

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра динамического моделирования и биомедицинской инженерии

наименование кафедры

**Влияние старения на вегетативную регуляцию ритма сердца у здоровых
людей в разных стадиях сна**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 4081 группы

направления

12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»

код и наименование направления

институт физики

наименование факультета, института, колледжа

Сафаров Евгений Георгиевич

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

доцент, к.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание



20.06.2022

подпись, дата

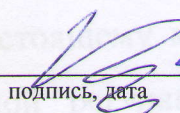
Е.И. Боровкова

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание



20.06.2022

подпись, дата

А.С. Карavaев

инициалы, фамилия

Саратов 2022

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика работы.

Актуальность темы. Широко известным является тот факт, что сердечная деятельность регулируется симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы. У здорового человека регуляция сбалансирована и происходит синхронно с появлением нагрузок, а у людей с сердечно-сосудистыми и нервными заболеваниями наблюдаются проблемы с регуляцией. Подобные проблемы у людей в большинстве случаев начинают проявляться в процессе старения организма. Известно, что от сердечно-сосудистых заболеваний только за один календарный год в России умирает около 800 тысяч человек.

Большие риски у людей старшего возраста умереть во время сна, это показывают некоторые мировые исследования, где утверждается существование связи этого явления с нарушением регуляции сердечно-сосудистой системы в старшем возрасте. Изучение данной проблемы, а также поиск решений, которые могут предотвратить несчастные случаи актуален по сей день.

Цели и задачи магистерской работы.

Целью данной работы было исследование влияние процесса старения на вегетативную регуляцию ритма сердца у здоровых людей в разных стадиях сна.

Были поставлены следующие задачи:

- Провести обзор известных к настоящему моменту сведений об организации контуров вегетативной регуляции кровообращения;
- Провести обзор известных к настоящему моменту сведений об изменении динамики контуров вегетативной регуляции кровообращения в разных стадиях сна;
- Для 96 здоровых испытуемых базы данных SIESTA [Klösch G. et al. IEEE Eng. Med. Biol. Mag. 20, 51 (2001)] (36 человек в возрасте от 20 до 34 лет, 23 человека от 35 до 49 лет, 17 человек от 50 до 64 лет, 20 человек возраст

старше 65 лет) выделить из сигнала электрокардиограммы временной ряд RR-интервалов;

- Оценить среднюю длительность стадий сна в каждой возрастной группе.
- Оценить среднюю спектральную мощность низкочастотных колебаний в диапазоне [0.05-0.15] Гц и высокочастотных колебаний в диапазоне [0.15-0.50] Гц сигналов RR-интервалов, полученных от здоровых испытуемых в каждой возрастной группе в каждой стадии сна и в бодрствовании.

Положение, выносимое на защиту. В данной работе исследовалось влияние процесса старения на вегетативную регуляцию вариабельности сердечного ритма (ВСР) в различных стадиях сна путем анализа спектров мощности сигналов R-R. Полученные нами результаты согласуются с результатами мировых исследований в данной области.

Структура магистерской работы. Помимо пунктов ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ работа включает разделы:

1. Объект исследования
2. Экспериментальные данные
3. Методы
4. Результаты исследования

В разделе 1 был проведен обзор источников по соответствующим данной работе темам. Внимание было уделено механизмам регуляции сердечного ритма, их физиологическим особенностям и совместной работе. Также были рассмотрены работы, в которых описывалось влияние старения, социальных и психологических факторов, болезней на ВСР. Также немаловажной частью исследовательской работы стал поиск литературы, где описывалась регуляция ВСР во время бодрствования и разных стадиях сна, таких как легкий сон, глубокий сон и сон с быстрым движением глаз.

Помимо этого, было проведено описание объекта исследования – сердечно-сосудистой системы человека.

В разделе 2 был проведен анализ имеющихся экспериментальных данных. Мы использовали данные 96 здоровых испытуемых (59 женщин и 37 мужчин) разного

возраста. Данные были записаны в лабораториях сна в рамках проекта SIESTA Европейского союза. Критериями исключения испытуемых было наличие затрудненного дыхания, обструктивного апноэ и гипопноэ, а также выявленные патологии ССС. Регистрация сигналов полисомнографии проводилась в течение 8 часового ночного сна.

