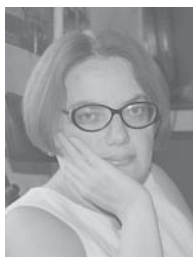


УДК 612.621.7



Б. А. Лобасюк



Л. Н. Акимова



М. И. Боделан



К. В. Аймедов

## ПОКАЗАТЕЛИ ТРЕМОРА В УСЛОВИЯХ ОПЕРАТИВНОГО И ПСИХОСЕНСОРНОГО ПОКОЯ

Б. А. Лобасюк<sup>1</sup>, Л. Н. Акимова<sup>1</sup>, М. И. Боделан<sup>1</sup>, К. В. Аймедов<sup>2</sup>  
<sup>2</sup>Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,  
<sup>1</sup>Одесский национальный медицинский университет

**Аннотация.** Нами был исследован постуральный тремор с помощью разработанного авторами оригинального метода с использованием угольно-резистивного датчика у правой руки. Выявлены различные показатели в условиях оперативного покоя (глаза открыты) и в условиях психосенсорного покоя (глаза закрыты). Индексы ассиметрии треморограммы выражались положительными величинами в условиях оперативного покоя, т. к. преобладали амплитуды левой руки, а в условиях психосенсорного покоя индексы ассиметрии уменьшились. Предполагается, что механизмы управления физиологическим тремором рук в условиях оперативного и психосенсорного покоя не идентичны.

**Ключевые слова:** тремор, угольно-резистивный датчик, ассиметрия тремора, частота тремора.

### Введение

Тремор относится к одним из наиболее часто встречаемых в неврологической практике двигательных синдромов, который может присутствовать при многих заболеваниях, а также иметь место и у здоровых людей [1]. Тремор – самый распространенный тип гиперкинеза в популяции.

В связи с отсутствием классификации тремора, Обществом по двигательным расстройствам (MDS) разработан рабочий документ, включающий определение, нозологическую

классификацию, условия возникновения и характеристику частоты встречаемости различных видов тремора. Согласно MDS, тремор определяется как ритмичное непроизвольное осцилляционное движение как минимум одной функциональной области тела.

Различают физиологический, эссенциальный, мозжечковый, паркинсонический и другие виды тремора. В свою очередь, физиологический тремор разделяют на простой физиологический тремор и усиленный физиологический тремор.

Наиболее частым осложнением черепно-мозговой травмы являются двигательные координаторные расстройства, в том числе, тремор [2]. Следует отметить, что, несмотря на современные достижения в изучении тремора, многие формы этого состояния остаются неклассифицированными, а относительно их механизма имеются лишь догадки.

Частота физиологического (простого и усиленного) тремора рук, согласно исследованиям [3], варьирует от 8 до 12 Гц. Она зависит, кроме прочего, от биомеханических свойств мышц и суставов конечности. Чем крупнее сустав, тем ниже его частота. В локтевом суставе, например, она составляет 3–5 Гц, в метакарпофаланговых – 17–30 Гц, частота окулярного тремора – около 35–40 Гц.

Усиленный физиологический тремор имеет большую амплитуду, но такую же частоту, что и простой физиологический. Он является тремором действия и возникает при состояниях, приводящих к возбуждению периферических  $\beta$ -адренорецепторов, – чаще всего это стрессовые ситуации. Его сложно отличить от слабовыраженного эссенциального тремора (ЭТ) [4, 5].

Физиологический тремор, как известно, зависит не только от механических свойств конечности; большую роль в его возникновении, помимо периферических факторов, играет 8–12-герцевый центральный компонент [6, 7]. Существует точка зрения, что в разных условиях может доминировать центральный или периферический механизм тремора [8].

#### Цель исследования

Поскольку диагностические ошибки при клинической оценке тремора продолжают оставаться нередким явлением (до 20%) [9], актуально более детально изучить так называемый физиологический тремор.

