# ОЦЕНКА КАЧЕСТВА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В КОНТУРЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И МЕТРОНОМИЗИРОВАННОГО ДЫХАНИЯ У ЗДОРОВЫХ ДОБРОВОЛЬЦЕВ ПРИ СТАРТЕ С ВОЗРАСТНОЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ НОРМЫ

С.А.С. Белал, Е.И. Линская
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, медицинский факультет
Кафедра внутренней медицины
проф. Н.И. Яблучанский
доц. А.Л. Кулик, проф. Н.И. Яблучанский, проф. А.В. Мартыненко

## Актуальность

- состояние здоровья и качество жизни определяется состоянием регуляторных систем организма;
- вариабельность сердечного ритма (ВСР) – «зеркало» регуляции, которое позволяет не только установить текущее состояние её баланса, но и оценить качество внешних воздействий на данный баланс;
- метрономизированное дыхание – эффективная методика воздействия на параметры ВСР, а через них и на состояние регуляции организма, с целью оптимизации и восстановления баланса между ними;
- эффективность воздействия метрономизированного дыхания на параметры ВСР задается биологической обратной связью;
- закономерности влияния метрономизированного дыхания на параметры ВСР при старте с возрастной физиологической нормы изучены недостаточно.

## Цель исследования

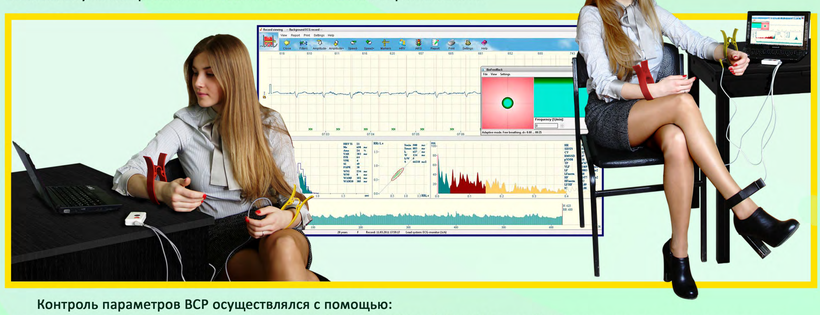
Оценить качество биологической обратной связи у здоровых добровольцев в алгоритме метрономизированного дыхания при старте с возрастной физиологической нормы под контролем параметров ВСР.

## Объект исследования

14 здоровых добровольцев в возрасте от 18 до 26 лет:
- 5 мужчин
- 9 женщин

## Методы исследования

Всем испытуемым провели по 7 сеансов биологической обратной связи.

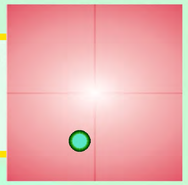


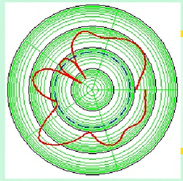
Контроль параметров ВСР осуществлялся с помощью:
- компьютерного диагностического комплекса «CardioLab 2009» («ХАИ-Медика»), которым проводились мониторные записи длин R-R-интервалов ЭКГ в первом стандартном отведении длительностью 7 минут;
- программы «Biofeedback», которая задавала частоту дыхания, начиная с возрастной физиологической нормы, а затем адаптивно изменяла её в зависимости от значения параметров ВСР и выводила на монитор графическое отображение состояния регуляторных систем организма.

Среди параметров ВСР оценивалась мощность:
- медленных (V) частот (до 0,05 Гц), преимущественно связанных с терморегуляцией, гуморальной и симпатическим звеном вегетативной нервной регуляции;
- средних (L) частот (0,05-0,15 Гц), преимущественно связанных с симпатическим и парасимпатическим звеньями вегетативной нервной регуляции;
- быстрых (H) частот (0,15 Гц-0,40 Гц), преимущественно связанных с парасимпатическим звеном вегетативной нервной регуляции.

Параметры ВСР были преобразованы в двумерную координатную плоскость с осями L/H и V/(L+H), отвечающими симпатовагальному и нейрогуморальному балансам системы регуляции.

Для начала отсчета выбирались значения физиологической нормы указанных балансов каждого испытуемого, что позволяло оценивать расстояние D между текущим и оптимальными значениями параметров ВСР человека.





Для достижения оптимального состояния параметров ВСР (приближение текущих значений ВСР к физиологической норме) использовался алгоритм оптимального управления частотой дыхания испытуемого, который состоял в поиске наименьшего значения D в пространстве регуляций на заданных дискретных частотах дыхания.

