***Методы системного анализа физиологических процессов***

Визуальный анализ электрокардиограммы является обязательным при диагностике инфаркта миокарда, нарушений сердечного ритма и других заболеваний сердца. Анализ электроэнцефалограммы помогает при диагностике эпилепсии и опухолей мозга.  
При визуальном анализе процессов обращается внимание на отчетливые, грубые отклонения от нормы: извращение T-зубца, экстросистолия и др. в ЭКГ, пик-волна, локальные тета и дельта-волны и др. в ЭЭГ. При этом из ЭКГ, ЭЭГ и других процессов извлекается и оценивается лишь небольшая часть информации, полезной для понимания жизнедеятельности организма.  
Разрабатываемые в последние 30 лет компьютерные системы анализа физиологических процессов обычно используют методы, заимствованные из арсенала анализа сигналов, возникающих в физике и технике. Мы считаем, что эти методы не в состоянии извлекать полезную содержательную информацию о жизнедеятельности организма не только потому, что она теряется в частотно-амплитудном спектре. Методы анализа процессов, заимствованные из инженерного опыта, просто не приспособлены для извлечения содержательной медико-физиологической информации подобно тому, как рутинные статистические методы обработки лабораторных исследований.  
Мы глубоко убеждены, что познание функционально-динамических механизмов болезни невозможно без разработки инструментально-программных комплексов, обеспечивающих не поверхностный, а содержательный анализ процессов.

Разработка таких комплексов - основная программная задача фирмы на ближайшее десятилетие.

*Новые информационные технологии в медицине и экологии.****Труды VII международной конференции и дискуссионного научного клуба. 1999 г 31 мая –11 июня. Гурзуф-с.155-158.***

**Методы содержательного анализа физиологических процессов**

А.А.Генкин

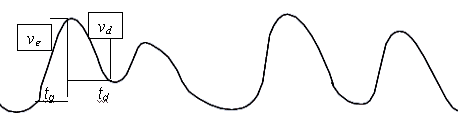
Физиологические колебания принципиально отличаются от классических колебаний тем, чт для них энергетическая характеристика не играет столь доминирующего значения как для колебаний, рассматриваемых в физике и технике. Поэтому усилия, затрачиваемые на анализ частотно-амплитудного спектра ЭЭГ, ЭКГ и др. не привели к пониманию временной организации физиологических процессов и решению важных диагностических задач.  
Особенность физиологических колебаний - связь разных фаз единичных циклов активности с разными функциональными состояниями; циклический процесс - это не просто смена нарастание и убывания одного фактора, а последовательная смена качественно различных состояний.  
**Содержательный анализ физиологических процессов может быть обеспечен только такими методами, которые смогут описать эту качественную неоднородность временной динамики основных жизненных проявлений организма: вдох-выдох, систола-диастола, сокращение и расслабление гладкой мускулатуры, возрастание и убывание электрических колебаний мозга и др. [1].**

Наиболее важная медико-биологическая информация о временной динамике процесса содержится не в знании об амплитудно-частотном спектре и не в обнаружении во временном ряде различных медленных компонент, а в получении знаний о том, *как предыдущая фаза процесса обусловливает последующую, а она в свою очередь обусловливает следующую за ней*.  
Получить такую информацию, оставаясь в пространстве мгновенных значений процесса очень трудно, если вообще возможно [1].

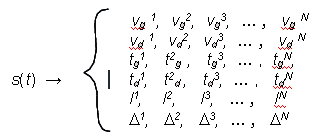
В основе наших методов, направленных на анализ временной организации физиологических колебаний, лежит расчленение исходного процесса на дискретные последовательности характеристик единичных колебаний. С общетеоретической точки зрения получающиеся временные ряды следует рассматривать как элементы системного целого во времени, каковым и является исходный физиологический процесс.

Задача анализа заключается как в описании динамики каждого из элементов, так и в оценке взаимосвязи между ними.

