

УДК 612+591.1:615.849.11

**ИЗМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕЙКОЦИТОВ
ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ ПРИ ДЕЙСТВИИ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ
РАЗЛИЧНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ**

Пономарева В.П., Чуян Е.Н.

В настоящее время выявлена функциональная асимметрия различных органов и систем организма (нервной, эндокринной, иммунной, кроветворной) [1 – 4]. Тем не менее, абсолютно не изучена взаимосвязь индивидуального профиля функциональной асимметрии (ИПФА) организма человека с физиологическими показателями, характеризующими деятельность системы крови, в частности, функциональным статусом лейкоцитов, изменение которого отражает реакции организма на разнообразные воздействия [5, 6].

Несмотря на то, что функциональные асимметрии относительно стабильны у сформировавшегося организма, при различных внешних воздействиях они могут претерпевать изменения, что играет существенную роль в процессах адаптации [1, 7]. В связи с этим ИПФА может служить, с одной стороны, чувствительным индикатором разнообразных воздействий, а, с другой стороны, его можно рассматривать как важный механизм физиологического действия раздражителей.

Как известно, система крови является одним из наиболее доступных и объективных показателей типа адаптационных реакций, возникающих в ответ на действие неспецифических раздражителей [8]; обладает высокой реактивностью и играет определяющую роль в адаптационных перестройках функционального состояния организма при различных воздействиях, что объясняет ее практически немедленное вовлечение в неспецифические и специфические реакции защиты организма [9] и влияние на его резистентность и реактивность. В связи с этим для определения реакции организма испытуемых и животных на различные экспериментальные воздействия используются показатели бактерицидной, гидролитической, энергетической систем нейтрофилов и энергетической системы лимфоцитов.

Показано, что низкоинтенсивное электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ), эффективность которого в связи с низкой проникающей способностью излучения этого диапазона зависит от локализации воздействия, обладает выраженным биологическим действием [10, 11, 12]. Однако возможность использования ЭМИ КВЧ в качестве средства, способствующего коррекции

ИЗМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕЙКОЦИТОВ

асимметрии различных систем организма, измененной под влиянием патологических процессов и неблагоприятных факторов не исследуется].

В частности, остается неизученным вопрос о связи изменений цитохимических показателей нейтрофилов и лимфоцитов крови, происходящих под влиянием ЭМИ КВЧ разной локализации, с ИПФА испытуемых.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось выявление зависимости биологической эффективности низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (7,1 мм; 0,1 мВт/см²) разной локализации от ИПФА испытуемых по изменению показателей цитохимического статуса нейтрофилов и лимфоцитов периферической крови.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на 280 практически здоровых испытуемых 17-20-летнего возраста с различным профилем сенсорной асимметрии. По признаку ведущего глаза и уха испытуемые были разделены на 4 группы: правый глаз, правое ухо – ПгПу; правый глаз, левое ухо – ПгЛу; левый глаз, правое ухо – ЛгПу; левый глаз, левое ухо – ЛгЛу. Коэффициенты правого глаза (Кпг) и правого уха (Кпу) высчитывали по формуле: $K_n = \frac{П - Л}{П + Л} \times 100 \%$, где П и Л – количество предпочтений правого или левого глаза/уха соответственно. Положительный знак K_n указывает на преобладание правого глаза (уха) и доминантность левого полушария (ЛевП), отрицательный – преобладание левого глаза (уха) и, соответственно, правого полушария (ПрП) [13]. Каждая фенотипическая группа была разделена на 2: контрольную и экспериментальную.

Испытуемые экспериментальных групп были разделены на 3 группы: 1 – воздействие на область нижней трети грудины; 2 – на область БАТ GI(II) 4 – Хе-Гу правой руки; 3 – на область симметричной БАТ GI(II) 4 – Хе-Гу левой руки. Экспозиция ЭМИ КВЧ – 30 минут ежедневно в течение 10-ти дней. В экспериментах использованы одноканальные генераторы «Луч. КВЧ –071» (рабочая длина волны – 7,1 мм; плотность потока мощности (ППМ) – 0,1 мВт/см²; частота излучения – 42,3 ГГц; габаритные размеры излучателя, выполненного в виде «точки», – 18 x 23 мм).

У испытуемых всех групп проводили цитохимические исследования. Кровь брали до (исходные данные), на 5-й и 10-й дни эксперимента. В нейтрофилах крови в соответствии с принципом L. Karlow [14] оценивали цитохимический показатель содержания (ЦПС) пероксидазы (ПО) [15], щелочной фосфатазы (ЩФ) [16], липидов (ЛП) [17]. В лимфоцитах изучали динамику средних активностей сукцинат- (СДГ) и α -глицерофосфатдегидрогеназ (α -ГФДГ) [18]. Для подсчета лейкоцитарной формулы (ЛФ) мазки крови окрашивали по Папенгейму [19]. Тип неспецифической адаптационной реакции организма (НАРО) определяли по Л.Х. Гаркави и соавт. [8].

Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента и корреляционного анализа. Для расчетов и графического оформления данных использованы стандартные статистические программы Microsoft Excel и STATISTICA.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для изучения изменений функциональной активности лейкоцитов периферической крови у испытуемых с различными сенсорными фенотипами при воздействии ЭМИ КВЧ разной локализации цитохимическая реакция выявления ЛП регистрировалась во всех нейтрофилах. Наиболее часто встречались клетки II степени активности. ЦПС ЛП испытуемых в контроле (К) колебался от $213,00 \pm 3,50$ до $229,50 \pm 2,50$ усл. ед. независимо от ИПФА.

Цитохимическую реакцию на выявление ПО регистрировали также во всех нейтрофилах, причем наиболее часто (в 90-95 % случаев) встречались клетки I и II степени, реже (5-10 %) – III степени активности. ЦПС ПО нейтрофилов крови у испытуемых контрольной группы на протяжении всего срока эксперимента колебался незначительно: от $194,00 \pm 9,00$ до $212,52 \pm 4,59$ усл. ед. (табл. 1).

О фосфатазной активности, определяемой по методу Гомори-Такаматсу, судили по пятнистым осадкам, окрашенным в серый, темно-серый и черный цвета в зависимости от интенсивности реакции. Положительную реакцию наблюдали в 90 – 100 % нейтрофилов, причем 50-70 % клеток проявляли высокую (III-IV) степень активности фермента: темные пятнистые отложения сульфида кобальта заполняли всю цитоплазму. Согласно полученным данным, ЦПС ЩФ в нейтрофилах крови испытуемых контрольной группы на протяжении всего срока эксперимента изменялся незначительно и колебался от $162,50 \pm 4,50$ до $173,00 \pm 7,00$ усл. ед.

Активность α -ГФДГ определялась в лимфоцитах крови по отложению синих гранул формазана в цитоплазме. Количество гранул, а, следовательно, и средняя активность α -ГФДГ у испытуемых контрольной группы всех сенсорных фенотипов составляла от $6,97 \pm 0,52$ до $8,63 \pm 0,64$ гранул в цитоплазме лимфоцитов.

