

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина
Медицинский факультет
Кафедра внутренней медицины

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА
ОПТИМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ
МЕТРОНОМИЗИРОВАННОГО ДЫХАНИЯ
ПРИ СТАРТЕ С ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ
НОРМЫ И СО СВОБОДНОГО ДЫХАНИЯ
У ЗДОРОВЫХ ДОБРОВОЛЬЦЕВ НА
ОСНОВАНИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Белал С. А. С., Линская Е. И., Кулик А. Л., Мартыненко А. В.,
Яблучанский Н. И.

Актуальность

- Состояние регуляции организма человека определяет состояние его здоровья и качество жизни.
- Вариабельность сердечного ритма (ВСР) – наиболее объективный и удобный в использовании показатель состояния системы регуляции.
- Метрономизированное дыхание – эффективная и простая в использовании методика восстановления баланса регуляторных систем организма через параметры ВСР.
- Технология биофидбек определяет оптимальность влияния метрономизированного дыхания на параметры ВСР и позволяет дать возможность пациенту самостоятельно оценивать и корректировать состояние регуляторных систем организма.
- Применение алгоритмов поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания при старте с физиологической нормы и со свободного дыхания в биофидбеке демонстрирует хорошие результаты.
- Представляет интерес сравнение обеих методик с целью определения наиболее эффективной для последующего применения в клинической практике.

Цель исследования

Сравнить алгоритмы поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания при старте с возрастной физиологической нормы и со свободного дыхания в контурах биологической обратной связи под контролем параметров ВСР.

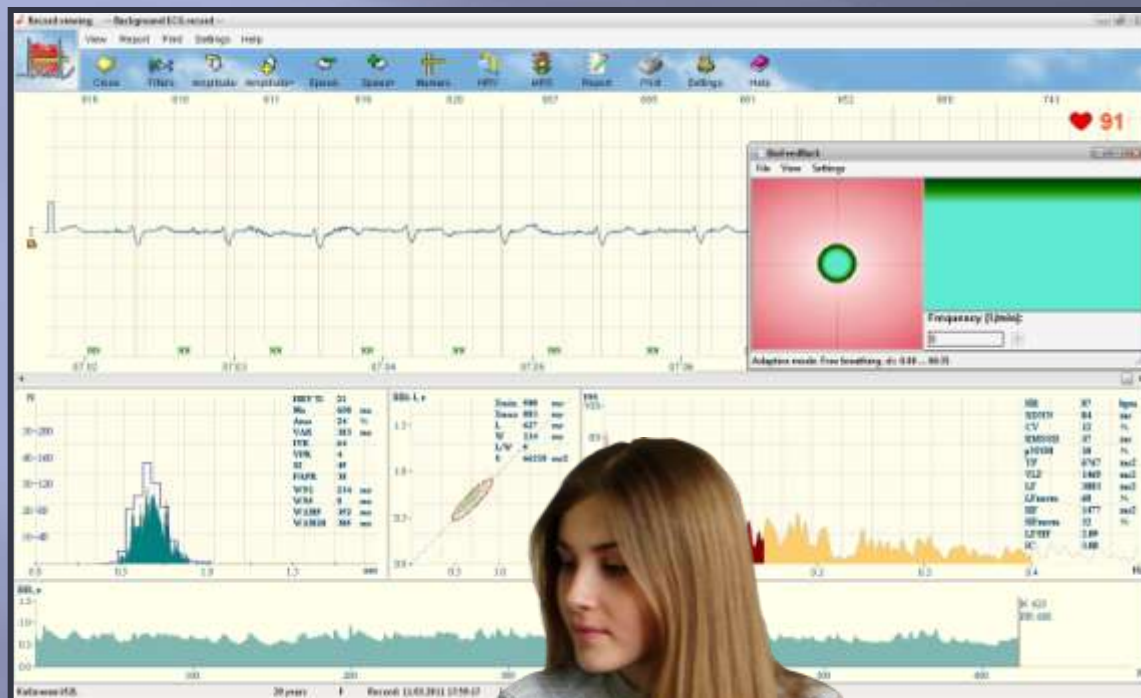
Объект исследования

- ▣ 13 здоровых добровольцев в возрасте от 18 до 27 лет (9 женщин и 4 мужчин).

