

УДК 612.821.3

Электрическая активность коры головного мозга студентов при экзаменационном стрессе

С.М. Минасян, Э.С. Геворкян

*Кафедра физиологии человека и животных биологического
факультета ЕГУ
0025, Ереван, ул. Ал. Манукяна, 1*

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, спектральная плотность мощности, экзаменационный стресс

Проблема экзаменационного стресса актуальна для высшей школы, особенно в связи с переходом на новую трехступенчатую форму обучения, предусматривающую периодические проверки знаний по пройденному материалу в виде письменных экзаменационных работ. Продолжительные и интенсивные учебные нагрузки предъявляют повышенное требование к функционированию ряда физиологических систем организма, в особенности ЦНС подростков и могут приводить к возникновению неблагоприятных изменений в их деятельности. Процесс сдачи экзаменов и зачетов создает стрессовую ситуацию с активацией всех адаптивных сил организма [9], что приводит к напряжению высшей нервной деятельности, эмоциональной сферы и становится промежуточным звеном в возникновении психосоматических заболеваний [12, 15].

На интеллектуально-стрессовую ситуацию в первую очередь реагирует ЦНС. В литературе имеются сведения о довольно высокой, достигающей в вузах 50%, частоте заболеваний ЦНС, выраженных неврозов, заболеваний с нервным компонентом в их генезе у студентов [3, 12]. При этом многие аспекты экзаменационного психоэмоционального напряжения изучены еще недостаточно. В связи с этим целесообразным является изучение динамики изменения спектральной плотности мощности (СПМ) основных ритмов ЭЭГ и интегративной организации коры головного мозга студентов в период экзаменационного психоэмоционального напряжения. В литературе нет единого мнения о состоянии ЭЭГ коррелятов при эмоциональном состоянии в подростковом возрасте. Ряд исследователей считает, что эмоции сопровождаются угнетением α -ритма и усилением быстрых колебаний [1, 19]. Согласно их мнению, понижение СПМ α -ритма свидетельствует о неспецифической церебральной активации в состоянии бодрствования и может быть обусловлено мобилизацией

и эмоциональной напряженностью ЦНС. Другие же авторы на фоне эмоциональных состояний отмечают повышение амплитуды α -ритма и увеличение α -индекса [7].

Студентам с высоким уровнем нейротизма и тревожности характерно увеличение выраженности Δ -ритма в ЭЭГ правой лобной, θ -ритма обеих лобных и правых центральной и теменной областей коры. У студентов с низкой степенью нейротизма не наблюдалось выраженного увеличения Δ - и θ -ритма в спектрах анализируемых областей коры [16]. Однако в изученной нами многочисленной литературе не встречались работы, касающиеся изучения динамики ЭЭГ коррелятов студентов в период сессионных экзаменов. Изучение динамики биоэлектрической активности коры при психоэмоциональном напряжении позволит вскрыть механизмы парной работы больших полушарий мозга в процессе адаптации организма к стрессу.

Материал и методы

В исследованиях принимали участие 58 студентов, обучающихся на 1-м и 2-м курсах биологического факультета ЕГУ. Для выявления влияния экзаменационного стресса на биоэлектрическую активность головного мозга студентов при помощи электроэнцефалографического комплекса фирмы “Альвар” производилась регистрация ЭЭГ. Сигналы усиливались с верхней частотой фильтров 30 Гц и постоянной времени 0.3с, а затем подавались на Pentium 4. Запись ЭЭГ осуществлялась на жесткий диск компьютера монополярно, с помощью хлор-серебряных электродов диаметром 7-8 мм, неподвижно закрепленных на специальном шлеме в соответствии с международной схемой 10/20 во фронтальных (F_3 , F_4), теменных (P_3 , P_4) и затылочных (O_1 , O_2) областях коры левого и правого полушарий. Частота дискретизации аналоговых сигналов при вводе в компьютер составляла 200 Гц по каждому из каналов. Математическая обработка осуществлялась по разработанному пакету программ, в основу которого положены общие принципы спектрального анализа и обработки ЭЭГ. Для каждого испытуемого методом быстрого преобразования Фурье вычислялась СПМ сигналов из вышеуказанных отведений. Спектрограммы усреднялись по пяти последовательным безартефактным 10-секундным реализациям каждой анализируемой выборки ЭЭГ в диапазонах Δ – 0.5-4.0 Гц; θ – 4.0-8.0 Гц; α – 8.0-13.0 Гц; β – 13.0-28.0 Гц.