Мы предлагаем для каждого колебания измерять амплитуду (*vg*) и длительность (*tg*) восходящей волны, амплитуду (*vd*) и длительность (*td*) нисходящей волны.

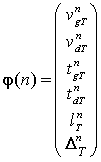


К этим характеристикам добавляются период *l=tg+td* и асимметрия длительностей фаз D = *tg- td.* В результате непрерывный процесс *s*(*t*) представляется в виде совокупности дискретных последовательностей характеристик единичных колебаний:



В зависимости от поставленных задач эти характеристики могут усредняться за определенную эпоху анализа, так что каждое их значение будет относиться не к одному колебанию, а представлять соответствующие параметры за секунду, две секунды, 5 секунд, итд.  
Таким образом, информация о динамике одного физиологического процесса представляется в виде векторной функции целочисленного аргумента :

*n* = 1, 2,…, *N (\*)*

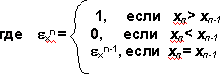
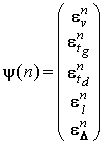


где *n* - номер последовательных характеристик единичных колебаний, а *Т* - интервал усреднения.  
Подобным образом можно рассматривать элементы единичных колебаний не только для разных отведений одного процесса (например, ЭЭГ), но и для существенно различных процессов (например, ЭЭГ и дыхание; систолическое, диастолическое артериальное давление и пульс при мониторинге и др.).

Экспериментальные исследования характеристик единичных колебаний ЭЭГ при разных физиологических состояниях (покой, внимание, умственная активность, сонливость и сон, гипноз, стресс) и при некоторых заболеваниях (нарколепсия, эпилепсия, дебильность, шизофрения) показали высокую информативность анализа характеристик единичных колебаний для решения различных психофизиологических и клинических задач. И, что еще более существенно, этот подход выявил наличие в головном мозге закономерного пространственного распределения дискретных уровней асимметрии длительностей фаз и других характеристик единичных колебаний и роль этих уровней в механизмах нейрофизиологической регуляции (градиентные механизмы) . В физиологическом плане не менее интересен непараметрический подход, когда отказываются от анализа самих значений характеристик единичных колебаний и ограничиваются анализом особенностей динамики их возрастания и убывания.

Т.е наряду с вектор- функцией φ (*n*) рассматривается вектор-функция

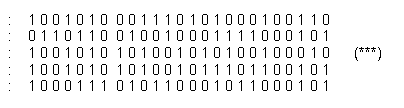
    (\*\*)



а х – значение любой характеристики *v, tg, td, l* или D  
(здесь и в дальнейшем*v=(* *vg+vd )/*2. В результате такого преобразования исходный процесс *s(t)* отображается в последовательности, состоящие из 1 и 0.

*s*(*t*) *→* φ(*n) →* ψ (*n)*

Ниже приводится фрагмент результата преобразования (\*\*) для 25 последовательных секундных интервалов реального электрического процесса мозга (ЭЭГ, теменно-затылочное отведение, после выполнения арифметического теста) :



В результате преобразования (\*\*) каждому *n* соответствует вектор-столбец (*n*), составленный из 1 и 0. Каждая компонента вектор-функции (строчка) отражает динамику состояний (возрастание-1 или убывание-0) одной из характеристик единичных колебаний. Такие состояния (1 или 0) будем называть ψ *-состояниями первого порядка.* Их динамике соответствуют матрицы (2х2) частот перехода 1 в 0 и 0 в 1.



Так, для пяти компонент процесса (\*\*\*)

Изучение матриц ψ -состояний первого порядка привело к новым количественным мерам - *информационной массе и индексам гомеостатического равновесия.* Эти меры позволили понять системообразующую роль среднего уровня асимметрии длительностей фаз ЭЭГ и выявить глубокую закономерность пространственно-временной организации нейрофизиологических процессов.