Полученные данные согласуются с литературными [20, 21] и свидетельствуют об отсутствии достоверных различий между ЦПС ПО, ЩФ, ЛП в нейтрофилах и средней активности α -ГФДГ в лимфоцитах у испытуемых с разным ИПФА.

Однако средняя активность СДГ, определяемая в лимфоцитах по отложению в цитоплазме синих гранул диформаза, у испытуемых контрольной группы зависела от их ИПФА: у испытуемых с фенотипом ПгПу составляла от $21,04 \pm 0,37$ до $22,25 \pm 0,65$; ПгЛу – от $18,30 \pm 0,35$ до $19,00 \pm 0,30$; ЛгПу – от $18,15 \pm 0,15$ до $18,95 \pm 0,35$; ЛгЛу – от $16,00 \pm 0,40$ до $16,35 \pm 0,35$ гранул в лимфоците (табл. 2).

Следовательно, активность СДГ в лимфоцитах крови зависит от ИПФА испытуемых. Однако степень выраженности изменений функциональной активности лейкоцитов зависела как от ИПФА, так и от локализации воздействия ЭМИ КВЧ. Так, у испытуемых с фенотипом ПгПу после 5-10-ти облучений области левой БАТ произошло увеличение ЦПС ПО на 15 – 20 % ($p < 0,001$), ЦПС ЛП на 9 – 11 % ($p < 0,01$), ЦПС ЩФ на 15 % ($p < 0,001$) относительно К (табл. 1; рис. 1, 2).

ИЗМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕЙКОЦИТОВ

Таблица 1.

Изменение содержания пероксидазы в нейтрофилах крови испытуемых с различными сенсорными фенотипами (ПгПу – правый глаз, правое ухо; ПгЛу – правый глаз, левое ухо; ЛгПу – левый глаз, правое ухо; ЛгЛу – левый глаз, левое ухо) при воздействии ЭМИ КВЧ разной локализации ($M \pm m$)

Группы			Сутки эксперимента		
фенотипы	воздействие	№	1	5	10
I. ПгПу	Контроль	1	202,00±9,00	209,50±6,50 $p_{1,5} < 0,001$	206,00±2,00 $p_{1,5} < 0,001$
Локализация воздействия ЭМИ КВЧ	Левая БАТ	2	198,33±10,27	241,00±6,53 $p_{1,2} < 0,001$	247,67±4,03 $p_{1,2} < 0,001$
	Правая БАТ	3	211,00±4,16	253,00±4,00 $p_{1,3} < 0,001$	285,00±3,00 $p_{1,3} < 0,001$ $p_{2,3} < 0,01$
II. ПгЛу	Контроль	4	194,00±9,00	204,47±4,40	200,50±5,67 $p_{6,7} < 0,001$
Локализация воздействия ЭМИ КВЧ	Левая БАТ	5	218,00±5,78	206,00±4,00 $p_{2,5} < 0,01$	249,50±2,50 $p_{4,5} < 0,001$
	Правая БАТ	6	189,43±6,67	250,00±8,83 $p_{4,6} < 0,001$ $p_{5,6} < 0,01$	283,50±6,58 $p_{4,6} < 0,001$ $p_{5,6} < 0,05$
III. ЛгПу	Контроль	10	196,70±5,44	205,50±6,50	200,54±6,67
Локализация воздействия ЭМИ КВЧ	Левая БАТ	11	203,00±4,50	226,50±2,50 $p_{10,11} < 0,05$ $p_{2,11} < 0,05$ $p_{5,11} < 0,05$ $p_{8,11} < 0,01$	213,00±4,28 $p_{2,11} < 0,01$ $p_{5,11} < 0,02$ $p_{8,11} < 0,001$
	Правая БАТ	12	198,50±3,50	228,00±3,00 $p_{10,12} < 0,01$ $p_{3,12} < 0,05$ $p_{6,12} < 0,05$ $p_{9,12} < 0,05$	237,00±5,98 $p_{10,12} < 0,01$ $p_{11,12} < 0,05$ $p_{3,12} < 0,001$ $p_{6,12} < 0,05$
VI. ЛгЛу	Контроль	7	201,38±4,50	212,52±4,59	210,09±2,64
Локализация воздействия ЭМИ КВЧ	Левая БАТ	8	199,00±4,00	244,50±3,50 $p_{7,8} < 0,01$ $p_{5,8} < 0,001$	287,50±6,50 $p_{7,8} < 0,001$ $p_{2,8} < 0,05$ $p_{5,8} < 0,001$
	Правая БАТ	9	199,50±5,50	214,00±3,00 $p_{8,9} < 0,01$ $p_{3,9} < 0,01$ $p_{6,9} < 0,02$	233,00±5,48 $p_{7,9} < 0,05$ $p_{8,9} < 0,001$ $p_{3,9} < 0,001$ $p_{6,9} < 0,01$

Примечание: P_{1-12} – достоверность различий по критерию Стьюдента при сравнении с данными групп, обозначенных в таблице 1-12 соответственно.

Таблица 2.

Изменение средней активности сукцинатдегидрогеназы в лимфоцитах крови испытуемых с различными сенсорными фенотипами (ПгПу – правый глаз, правое ухо; ПгЛу – правый глаз, левое ухо; ЛгПу – левый глаз, правое ухо; ЛгЛу – левый глаз, левое ухо) при воздействии ЭМИ КВЧ разной локализации ($M \pm m$) (n=15)

Группы			Сутки		
Фенотип	воздействие	№	1	5	10
I. ПгПу	Контроль	1	22,25±0,65	21,04±0,37	21,40±0,10
Локализация воздействия ЭМИ КВЧ	Левая БАТ	2	21,20±0,17	21,67±0,44	22,26±0,05 $p_{1,2}<0,02$
	Правая БАТ	3	21,47±0,23	24,40±0,60 $p_{2,3}<0,05$	30,60±0,95 $p_{2,3}<0,01$
II. ПгЛу	Контроль	4	18,30±0,35 $p_{1,4}<0,05$	18,70±0,70 $p_{1,4}<0,05$	19,00±0,30 $p_{4,5}<0,05$
Локализация воздействия ЭМИ КВЧ	Левая БАТ	5	19,25±0,65 $p_{2,5}<0,05$	20,25±0,65	21,66±0,15 $p_{2,5}<0,05$
	Правая БАТ	6	19,15±0,2 $p_{3,6}<0,055$	23,73±0,28 $p_{4,6}<0,02$ $p_{5,6}<0,05$	25,84±1,11 $p_{4,6}<0,01$ $p_{5,6}<0,05$
III. ЛгПу	Контроль	7	18,95±0,35 $p_{1,7}<0,05$	18,60±0,3 $p_{1,7}<0,05$	18,15±0,15 $p_{1,7}<0,05$
Локализация воздействия ЭМИ КВЧ	Левая БАТ	8	18,05±1,25 $p_{2,8}<0,05$	19,38±0,41 $p_{8,11}<0,001$	20,80±1,40 $p_{8,11}<0,001$
	Правая БАТ	9	19,28±0,52 $p_{3,9}<0,05$	22,85±0,15 $p_{7,9}<0,05$ $p_{9,12}<0,05$	24,68±0,50 $p_{7,9}<0,05$ $p_{8,9}<0,01$ $p_{9,12}<0,05$
VI. ЛгЛу	Контроль	10	16,15±0,15 $p_{1,10}<0,05$ $p_{4,10}<0,05$ $p_{7,10}<0,05$	16,00±0,40 $p_{1,10}<0,05$ $p_{4,10}<0,05$ $p_{7,10}<0,05$	16,35±0,35 $p_{1,10}<0,05$ $p_{4,10}<0,05$ $p_{7,10}<0,05$
Локализация воздействия ЭМИ КВЧ	Левая БАТ	11	15,90±0,90 $p_{2,11}<0,01$ $p_{5,11}<0,05$ $p_{8,11}<0,05$	22,05±0,15 $p_{10,11}<0,01$ $p_{2,11}<0,001$ $p_{5,11}<0,001$	24,03±0,70 $p_{10,11}<0,001$ $p_{2,11}<0,001$ $p_{5,11}<0,001$
	Правая БАТ	12	16,05±0,95 $p_{3,12}<0,01$ $p_{6,12}<0,05$ $p_{9,12}<0,05$	18,34±0,34 $p_{10,12}<0,01$ $p_{11,12}<0,01$	19,33±0,15 $p_{10,12}<0,05$ $p_{11,12}<0,001$ $p_{3,12}<0,001$ $p_{6,12}<0,05$

