

УДК [004.042]

АНАЛИЗ СОНЛИВОСТИ МУЖЧИН ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАТОЛОГИЯХ



А.В. Сидоренко

профессор
факультета радиофизики и
компьютерных технологий
Белорусского государственного
университета, доктор технических
наук



Н. А. Солодухо

старший преподаватель факультета
радиофизики и компьютерных
технологий Белорусского
государственного университета,
магистр физико-математических наук

Белорусский государственный университет, Республика Беларусь

E-mail: sidorenkoa@yandex.by /

А. В. Сидоренко

Окончила Белорусский государственный университет. Работает в должности профессора факультета радиофизики и компьютерных технологий БГУ, д. т. н. Специалист в области обработки и анализа биомедицинских сигналов, нелинейных методов анализа, включая методы детерминированного хаоса в области защиты информации в роботизированных системах

Н. А. Солодухо

Окончил Белорусский государственный университет, магистратуру и аспирантуру. Работает в должности старшего преподавателя факультета радиофизики и компьютерных технологий БГУ. Проводит научные исследования в области работы головного мозга, обработки биоэлектрических сигналов, шумового излучения

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования электроэнцефалограмм при различных паттернах ЭЭГ, представляющие собой патологии: дистония, рассеянный склероз, пароксизмальное состояние неуточненного генеза. Электроэнцефалограммы анализировались в стандартных отведениях. Проанализированы количественные параметры сонливости мужчин, выраженные спектральной плотностью мощности ритмических компонент мозга, выборочной и аппроксимационной энтропий. Показано, что в каждом из рассмотренных паттернов наблюдается сонливость.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, паттерны ЭЭГ, человек, сонливость, дистония, рассеянный склероз.

Введение.

Для нормального функционирования человека и выполнения им соответствующих ответственных обязанностей в течение рабочего дня необходимо бодрое и работоспособное состояние. При этом целесообразно контролировать наличие сонливости (депривации сна), в том числе, и при наличии различных патологий, связанных с работой центральной нервной системы (ЦНС), чтобы своевременно принимать меры по смене деятельности или введению элементов отдыха.

В связи с этим, целью работы стала оценка сонливости, особенно у мужчин, при изучении паттернов электроэнцефалограмм, свойственных таким патологиям, как: дистония, рассеянный склероз, пароксизмальное состояние неуточненного генеза. В качестве параметров, используемых для оценки сонливости на основе анализа паттернов электроэнцефалограмм, использовались информационные параметры: спектральная

плотность мощности различных ритмических компонент мозга, выборочная и аппроксимационная энтропии.

Методика проведения исследований.

Регистрация электроэнцефалограмм осуществлялась по схеме “10/20” с использованием электроэнцефалографа “Нейрокартограф” фирмы МБН. Погрешность измерения электроэнцефалографа составляет 5% [1]. Обработка и анализ электроэнцефалограмм проводились в разработанной нами информационно-измерительной системе, адаптированной для работы с электроэнцефалограммами [2]. Электроэнцефалограммы мужчин обрабатывались в режима: состояние 1 – дистония, состояние 2 - рассеянный склероз, состояние 3 – пароксизмальное состояние неуточненного генеза.

Результаты.

Спектральная плотность мощности тета-ритма, усредненная по всем отведениям, в состоянии 1 возросла в 2,3 раза от фонового значения; в состоянии 2 - увеличилась на 27,4% от фона; в состоянии 3 - возросла на 15,9% от фонового значения (рисунок 1).

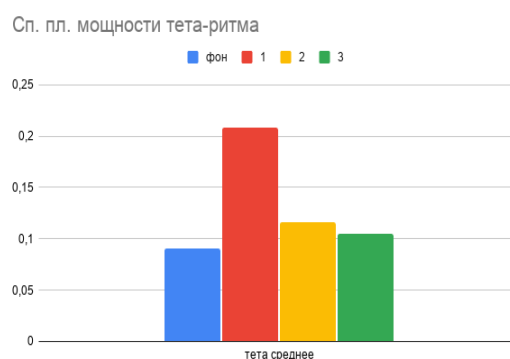


Рисунок 1. Изменения спектральной плотности мощности тета-ритма при различных паттернах, усредненная по всем отведениям

Возрастание спектральной плотности мощности тета-ритма, усредненной по всем отведениям, может являться следствием умственной усталости или сонливости (депривации сна), если провести сравнительный анализ с результатами, полученными нами и приведенными на рисунке 2 и данными из работы [3]. Т.е. можно сделать предварительное заключение (т.е. заключение основанное только на рисунках 1 и 2), что человек в состояниях 1, 2 и 3 испытывает сонливость.



Рисунок 2. Гистограммы распределения спектральной плотности мощности тета-ритма, усредненная по всем отведениям, в состоянии умственной усталости и депривации сна [3]

Изменения спектральной плотности мощности дельта-, тета-, альфа-, бета- ритмов отведениях электроэнцефалограмм Fp1, Fp2, T3, T4, полученные нами при обработке различных паттернах электроэнцефалограмм представлены на рисунке 3.