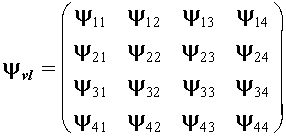
Если рассмотреть любые два временных ряда, например, первый (*v*) и четвертый (*l*), то для любого *n* возможны четыре состояния второго порядка:



Совместная временная динамика *v* и *l* процесса (\*\*\*) представляется в виде последовательности: ψ 1ψ 3ψ 3ψ 1ψ 3ψ 1ψ 3ψ 4ψ 3ψ 1ψ 2ψ 2ψ 4ψ 2ψ 4ψ 1ψ 4ψ 3ψ 4ψ 1ψ 3ψ 3ψ 1ψ 2ψ 4  
Информация об этой динамике (в данном случае динамике взаимных отношений амплитуды *v* и периода *l,* усредняемых за последовательные секундные интервалы) заключается в матрице (4х4) частот перехода

y *i* *→* y *j* (*i*=1,2,3,4; *j*=1,2,3,4)

Если абсолютную частоту перехода y *i* *→* ψ *j* (*i*=1,2,3,4;*j*=1,2,3,4) обозначить через ψ *ij, ,* то возможны 16 различных частот перехода:



А для всех попарных сочетаний по 2 для динамики пяти состояний первого порядка формируется 10 различных *ψ - матриц второго порядка*.

**Изучение *ψ-*матриц второго порядка для электрических процессов мозга выявило фундаментальные закономерности их временной организации. Одна из наиболее интересных - почти симметричность матриц ψ -состояний второго порядка. Это свойство встречается настолько регулярно, что можно говорить о законе сохранения временной симметрии электрических процессов мозга.**

**Литература.**

1. Генкин А.А., Медведев В.И. – Прогнозирование психофизиологических состояний. Вопросы методологии и алгоритмизации. М. Наука. 1973.

Библиография основных публикаций в которых используются характеристики единичных колебаний ЭЭГ и других процессов

**1. Генкин А.А.** Об асимметрии длительностей фаз единичных колебаний ЭЭГ задних отделов головного мозга здорового человека // Доклады АПН РСФСР --№ 4 – 1962, c 99-102  
**2. Генкин А.А.** Опыты по статистическому обнаружению сигналов ЭЭГ, детерминированных умственной активностью.// в сб Проблемы нейроокибернетики., 1962, Ростов на Дону  
**3. Генкин А.А.** Примененпие метода статистического описания длительностей фаз ЭЭГ к выявлению информации, сопутствующей умственной деятельночсти. // Доклады АПН РСФСР- № 6-1962  
**4. Генкин А.А**. Уровень асимметрии длительностей фаз ЭЭГ как показатель уровня бодрствования //Материалы IV Всесоюзной конференции по электрофизиологии не , 1963, изд РГУ  
**5. Генкин А.А.** Об асимметрии длительностей фаз единичных колебаний ЭЭГ при умственной активности //Доклады АН СССР, т.149, № 6, 1963, с.1460-1463.  
**6. Моисеева Н.И., Генкин АА** Опыт применения непараметрической статистической процедуры к анализу ЭЭГ у больных с нарушением мозгового кровообращения // *Журнал невропатологии и психиатрии им. Корсакова* -№ 8, 1963  
**7. Генкин А.А., Захаров В.К., Тарабукин В.И.** Автоматический анализ длительности фаз ЭЭГ// Журнал ВНД -№3-1964  
**8.Генкин А.А.** К проблеме автоматизации диагностики умственного уитомления// Проблемы инженерной психологии / Материалы 1 ленинградской конференци. Под ред Б. Ломова - Л.1964  
**9. Генкин А.А., Дзидзигури Т.Д.** О соотношении длительностей сокращения и расслабления гладкой мускулатуры тонкого кишечника // *Физиологический журнал СССР*. – №11.–1964. – C.1077–1084.  
**10.** **Genkin A.A. Dzidzguri T.D.** Relationsip between duration of contraction and relaxation in smooth muscle of the small intestine/ / Fed.Proc. Transl.Suppl. 1965 .v. 24, №6 , p. 1101-1104  
**11. Генкин А.А.** Биоэлектрические процессы головного мозга как вероятностные цепи с восемью состояниями// Труды ВМА им. С.М.Кирова т.162, 1964  
**12**. **Генкин А.А**. Статистический анализ ЭЭГ как общая проблема анализа колебательных процессов, протекающих в физиологических системах // Математические методы анализа электрических процессов мозга Под ред. М.Н. Ливанова и В.С. Русинова. М.: Наука, 1965. – C.75 – 86.  
**14 Артемьева Е.Ю. Мешалкин Л.Д. Хомская Е.Д.** О периодических колебаниях асимметрии длительностей восходяших и нисходящих фаз альфа ритма /// Математические методы анализа электрических процессов мозга /Под ред. М.Н. Ливанова и В.С. Русинова. М.: Наука, 1965. – C. 87 -91.  
**15..** **Генкин A.A.** Некоторые пути автоматизации дифференциальной диагностики функциональных состояний и начальных стадий болезни // Кибернетика в клинической медицине. – Л.: ВМА им.С.М.Кирова, 1965. – С.20 –25.