Методы исследования

- ▣ Каждому испытуемому проведено 2 серии по 7 сеансов биофидбека при старте с физиологической нормы и со свободного дыхания.
- ▣ В контуре обратной связи использовалась адаптивно изменяемая частота метрономизированного дыхания G , вычисляемая по параметрам ВСР.
- ▣ Мониторные записи длин R-R-интервалов ЭКГ велись с помощью компьютерного диагностического комплекса “CardioLab2009” в первом стандартном отведении.
- ▣ Частота дыхания в каждой из серий сеансов задавалась программным модулем “Biofeedback”.

Методы исследования

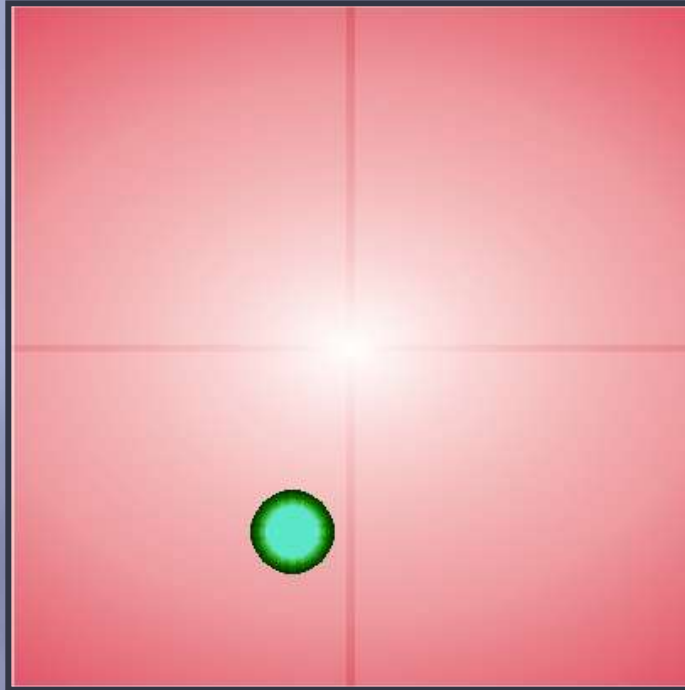


Методы исследования

Среди параметров ВСР оценивалась мощность:

- низких частот (V, до 0,05 Гц), преимущественно связанных с терморегуляцией гуморальной и симпатическим звеном вегетативной нервной системы;
- средних частот (L, 0,05-0,15 Гц), преимущественно связанных с симпатическим и парасимпатическим звеньями вегетативного баланса;
- высоких частот (H, 0,15-0,40 Гц), преимущественно связанных с парасимпатическим звеном вегетативной нервной регуляции.

Методы исследования



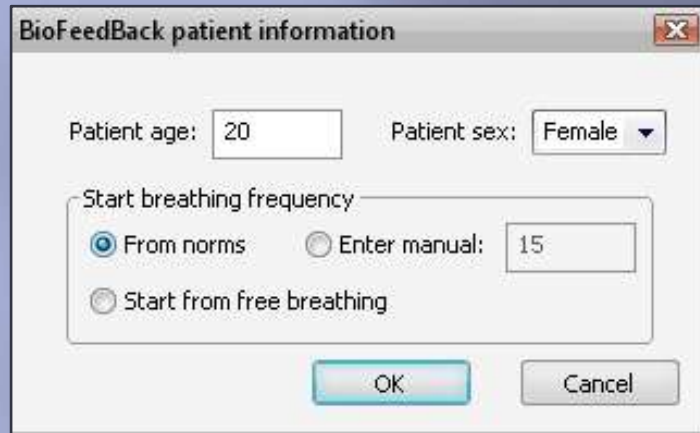
Параметры ВСП преобразовывались в двумерную координатную плоскость с осями L/H и $V/(L+H)$, соответствующими симпатовагальному и нейрогуморальному звеньям регуляции.