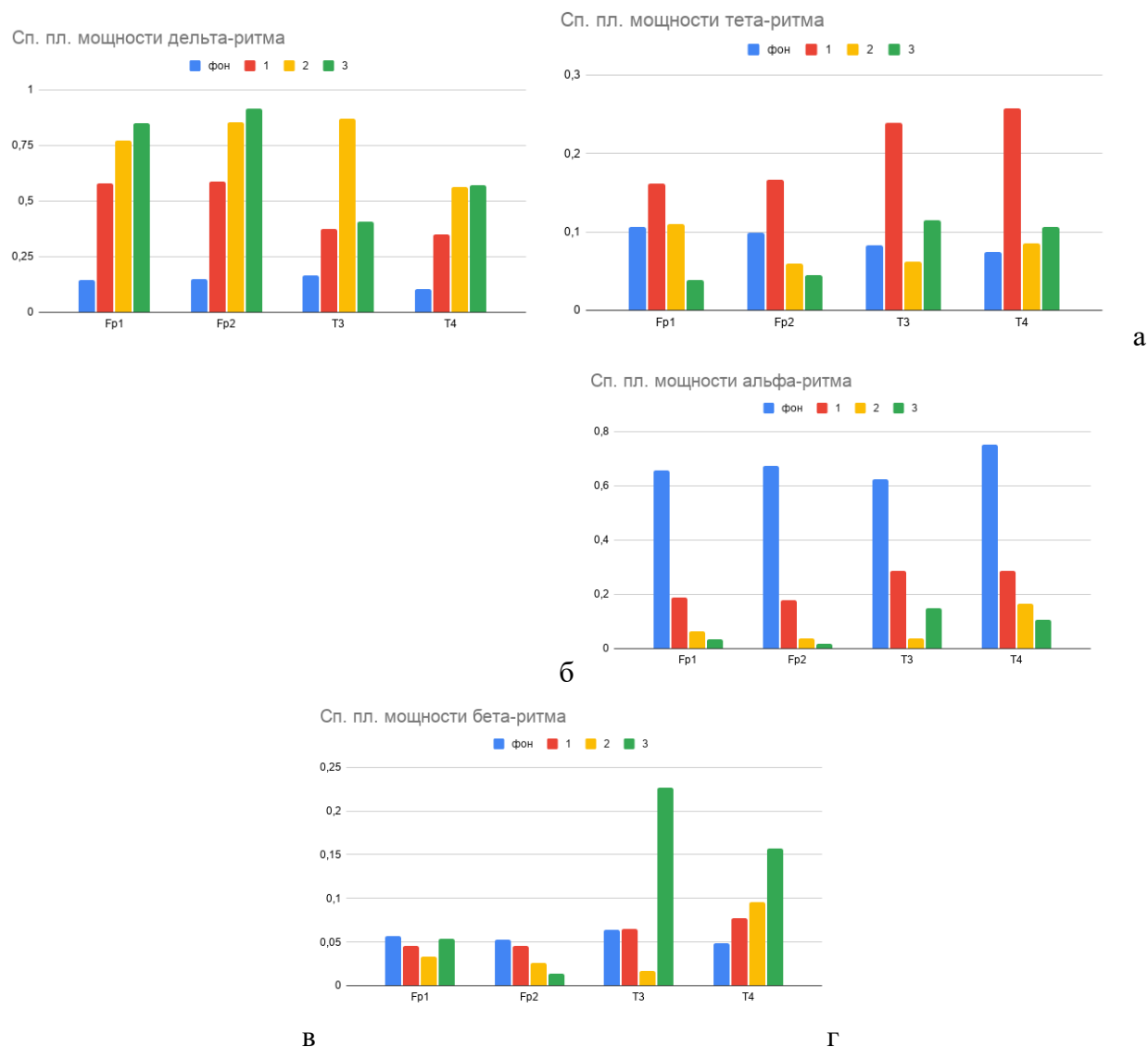


Рисунок 3. Гистограммы распределения спектральной плотности мощности дельта-, тета-, альфа-, бета- ритмов в отведениях электроэнцефалограмм Fp1, Fp2, T3, T4 при различных состояниях: фон, 1- фон, 2 – дистония, 3 – рассеянный склероз, 4 – пароксизмальное состояние неуточненного генеза

Спектральная плотность мощности дельта-ритма в состоянии 1 увеличивается во всех анализируемых четырех отведениях; в состоянии сонливости - также возрастает согласно литературным источникам (рисунки 3а и 4а). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3а и 4а), что человек в состоянии 1 испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности тета-ритма в состоянии 1 увеличивается в четырех анализируемых отведениях, а при сонливости - уменьшается во всех четырех отведениях (рисунки 3б и 4б). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3б и 4б), что человек в состоянии 1 по анализируемому тета-ритму не испытывает сонливость.

Спектральная плотность мощности альфа-ритма при анализе падает во всех четырех анализируемых отведениях в состоянии 1, а в состоянии сонливости - также уменьшается

в отведении Т3 (рисунки 3в и 4в). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3в и 4в), что человек в состоянии 1 испытывает сонливость.

Спектральная плотность мощности бета-ритма в состоянии 1 уменьшается в одном отведении (Т4), а в одном - изменения не превысили погрешность (Т3); а в состоянии сонливости - уменьшается в отведениях Т3 и Т4 (рисунки 3г и 4г). Это позволяет сделать предварительный вывод (т.е. вывод, основанный только на данных рисунков 3г и 4г), что в состоянии 1 человек сонливость испытывает, что соответствует источнику [4].