#### Материалы и методы исследования

Тремор регистрировали с помощью разработанного нами датчика линейных перемещений [10], который состоял из угольно-резистивного датчика, включенного в мостовую схему. Тремограмма регистрировалась при калибровке усилительного тракта 500 МкВ. Регистрация тремора производилась при постральной нагрузке (вытянутые руки вперед). Датчик поочередно накладывался на вытянутые перед собой правую и левую руки в условиях «глаза открыты» (оперативный покой) и «глаза закрыты» (психосенсорный покой).

Анализ файлов тремограммы (ТрГ) осуществлялся после окончания опытов с помощью программы Analyst 2 по алгоритму полупериодного анализа. Выделяли пять физиологических ритмов тремора: бета-2 – 21 – 32 Гц,

бета-1 – 14,22–18,3 Гц, альфа – 8,0–12,8 Гц, тета-4 – 7,53 Гц и дельта – 0,5–3,87 Гц. По каждому из диапазонов определяли следующие параметры: 1) амплитуда в микровольтах, 2) частота в герцах, 3) индекс–время в процентах выраженности волн гамма-, бета-1-, бета-2-, альфа-, тета- и дельта-диапазонах. При статистическом анализе вычисляли средние величины, стандартное (среднее квадратическое) отклонение, ошибку средней величины.

Коэффициенты функциональной асимметрии тремограммы (АТрГ) по амплитуде определяли по формуле:

$$Уас = (Л - П) / (Л + П) * 100,$$

где Л – показатель левого полушария, П – показатель правого полушария.

Таким образом, положительные величины означали преобладание левой руки, отрицательные – правой.

Погрешности коэффициентов асимметрии ТрГ вычисляли по формуле:

$$m_{уас} = Уас * \sqrt{(mл/Мл)^2 + (mп/Мп)^2},$$

где  $m_{уас}$  – погрешность коэффициента соотношения, Уас – коэффициент межполушарной асимметрии, мл – погрешность показателя левого полушария, Мл – показатель левого полушария, мп – погрешность показателя правого полушария, Мп – показатель правого полушария.

Для анализа статистической достоверности изменений коэффициентов асимметрии использовали критерий Стьюдента.

Различия показателей отслеживали, используя вычисление коэффициентов соотношения (КС) и их погрешностей. КС получали путем деления большей величины сравниваемых показателей на меньшую. Погрешности КС вычисляли по формуле:

$$m_{КС} = КС * ((m1/М1)^2 + (m2/М2)^2)^{1/2},$$

где  $m_{КС}$  – погрешность КС;  $m_1$  – погрешность первой,  $m_2$  – второй сравниваемой величины;  $M_1$  – величины первого,  $M_2$  – второго показателя.

Каждый из множества избранных в анализ показателей (амплитуды ритмов ТрГ) рассматривали в качестве целевого признака (Y-ов), а остальные показатели рассматривали в качестве влияющих переменных (множества X-ов) и строили уравнения множественной линейной регрессии вида:

$$Y_1 = a_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 \dots + b_n X_n,$$

где  $a_0$  – свободный член, коэффициенты  $b_1, b_2, \dots, b_n$  – показатели регрессии, отражающие меру влияния на анализируемый показатель остальных элементов множества,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  показателей.