Мы анализировали сигналы электрокардиограммы (ЭКГ) испытуемых. Для каждого испытуемого из 8-часовой ночной записи извлекали по одному участку, соответствующему стадии бодрствования, стадии сна с быстрым движением глаз (REM), стадии легкого сна (LS) и стадии глубокого сна (DS) в соответствии с классификацией. Длительность участков ограничивалась 5 минутами. Критериями выбора участков являлись: длительность не меньше 5 минут; отсутствие артефактов ЭКГ. В каждой стадии выбирался первый участок от начала 8-часовой записи, удовлетворяющий критериям выбора. Сигнал ЭКГ регистрировался с частотой дискретизации 200 Гц.

Далее для выделенных участков проводили анализ записанных сигналов ЭКГ. Из ЭКГ выделяли последовательность длительностей временных интервалов между двумя последовательными R пиками ЭКГ (RR-интервалов) в соответствии с известными рекомендациями. Выделенную зависимость длительности RR-интервалов от времени появления соответствующих R пиков аппроксимировали кубическими сплайнами и выбирали из нее значения через равные промежутки времени, равные 0.005 с (частота дискретизации 200 Гц). При дальнейшей обработке использовали эквидистантный временной ряд RR-интервалов с частотой дискретизации 200 Гц.

Определение стадии сна происходило с интервалом 30 секунд ставились следующие метки: 1, 2, 3, 4 – соответствующие стадии сна S1, S2, S3, S4; 5 – REM сон; 6 – Бодрствование.

В разделе 3 были изложены используемые в обработке и анализе сигналов R-R методы. Важным этапом было использование в расчетах дискретного преобразования Фурье (ДПФ), а именно, был применен более оптимизированный

по быстрдействию алгоритм – быстрое преобразование Фурье (БПФ, Fast Fourier Transform (FFT)). Применение БПФ в анализе осуществлялось благодаря встроенной в библиотеку numpy для языка Python 3 функции расчета БПФ «numpy.fft.rfft()». Эта функция вычисляет одномерное n-точечное ДПФ с эффективным алгоритмом БПФ.

Дальнейшим важным этапом исследования являлся спектральный анализ данных, с помощью которого возможно выделить диапазоны частот и изменения мощности, которые способствуют концентрации исследовательского интереса с помощью дополнительных инструментов анализа. Оценка спектральной плотности мощности осуществлялась с помощью периодограммного метода Уэлча.

В разделе 4 описываются результаты нашего исследования.

На Рисунок 1 представлены графики изменения средней величины спектра мощности по времени для обследуемого из возрастной группы «20-35» в LF- и HF-диапазонах частот. Синим цветом обозначен участки легкого сна, красным цветом – участки глубокого сна, зеленым – участки REM сна.

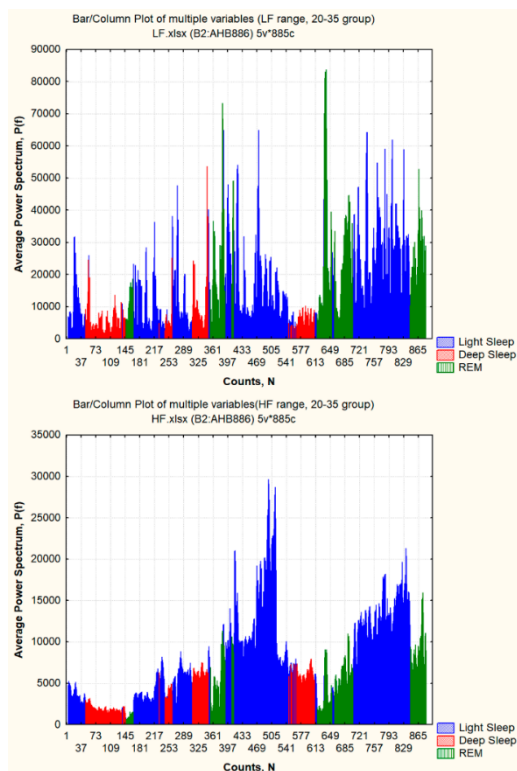


Рисунок 1. Пример изменения средней мощности сигнала в LF- и HF-диапазоне частот в разных стадиях сна для обследуемого из возрастной группы 20-35 лет

На Рисунок 2 представлены графики изменения средней величины спектра мощности по времени для обследуемого из возрастной группы «35-50» в LF- (сверху) и HF- (снизу) диапазонах частот. Синим цветом обозначен участки легкого сна, красным цветом – участки глубокого сна, зеленым – участки REM сна.