Спектральная плотность мощности дельта-ритма в состоянии 2 увеличивается во всех анализируемых 4 отведениях; а в состоянии сонливости - также возрастает (рисунки 3а и 4а). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3а и 4а), что человек в состоянии 2 испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности тета-ритма в состоянии 2 уменьшается в двух анализируемых отведениях (Fp2, Т3), растет в одном отведении (Т4), а в одном - изменения не превышают погрешность (Fp1); а в состоянии сонливости - уменьшается во всех четырех отведениях (рисунки 3б и 4б). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3б и 4б), что человек в состоянии 2 испытывает сонливость.

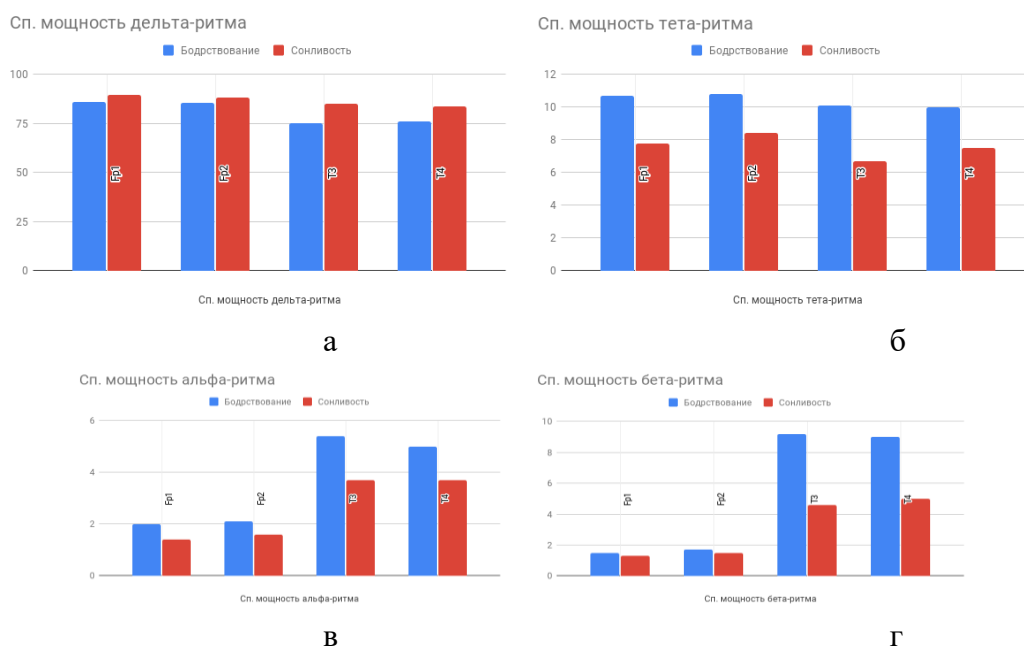


Рисунок 4. Гистограммы распределения спектральной мощности в электроэнцефалограммах человека в состоянии сонливости. Статистически значимые изменения спектральной мощности наблюдались во всех отведениях дельта- и тета-ритмов, в отведении Т3 у альфа-ритма, в отведениях Т3 и Т4 у бета-ритма [4]

Спектральная плотность мощности альфа-ритма падает во всех 4 анализируемых отведениях в состоянии 2, а в состоянии сонливости - также уменьшается в отведении Т3 (рисунки 3в и 4в). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3в и 4в), что человек в состоянии 2 испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности бета-ритма в состоянии 2 возрастает в одном отведении (Т4), уменьшается в трех отведениях (Fp1, Fp2, Т3); а в состоянии сонливости - уменьшается в отведениях Т3 и Т4 (рисунки 3г и 4г). Это свидетельствует о том, что в состоянии 2 нельзя определить, испытывает ли человек сонливость или нет (рисунки 3г и 4г, Список использованных источников [4]).

Спектральная плотность мощности дельта-ритма в состоянии 3 увеличивается во всех анализируемых 4 отведениях; а в состоянии сонливости - также возрастает (рисунки 3а и 4а). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3а и 4а), что человек в состоянии 3 испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности тета-ритма в состоянии 3 увеличивается в двух анализируемых отведениях (Т3, Т4), а падает - в двух других анализируемых отведениях (Fp1, Fp2); а в состоянии сонливости - уменьшается во всех четырех отведениях (рисунки 3б и 4б). Это не позволяет сделать однозначное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3б и 4б), о том, что человек в состоянии 3 испытывает или не испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности альфа-ритма падает во всех 4 анализируемых отведениях в состоянии 3; а в состоянии сонливости - также уменьшается (рисунки 3в и 4в). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3в и 4в), что человек в состоянии 3 испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности бета-ритма в состоянии 3 в двух отведениях возрастает в двух отведениях (Т3, Т4) и уменьшается в двух других отведениях (Fp1, Fp2); а в состоянии сонливости - уменьшается в отведениях Т3 и Т4 (рисунки 3г и 4г). Это позволяет сделать предварительный вывод (т.е. вывод, основанный только на данных рисунков 3г и 4г) о том, что в состоянии 3 человек сонливости не испытывает [4].