Методы исследования

Суть методик:

- ▣ В течение первых двух минут биофидбека метрономом задавалась начальная частота дыхания — этап инициализации алгоритма. Затем на следующей минуте осуществлялся линейный переход начальной частоты дыхания к предустановленной метрономизированной G , после чего включался алгоритм адаптации и для каждой последующей минуты устанавливалась конкретная частота метрономизированного дыхания G путем перестройки частоты визуально-звукового метронома.
- ▣ Алгоритм адаптации заключался в автоматическом поиске частоты в направлении максимально приближающего текущие значения L/H и $V/(L+H)$ испытуемого к зоне оптимума.

Методы исследования



BioFeedBack patient information

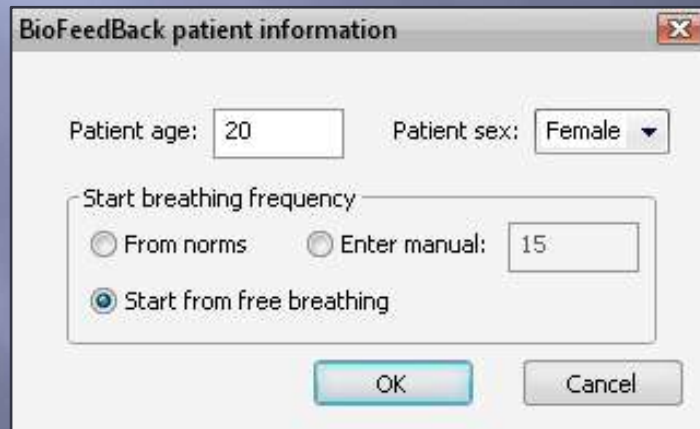
Patient age: 20 Patient sex: Female

Start breathing frequency

☒ From norms ☐ Enter manual: 15

☐ Start from free breathing

OK Cancel



BioFeedBack patient information

Patient age: 20 Patient sex: Female

Start breathing frequency

☐ From norms ☐ Enter manual: 15

☒ Start from free breathing

OK Cancel

В соответствии с целью исследования использованы два алгоритма адаптивно изменяемой частоты метрономизированного дыхания со стартом:

- 1) с частоты дыхания, соответствующей средней физиологической норме (ФН) для возраста и пола испытуемого (1-я серия сеансов биофидбека);
- 2) со свободного немодулированного дыхания (СД) (2-я серия сеансов биофидбека).

Методы исследования

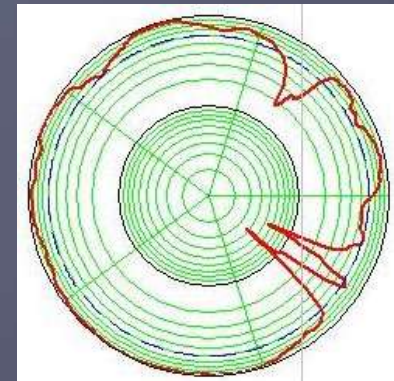
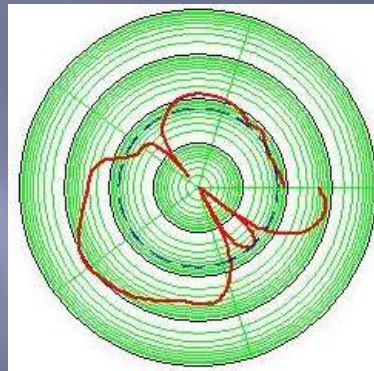
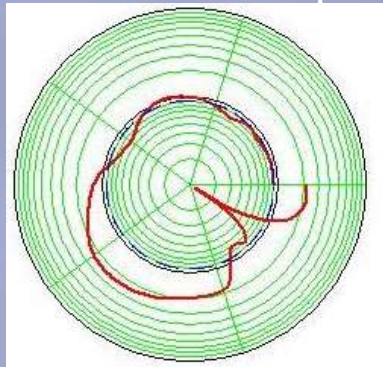
- ▣ Качество алгоритмов поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания оценивали при помощи индекса качества биологической обратной связи (BQI), который является интегральным показателем, охватывающим все качественные изменения процесса биообратной связи.
- ▣ Индекс BQI стремится в пределе к 1 при повышении эффективности биообратной связи и, при ухудшении, — удаляется от 1.