**16. Авраамов С.Р. Генкин АА.** О соотношении уровня постоянного потенциала глубоких структур мозга и асимметрии длительностей фаз электросубкортикограммы// в сб. Глубокие структуры мозга человека Л. Наука, 1965 **17. Генкин А.А.** Средний уровень асимметрии длительностей фаз ЭЭГ и скорость переработки информации в зрительно-мотроной системе*// Биофизика*, т.10, № 5, 1965 с. 868-873.  
**18. Генкин А.А. Зараковский Г.М**. – Об автоматизации диагностики функциональных состояний организма по данным ЭЭГ // Проблемы инфжереной психологии. Под ред Б.Ф..Ломова. вып.4., Л.1966, с.190-211.  
**19. Генкин А.А. Мелючева Л.А.** Статистики длительностей фаз электросубкортикограммы как индикаторы межцентральных регуляций// Глубокие структуры мозга человека. Ред Н.П. Бехтерева, Л. 1966  
**20. Генкин А**.А. Статистики длительностецй фаз электроэнцефалограммы и некотрые механизмы произвольной активности человека.// XVIII международный конгресс психрологов/Тезисы докладов, М.1966  
**21. Genkin A.**A. Snfnisnical characteristics of the phase duration of EE oscillation and some mechanisms of the voluntary activity of man//EEG correlatrs of f behavior / XVIII World Psychology Congress . М. 1966  
**22. Bechtereva N.P. Genkin AA, Moiseeva N.I., V.V.Smirnov** Electrographic evidence on participation of deep structures of human brain in certain mental processes (computer ayalysis data) *// EEG and clin. Neuroph*- .v.25-suppl.1967.  
**23. Генкин A. А**.Непараметрическое описание временных рядов в физиологических системах // 2-е совещание по проблемам автоматического анализа биологических микроструктур и процессов. 28-31 мая 1968 г. – Пущино , 1968.  
**24. Genkin A.A.** The statistical analysis of the EEG as general problrm in the analysis in oscillatory processes in physiological systems// Mathematical analysis of electrical activity of the brain. Harvard Univ. Massachusets.1968. p.65-79  
**25. Генкин А.А.Данилин В.П. Латаш Л.П.** Уровень асимметрии длительностей фаз колебаний потенциала в ЭЭГ больных нарколепсией (к вопросу о механизмах периодичности нарколептических проявлений //*Журнал ВНД* –1968 –т.18 -№1, с.97-108.  
**26. Даллакян ИГ. //** Математические методы в психиатрии и неврологии. Л,1968, с.108 **27. Генкин А.А**. .Нейрофизиологические и статистические аспекты расшифровки сигналов ЭЭГ // Всесоюзный симпозиум “Параклинические методы исследования”. вып.1; Под ред. Е.А. Жирмунской.. – М., 1969.– С.89 –106.  
**28**. **Генкин А.А**. [Способ различения сигналов ЭЭГ при разных видах умственной активности.](http://intels.spb.ru/pr04.html) // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. – 1969. – № 4.– С.120–123.  
**29. Генкин А.А.Мордвинов Е.Ф**. Электроэнцефалографические корреляты гипнотического сосотояния// *Журнал ВНД*- т.XIX №3 ,- 1969, с.471-477..  
**30**.**Мордвинов Е.