Обследование студентов осуществлялось в 3 экспериментальных ситуациях: 1 – в обычный, относительно спокойный день учебного года; 2 – за 1-2 часа до каждого экзамена; 3 – в течение 1-2 часов после экзамена.

Полученные данные подвергнуты статистической обработке на компьютере Pentium 4 с учетом t критерия по Стьюденту.

Результаты и обсуждение

Анализ биоэлектрической активности мозга студентов показал доминирование в фоновом спектре ЭЭГ всех исследованных областей коры высокочастотных α - и β -волн над низкочастотными (Δ и θ), что было наиболее выражено в областях F_3 и F_4 . Об этом свидетельствовали и высокие коэффициенты активации коры (K_A в F_3 был равен 2.24 ± 0.10 , а в F_4 – 2.28 ± 0.22). Известно, что α -ритм является индикатором состояния пассивного бодрствования и обладает свойствами хаотического аттрактора [21]. Пик СПМ в фоне для Δ -ритма наблюдался в диапазоне частот 0.71–0.80 Гц; θ -волн – 4.44–5.03 Гц; α – 8.48–10.35 Гц; β – 15.60–16.73 Гц. Несколько повышенная выраженность θ -ритма в фоне у испытуемых в большинстве областей коры может трактоваться как эмоциональное напряжение, обусловленное каждодневной учебной нагрузкой [5, 8].

СПМ Δ -ритма в F_3 и F_4 до экзамена несколько понижалась. В постэкзаменационный период в F_3 СПМ Δ -ритма возрастала на 41.7% ($p < 0.001$), а в F_4 – на 35.3% ($p < 0.05$). Анализ показателей СПМ θ -ритма у студентов в предэкзаменационный период выявил их повышение: в F_3 на 13.7% ($p < 0.01$), F_4 – на 18.4% ($p < 0.001$), что сохранялось и после экзамена. Вспышки фронтального θ -ритма, согласно литературным данным, коррелируют с низкими показателями нейротизма, определяемыми по личностным тестам [14], и соответствуют состоянию эмоционального возбуждения [13, 20].

В областях F_3 и F_4 СПМ α -ритма достоверно возрастала до 13.2 ± 1.2 мкВ²/Гц ($p < 0.01$) и 16.4 ± 1.1 мкВ²/Гц ($p < 0.001$) – на 36.1% и 31.2% соответственно. После экзамена наблюдалось понижение СПМ α -ритма. В области F_3 изменения СПМ β -волн происходили на уровне тенденции. В правом же полушарии в F_4 СПМ β -волн повышалась на 19.8% ($p < 0.01$), возвращалась до фонового уровня после экзамена ($p < 0.05$). Согласно данным М.Н. Русаловой, для эмоциональных реакций, связанных с ожиданием или восприятием значимых событий (каковыми были экзамены для испытуемых), характерна интенсивная активация коры, которая в большинстве случаев выражается реакцией десинхронизации [11]. Активное настороженное бодрствование коррелирует часто с исчезновением α -ритма, являющегося показателем пассивного бодрствования, и появлением низковольтной частой активности [2]. Аналогичные сдвиги в уровне СПМ α -ритма в условиях лабораторного эксперимента на студентах наблюдались и Е.А. Умрюхиным и соавт. [16]. Тоническое повышение β -активности в фоне, до и после экзамена свидетельствует о динамическом повышении активности коры, начинающемся в процессе обучения и продолжающемся в ситуации экзаменационного психоэмоционального напряжения. Понижение мощности β -ритма в постэкзаменационный период представляет собой биологически оправданную реакцию, направленную

на понижение активности коры в связи с перенапряжением, возникшим вследствие воздействия стресса.