Изменения спектральной плотности мощности в отведениях F3, Fz, F4 при различных паттернах ЭЭГ представлены на рисунке 5. Изменения спектральной плотности мощности в отведениях F3, Fz, F4 в состоянии сонливости (депривации сна) представлены на рисунке 6.

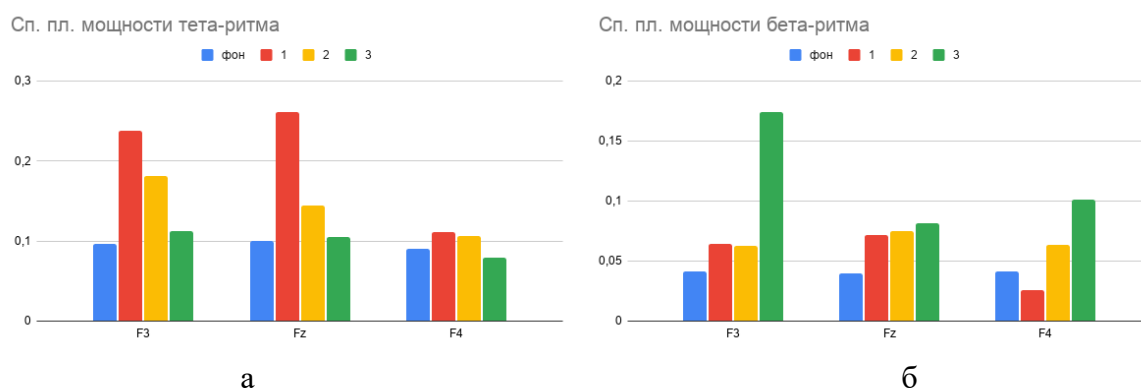


Рисунок 5. Спектральная плотность мощности тета-ритма (а) и бета-ритма (б) в отведениях F3, Fz, F4 при различных паттернах электроэнцефалограмм

В состоянии 1 наблюдается возрастание спектральной плотности мощности тета-ритма в отведениях F3, Fz, F4; а бета-ритма - в отведениях F3, Fz. В состоянии сна спектральные плотности мощности тета- и бета-ритмов возрастают в отведениях F3, Fz, F4 (рисунки 5 и 6). Это позволяет сделать предварительный вывод (т.е. вывод, основанный только на данных [5] и рисунках 5 и 6) что человек в состоянии 1 испытывает сонливость.

В состоянии 2 наблюдается возрастание спектральной плотности мощности тета-ритма и бета-ритма в отведениях F3, Fz, F4. В состоянии депривации сна спектральные плотности мощности тета и бета-ритмов растут в отведениях F3, Fz, F4 (рисунки 5 и 6). Это позволяет сделать предварительный вывод (т.е. вывод, основанный только на данных [5] и рисунках 5 и 6) что человек в состоянии 2 испытывает сонливость.

В состоянии 3 наблюдается возрастание спектральной плотности мощности тета-ритма в отведениях F3, Fz и падение - в отведении F4; а бета-ритма - рост в отведениях F3, Fz, F4. В состоянии депривации сна сп. пл. мощности тета и бета-ритмов растет в отведениях F3, Fz, F4 (рисунки 5 и 6). Это позволяет сделать предварительный вывод (т.е.

Вывод, основанный только на данных [5] и рисунках 5 и 6) что человек в состоянии 3 испытывает сонливость.

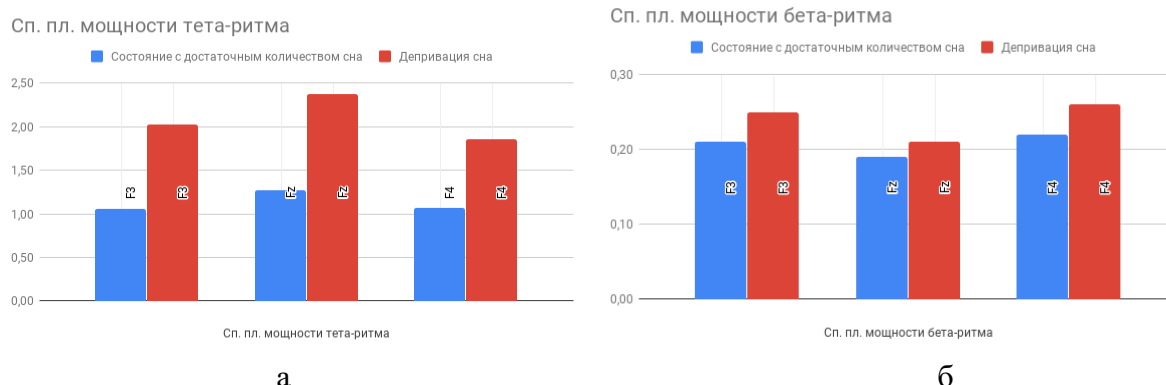


Рисунок 6. Спектральная плотность мощности тета-ритма (а) и бета-ритма (б) в отведениях F3, Fz, F4 в состоянии депривации сна [5].

Изменение спектральной плотности мощности дельта-, тета-, альфа-, бета-, гамма-ритмов при различных паттернах ЭЭГ в отведении С4 представлены на рисунке 7.