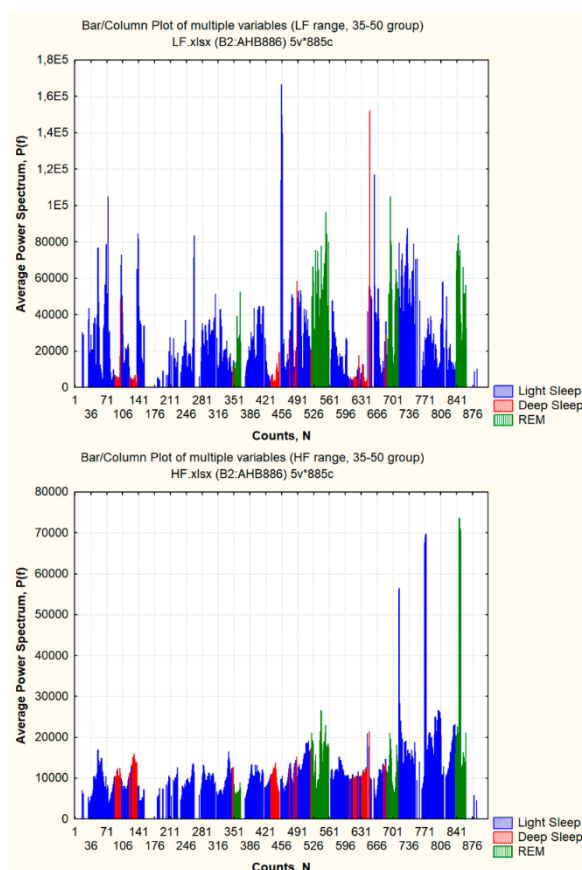


Рисунок 2. Пример изменения средней мощности сигнала в LF- и HF-диапазоне частот в разных стадиях сна для обследуемого из возрастной группы 35-50 лет

На Рисунок 3 представлены графики изменения средней величины спектра мощности по времени для обследуемого из возрастной группы «50-65» в LF- (сверху) и HF- (снизу) диапазонах частот. Синим цветом обозначен участки легкого сна, красным цветом – участки глубокого сна, зеленым – участки REM сна.

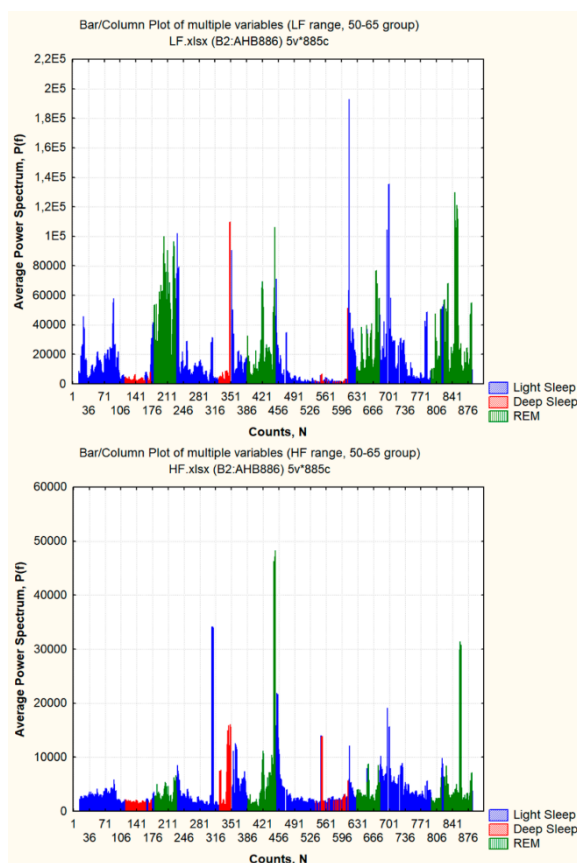


Рисунок 3. Пример изменения средней мощности сигнала в LF- и HF-диапазоне частот в разных стадиях сна для обследуемого из возрастной группы 50-65 лет

На Рисунок 4 представлены графики изменения средней величины спектра мощности по времени для обследуемого из возрастной группы «65+» в LF- (сверху) и HF- (снизу) диапазонах частот. Синим цветом обозначен участки легкого сна, красным цветом – участки глубокого сна, зеленым – участки REM сна.