У студентов в предэкзаменационный период выраженные изменения как в диапазоне медленных, так и быстрых частот происходили в F_4 и отражались в повышении мощностей θ -, α - и β -волн. В левом же полушарии наблюдалось лишь достоверное повышение СПМ θ - и α -волн. Большое вовлечение в процессе активации правополушарных областей мозга объясняется, согласно Э.А. Костандову, функциональной дифференциацией полушарий [4]. Левое полушарие специализируется в аналитических процессах, а правое – вовлечено в обработку информации и реализацию эмоционально-стрессовых состояний. Наличие правополушарного фокуса активности подтверждается известным представлением о его участии в полушарной организации эмоциональных процессов [17]. Активация же обоих полушарий отражает эмоциональное напряжение неадаптированных испытуемых, связанное наряду с экзаменационным стрессом, неопределенностью их деятельности [18]. Наблюдаемое же в постэкзаменационный период соразмерное повышение мощностей Δ - и θ -ритмов свидетельствует о развитии утомления в связи с высоким уровнем напряжения и перенапряжения функционального состояния коры, обусловленного эмоциональным стрессом. Повышение мощности Δ -волн направлено на коррекцию необходимого уровня активности коры.

Анализ СПМ Δ -, θ -, α - и β -ритмов в областях P_3 и P_4 показал, что в предэкзаменационный период в P_3 происходит повышение мощности α - и β -ритмов соответственно на 13.3% ($p < 0.05$) и 19.5% ($p < 0.01$). Мощность Δ - и θ -волн в P_3 достоверно понижалась. После экзамена наблюдалась тенденция к возврату мощностей Δ -, α - и β -ритмов до фонового уровня. В области P_4 в предэкзаменационный период наблюдалось повышение СПМ θ -, α - и β -ритмов на 13.2% ($p < 0.02$), 30.0% ($p < 0.001$) и 16.1% ($p < 0.001$). Соразмерное повышение спектральной мощности высокочастотных α - и β -волн, сопровождавшееся экзальтацией θ -ритма, наблюдаемое в предэкзаменационный период во F_4 и P_4 , свидетельствует не только о рабочем напряжении и готовности к выполнению деятельности, но и адекватном эмоциональном напряжении [6, 14]. В постэкзаменационной ситуации наблюдалась десинхронизация коры в области P_4 , повышение СПМ Δ - и θ -ритмов на 27.7% ($p < 0.02$) и 37.9% ($p < 0.001$).

Таким образом, активация P_3 в предэкзаменационный период обеспечивалась повышением СПМ волн α - и β -диапазонов. В постэкзаменационный период наблюдалось понижение СПМ θ -, α - и β -волн. В P_4 вначале происходило повышение мощностей θ -, α - и β -ритмов и понижение энергии Δ -волн, сменяющееся снижением СПМ α - и β -колебаний и повышением мощностей волн низких частот, что является электрографическим выражением эмоционального напряжения и развития охранительного торможения. Изменения, наблюдаемые в условиях экзамена-

ционного стресса в левом полушарии, обусловлены связью с ретикулярной формацией, а в правом – лимбическими структурами мозга [10].

СПМ θ -, α - и β -ритмов в предэкзаменационной ситуации в O_1 возрастала соответственно на 8.4% ($p < 0.05$), 27.3% ($p < 0.001$) и 10.1% ($p < 0.01$). СПМ Δ -ритма понижалась до 0.97 ± 0.02 мкВ²/Гц ($p < 0.05$). В постэкзаменационный период наблюдалась десинхронизация коры за счет понижения СПМ α - и β -волн до фонового уровня. Мощность же низкочастотных компонентов повышалась. Аналогичным образом изменялись и показатели СПМ Δ -, θ -, α - и β -волн в O_2 : мощность θ -ритма повышалась на 23.2% ($p < 0.05$), α – 48.6% ($p < 0.001$), β – 31,1% ($p < 0.001$). В постэкзаменационной ситуации наблюдалось понижение СПМ волн α - и β -диапазонов.