Методы исследования

- ▣ Достоверность различий данного показателя на одноименных сеансах при разных вариантах старта алгоритма, между предыдущим и последующим сеансом и между первым и текущим сеансом при одном и том же варианте старта алгоритма определялась при помощи Т-критерия Уилкоксона.
- ▣ Статистическая обработка результатов проводилась в программе “Microsoft Excel 2007”.

Результаты и обсуждения

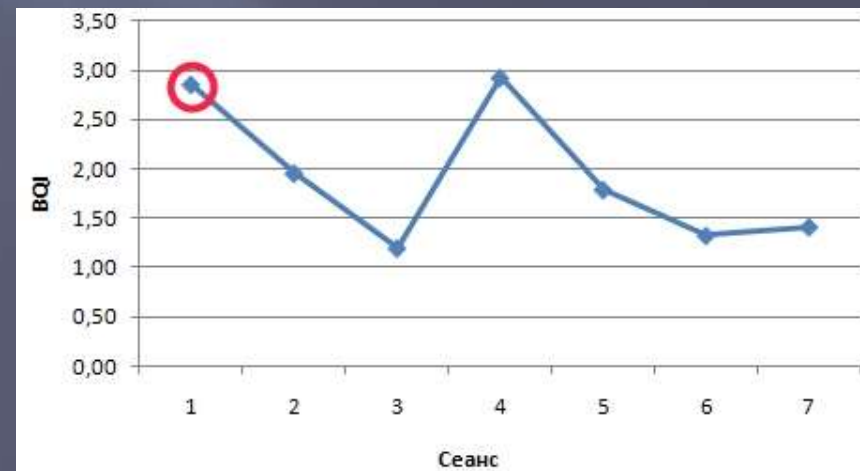
Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по дистанции при старте алгоритма поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания с физиологической нормы.



O^D -5,05 $O^{L/H}$
 S^D 3,01 $S^{L/H}$
 E^D 0,87 $E^{L/H}$

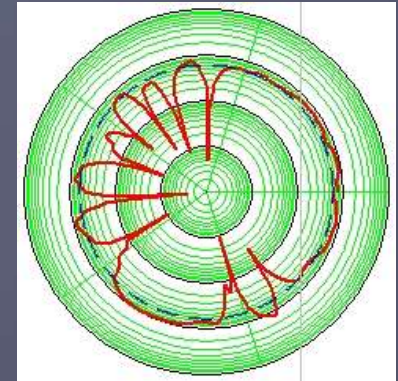
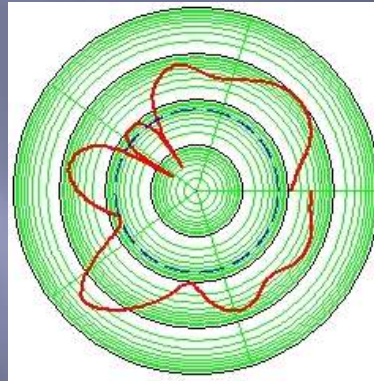
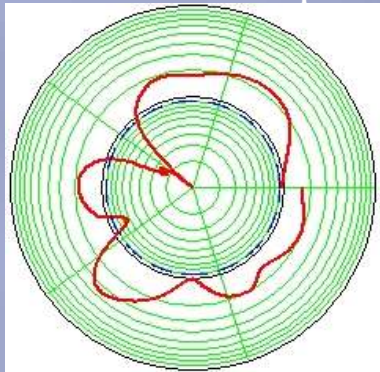
$-45,44$ $O^{V/(L+H)}$ -1,53
 $6,93$ $S^{V/(L+H)}$ 3,32
 $0,99$ $E^{V/(L+H)}$ 0,95

Испытуемая 5, (ж., 20 лет). Применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием, достигается за счет высокой эффективности адаптивной регуляции симпатовагального и гуморальновегетативного баланса. Это происходит благодаря высокой чувствительности обеих ветвей регуляции. Следует отметить высокую, компенсируемую удаленность от оптимального состояния в ветви симпатовагальной и малую удаленность в гуморальновегетативной регуляции.