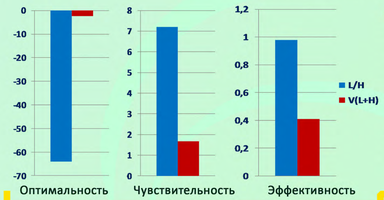
Степень оптимизации регуляторных систем испытуемых оценивали по таким показателям:
- оптимальность (O), как мера удаленности системы в целом и каждой из ветвей регуляции от физиологической нормы, может принимать отрицательные (степень удаленности от оптимальной зоны) и положительные (нахождение системы в целом или ее проекций на координаты в оптимальной зоне) значения;
- чувствительность (S), как мера восприимчивости системы в целом и в каждой из ветвей регуляции к метрономизированному дыханию, характеризуется положительным числом с минимальным значением равным 0, которое означает отсутствие чувствительности к метрономизированному дыханию;
- эффективность (E), как степень приближения параметров ВСР к физиологически оптимальному состоянию, изменяется в диапазоне от 0 (отсутствие продвижения в оптимальном направлении, неэффективность) до 1 (полное достижение оптимального уровня значений), соответственно, в целом и координатных проекциях;
- индекс качества биообратной связи (Biofeedback Quality Index - BQI), как интегральный показатель, объединяющий все измерения качества процесса биообратной связи, при повышении эффективности биообратной связи стремится в пределе к 1, а при ухудшении, – удаляется от 1.

## Обработка результатов поводилась в программах

- «Microsoft Excel 2003»,
- MathCAD 13.

## Результаты и обсуждение

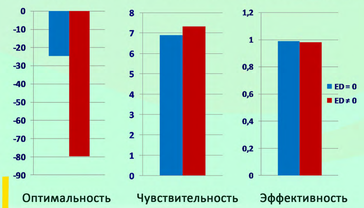
Средние значения показателей O, S, E по ветвям L/H и V/(L+H) у здоровых добровольцев



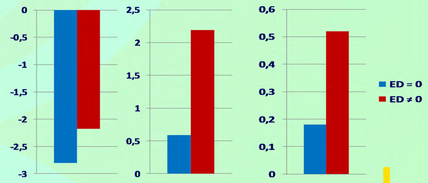

Симпатовагальная ветвь регуляции вегетативной нервной системы у здоровых добровольцев находится в менее оптимальном состоянии, но высокая чувствительность данной ветви к метрономизированному дыханию обеспечивает высокую эффективность предложенного метода и позволяет оптимизировать состояние системы по этой ветви баланса. Нейрогуморальная ветвь регуляции имеет низкую чувствительность к метрономизированному дыханию, следовательно, низкую эффективность, поэтому данная методика не может быть использована для оптимизации этой ветви регуляции.

Все записи, в зависимости от значений ED, были разделены на две группы: с эффективным и неэффективным использованием метрономизированного дыхания. Достоверность различий определялась при помощи U - критерия Манна-Уитни.

Средние значения показателей O, S, E ветви L/H в группах записей с отсутствием (ED = 0) и наличием (ED ≠ 0) приближения параметров ВСР к физиологически оптимальному состоянию.

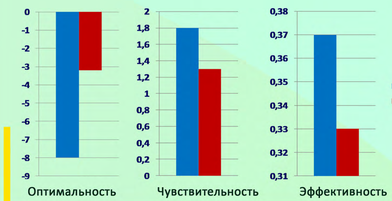



Средние значения показателей O, S, E ветви V/(L+H) в группах записей с отсутствием (ED = 0) и наличием (ED ≠ 0) приближения параметров ВСР к физиологически оптимальному состоянию.



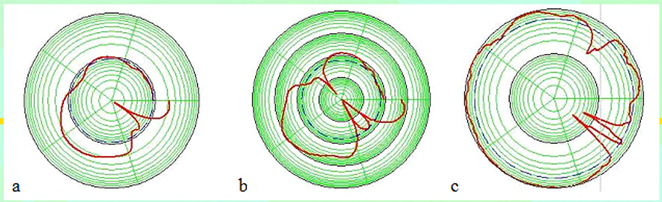

В группе записей с отсутствием эффективности по дистанции (ED = 0) симпатовагальная и нейрогуморальная ветви регуляции находятся в оптимальном и субоптимальном состоянии, чем и объясняется отсутствие эффекта по дистанции при влиянии метрономизированного дыхания.

Сравнение среднего значения показателей O, S, E по дистанции на 1 и 7 сеансах биологической обратной связи




После проведения 7 сеансов биологической обратной связи отмечалось возрастание оптимальности со снижением чувствительности и эффективности вследствие приближения системы к физиологически оптимальному состоянию.

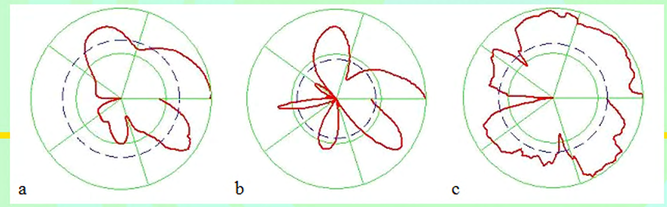
Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по L/H .