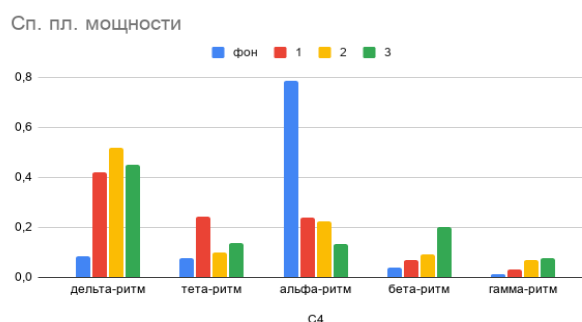


Рисунок 7. Спектральные плотности мощности в отведении С4 при различных паттернах ЭЭГ

Изменение спектральной плотности мощности дельта-, тета-, альфа-, бета-, гамма-ритмов при различных паттернах ЭЭГ в отведении Р3 представлены на рисунке 8.

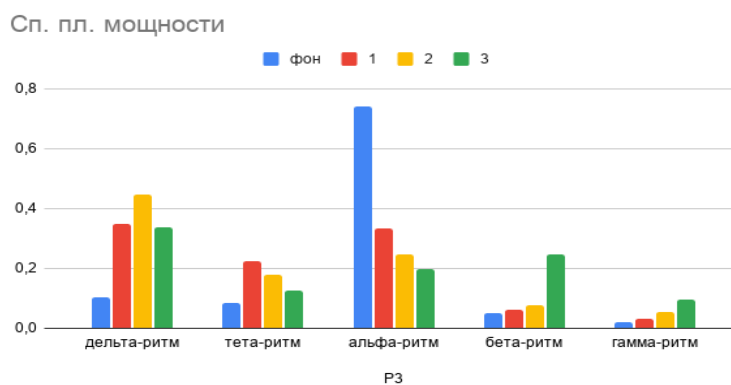


Рисунок 8. Спектральная плотность мощности в отведении Р3 при различных паттернах ЭЭГ

В состоянии сонливости (рисунок 9) дельта-ритм растет в отведениях С4 и Р3, тета-ритм падает, альфа-ритм падает, бета-ритм падает, гамма-ритм растет в этих же отведениях[6].

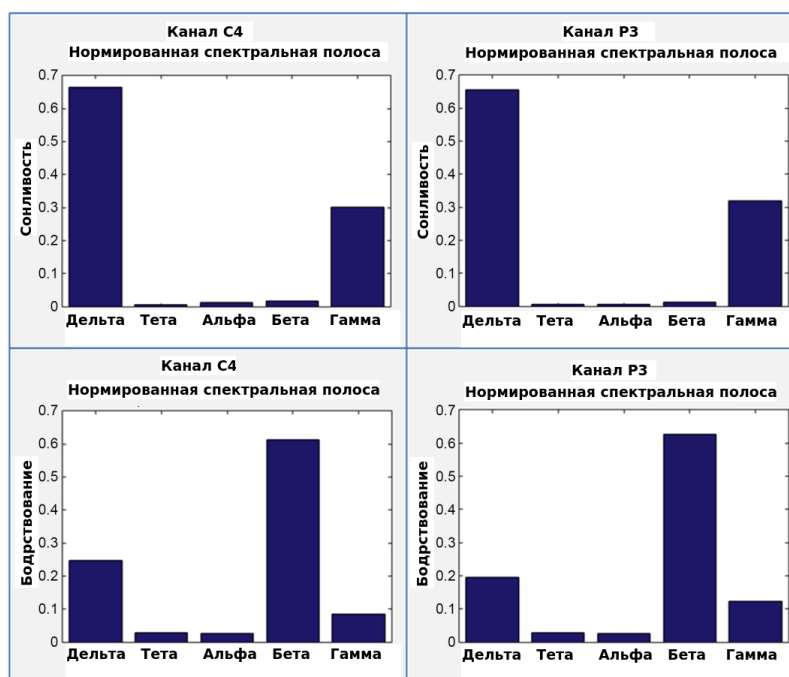


Рисунок 9. Спектральные ритмы в состоянии сонливости [6]

В состояниях 1, 2, 3 дельта-ритм растет в двух отведениях С4 и Р3 (тенденция совпадает с сонливостью), тета-ритм растет (тенденция противоположна сонливости), альфа-ритм падает (тенденция совпадает с сонливостью), бета-ритм растет (тенденция противоположна сонливости), гамма-ритм растет (тенденция совпадает с сонливостью). Данные результаты позволяют сделать предварительное заключение, что в состояниях 1, 2 и 3 человек сонливость испытывает.

В состоянии сонливости (если руководствоваться рисунком 10 и данными из работы [7]) возрастание значения выборочной энтропии наблюдается только в отведениях Fp1 и Cz, в остальных отведениях (Fp2, F3, F4, Fz, C4, C3, P4) выборочная энтропия убывает.