Результаты и обсуждения

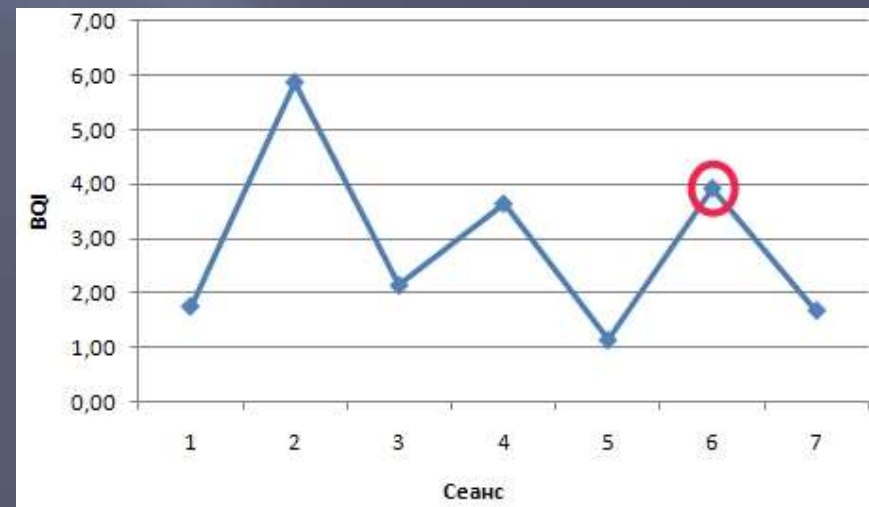
Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по $V/(L+H)$ при старте алгоритма поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания с физиологической нормы.



O^D -11,09 $O^{L/H}$
 S^D 3,49 $S^{L/H}$
 E^D 0,89 $E^{L/H}$

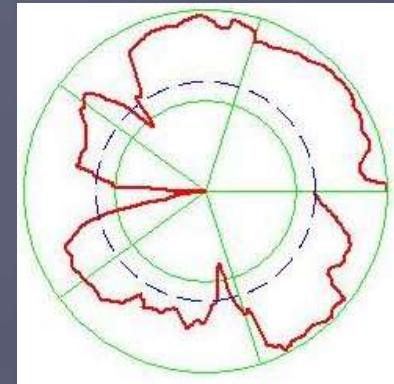
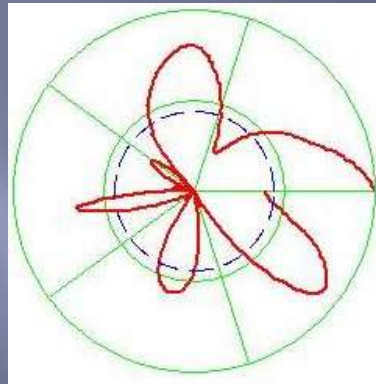
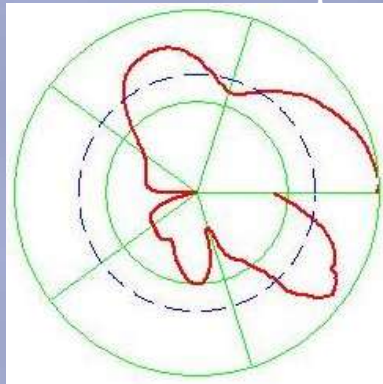
$-142,36$ $O^{V/(L+H)}$ 0,16
 $6,58$ $S^{V/(L+H)}$ 6,22
 $0,96$ $E^{V/(L+H)}$ 0,99

Испытуемая 2, (ж., 20 лет). Применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием достигается за счет высокой эффективности симпатовагальной и нейрогуморальной ветвей регуляции. Это происходит благодаря высокой чувствительности обеих ветвей регуляции. Следует отметить сильную некомпенсируемую удаленность от оптимального состояния в ветви симпатовагальной регуляции. Ветвь гуморальновегетативной регуляции находится в субоптимальном состоянии.