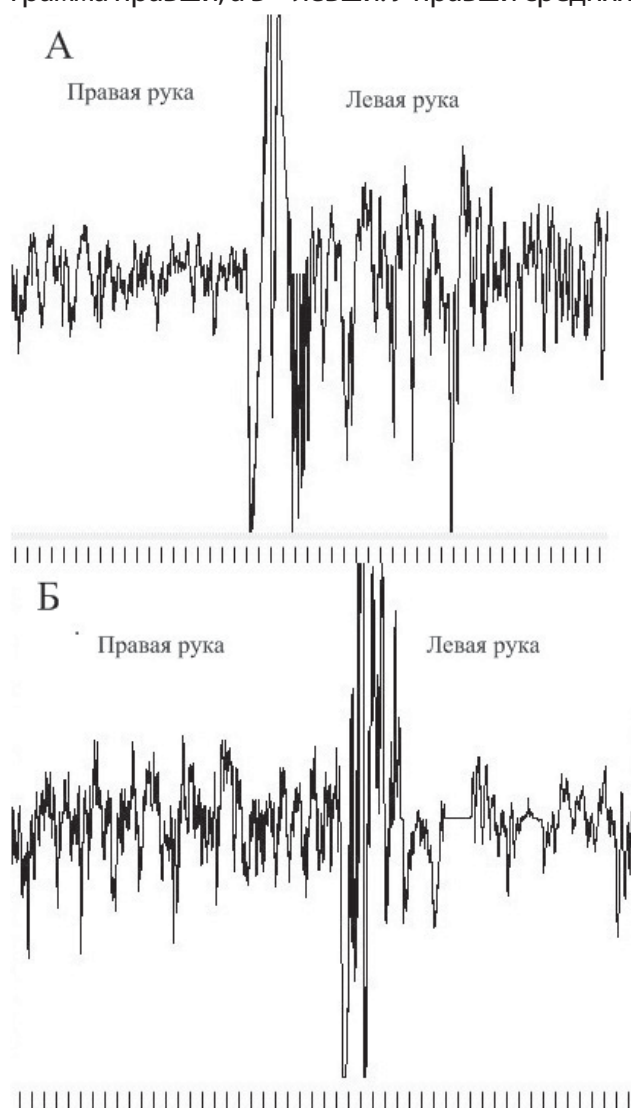
Вероятность проявления влияния, т.е. адекватность коэффициентов регрессии, оценивалась использованием сигмальных отклонений коэффициентов регрессии, а эффективность регрессии в целом оценивалась с помощью вычисления коэффициента множественной корреляции [11].

Геометрически уравнения множественной линейной регрессии интерпретировались с помощью ориентированных полициклических мультиграфов, графов-деревьев [12].

В результате изложенной процедуры формируется математическая модель, позволяющая при анализе данных использовать методы и категории теории управления.

### Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 представлены образцы записи треморограммы с использованием разработанной нами технологии. На рис. 1 А – треморограмма правши, а Б – левши. У правши средняя



А – правша, Б – левша.

Отметка времени 1 с. Амплитудный выброс – период переключения датчика с правой руки на левую.

Рис. 1. Треморграмма здорового человека

Таблица 1

### Показатели треморограммы у правшей в условиях психосенсорного покоя (глаза закрыты)

Показатели тремора		Правая рука	Левая рука
Бета-2-	А	31,28±3,02	34,26±4,86
	Ч	25,26±0,28	25,14±0,29
	И	4,65±0,62	4,36±0,54
Бета-1-	А	43,21±3,78	48,44±2,64
	Ч	15,53±0,13	15,28±0,37
	И	7,11±0,70	7,51±0,64
Альфа-	А	69,15±7,83	106,74±12,02
	Ч	9,55±0,10	9,53±0,18
	И	8,96±0,81	13,35±0,90
Тета-	А	110,49±10,76	154,77±17,58
	Ч	5,40±0,04	5,47±0,05
	И	18,66±1,39	23,47±2,33
Дельта-	А	166,89±11,65	218,58±23,47
	Ч	2,44±0,05	2,39±0,16
	И	64,23±2,50	50,90±4,17
Средняя амплитуда		79,47±4,52	110,99±10,42
Средняя частота		16,99±1,37	15,48±1,22

Таблица 2

### Показатели треморограммы у правшей в условиях психосенсорного покоя (глаза открыты)

Показатели тремора		Правая рука	Левая рука
Бета-2-	А	32,49±2,43	32,37±2,81
	Ч	25,40±0,27	25,23±0,44
	И	4,96±0,54	4,67±0,54
Бета-1-	А	50,68±4,55	53,55±6,14
	Ч	15,57±0,10	15,24±0,39
	И	7,56±0,53	7,67±0,57
Альфа-	А	86,84±7,24	106,95±11,28
	Ч	9,74±0,07	9,70±0,10
	И	11,29±1,16	13,68±1,61
Тета-	А	129,42±12,96	148,33±15,33
	Ч	5,53±0,05	5,49±0,06
	И	21,69±1,60	21,96±1,75
Дельта-	А	221,18±20,89	225,27±18,02
	Ч	2,49±0,05	2,49±0,05
	И	59,74±2,83	54,13±3,39
Средняя амплитуда		93,86±6,40	102,62±6,66
Средняя частота		17,08±1,47	16,69±1,27