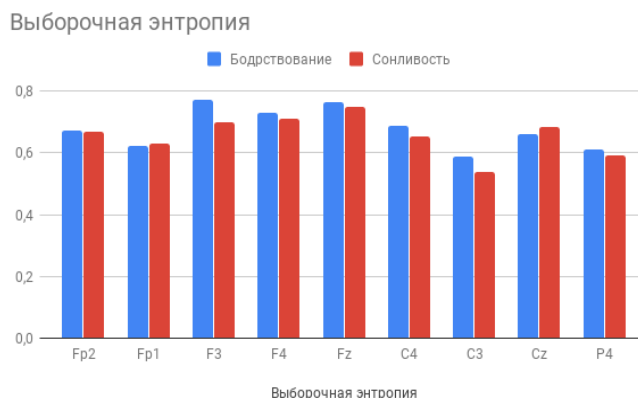


Рисунок 10. Гистограммы распределения выборочной энтропии в состоянии сонливости, определяемой в работе [7]

Изменение выборочной энтропии для отведений, представленных на рисунке 10, при различных паттернах ЭЭГ, отображено на рисунке 11.

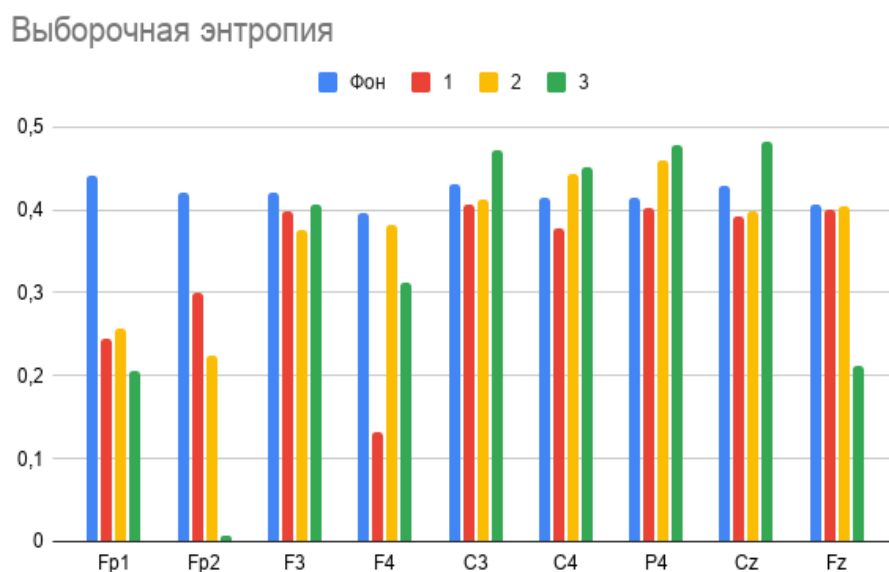


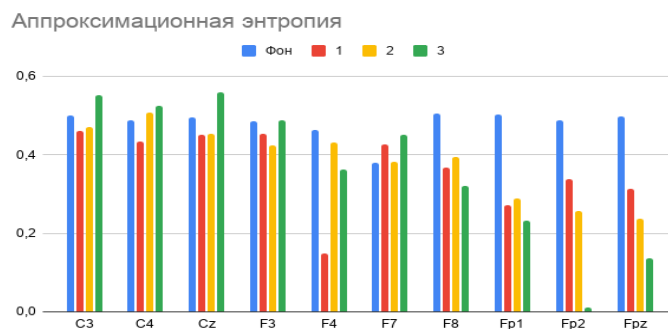
Рисунок 11. Гистограммы распределения выборочной энтропии при различных паттернах в отведениях Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P4, Cz, Fz

В состоянии 1 тенденция изменения следующих отведений совпадает с тенденцией в состоянии сонливости: Fp2, F3, F4, C3, C4; тенденция изменения следующих отведений противоположна тенденции в состоянии сонливости: Fp1, Cz; изменения следующих отведений не превысило погрешность: P4, O1, O2, Fz. Данные закономерности позволяют сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 10 и 11), что человек в состоянии 1 испытывает сонливость.

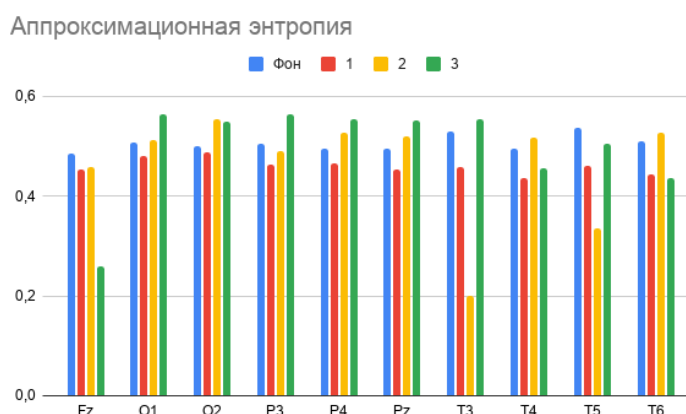
В состоянии 2 тенденция изменения следующих отведений совпадает с тенденцией в состоянии сонливости: Fp2, F3; тенденция изменения следующих отведений противоположна тенденции в состоянии сонливости: Fp1, C4, P4, O2, Cz; изменения следующих отведений не превысило погрешность: F4, C3, O1, Fz. Данные закономерности позволяют сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 10 и 11), что человек в состоянии 2 не испытывает сонливость.

