазона как один из показателей церебрального гомеостаза человека // Журнал ВНД. - 1974. - № 3. - С. 623-628.
15. Василевский Н.Н. Экологическая физиология мозга. - М.: Медицина, 1979. - 200 с.
16. Святогор И.А. Вызванные потенциалы как показатель функционального состояния центральной нервной системы в норме и при ее патологии // Нейрофизиологические исследования в экспертизе трудоспособности. - Л.: Медицина, 1978. - С. 139-164.

Рукопись поступила 28.11.01.