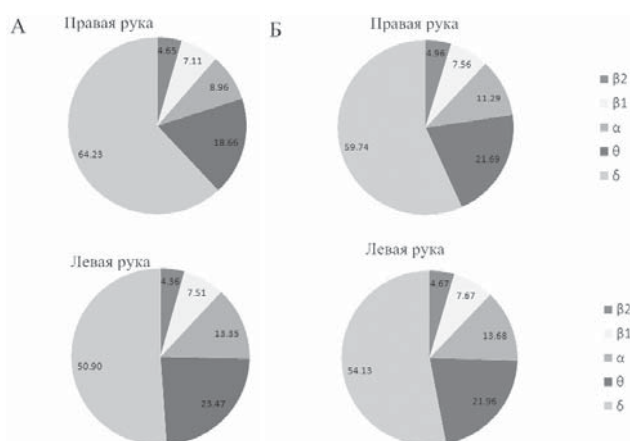


Рис. 2. Диаграммы средних длительностей компонент (ритмов)  $\beta_2$ -,  $\beta_1$ -,  $\alpha$ -,  $\theta$ - и  $\delta$ -ТрГ, от правых и левых рук в условиях оперативного (А) и психосенсорного (Б) покоя

амплитуда ТрГ визуально определяется большей на левой руке, а у левши – на правой.

При цифровом анализе ТрГ у правшей в условиях оперативного покоя (глаза открыты) (табл. 1) амплитуды альфа- и тета-ритмов на левой руке были больше, чем на правой в 1,54 и 1,40 раз. Средняя амплитуда ТрГ на левой руке была больше, чем на правой в 1,40 раза. Индекс длительности ТрГ альфа-ритма на левой руке был больше, чем на правой в 1,49 раза, а индекс длительности дельта-ритма в 1,26 раз меньше. В условиях психосенсорного покоя (табл. 1, рис. 2) сумма индексов длительности дельта-, тета- и альфа-ритмов составила на правой руке 91,85%, а на левой 87,72%, т.е. преобладающей частотой треморограммы были ритмы в диапазоне 0,5–12,8 колебаний в секунду.

Индексы длительности бета-1- и бета-2-ритмов составили на правой руке 11,76%, а на левой – 11,87%. Различия в величинах индексов ритмов ТрГ на правой и левой руке также были статистически незначимы.

В условиях оперативного покоя у правшей (табл. 2, рис. 2) статистически значимых различий между показателями ТрГ правой и левой рук выявлено не было.

Индексы длительности ТрГ дельта-, тета- и альфа-ритмов составили на правой руке 92,72%, а на левой 89,77%, т.е. преобладающей частотой треморограммы были ритмы в диапазоне 0,5–12,8 колебаний в секунду. Индексы длительности бета-1- и бета-2-ритмов составили на правой руке 12,52%, а на левой – 12,34%. Различия в величинах индексов ритмов ТрГ на правой и на левой руке в условиях оперативного покоя были статистически не значимы.

При переходе от оперативного покоя к психосенсорному покою в ТрГ правой руки произошло увеличение частоты тета-ритма в

Таблица 3

Показатели треморограммы у правшей в условиях психосенсорного покоя (глаза открыты)

Показатели тремора	Глаза открыты	Глаза закрыты	
Бета-2-	А	4,55±0,78	-0,17±0,02*
	Ч	-0,22±0,00	-0,34±0,01*
	И	-3,19±0,58	-3,08±0,49
	М	-2,38±1,71	8,54±4,83*
Бета-1-	А	5,71±0,59	2,76±0,40*
	Ч	-0,82±0,02	-1,07±0,03*
	И	2,73±0,36	0,72±0,07*
	М	1,88±0,80	19,51±8,25*
Альфа-	А	21,37±3,41	10,37±1,39*
	Ч	-0,09±0,00	-0,20±0,00
	И	19,69±2,21	9,59±1,50*
	М	42,34±23,61	34,04±13,11
Тета-	А	16,69±2,5	6,81±0,98*
	Ч	0,64±0,01	-0,43±0,01*
	И	11,42±1,42	0,61±0,07*
	М	47,74±24,57	10,37±3,65
Дельта-	А	13,41±1,72	0,92±0,11*
	Ч	-1,03±0,07	-0,12±0,00*
	И	-11,57±1,05	-4,92±0,39*
	М	18,60±4,80	-12,55±3,128