В состоянии 3 тенденция изменения следующих отведений совпадает с тенденцией в состоянии сонливости: Fp2, F4, Cz, Fz; тенденция изменения следующих отведений противоположна тенденции в состоянии сонливости: Fp1, C3, C4, P4, O1, O2; изменения следующих отведений не превысило погрешность: F3. Данные закономерности позволяют сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 10 и 11), что человек в состоянии 3 не испытывает сонливость.

Изменение аппроксимационной энтропии при различных паттернах ЭЭГ представлено на рисунке 12.



а



б

Рисунок 12. Гистограммы изменения аппроксимационной энтропии во всех измеренных отведениях при различных паттернах ЭЭГ

В состоянии сонливости аппроксимационная энтропия уменьшается в отведениях Fp2, Fp1, F4, Fz, C4, C3, Cz, P4; а в отведении F3 она возрастает (рисунок 13).

В состоянии 1 аппроксимационная энтропия уменьшилась в отведениях C3, C4, Cz, F3, F4, Fp1, Fp2. Это позволяет сделать предварительное (т.е. только на основании рисунков 12 и 13 и данных из [7]) заключение о наличии сонливости у человека в состоянии 1 (тенденция изменения аппроксимационной энтропии в 1 отведении F3 противоположна сонливости, а в восьми C3, C4, Cz, F4, Fp1, Fp2 совпадает).

В состоянии 2 аппроксимационная энтропия уменьшилась в отведениях F3, C3, Cz, F4, Fp1, Fp2, Fz а в отведении P4 она возрастает. Это позволяет сделать предварительное (т.е. только на основании рисунков 12 и 13 и данных из [7]) заключение, что у человека в состоянии 2 наблюдается сонливость (тенденция изменения аппроксимационной энтропии в 2 отведениях F3, P4 противоположны сонливости, а в шести C3, Cz, F4, Fp1, Fp2, Fz совпадают).

В состоянии 3 аппроксимационная энтропия увеличивается в отведениях C3, C4, Cz, P4; а падает в отведениях F4, Fp1, Fp2, Fz. Это не позволяет сделать предварительное (т.е. только на основании рисунков 12 и 13 и данных из [7]) заключение, наблюдается ли у человека в состоянии 3 сонливость или нет (тенденция изменения аппроксимационной энтропии в 4 отведениях C3, C4, Cz, P4 противоположны сонливости, а в четырех F4, Fp1, Fp2, Fz совпадают).

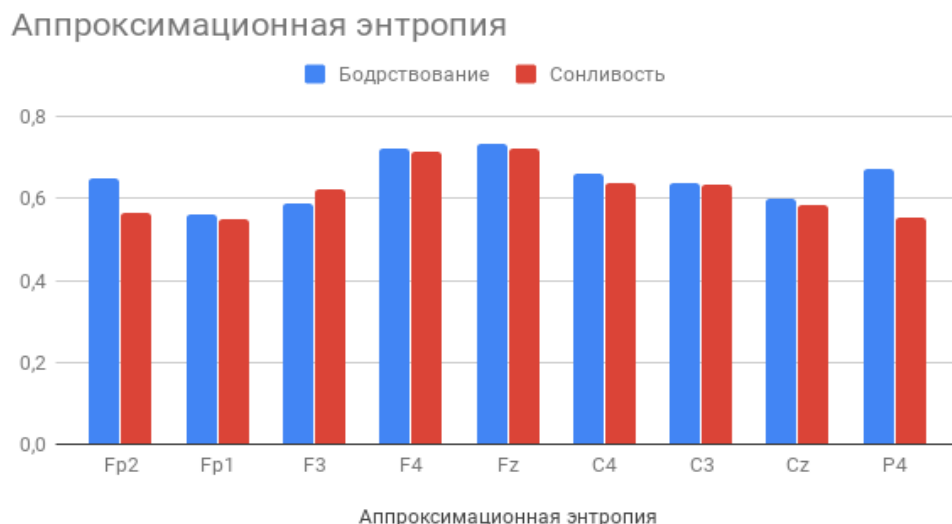


Рисунок 13. Изменение аппроксимационной энтропии в состоянии сонливости, определяемой в работе [7]

Заключение.

Дистония. Изменение спектральной плотности мощности тета-ритма по всей поверхности головы (рисунки 1 и 2), как показывают наши результаты, свидетельствует о наличии сонливости. Изменение дельта-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3а и 4а) также подтверждает наличие сонливости. Изменение тета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3б и 4б) говорит о наличии сонливости. Изменение альфа-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3в и 4в) говорит о наличии сонливости. Изменение бета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3г и 4г) подтверждает о наличие сонливости. Изменение еще двух параметров - спектральной плотности мощности бета-ритма и тета ритма - говорит о наличии сонливости (рисунки 5 и 6). Изменение спектральной плотности мощности в отведениях C4 и P3 говорит о наличии сонливости (рисунки 7-9). Изменение выборочной энтропии в отведениях Fp2, Fp1, F3, F4, Fz, C4, C3, P4 говорит о наличии сонливости (рисунки 10 и 11). Изменение аппроксимационной энтропии (рисунки 12 и 13) говорит о наличии сонливости.

Резюмируя, можно сказать, что все вышеуказанные параметры говорят о наличии сонливости.