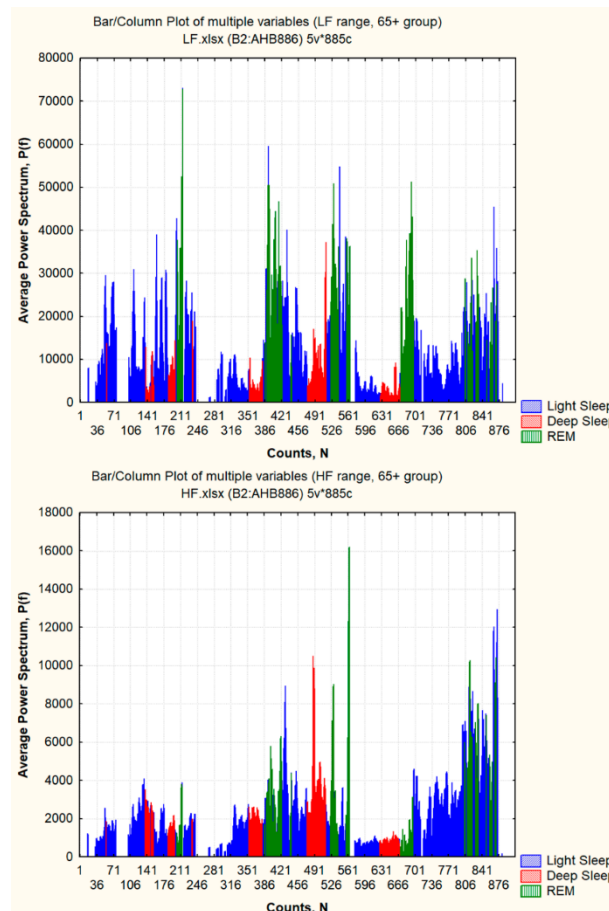


Рисунок 4. Пример изменения средней мощности сигнала в LF- и HF-диапазоне частот в разных стадиях сна для обследуемого из возрастной группы 65+ лет

На Рисунок 5 представлена диаграмма, где отражено изменение средней величины спектра мощности по возрастным группам для LF-диапазона частот. Синим цветом обозначен участки легкого сна, красным цветом – участки глубокого сна, зеленым – участки REM сна.

Можем наблюдать изменение средней величины спектра мощности по участкам сна. Для возрастных групп «20-35» и «35-50» наибольшее среднее значение наблюдается в участках REM сна, далее легкого и глубокого. Однако для

группы «50-65» наблюдается преобладание средней величины спектра мощности в участках легкого сна, а в группе «65+» - преобладание в участках глубокого сна.

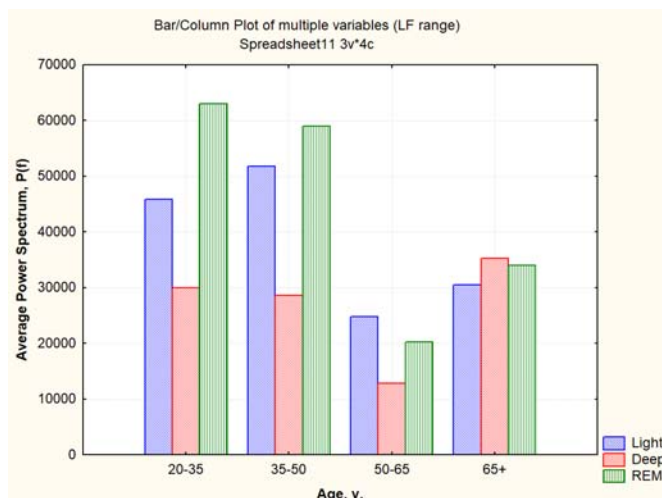


Рисунок 5. Диаграмма зависимости среднего значения спектра мощности по стадиям сна от возрастной группы в LF-диапазоне

На Рисунок 6 представлена диаграмма, где отражено изменение средней величины спектра мощности по возрастным группам для HF-диапазона частот. Синим цветом обозначен участки легкого сна, красным цветом – участки глубокого сна, зеленым – участки REM сна.

Можем наблюдать изменение средней величины спектра мощности по участкам сна. Для возрастных групп «20-35» и «35-50» наибольшее среднее значение наблюдается в участках REM сна, далее легкого и глубокого. Однако для группы «50-65» можно наблюдать примерно одинаковое среднее значение спектра мощности по всем участкам сна, а в группе «65+» - похожее значение для участков глубокого и REM сна и меньшее значение в легком сне.