Результаты и обсуждения

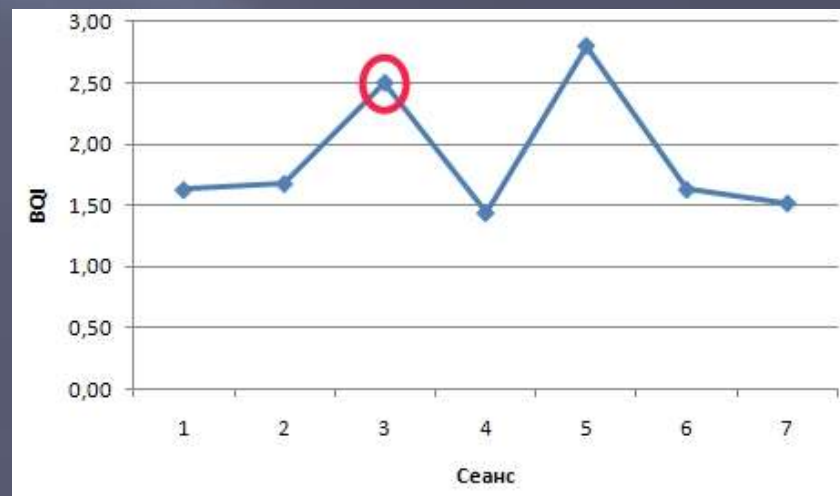
Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по L/H и $V/(L+H)$ при старте алгоритма поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания с физиологической нормы.



O^D	0,74	$O^{L/H}$
S^D	0,89	$S^{L/H}$
E^D	0,59	$E^{L/H}$

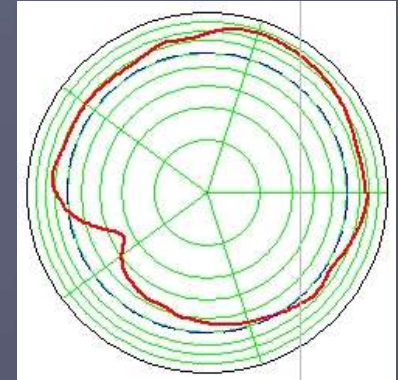
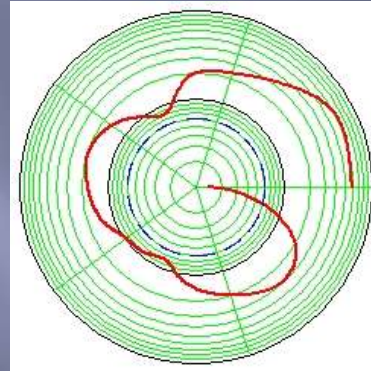
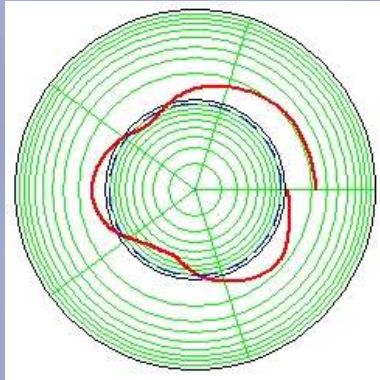
0,17	$O^{V/(L+H)}$	-1,57
8,32	$S^{V/(L+H)}$	7,91
0,99	$E^{V/(L+H)}$	0,99

Испытуемая 8, (ж., 20 лет). Применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием достигается за счет высокой эффективности симпатовагальной и нейрогуморальной ветвей регуляции. Это происходит благодаря высокой чувствительности обеих ветвей регуляции. Следует отметить компенсируемую удаленность от оптимального состояния в ветви гуморальновегетативной регуляции. Ветвь симпатовагальной регуляции находится в субоптимальном состоянии.



Результаты и обсуждения

Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по дистанции при старте алгоритма поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания со свободного дыхания.