Таким образом, в областях O_1 и O_2 происходили однотипные изменения, выражающиеся в повышении до экзаменов СПМ θ -, α - и β -волн и понижении – Δ -ритма. В условиях постэкзаменационного напряжения происходило понижение мощности высокочастотных волн (α и β) и повышение энергии низкочастотных колебаний (Δ и θ). Наблюдаемое у студентов повышение доли Δ -волн объясняется его восстановительной функцией, направленной на коррекцию необходимого уровня активности коры, которое происходит как за счет повышения вольтажа волн высоких частот, так и восстановления Δ -ритма, что обусловлено охранительным торможением в связи с развивающимся в результате эмоционального напряжения утомлением.

Спектральный анализ динамики изменения электрической активности коры в ситуации предэкзаменационного психоэмоционального напряжения выявил повышение коэффициента активации коры по всем исследованным областям, наиболее выраженное во фронтальных областях обоих полушарий и теменной области правого полушария.

Пик СПМ для Δ -ритма в предэкзаменационный период наблюдался при частоте 0.88-1.03 Гц; θ -ритма – 4.80-5.14 Гц; α – 9.79-10.34 Гц; β – 16.07-17.10 Гц, что свидетельствует об активации коры и СПМ исследованных волн за счет как высоко- (α и β), так и низкочастотных ритмов (Δ и θ). В постэкзаменационный период наблюдалась тенденция к снижению средней частоты волн под пиком СПМ, что является свидетельством понижения активности коры после снятия стрессового фактора. Таким образом, в первой фазе стресса (перевозбуждение предэкзаменационного периода) в ЭЭГ усиливаются частые ритмы (α , β), во второй фазе (запредельное торможение постэкзаменационного периода) – полиморфные высокоамплитудные медленные волны (θ и Δ). Эти сдвиги в сторону замедления доминирующего ритма, появляющегося на фоне частых ритмов, характерны для развивающегося утомления и их можно трактовать как результат чрезмерного повышения общего активирующего

потока, приводящего к снижению функционального состояния нервных центров.

Спектральный анализ корковой интегративной структуры левого полушария студентов по θ -ритму в фоне показал фронтальную локализацию фокуса максимальной активности (ФМА) ($p < 0.001$). В предэкзаменационный период наблюдалось сопряженное фронтально-затылочное обеспечение активности θ -ритма, усиливающееся в постэкзаменационный период ($p < 0.001$) (рис.1). В правом полушарии ФМА θ -ритма стабильно был локализован во фронтальной области, однако сопряженно с ней активизировалась и затылочная область правого полушария.

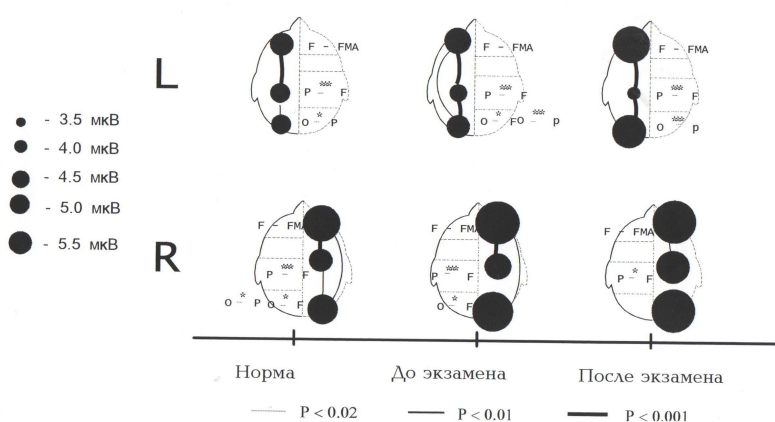


Рис. 1. Локализация ФМА θ -ритма в исследуемых областях левого (L) и правого (R) полушарий у испытуемых студентов в норме, до и после экзамена