Примечание: P_{1-12} – достоверность различий по критерию Стьюдента при сравнении с данными групп, обозначенных в таблице 1-12 соответственно.

ИЗМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕЙКОЦИТОВ

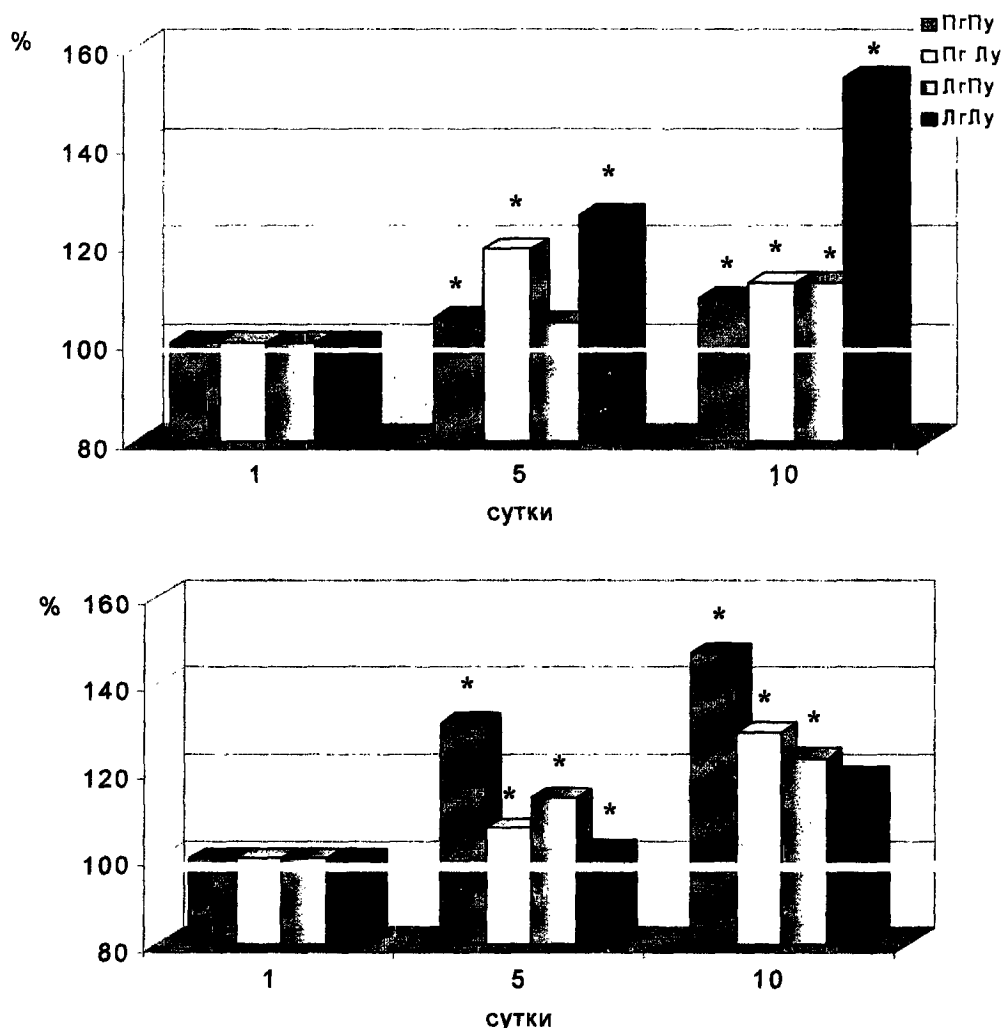


Рис. 1. Изменение ЦПС липидов в нейтрофилах крови испытуемых с различными сенсорными фенотипами (ПгПy – правый глаз, правое ухо; ПгЛy – правый глаз, левое ухо; ЛгПy – левый глаз, правое ухо; ЛгЛy – левый глаз, левое ухо), подвергнутых воздействию ЭМИ КВЧ на область левой (А) или правой (Б) точки Хэ-Гу (в % относительно исходных значений).

Примечание: * – здесь и далее различия достоверны при сравнении со значениями в контрольных группах испытуемых.

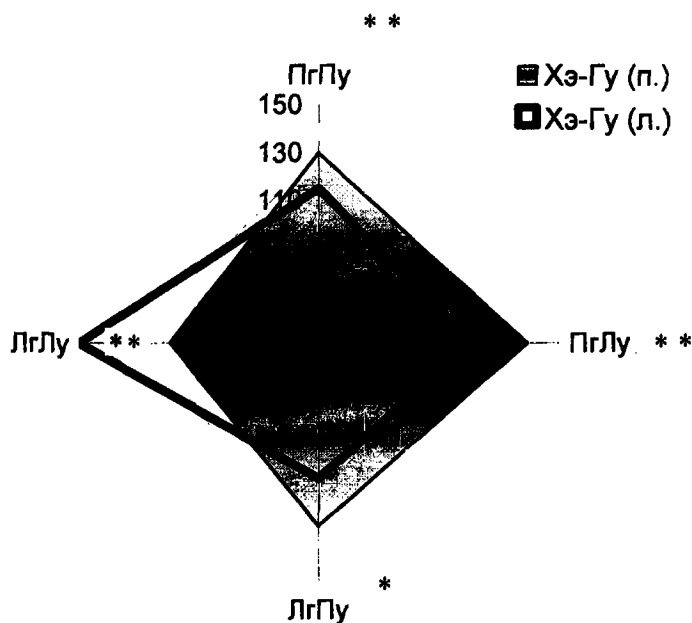


Рис. 2. Изменение ЦПС щелочной фосфатазы в нейтрофилах крови испытуемых с различными сенсорными фенотипами (ПгПу – правый глаз, правое ухо; ПгЛу – правый глаз, левое ухо; ЛгПу – левый глаз, правое ухо; ЛгЛу – левый глаз, левое ухо) при воздействии ЭМИ КВЧ на область левой (л.) или правой (п.) точки Хэ-Гу на 10-е сутки эксперимента (в % относительно значений в контроле).