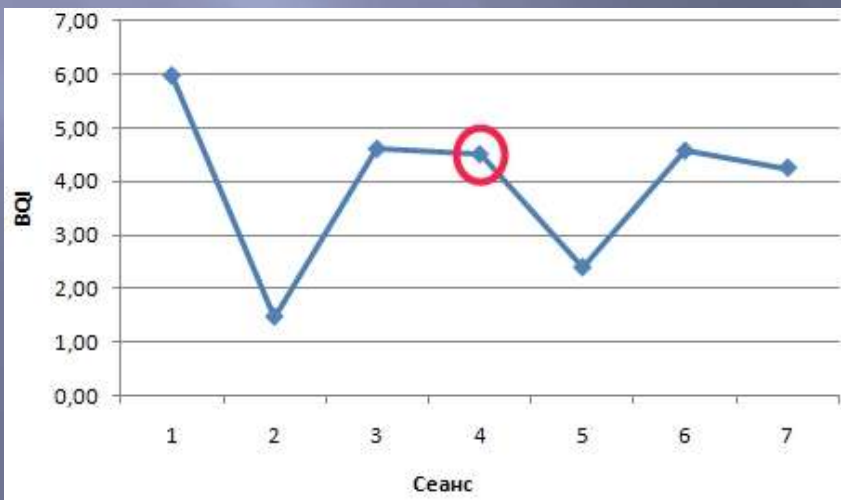


O^D
 S^D
 E^D

$-5,27 O^{L/H}$
 $1,33 S^{L/H}$
 $0,74 E^{L/H}$

$-25,63 O^{V/(L+H)}$
 $3,83 S^{V/(L+H)}$
 $0,98 E^{V/(L+H)}$

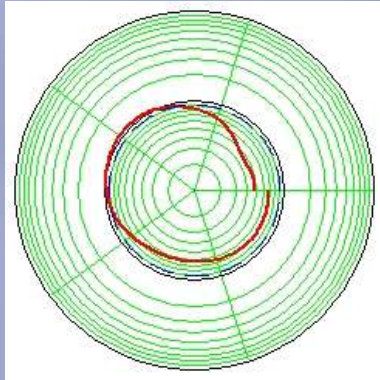
$-0,40$
 $0,94$
 $0,56$



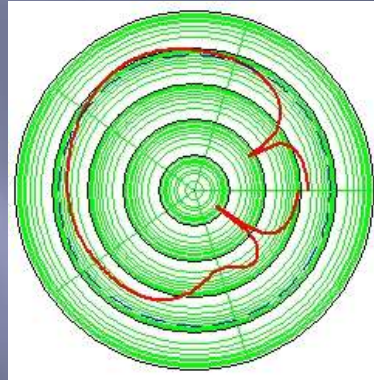
Испытуемый 11, (м., 20 лет). Применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием достигается за счет высокой эффективности адаптивной регуляции симпатовагального и гуморальное вегетативного баланса при достаточной чувствительности ветви L/H и низкой чувствительности ветви V/(L+H). Следует отметить высокую, компенсируемую удаленность от оптимального состояния в симпатовагальной и субоптимальный уровень в гуморальное вегетативной ветви регуляции.

Результаты и обсуждения

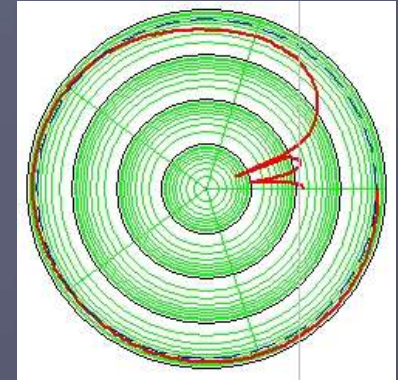
Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по L/H и $V/(L+H)$ при старте алгоритма поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания со свободного дыхания.



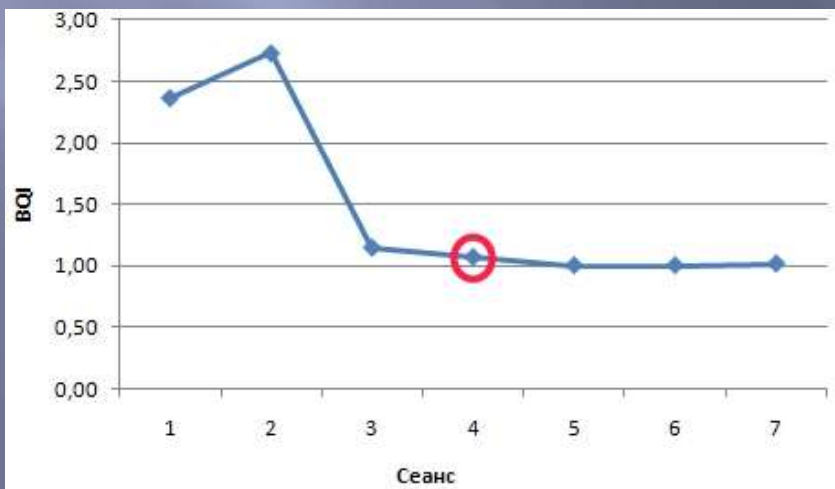
1,68 $O^{L/H}$
0,87 $S^{L/H}$
0,05 $E^{L/H}$