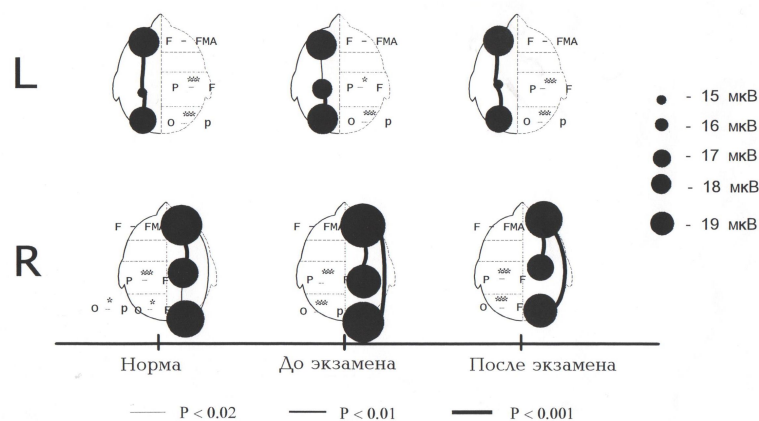


Рис. 2. Локализация ФМА β -ритма в исследуемых областях левого (L) и правого (R) полушарий у студентов в норме, до и после экзамена

Системный анализ левого полушария студентов выявил стойкую фронто-затылочную локализацию активности β -ритма во всех трех экспериментальных ситуациях с ФМА во фронтальной области коры (рис.2). Системный анализ правого полушария по β -ритму у тех же испытуемых выявил стойкую локализацию ФМА во фронтальной области коры с вовлечением в процесс активации и затылочной области. Следовательно, у студентов для β - и θ -ритмов ведущей во всех экспериментальных ситуациях являлась фронтальная область коры с выраженным доминированием правого полушария.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Системный анализ левого полушария студентов выявил стойкую фронто-затылочную локализацию активности β -ритма во всех трех экспериментальных ситуациях с ФМА во фронтальной области коры.

2. Системный анализ правого полушария по β -ритму выявил стойкую локализацию ФМА во фронтальной области коры с вовлечением в процесс активации и затылочной области.

3. Для θ - и β -ритмов ведущей во всех экспериментальных ситуациях являлась фронтальная область коры с выраженным доминированием правого полушария.

4. Выявлена тесная связь между психологическими параметрами личности и физиологическими, особенно ЭЭГ сдвигами, наблюдаемыми у студентов в условиях умственно-эмоционального напряжения экзаменационного периода. В связи с этим необходимо совершенствование профилактических мероприятий, направленных на укрепление функционального состояния организма в стрессовых ситуациях.

Поступила 02.07.13

Ուսանողների գլխուղեղի կեղևի էլեկտրական ակտիվությունը քննական սթրեսի պայմաններում

Ս.Ս. Մինասյան, Է.Ս. Գևորգյան

Ուսումնասիրվել են ուսանողների գլխուղեղի կեղևի կենսա-էլեկտրական ակտիվության փոփոխությունները քննական սթրեսի պայմաններում: Նախաքննական շրջանի առաջին փուլում հետազոտվողների ԷԷԳ-ում ուժեղանում են հաճախ ռիթմերը (α , β), երկրորդ փուլում (հետքննական շրջանի վերջեմքային արգելակում)՝ պոլիմորֆ, բարձր տատանասահմանով դանդաղ ալիքները (θ և Δ): Բոլոր փորձարարական իրավիճակներում β և θ ռիթմերի համար առաջատար դեր ունի կեղևի ճակատային շրջանը՝ աջ կիսագնդի արտահայտված

գերակշռմամբ: Հաճախ ռիթմերի ֆոնի վրա ի հայտ եկող դոմինանտ ռիթմի դանդաղեցման ուղղությամբ դիտվող փոփոխությունները բնորոշ են ձևավորվող հոգնածությանը և, որպես արդյունք, նյարդային կենտրոնների գործառական վիճակի նվազմանը հանգեցնող ընդհանուր ակտիվացնող հոսքի չափազանց բարձրացմանը:

The electrical activity of students' cerebral cortex in conditions of examination stress

S.M. Minasyan, E.S. Gevorgyan

The changes of students' cerebral cortex bioelectric activity were investigated in conditions of examination stress. In the first phase of the pre-examination period it was observed an enhance of EEG frequent rhythms (α , β). In the second phase (limiting inhibition of post-examination period) the polymorphic high-amplitude slow waves (θ and Δ) frequency increase was registered. In all experimental conditions the frontal region of the cortex with a strong dominance of the right hemisphere was a leader for β and θ rhythms. The observed shifts towards slowing of dominant rhythm, which is appearing on the background of frequent rhythms, typical of developing fatigue and can be the result of excessive increase of general activating flow, leading to a decrease of the nerve centers functional state.