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $O^D$ | -5,05 | $O^{L/H}$ | -45,44 | $O^{V/(L+H)}$ | -1,53 |
| $S^D$ | 3,01 | $S^{L/H}$ | 6,93 | $S^{V/(L+H)}$ | 3,32 |
| $E^D$ | 0,87 | $E^{L/H}$ | 0,99 | $E^{V/(L+H)}$ | 0,95 |

Испытуемая 5, (ж., 20 лет). применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием – 0,87, достигается за счет высокой эффективности адаптивной регуляции симпатовагального баланса L/H – 0,99 и гуморальновегетативного баланса V/(L+H) – 0,95. Это происходит благодаря высокой чувствительности обеих ветвей регуляции: 6,93 и 3,32 (для симпатовагальной и гуморальновегетативной регуляции соответственно). Следует отметить высокую, компенсируемую удаленность от оптимального состояния в ветви симпатовагальной (L/H) – -45,44 и малую удаленность в уморальновегетативной (V/(L+H)) регуляции – -1,53.

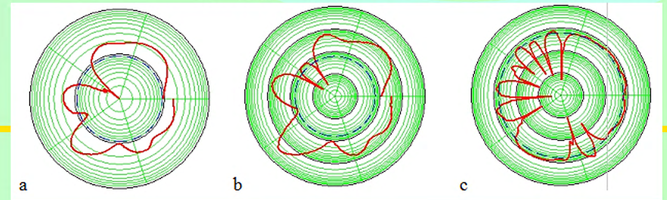
Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по (L/H) и V/(L+H)




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $O^D$ | 0,74 | $O^{L/H}$ | 0,17 | $O^{V/(L+H)}$ | -1,57 |
| $S^D$ | 0,89 | $S^{L/H}$ | 8,32 | $S^{V/(L+H)}$ | 7,91 |
| $E^D$ | 0,59 | $E^{L/H}$ | 0,99 | $E^{V/(L+H)}$ | 0,99 |

Испытуемая 8, (ж., 20 лет). применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием – 0,59, достигается за счет высокой эффективности обеих ветвей регуляции – 0,99. Это происходит благодаря высокой чувствительности обеих ветвей регуляции: 8,32 и 7,91 (для симпатовагальной и гуморальновегетативной регуляции соответственно). Следует отметить компенсируемую удаленность от оптимального состояния в ветви гуморальновегетативной (V/(L+H)) регуляции – -1,57. Ветвь симпатовагальной (L/H) регуляции находится в субоптимальном состоянии – 0,17.

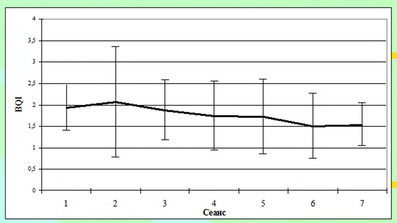
Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по V/(L+H)




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $O^{L/H}$ | -11,09 | $O^{L/H}$ | -142,36 | OV/(L+H) | 0,16 |
| $S^{L/H}$ | 3,49 | $S^{L/H}$ | 6,58 | SV/(L+H) | 6,22 |
| $E^{L/H}$ | 0,89 | $E^{L/H}$ | 0,96 | EV/(L+H) | 0,99 |

Испытуемая 2, (ж., 20 лет). применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием – 0,89, достигается за счет высокой эффективности обеих ветвей регуляции: L/H – 0,96 и V/(L+H) – 0,99. Это происходит благодаря высокой чувствительности обеих ветвей регуляции: 6,58 и 6,22 (для симпатовагальной и гуморальновегетативной регуляции соответственно). Следует отметить сильную некомпенсируемую удаленность от оптимального состояния в ветви симпатовагальной (L/F) регуляции – -142,36. Ветвь гуморальновегетативной (V/(L+H)) регуляции находится в субоптимальном состоянии – 0,16.

В практических целях вместо совокупности предложенных выше показателей состояния регуляторных систем организма удобнее использовать интегральный показатель - индекс качества биообратной связи (BQI), который представляет собой совокупность представленных выше параметров и наглядно демонстрирует оказываемый сеансами биологической обратной связи эффект.




На данном графике представлены изменения BQI по всем испытуемым за 7 сеансов биологической обратной связи. С увеличением номера сеанса снижается значение BQI, что свидетельствует об эффекте тренировки системы регуляции при многократном повторении сеансов биообратной связи и их положительном влиянии на регуляторные системы.

## Выводы

1) Биологическая обратная связь на основе метрономизированного дыхания и параметров ВСР позволяет влиять на регуляторные системы организма и может быть использована в их оценке и контроле.
2) В качестве критериев оценки состояния и контроля регуляторных систем в биологической обратной связи на основе метрономизированного дыхания и параметров ВСР могут быть использованы параметры O, S, E, как по их расстоянию от зоны физиологических нормативов в целом, так и в проекциях на координатные плоскости L/H и V/(L+H), а также интегральный показатель BQI.
3) В практических целях вместо совокупности параметров O, S, E целесообразно использовать интегральный показатель BQI, который позволяет выявить эффект тренировки системы регуляции при многократном повторении сеансов биообратной связи и ее положительного влияния на регуляторные системы.
4) У здоровых добровольцев биологическая обратная связь в терминах изменений частоты метрономизированного дыхания и реакций на него параметров ВСР характеризуется высокой адаптивностью и находится близко к зоне физиологических нормативов.