При облучении области правой БАТ также произошло увеличение содержания ферментов, и на 10-е сутки ЦПС ЛП составил 152 % ($p < 0,001$), а ЦПС ПО – 138 % ($p < 0,001$), ЦПС ЩФ – 130 % ($p < 0,001$) относительно К (табл. 1; рис. 1, 2), превысив значения при облучении области левой БАТ ЦПС ЛП в 1,35 раза ($p < 0,001$), ЦПС ПО в 1,15 раза ($p < 0,001$), ЦПС ЩФ в 1,13 раза ($p < 0,05$).

У испытуемых с фенотипом ПгЛу при КВЧ-воздействии на область левой БАТ ЦПС ЛП увеличился на 12-22 % ($p < 0,001$), а ЦПС ЩФ – на 14 % ($p < 0,05$) относительно К. ЦПС ПО, напротив, на 5-е сутки снизился на 10 % ($p < 0,05$) относительно исходного уровня, однако, к 10-м суткам повысился и достиг 109 % от исходного значения ($p < 0,05$) и 125 % ($p < 0,001$) относительно К (табл. 1; рис. 1, 2).

Десятикратное КВЧ-воздействие на область БАТ правой руки испытуемым с фенотипом ПгЛу привело к увеличению ЦПС ПО на 42 % ($p < 0,001$), ЦПС ЛП на 31 % ($p < 0,001$), ЦПС ЩФ на 37 % ($p < 0,001$) относительно К (табл. 1; рис. 1, 2). При этом более значительное увеличение показателей произошло после 10-тикратного воздействия ЭМИ КВЧ на область БАТ правой руки и превысило значения у испытуемых того же фенотипа

ИЗМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕЙКОЦИТОВ

при воздействия на область левой БАТ: ЦПС ЛП на 17 % ($p < 0,05$), ЦПС ПО на 14 % ($p < 0,05$), ЦПС ЩФ на 20 % ($p < 0,01$).

У испытуемых с фенотипом ЛгПу на 10-е сутки КВЧ-облучения области левой БАТ также произошло увеличение ЦПС ЛП на 4-12 % ($p < 0,05$) относительно исходного уровня и на 6-11 % ($p < 0,05$) относительно К (рис. 1). Увеличение ЦПС ПО составило 6-10 % ($p < 0,05$) относительно исходного уровня и 4-6,21 % ($p < 0,05$) относительно К (табл. 1). На 5-е сутки воздействия ЭМИ КВЧ на область левой БАТ отмечено снижение ЦПС ЩФ на 2 % ($p > 0,05$), однако, к 10-м суткам ЦПС ЩФ повысился и достиг 109 % ($p < 0,05$) относительно исходного значения (рис. 2).

При воздействии ЭМИ КВЧ на область правой БАТ ЦПС ЛП у испытуемых с фенотипом ЛгПу также увеличился и на 5-10-е сутки составил 117 % и 122 % ($p < 0,001$) (рис. 1), ЦПС ПО на 5-10-е сутки эксперимента составил 110,94 % и 118,18 % ($p < 0,01$) соответственно относительно К (табл. 1). ЦПС ЩФ при КВЧ-воздействии на область правой БАТ увеличился достоверно в более ранние сроки и на 5-10-е сутки составил 109 % ($p < 0,05$) и 127 % ($p < 0,001$) соответственно относительно К (рис. 2). При этом более значительное увеличение показателей произошло при облучении области правой БАТ и превысило соответствующие значения при воздействии на область БАТ левой руки ЦПС ЛП на 10 % ($p < 0,05$), ЦПС ПО на 11,26 % ($p < 0,05$), ЦПС ЩФ на 18 % ($p < 0,05$).

Таким образом, у испытуемых с фенотипами ПгПу, ПгЛу, ЛгПу более значительное увеличение показателей произошло при КВЧ-воздействии на область БАТ правой руки и на 10 – 35 % ($p < 0,001$) превысило соответствующие значения у испытуемых тех же фенотипов при локализации воздействия на области левой БАТ.

Несколько иные изменения цитохимических показателей изученных ферментов нейтрофилов зарегистрированы у испытуемых с фенотипом ЛгЛу. Так, при воздействии ЭМИ КВЧ на область левой точки Хэ-Гу произошло увеличение ЦПС ЛП на 27 – 52 % ($p < 0,001$), ЦПС ПО на 37 % ($p < 0,001$) и ЦПС ЩФ на 35-51 % ($p < 0,001$) относительно значений в К того же фенотипа (табл. 1; рис. 1, 2).

При КВЧ-воздействии на область правой БАТ ЦПС ферментов также увеличились и на 10-е сутки при нормировании к К составили: ЦПС ПО – 10,90 % ($p < 0,05$), ЦПС ЛП – 117 % ($p < 0,001$), ЦПС ЩФ – 112 % ($p < 0,05$) (табл. 1; рис. 1, 2). Более значительное увеличение показателей произошло при КВЧ-воздействии на область левой БАТ и превысило соответствующие значения у испытуемых того же фенотипа при воздействии на область правой БАТ на 24-35 % ($p < 0,001$).

Таким образом, воздействие ЭМИ КВЧ на испытуемых с разным ИПФА способствовало повышению ЦПС изученных гидролитических, бактерицидных и энергетических систем нейтрофилов, однако, выраженность этих изменений зависела как от ИПФА испытуемых, так и локализации воздействия ЭМИ КВЧ.

Этот вывод подтверждают и данные об изменении дегидрогеназной активности в лимфоцитах, т.к. окислительно-восстановительные ферменты (СДГ и α -ГФГД) адекватно отражают интенсивность энергетического обмена, что

позволяет оценить специфическую и неспецифическую резистентность организма [20].

После 10-кратного облучения области левой БАТ средняя активность СДГ увеличилась на 4 % ($p>0,05$) у испытуемых с фенотипом ПгПу, на 14 % ($p<0,05$) – с фенотипом ПгЛу, на 15 % ($p<0,05$) – с фенотипом ЛгПу и на 47 % ($p<0,001$) – с фенотипом ЛгЛу; области правой БАТ – на 43 % ($p<0,02$) у испытуемых с фенотипом ПгПу, на 36 % ($p<0,01$) – с фенотипом ПгЛу, на 36 % ($p<0,05$) – с фенотипом ЛгПу и на 18 % ($p<0,05$) – с фенотипом ЛгЛу относительно К.

Средняя активность α -ГФДГ в лимфоцитах крови при КВЧ-воздействии на область БАТ левой руки на 10-й день наблюдения увеличилась у испытуемых с фенотипами ПгПу на 22 % ($p<0,05$), ПгЛу на 15 % ($p<0,05$), ЛгПу на 12 % ($p<0,05$) и ЛгЛу на 55 % ($p<0,001$) относительно К (рис. 3).