Примечание:

\* – статистически значимые различия показателей АТрГ в условиях «глаза открыты – глаза закрыты»

1,02 раза, амплитуды и мощности дельта-ритма – в 1,33 и в 1,83 раза соответственно, увеличилась средняя амплитуда ТрГ в 1,18 раза. В этих условиях статистически значимых изменений в ТрГ левой руки не определялось.

При анализе асимметрии ТрГ правой и левой руки (табл. 3) оказалось, что в условиях оперативного покоя величины асимметрии амплитуд ритмов выражались положитель-

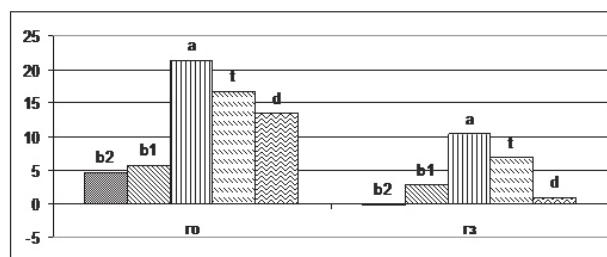


Рис. 3. Диаграммы коэффициентов функциональной межполушарной асимметрии амплитуд ритмов  $\beta_2$ -,  $\beta_1$ -,  $\alpha$ - и  $\delta$ -ТрГ в условиях оперативного покоя (z0 – глаза открыты) и психосенсорного покоя (z3 – глаза закрыты)



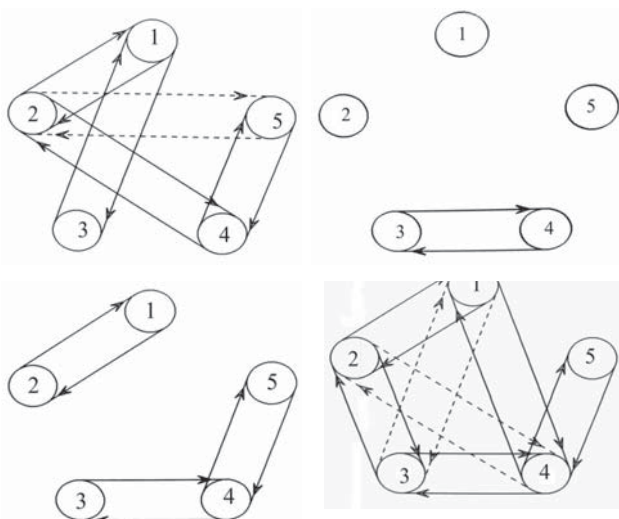


Рис. 4. Полициклические мультиграфы, отражающие взаимоотношения амплитуд компонентов (ритмов)  $\beta_2-1$ ,  $\beta_1-2$ ,  $\alpha-3$ ,  $\theta-4$ , и  $\delta-5$  треморограмм, отводимых от правой (А, В), и левой (Б, Г) рук в условиях оперативного (А и Б) и психосенсорного (В и Г) покоя.

Сплошными линиями обозначены положительные влияния, прерывистыми – отрицательные

ными величинами, т.е. амплитуды величин ТрГ левой руки были больше, чем аналогичные величины ТрГ правой руки. Величины асимметрий находились в пределах от  $4,55 \pm 0,78\%$  до  $21,37 \pm 3,40\%$ .

В условиях психосенсорного покоя показатели асимметрии амплитуд ритмов ТрГ статистически значимо уменьшились и находились в пределах от  $-0,17 \pm 0,02\%$  до  $10,37 \pm 1,39\%$  (рис. 3, 4).