Ф. Генкин А.А**. О возможнеостях прогнозирования внушаемости человека по данным спонтанной электроэнцефалограммы// Журнал ВНД- т.XIX №6 ,- 1969, с.1027-1032..  
**31.** **Генкин А.А**.Разбиение на классы психофизиологических свойств, обусловленное взаимосвязью поведенческих, элект рокорковых и электрокожных индикаторов //*Докл. АН СССР.* – 1970. – Т.192– № 6. – С.1363 –1366.  
**32. Генкин А.А., Василевский Н.Н. Алексанян З.А.** Об особенностях регуляции средней частоты разрядов корковых нейронов// Рефераты докл. IV Всесоюзной конференции по нейрокиберенетике. 1979, Ростов на Дону с.31.  
**33**. **Генкин А.А**.– . [Связь колебаний асимметрии длительностей фаз ЭЭГ с дыхательной ритмикой.](http://intels.spb.ru/pr05.html) // *Докл. АН СССР.* – 1971. – Т. 200. –№ 4. – С.1003 –1006  
**34. Генкин А.А. Медведев В.И.** О влиянии мотивации на средний уровень асимметрии длительностей фаз спонтанной ЭЭГ// Журнал ВНД 1971 – т.21– №1, с.576-584.  
**35. Крупнов А.И., Небылицин В.Д.** Сравнительная биоэлектрическая характеристика лобных и затыорчных областей коры головного мозга человека // Журнал ВНД. Т.21. №6  
**36 Небылицин В.Д**. Показатели активности и асимметрия волн ЭЭГ покоя// Новые ииследования в психологии и возрастной физиологии, 1971,№1  
**37.** **Nebylitsin V.D. Krupnov A.I**. Biolectrical correlateds of motor activity as temperament trait/ Neuropsychologia 1972. –V.10  
C.419-427  
**38.** **Генкин А.А., Лебедева Л.И., Ивлева Л.Ф**. [Электроэнцефалографические индикаторы доминантных состояний во время родовой деятельности.](http://intels.spb.ru/art01.html) //*Физиологический журнал СССР* – 1972 – Т.58 –№8 – С.1207–1211.  
**39.** **Хомская Е.Д**. Мозг и активация . М. изд. МГУ , 1972  
**40. Генкин А.А., Медведев В.И**. Прогнозирование психофизиологических состояний. Вопросы методологии и алгоритмизация. – Л.: Наука, 1973.  
**41** **Логунова Г.И.** Особенности среднего уровня асимметрии длительностей фаз ЭЭГ у детей 3-7 лет /Журнал ВНД -1978- т..XXVIII, №1 с.122-127  
**42 Слотинцева Т.В.** Отражение динамики произвольного внимания в показателях формы волн ЭЭГ в норме и у больных с локальными поражениями мозга// Нейрофизиологические механизмы вниманич . Под ред Е.Д.Хомской . М .1979, с.250-283.  
**43. Белов Д.Р. , Кануников И.Е., Федорова М.А.** Взаимосвязь электроэнцефалограммы человека с некоторыми характеристиками восприятия // Биохимичекие и биофизические механизмы физиологических функций./ Материалы конференции молодых физиологов и биохимиков России. СПб , 1995, с.19.  
**44. Ламкин П.Э., Кануников И.Е., Белов Д.Р.** Некоторые психофизиологические корреляты зрительно-пространственных и вербальных логических способностей.// Биохимичекие и биофизические механизмы физиологических функций./ Материалы конференции молодых физиологов и биохимиков России. СПб , 1995, с.110.