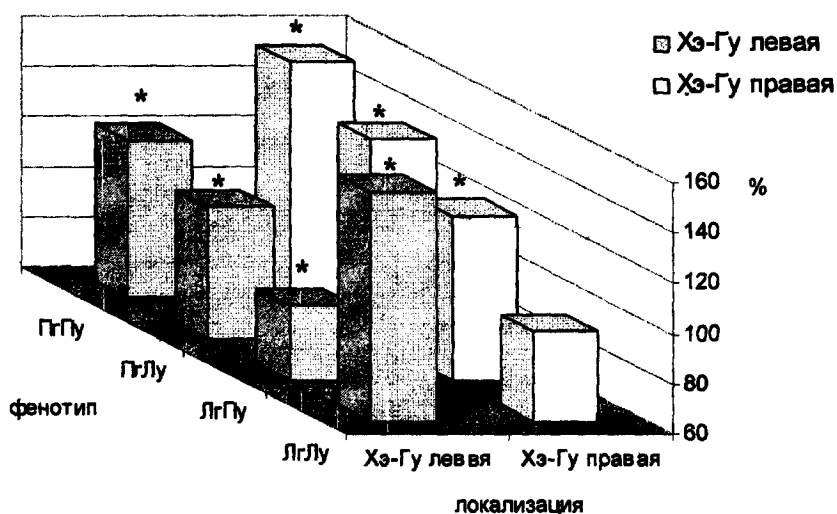


Рис. 3. Изменение средней активности α -глицерофосфатдегидрогеназы в лимфоцитах крови испытуемых с различными сенсорными фенотипами (ПгПу – правый глаз, правое ухо; ПгЛу – правый глаз, левое ухо; ЛгПу – левый глаз, правое ухо; ЛгЛу – левый глаз, левое ухо) при воздействии ЭМИ КВЧ на область левой (л.) или правой (п.) точки Хэ-Гу на 10-е сутки эксперимента (в % относительно значений в контроле).

Следовательно, под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ у испытуемых с разным ИПФА произошло увеличение активности бактерицидных, гидролитических и энергетических систем в нейтрофилах и лимфоцитах, что свидетельствует о повышении функциональной активности клеток крови, а также уровня физиологической защиты и резистентности организма в целом.

Для успешного осуществления клетками их функций необходима взаимосвязь ферментных систем. В связи с этим для определения изменения степени координированности изученных ферментных систем под действием ЭМИ КВЧ был проведен корреляционный анализ активности ферментов лейкоцитов на двух уровнях организации: субклеточном – корреляция активности ферментов внутри

ИЗМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕЙКОЦИТОВ

нейтрофилов и лимфоцитов и межклеточном – координация процессов между этими типами клеток крови.

Анализ корреляционной картины межферментных взаимодействий в К, независимо от их ИПФА, выявил достоверные как внутриклеточные, так и межклеточные корреляции (рис. 4-1). Оценка взаимосвязи активности дегидрогеназ в лимфоцитах показала значительную сопряженность ($r = 0,99$; $p < 0,05$) процессов аэробного и анаэробного расщепления глюкозы. В нейтрофилах выявлены отрицательные связи между ЦПС ЛП и ЩФ, ЦПС ЛП и ПО. Координация энзиматических активностей в системе лимфоцит – нейтрофил характеризовалась прочными корреляционными связями между всеми изученными ферментами.

Под влиянием ЭМИ КВЧ структура внутри- и межклеточных связей изменилась, но изменение зависело как от ИПФА испытуемых, так и от локализации облучения, но характер корреляционных связей у испытуемых с фенотипами ПгПу, ПгЛу и ЛгПу существенно не отличался. Так, у испытуемых с фенотипами ПгПу при КВЧ-воздействии на правую БАТ сохранялась корреляционная связь между средними активностями СДГ и α -ГФДГ лимфоцитов, однако, коэффициент корреляции незначительно уменьшался ($r = 0,89$; $p < 0,05$), что, по-видимому, связано с большим увеличением активности СДГ по сравнению с активностью α -ГФДГ (рис. 4-2). Сохранялись также внутриклеточные связи между ферментами нейтрофилов, они становились положительными, и появлялась отсутствующая в К корреляционная связь между ЦПС ПО и ЩФ, что свидетельствует о синхронизации процессов ферментных систем нейтрофилов. Подобная синхронизация выявлена и в других исследованиях по изучению биологической эффективности ЭМИ КВЧ [12]. Обращает на себя внимание также появление высоких положительных коэффициентов корреляции между дегидрогеназами лимфоцитов и всеми изученными ферментами нейтрофилов, что служит доказательством как синхронного увеличения активности этих ферментов под влиянием ЭМИ КВЧ, так и усиления сопряженности энергетических, гидролитических и бактерицидных процессов в нейтрофилах и лимфоцитах.

При КВЧ-воздействии на область левой БАТ испытуемым с ведущими Пг и/или Пу (рис. 4-3) четко прослеживалась разница в картине корреляционных взаимодействий по сравнению с К и группой испытуемых, подвергавшихся КВЧ-воздействию на область правой БАТ (рис. 4-1, 2). Наблюдался распад связей внутри клеток и между ними, сохранялись одна связь внутри нейтрофилов и три межклеточных, что отражает дезорганизацию в гидролитических, бактерицидных и энергетических системах клеток и нарушение межклеточной кооперации.

Другая картина изменений межферментных корреляционных взаимоотношений наблюдалась у испытуемых с фенотипом ЛгЛу, у которых КВЧ-воздействие на область левой БАТ привело к увеличению связей между изученными показателями в нейтрофилах и сохранению внутри- и межклеточных взаимодействий. При этом картина практически полностью соответствовала таковой у испытуемых с фенотипом ПгПу, подвергавшихся КВЧ-воздействию на область правой БАТ (рис. 4-2, 4). Наоборот, при облучении области правой БАТ испытуемым с фенотипом ЛгЛу наблюдалось обеднение корреляционной картины: исчезновение связей между ЦПС

ПО и ЛП в нейтрофилах, уменьшение числа межклеточных связей (отсутствие связи между ЦПС ЩФ нейтрофилов и активностью СДГ лимфоцитов) (рис. 4-5).