Литература

1. Березин Ф.Б. Психическая и психофизиологическая адаптация человека. Л., 1988.
2. Данилова Н.Н., Астафьев С.Г. Изменение variability сердечного ритма при информационных нагрузках. Ж. ВНД, 1999, т.49, вып.1, с. 28-35.
3. Копина О.С., Сулова Е.А., Зайкин Е.В. Популяционное исследование психосоциального стресса как фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний. Кардиология, 1996, т.36, 3, с. 53-56.
4. Костандов Э.А. Роль когнитивных факторов экзаменационной асимметрии полушарий головного мозга человека. Ж. ВНД, 1990, т.40, 4, с. 611-619.
5. Кудрякова Т.А. Динамика электроэнцефалографических показателей детей 6-летнего возраста под влиянием школьного обучения. Физиол. чел., 1991, 1, с. 172-175.
6. Лейтес Н.С., Голубева Э.А., Кадыров Б.Р. Динамическая сторона психической активности и активированность мозга. В кн.: Психофизиологические исследования интеллектуальной саморегуляции и активности. М., 1980, с. 114-124.
7. Лукьянов Н.Ф., Малкин В.Б. Комплексная электрофизиологическая и индивидуально-психологическая (личностная) оценка способностей к летному обучению. Методика и аппаратура для исследований электрофизиологических характеристик человека-оператора. М., 1977, с. 50-57.
8. Макаров Л.М., Белоконов Н.А., Белозеров Ю.М. и др. Характеристика суточной ЭЭГ и регуляции сердечного ритма у подростков. Кардиология, 1990, т.30, 2, с. 37-42.

9. *Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г.* Адаптация к стрессорным и физическим нагрузкам. М., 1988.
10. *Разумникова О.М.* Особенности пространственной организации ЭЭГ в зависимости от характеристик темперамента. Физиол. чел., 2001, т.27, 4, с. 31-41.
11. *Русалова М.Н.* Влияние информационного и эмоционального компонентов активации на ЭЭГ. Физиол. чел., 1980, т.6, 3, с. 410-419.
12. *Сидоров П.И., Соловьев А.Г., Новикова И.А.* Психосоциальная дезадаптация студентов, имеющих хроническую соматическую патологию. Гиг. и сан., 2001, 4, с. 46-49.
13. *Соколова Л.В.* Специфика спектральных характеристик ЭЭГ детей с трудностями при обучении чтению. Физиол. чел., 1991, 17, 5, с. 125-129.
14. *Судаков К.В., Коплик Е.В., Салиева Р.М., Каменев З.А.* Прогностические критерии устойчивости к эмоциональному стрессу. В кн.: Эмоциональный стресс. Физиологические и микросоциальные аспекты. Харьков, 1990.
15. *Таланина Л.Х., Яковенко В.И., Айрапетова Л.Г. и др.* Изменения сердечной деятельности и некоторых психофизиологических показателей у студентов в ситуации экзамена. Мед. журн. Узбекистана, 1986, 1, с. 3-5.
16. *Умрюхин Е.А., Джебраилова Т.Д., Коробейникова И.И. и др.* Энергообмен и спектральные характеристики ЭЭГ у студентов с разной степенью нейротизма и тревожности в ситуации экзаменационного стресса. Физиол. чел., 2002, т.28, 2, с. 49-54.
17. *De Paskalis V.* Hemispheric asymmetry, personality and temperament. Personality and individual differences, 1993, v.14: 825.
18. *Klimesch N., Schimke H., Ladurner G., Furscheller C.* Alpha frequency and memory performance. J. Psychophysiol., 1990, 414: 381-387.
19. *Lindsley D.* Physiological correlates of emotion. 1970, p.147.
20. *Nakagawa Y.* Continuous observations of daytime EEG patterns in normal subjects under restrained conditions while sitting in armchair or on stool, pt.2. Awake state. Jap. J. Psychiat. and Neurol., 1988, 42 (2): 246-264.
21. *Shevelev J.A.* Brain tuning by the EEG alpha-wave and visual recognition. International J. Psychophysiology, 1991, 11(1): 76-83.