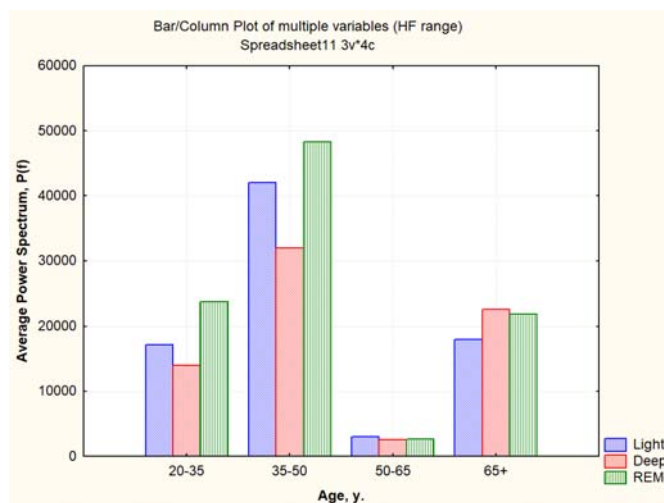


Рисунок 6. Диаграмма зависимости среднего значения спектра мощности по стадиям сна от возрастной группы в HF-диапазоне

Из Рисунок 7 видно, что в LF диапазоне частот средняя величина спектра мощности в глубоком сне заметно ниже, чем в легком и REM сне. Это связано с тем, что в глубоком сне преобладают парасимпатические влияния, действие которых наглядно можно увидеть в HF диапазоне частот.

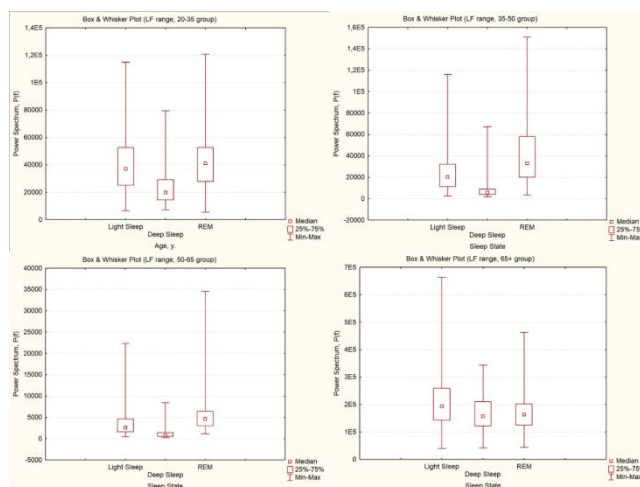


Рисунок 7. Диаграммы размаха, где представлены зависимости средней величины спектра мощности в LF диапазоне от стадии сна для различных возрастных групп

Из Рисунок 8 видно, что в HF диапазоне частот средняя величина спектра мощности, а точнее ее уровень в глубоком сне заметно возрос по сравнению с LF диапазоном. Уровень же в легком и REM сне снизился. Это связано с тем, что в легком и REM сне преобладают симпатические влияния, действие которых наглядно можно увидеть в LF диапазоне частот.

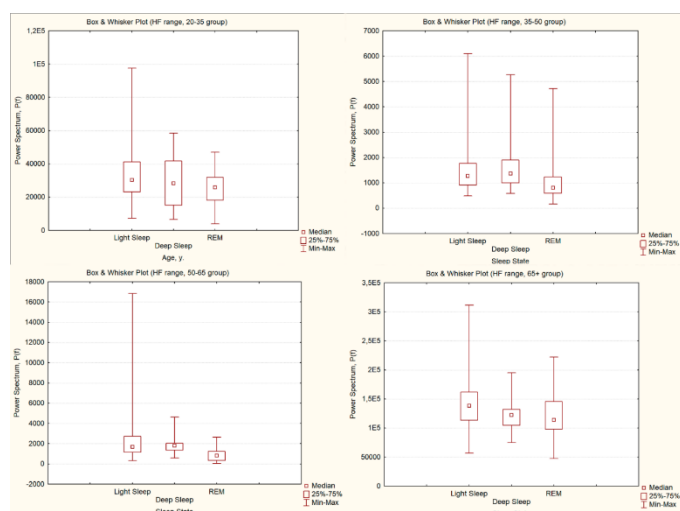


Рисунок 8. Диаграммы размаха, где представлены зависимости средней величины спектра мощности в HF диапазоне от стадии сна для различных возрастных групп

При анализе диаграммы размаха на Рисунок 9, где была отображена зависимость средней продолжительности каждой стадии сна от возраста обследуемой группы можно сделать вывод, что средняя продолжительность легкой стадии сна колеблется примерно на одном уровне у групп 20-35, 35-50, 50-65 и составляет 53-55%, а у группы 65+ наблюдается снижение средней продолжительности легкого сна, которая составляет 48%.