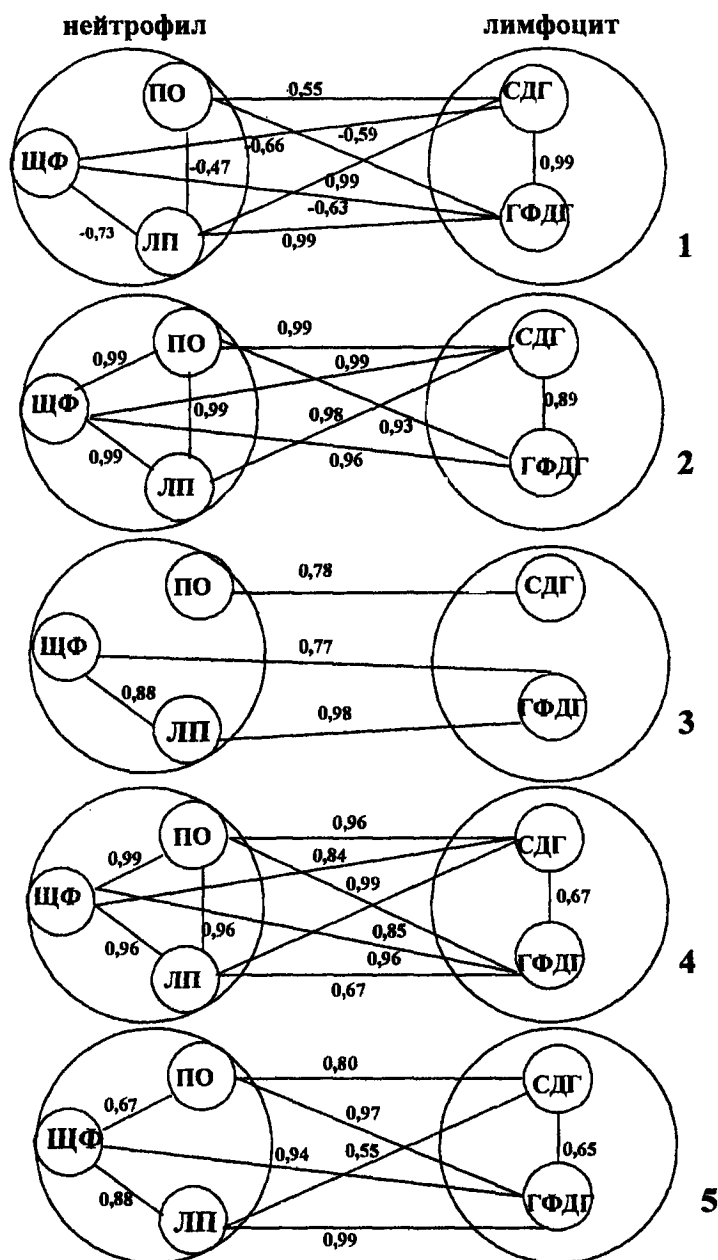


Рис. 4. Корреляционные взаимосвязи между активностями ферментов нейтрофилов и лимфоцитов у испытуемых контрольной группы (1), у испытуемых с фенотипом ПгЛу при воздействии ЭМИ КВЧ на область БАТ правой (2), левой (3) рук, у испытуемых с фенотипом ЛгЛу при воздействии ЭМИ КВЧ на область БАТ левой (4) и правой (5) рук.

Выявленные изменения корреляционных связей между изученными показателями у испытуемых с разным ИПФА при действии ЭМИ КВЧ подтверждаются и исследованиями изменений среднего коэффициента корреляции между показателями, или $Z_{\text{ср}}$, который характеризует совокупность корреляционных связей между изученными параметрами [22]. На рис. 5 видно, что под влиянием ЭМИ КВЧ у всех испытуемых произошло повышение значения $Z_{\text{ср}}$ относительно К, что свидетельствует об увеличении сбалансированности корреляционных связей [22]. Вместе с тем, выраженность данных изменений зависела от локализации воздействия ЭМИ КВЧ.

Так, у испытуемых с фенотипами ПгПу, ПгЛу и ЛгПу наибольшее увеличение $Z_{\text{ср}}$ зафиксировано при локализации ЭМИ КВЧ на область БАТ правой руки, а у испытуемых с фенотипом ЛгЛу – на область БАТ левой руки. Причем максимальные значения $Z_{\text{ср}}$ выявлены у испытуемых с фенотипами ПгПу и ЛгПу при КВЧ-воздействии на область БАТ правой руки, минимальные – у испытуемых с фенотипами ПгЛу и ЛгПу при облучении области БАТ левой руки.

Следовательно, анализ корреляционных взаимосвязей между активностью ферментов лейкоцитов выявил особенности внутри- и межклеточных взаимодействий при воздействии ЭМИ КВЧ разной локализации на испытуемых с различным ИПФА. Таким образом, корреляционный анализ взаимосвязей ферментативной активности лимфоцитов и нейтрофилов может служить одним из критериев в определении эффективности применения ЭМИ КВЧ.

Как известно, неспецифическая резистентность может быть повышена благодаря инициированию НАРО различного типа, адекватной характеристикой которых являются показатели морфологического состава крови [8]. Данные первых суток эксперимента свидетельствуют о том, что исходно у испытуемых всех групп значения л/сн находились в зоне реакции тренировки (0,29 – 0,39) (табл. 2.2; рис. 6). На протяжении всего периода наблюдений у испытуемых контрольных групп, независимо от ИПФА, ЛФ практически не изменялась, а количественное соотношение л/сн находилось в пределах адаптационной реакции тренировки [8].

Анализируя изменения ЛФ в группах испытуемых, подвергавшихся КВЧ-воздействию, следует отметить, что значения отношения л/сн зависели как от ИПФА, так и от локализации КВЧ-воздействия. При облучении области левой БАТ значение отношения л/сн увеличивалось по сравнению с исходными данными и соответствовало НАРО тренировки и активации [8] (рис. 6-А). Причем у испытуемых с фенотипами ПгПу и ПгЛу достоверное повышение данного показателя в 1,7 и 2 раза соответственно ($p < 0,05$) зарегистрировано только после 5-тикратного КВЧ-воздействия.

К 10-м суткам эксперимента значения отношения имели лишь тенденцию к повышению относительно К и исходных значений ($p > 0,05$) и соответствовали верхней границе зоны НАРО тренировки. На 15-е сутки, т.е. через 5 дней после окончания курса ЭМИ КВЧ, значения отношения л/сн, т.е. тип НАРО у испытуемых оставался на том же уровне, что и сразу после 10-тикратного воздействия ЭМИ.