Рассеянный склероз. Изменение спектральной плотности мощности тета-ритма по всей поверхности головы при наличии рассеянного склероза (рисунки 1 и 2) говорит о наличии сонливости. Изменение дельта-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3а и 4а) говорит о наличии сонливости. Изменение тета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3б и 4б) свидетельствует о наличии сонливости. Изменение альфа-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3в и 4в) говорит о наличии сонливости. Изменение бета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3г и 4г) не позволяет говорить о наличии или отсутствии сонливости. Изменение еще двух параметров - спектральной плотности мощности бета-ритма и тета ритма – свидетельствует о наличии сонливости (рисунки 5 и 6). Изменение спектральной плотности мощности в отведениях C4 и P3 говорит о наличии сонливости (рисунки 7-9). Изменение выборочной энтропии в отведениях Fp2, Fp1, F3, F4, Fz, C4, C3, P4 говорит об отсутствии сонливости (рисунки 10 и 11). Изменение аппроксимационной энтропии (рисунки 12 и 13) говорит о наличии сонливости.

В результате проведенных исследований паттернов электроэнцефалограмм при рассеянном склерозе один из параметров опровергает сонливость, а 7 подтверждают, что позволяет сделать заключение о наличии сонливости.

Пароксизмальное состояние неуточненного генеза. Изменение спектральной плотности мощности тета-ритма по всей поверхности головы (рисунки 1 и 2) говорит о наличии сонливости. Изменение дельта-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3а и 4а) говорит о наличии сонливости. Изменение тета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3б и 4б) не позволяет говорить о наличии или отсутствии сонливости. Изменение альфа-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3в и 4в) говорит о наличии сонливости. Изменение бета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3г и 4г) говорит об отсутствии сонливости. Изменение еще двух параметров - спектральной плотности мощности бета-ритма и тета ритма - говорит о наличии сонливости (рисунки 5 и 6). Изменение спектральной плотности мощности в отведениях C4 и P3 говорит о наличии сонливости (рисунки 7-9).

Изменение выборочной энтропии в отведениях Fp2, Fp1, F3, F4, Fz, C4, C3, P4 говорит об отсутствии сонливости (рисунки 10 и 11). Изменение аппроксимационной энтропии (рисунки 12 и 13) не позволяет говорить о наличии или отсутствии сонливости. Т.е. 6 параметров подтверждают сонливость, 1 опровергает, а 2 – не дают однозначного результата, что позволяет сделать заключение о наличии сонливости в состоянии пароксизмального состояния неуточненного генеза.

Список использованных источников

- [1] Комплексы компьютеризированные для анализа и картирования электрической активности головного мозга "Нейрокартограф-01-МБН" : приложение к свидетельству 40226 Российская Федерация, ТУ 9441-012-26458937-01 / Б.И. Леонов, А.В. Пироженов; Научно-медицинская фирма МБН – № 28235-10; 12.07.2010 // Государственный реестр средств измерений – 2010. – С. 3.
- [2] Сидоренко, А.В. Методы информационного анализа биоэлектрических сигналов / А.В. Сидоренко. - Мн.: БГУ, 2003. - 187 с.
- [3] EEG-based Mental Fatigue Detection by Spectral Non-negative Matrix Factorization / Lili Li [et al.] // Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, Orlando, 16-20 Aug. 2016. - Orlando, 2016. - P. 3716-3719.
- [4] Determination of optimal electroencephalography recording locations for detecting drowsy driving / Chaofei Zhang [et al.] // IET Intelligent Transport Systems. - 2018. - Vol. 12. - P. 345-350.
- [5] Jinxiao Zhang, Sleep deprivation compromises resting-state emotional regulatory processes: An EEG study / Jinxiao Zhang, Esther Yuet Ying Lau, Janet H. Hsiao // J Sleep Res. - 2018. - Vol. 28. - P. 1-8.
- [6] Julia Shen, Real-Time Detection of Human Drowsiness via a Portable Brain-Computer Interface / Julia Shen, Baiyan Li, Xuefei Shi // Open Journal of Applied Sciences. - 2017. - Vol. 7, №3. - P. 98-113.
- [7] Classifying Driving Fatigue Based on Combined Entropy Measure Using EEG Signals / Yijun Xiong [et al.] // International Journal of Control and Automation. - 2016. - Vol. 9, №3. - P. 329-338.

ANALYSIS OF DROWSINESS IN MEN IN VARIOUS PATHOLOGIES

A.V. SIDORENKO,

A professor of Belarusian State University

M.A. SALADUKHA,

A senior teacher in Belarusian State University

*Belarusian State University, Republic of Belarus
E-mail: sidorenkoa@yandex.ru*

Abstract. Following pathologies, representing various EEG patterns, were experimentally investigated: dystonia, multiple sclerosis, paroxysmal condition of unspecified genesis. Male human patients were analyzed. Electroencephalograms in standard leads have been analyzed. Quantitative parameters of drowsiness in analyzed patterns of electroencephalograms, were represented by power spectral density of rhythmic components of the brain, sample entropy and approximate entropy. Drowsiness was observed in every analyzed patterns.

Keywords: electroencephalogram, EEG patterns, human, drowsiness, dystonia, multiple sclerosis.