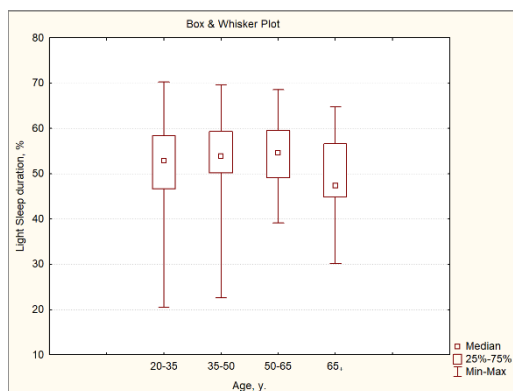


Рисунок 9. Диаграмма размаха, где отображена зависимость процентной продолжительности стадии легкого сна от возрастной группы испытуемых

При анализе диаграммы размаха на Рисунок 10, где была отображена зависимость средней продолжительности каждой стадии сна от возраста обследуемой группы можно сделать вывод, что средняя продолжительность глубокой стадии сна уменьшается в процессе здорового старения и составляет для

групп «20-35», «35-50» и «50-65» - 15%, 13% и 11% соответственно, однако у группы «65+» наблюдается увеличение средней продолжительности глубокого сна, которая составляет 16%. Это расходится с результатами других исследований и вероятнее всего вызвано недостаточной выборкой для группы 65+ (всего 19 человек).

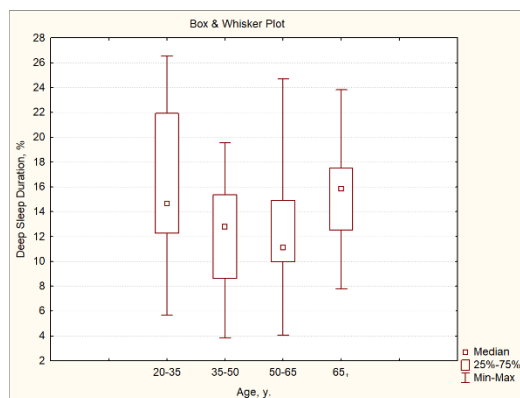


Рисунок 10. Диаграмма размаха, где отображена зависимость процентной продолжительности стадии глубокого сна от возрастной группы испытуемых

При анализе диаграммы размаха на Рисунок 11, где была отображена зависимость средней продолжительности каждой стадии сна от возраста обследуемой группы можно сделать вывод, что средняя продолжительность REM стадии сна уменьшается в процессе здорового старения и составляет для групп «20-35», «35-50», «50-65» и «65+» - 18%, 17%, 15% и 14% соответственно.

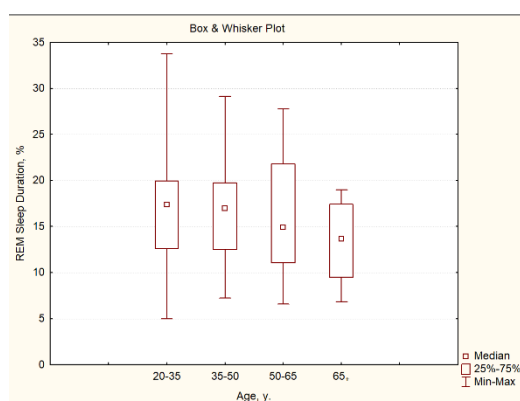


Рисунок 11. Диаграмма размаха, где отображена зависимость процентной продолжительности стадии глубокого сна от возрастной группы испытуемых

Заключение

В ходе научно-исследовательской работы было исследовано влияние процесса старения на вегетативную регуляцию ритма сердца у здоровых людей в разных стадиях сна.

Был проведен обзор известных к настоящему моменту сведений об организации контуров вегетативной регуляции кровообращения, а также известных к настоящему моменту сведений об изменении динамики контуров вегетативной регуляции кровообращения в разных стадиях сна.

Для 96 здоровых испытуемых базы данных SIESTA выделили из сигнала электрокардиограммы временной ряд RR-интервалов и оценили среднюю длительность стадий сна в каждой возрастной группе. Также оценили среднюю спектральную мощность низкочастотных колебаний в диапазоне [0.05-0.15] Гц и высокочастотных колебаний в диапазоне [0.15-0.50] Гц сигналов RR-интервалов, полученных от здоровых испытуемых в каждой возрастной группе в каждой стадии сна и в бодрствовании.

Полученные мной результаты сопоставимы с результатами мировых исследований вариабельности сердечного ритма и его регуляции посредством симпатических и парасимпатических отделов вегетативной нервной системы.