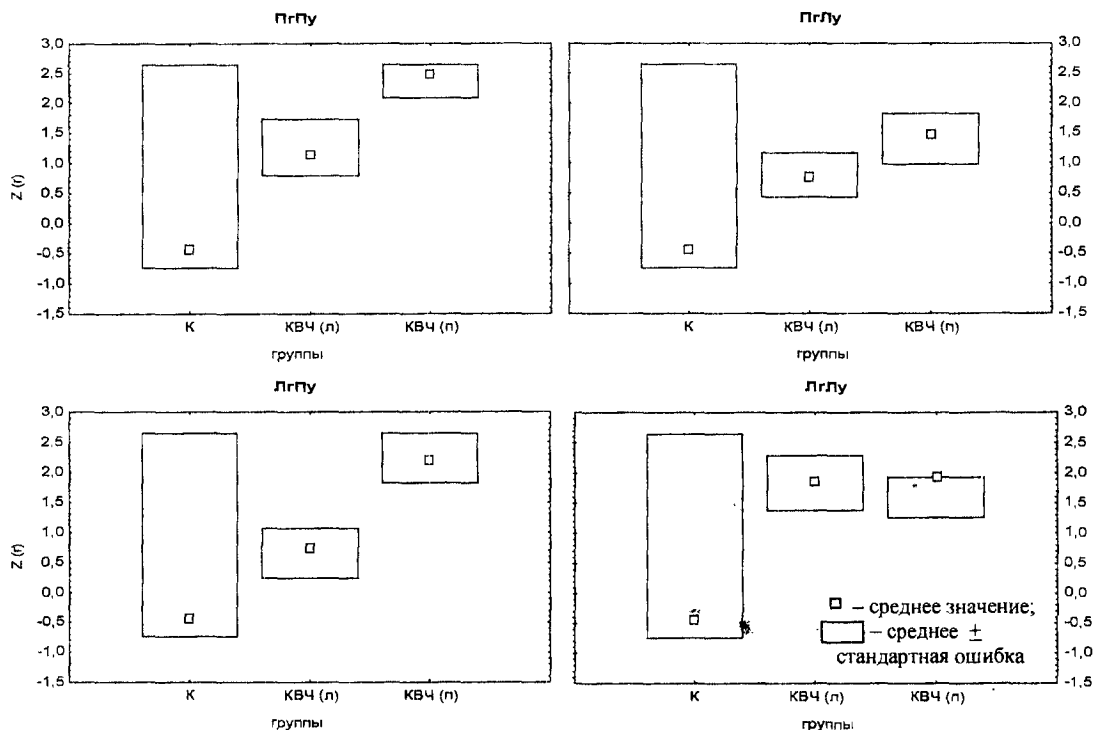


Рис. 5. Средний коэффициент корреляции (Z-индекс) между активностями изученных ферментов лимфоцитов и нейтрофилов у испытуемых с различными сенсорными фенотипами (PpPu – правый глаз, правое ухо; PpLu – правый глаз, левое ухо; LpPu – левый глаз, правое ухо; LpLu – левый глаз, левое ухо) контрольных групп (К) и при воздействии ЭМИ КВЧ на область точки Хэ-Гу левой (л) или правой (п) рук.

Более значительные изменения данного показателя при той же локализации ЭМИ КВЧ зарегистрированы у испытуемых с фенотипами LpPu и LpLu: после 5-ти КВЧ-воздействий значение отношения л/сн повышалось относительно исходных данных и соответствовало НАРО активации (рис. 6-А); на 10-е сутки у испытуемых с фенотипом LpPu значения отношения л/сн снижались на 17% ($p < 0,05$) относительно значений на 5-е сутки и соответствовали НАРО спокойной активации. Однако на 15-е сутки вновь зарегистрировано повышение коэффициента до значений нижней границы НАРО повышенной активации. У испытуемых с фенотипом LpLu повышение коэффициента до значений реакции повышенной активации (0,70 – 1,05) выявлено на протяжении всего эксперимента (рис. 6-А).

При облучении области правой БАТ также зарегистрировано увеличение значений отношения л/сн у испытуемых с разным ИПФА (рис. 6-Б). При этом наиболее значительные изменения отмечены у испытуемых с фенотипами PpPu, PpLu и LpPu, у которых значение л/сн повышалось относительно исходных данных и соответствовало НАРО повышенной активации. Причем наибольшее повышение после 10-тикратного

ИЗМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕЙКОЦИТОВ

КВЧ-воздействия зарегистрировано у испытуемых с фенотипом ПгЛу ($1,00 \pm 0,53$; $p < 0,01$), а наиболее выраженный эффект последствия – с фенотипом ЛгПу ($0,98 \pm 0,36$; $p < 0,001$).

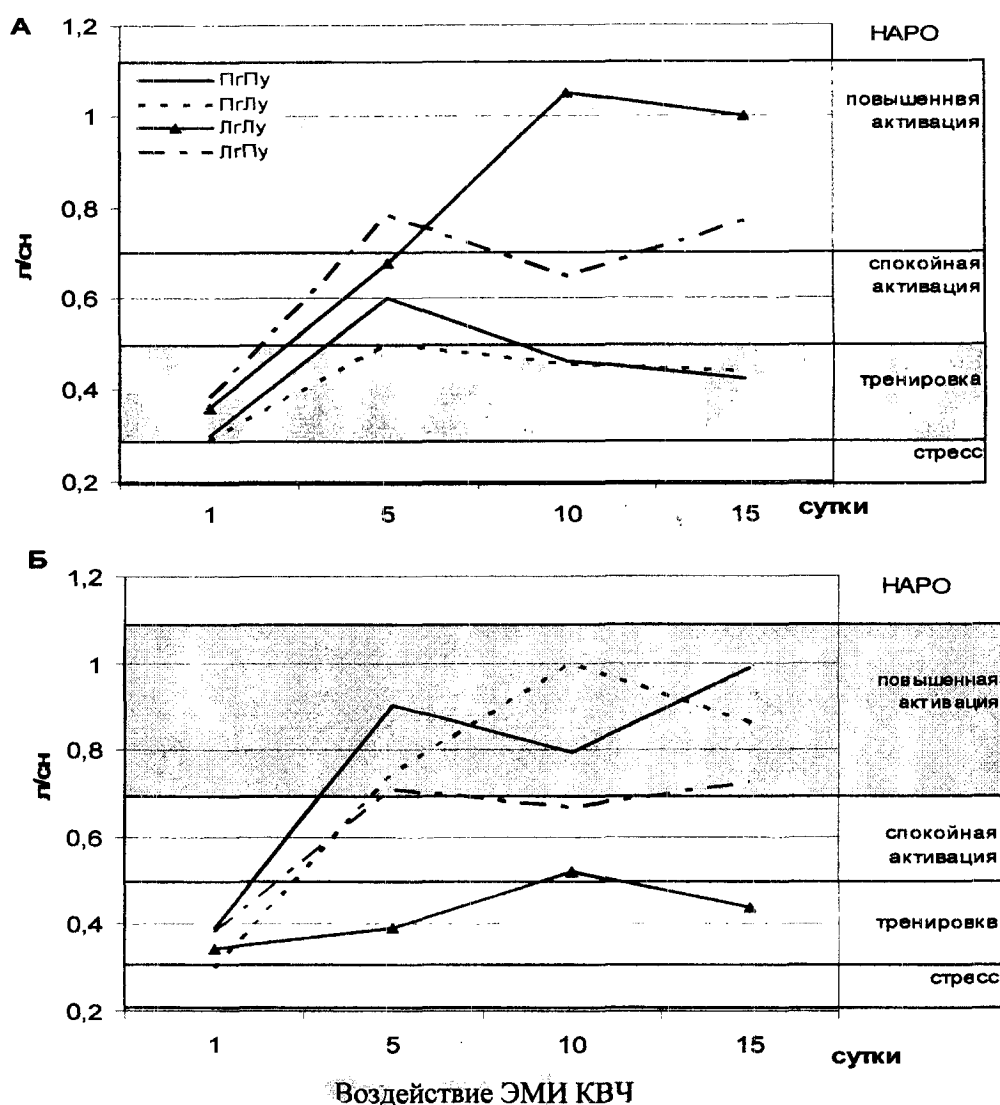


Рис. 6. Динамика отношения количества лимфоцитов и сегментоядерных нейтрофилов периферической крови испытуемых с различными сенсорными фенотипами (ПгПу – правый глаз, правое ухо; ПгЛу – правый глаз, левое ухо; ЛгПу – левый глаз, правое ухо; ЛгЛу – левый глаз, левое ухо) при воздействии ЭМИ КВЧ на область левой (А) или правой (Б) точки Хэ-Гу в разные сроки эксперимента, свидетельствующая об изменении типа неспецифической адаптационной реакции организма (НАРО).