Взаимоотношения амплитуд ритмов ТрГ в условиях оперативного и психосенсорного покоя. Структурный анализ полициклического мультиграфа, описывающего связи-отношения между показателями амплитуд ритмов ТрГ правой руки, в условиях оперативного покоя выявил восемь положительных и две отрицательные связи-отношения. Двумерных коэффициентов корреляции определялось в этих условиях восемь. Между амплитудами ТрГ левой руки определялось всего две регрессионные связи-отношения и шесть коэффициентов двумерной корреляции.

В условиях психосенсорного покоя между амплитудами ритмов ТрГ правой руки определялось шесть регрессионных связей-отношений и 10 коэффициентов двумерной корреляции. Между амплитудами ТрГ левой руки определялось 14 регрессионных связей-отношений и десять коэффициентов двумерной корреляции.

Таким образом, в условиях оперативного покоя количество связей-отношений преобладало на правой руке, а в условиях психосенсорного покоя – на левой.

В результате проведенных исследований определено, что преобладающей частотой ТрГ при предложенном методе регистрации является частота в диапазоне 0,50–12,80 колебаний в секунду, что соответствует полученным результатам [3].

У правой в условиях оперативного покоя (глаза открыты) амплитуды альфа-, тета-ритмов и средняя амплитуда, а также индекс длительности альфа-ритма ТрГ на левой руке были больше, чем на правой. Индексы асимметрии ТрГ (АТрГ) выражались положительными величинами, т.к. преобладали амплитуды левой руки и находились в пределах от  $4,55 \pm 0,78\%$  до  $21,37 \pm 3,41\%$ .

При исследовании тремора вытянутых левой и правой рук у здоровых испытуемых (правшей) с помощью акселерометра выявлено преобладание на 30,00% амплитуды для недоминирующей по сравнению с доминирующей рукой [13], что соответствует нашим данным.

В условиях психосенсорного покоя (глаза закрыты) у правой статистически значимых различий между показателями ТрГ правой и левой рук выявлено не было, а индексы АТрГ выражались величинами от  $-0,17 \pm 0,02\%$  до  $10,37 \pm 1,39\%$ , т.е. величины показателей АТрГ в условиях психосенсорного покоя по сравнению с условиями оперативного покоя уменьшились.

Таким образом, у правой в условиях оперативного покоя (глаза открыты) амплитуды ритмов преобладают на левой руке, а в условиях психосенсорного покоя (глаза закрыты) различия уменьшаются.

Поскольку сенсорная депривация снижает активность ретикулярной формации ствола мозга, можно предположить, что существенна роль ретикулярной формации не только в формировании функциональной межполушарной асимметрии коры головного мозга [10], но и тремора.

#### Выводы

При структурном анализе полициклических мультиграфов, описывающих связи-отношения между показателями амплитуд ритмов ТрГ, в условиях оперативного и психосенсорного покоя было выявлено, что в условиях оперативного покоя между амплитудами правой руки формируется полициклический мультиграф, свидетельствующий о системности в управлении амплитудами ритмов, а в условиях психосенсорного покоя – между амплитудами левой руки.

Это может свидетельствовать о том, что механизмы управления физиологическим тремором рук в условиях оперативного и психосенсорного покоя не идентичны.