У испытуемых с фенотипом ЛгЛу при КВЧ-воздействии на область правой БАТ количественное преобладание лимфоцитов над сегментоядерными нейтрофилами было незначительным и соответствовало зоне реакции тренировки (0,34 – 0,52) (рис. 6-Б).

Таким образом, воздействие ЭМИ КВЧ привело к повышению значений отношения л/сн у испытуемых с разным ИПФА. Полученные результаты согласуются с данными других авторов [23], указывающих на формирование сразу после облучения нейтрофильного, а спустя 72 часа – лимфоцитарного лейкоцитоза. Эта реакция носит обратимый характер, не приводит к повреждению и нарушению кроветворения и рассматривается как защитно-приспособительная, направленная на стимуляцию процессов адаптации и усиление резистентности организма.

Из приведенных данных видно, что описанные изменения ЛФ зависели как от ИПФА испытуемых, так и локализации воздействия ЭМИ КВЧ. У испытуемых с фенотипами ПгПу, ПгЛу и ЛгПу наибольшее возрастание данного показателя, а, следовательно, и установление уже после 5-ой процедуры НАРО спокойной и повышенной активации зарегистрировано при облучении области правой БАТ. У испытуемых же с фенотипом ЛгЛу максимальное увеличение данного отношения и стойкое установление на протяжении 5-15-ти суток наблюдения реакции повышенной активации зарегистрировано при облучении области левой БАТ. Результаты исследования способствуют практическому применению ЭМИ КВЧ для повышения адаптационного потенциала организма, что может быть использовано в клинической и педагогической практике.

ВЫВОДЫ

1. ММ-излучение является физическим фактором, мобиливающим защитные и регуляторные функции крови у здоровых людей. При этом происходит увеличение функциональной активности бактерицидных, гидролитических и энергетических систем лейкоцитов крови, что увеличивает их потенциальные возможности и ведет к повышению резистентности.

2. Степень выраженности эффекта ЭМИ КВЧ зависит от ИПФА испытуемых и локализации КВЧ-воздействия. У испытуемых с ведущими Пг и/или Пу наибольшая активация исследуемых систем нейтрофилов и лимфоцитов выявлена при КВЧ-воздействии на область правой Хэ-Гу. Напротив, у испытуемых с ведущими Лг и Лу максимальное увеличение цитохимических показателей отмечено при облучении области БАТ левой руки.

3. Выбор эффективной локализации воздействия ЭМИ КВЧ может быть осуществлен на основе предварительного определения сенсорной асимметрии человека, являющейся отражением МПА головного мозга.

Список литературы

1. Абрамов В.В., Абрамова Т.Я. Асимметрия нервной, эндокринной и иммунной систем. – Новосибирск, 1996. – 267 с.
2. Бианки В.Л. Асимметрия мозга животных. – Л.: Наука, 1985. – 295 с.
3. Бианки В.Л. Механизмы парного мозга. – Л.: Наука, 1989. – 352 с.

ИЗМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕЙКОЦИТОВ

4. Kang D.H., Davidson R.J., Coe C.L. et al. Frontal brain asymmetry and immune function // *Behav. Neurosci.* – 1991. – Vol. 1055, № 6. – P. 860-869.
5. Нарциссов Р.П. Прогностические возможности клинической цитохимии // *Советская педиатрия.* – М.: Медицина. – 1984. – Вып. 2. – С. 267-294.
6. Шубич М.Г., Авдеева М.Г., Лебедев В.В., Шмелев С.И. Особенности лимфоцито-моноцитонейтрофильных взаимоотношений при разной тяжести течения лептоспориоза (цитохимическое исследование) // *Клин. лабор. диагностика.* – 1994. – № 4. – С. 25-27.
7. Егоров А. Ю. Функциональная асимметрия мозга и важность развития клинического направления в эволюционной физиологии // *Тенденции развития физиологических наук.* – СПб.: Наука, 2000. – С. 159-178.
8. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакция активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации. – М.: «Имедис», 1998. – 656 с.
9. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. – Ростов на Дону: Изд-во Ростовского госуниверситета, 1990. – 223 с.
10. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О. В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
11. Ситько С.П. Физика живого – новое направление фундаментального естествознания // *Вест. новых мед. технологий.* – 2001. – Т. VIII, № 1. – С. 5-6.
12. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / Е.Н. Чуян, Н.А. Темуриянц, О.Б. Московчук, Н.В. Чирский, Н.П. Верко, Е.Н. Туманянц, В.П. Пономарева. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003. – 448 с.
13. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. – М.: Медицина, 1981. – 286 с.
14. Kaplow L.S. A histochemical procedure for localizing and evaluation leukocyte alkaline phosphatase activiti in smears of blood and marrow// *Blood.* – 1955; – №10. – P. 1023-1029.
15. Лилли Р. Патогистологическая техника и практическая гистохимия. – М.: Мир, 1969. – 648 с.
16. Gomory G. Microscopic histochemistry. Principles and Practice. – Chicago- Illinois: Univ. of Chicago Press, 1952. – 248 p.
17. Sheehan H.L., Sforey G.W. An improved method of staining leukocyte granules with Sudan black // *B.G. Path.* – 1947. – Vol. 59, № 2. – P. 336-339
18. Нарциссов Р.Н. Применение п-нитротетразоля фиолетового для количественного цитохимического определения дегидрогеназ лимфоцитов человека // *Арх. анат., гистол., эмбриол.* – 1969. – № 8. – С. 73.
19. Ронин В.С., Старобинец Р.М., Утевский Н.Д. Руководство к практическим занятиям по методам клинических лабораторных исследований. – М.: Медицина, 1977. – 335 с.
20. Петричук С.В., Гайтинова А.А., Шищенко В.М., Нарциссов Р.П. Модуляция энергетического обмена лимфоцитов ребенка естественными физическими факторами // *Биофизика.* – 1992. – Т.37, №4. – С. 72-78.
21. Туманянц Е.Н. Эффективность комплексного реабилитационного лечения с включением КВЧ-терапии детей из Чернобыльской зоны в условиях стационара // *Автореф. дисс... канд. мед. наук: КМИ.* – Симферополь, 1996. – 19 с.
22. Семенова Н.А., Дубинский В.З., Конрадов А.А. Исследование нарушений энергетического метаболизма мозга крыс при экстремальных воздействиях: Новый метод оценки энергетического статуса мозга // *Изв. АН. Сер. Биол.* – 1999. – № 4. – С. 444-452.
23. Казакова Л.Г., Светлова С.Ю., Субботина Т.И., Яшин А.А. Морфологический и биофизический анализ костномозгового кроветворения у крыс при воздействии низкоинтенсивного электромагнитного КВЧ-излучения // *Вест. новых мед. технологий.* – 1999. – Т. 6, № 3-4. – С. 38-41.

Поступила в редакцию 29.11.2005 г.