## Литература

1. Gurfinkel' V. S., KotsYa. M., Shik M. L. Regulyatsiya pozycheloveka [Regulation of human posture]. Moscow, Science Publ., 1965, 256 p. (In Russ.)
2. B. Dubois[etal.]TheFAB: a frontalassessmentbatter yatbedside. *Neurology*, 2000, vol. 55, no. 3, pp. 1621-1626.
3. GrowdonW., GhikaJ., HendersonJ. Effects of proximal and distalmuscles' groups' contraction and mental stress on the amplitude and frequency of physiological finger tremor. Anaccelerometric study. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 2000, no.40, suppl. 5, pp.295-303.
4. ElbleR.J. Characteristicsofphysiologic tremorinyo ungandelderlyadults. *J.ClinNeurophysiol*, 2003, no. 114, suppl. 4, no.624-635.
5. Raethjen J., Pawlas F., Lindemann M. [et al.] Determinants of physiologic tremor in a large normal population. *J.ClinNeurophysiol*, 2000, no. 111, suppl. 10, pp. 1825-1837
6. Hallett M. Over view of human tremor physiology. *Movement Disorders*, 1998, no. 13, suppl. 3, 43-48.
7. O'Suilleabhain P.E., Matsumoto J.Y. Time-frequency analysis of tremors. *Brain*, 1998, no. 121, pp. 2127-2124.
8. McAuley J.H., Marsden C.D. Physiological and pathological tremor sandrhythmic central motor control. *Brain*, 2000, no. 123, suppl. 8, pp. 1545-1567.
9. Kliniko-fiziologicheskij analiz essentsial'nogo tremora: avtoref. dis. na soiskanie uchenoy stepeni kand. med. nauk : 14.00.13 [Clinical and physiological analysis of essential tremor: Author. Dis. for the degree of PhD. medical sciences: 14.00.13]. Moscow, Moscow Medical Academy of I. M. Setchenov, 2005, 24 p. (In Russ.)
10. Lobasyuk B. A. Rol' retikulyarnoy formatsii stvola mozga v mekhanizmaxh korkovogo elektrogeneza [The role of the reticular formation of the brain mechanisms of cortical electrogenesis]. *Neirofiziologiya [Neurophysiology]*, 2005, vol. 37, no. 1, pp. 36-47. (In Russ.)
11. Mangeym Dzh. B., Rich P. K. Politologiya. Metody issledovaniya [Political science. Research Methods]. Moscow, All the World Publ., 1997. (In Russ.)
12. Zykov A. A. Osnovy teorii grafov [Fundamentals of graph theory]. Moscow, Science Publ., 1987. (In Russ.)
13. Bilodeau M., Bisson E., Degrâce D., Després., Johnson M. Muscle activation characteristics associated with differences in physiological tremor amplitude between the dominant and non-dominant hand. *J. Electromyogr Kinesiol*. 2009, Feb., no. 9(1), pp. 131-138. Epub 2007, Nov. 5.

### ПОКАЗНИКИ ТРЕМОРИ В УМОВАХ ОПЕРАТИВНОГО І ПСИХОСЕНСОРНОГО СПОКОЮ

Б. А. Лобасюк<sup>1</sup>, Л. Н. Акімова<sup>1</sup>, М. І. Боделан<sup>1</sup>, К. В. Аймедов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

<sup>2</sup>Одеський національний медичний університет

**Анотація.** Нами було досліджено постуральний тремор за допомогою розробленого авторами оригінального методу з використанням вугільно-резистивного датчика у правшів. Виявлено різні показники в умовах оперативного спокою (очі відкриті) і в умовах психосенсорного спокою (очі закриті). Індекси асиметрії треморограми виражалися позитивними даними в умовах оперативного спокою, бо переважали амплітуди лівої руки, а в умовах психосенсорного спокою індекси асиметрії зменшилися. Припущено, що механізми управління фізіологічним тремором рук в умовах оперативного та психосенсорного спокою не ідентичні.

**Ключові слова:** тремор, вугільно-резистивний датчик, асиметрія тремору, частота тремору.

### TREMOR INDICATORS IN THE OPERATIONAL AND PSYCHOSENSORY REST

B. A. Lobasyuk<sup>1</sup>, L. N. Akimova<sup>1</sup>, M. I. Bodelan<sup>1</sup>, K. V. Aymedov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>I. I. Mechnikov Odessa National University

<sup>2</sup>Odessa National Medical University

**Summary.** We have investigated postural tremor using the original method developed by the authors using coal-resistive sensor in right-handers. Identified various indicators in terms of operative rest (eyes open) and under psychosensory resting (eyes closed). Tremorogrammy asymmetry index expresses the positive values in the operational conditions of peace, to wit was dominated by the left hand of the amplitude, and in conditions of peace psychosensory asymmetry indices decreased. It is expected that the physiological tremor of the hands of the control mechanisms in terms of operational and psychosensory rest are not identical.

**Key words:** tremor, coal-resistive sensor, the asymmetry of tremor frequency tremor.