1,59 $O^{V/(L+H)}$
7,55 $S^{V/(L+H)}$
0,99 $E^{V/(L+H)}$



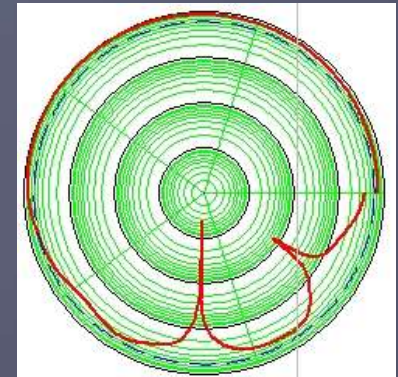
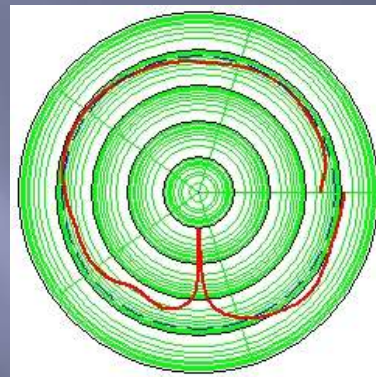
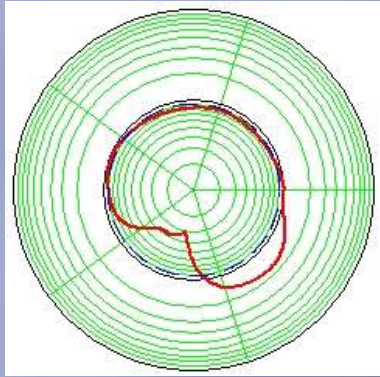
0,36
7,33
0,97



Испытуемая 13, (ж., 18 лет). Применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием достигается за счет высокой эффективности симпатовагальной и нейрогуморальной ветвей регуляции. Это происходит благодаря высокой чувствительности обеих ветвей регуляции. Следует отметить нахождение системы в оптимальном состоянии по дистанции и по ветвям L/H и $V/(L+H)$, чем и объясняется низкая эффективность применения управляемого дыхания по дистанции.

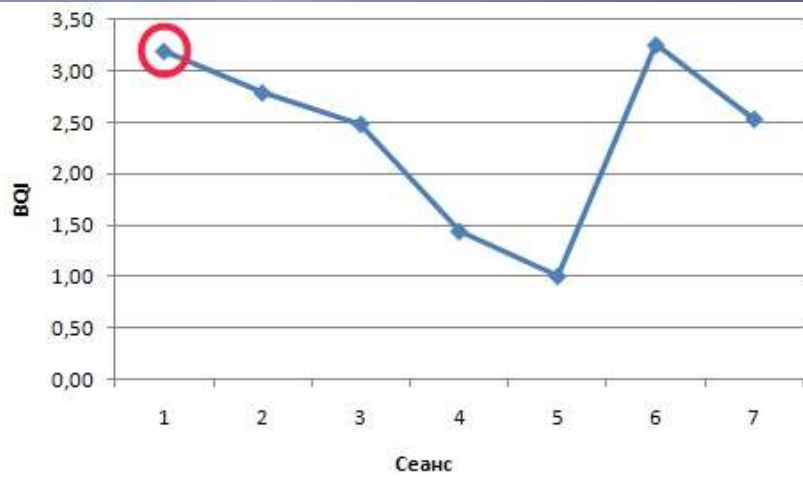
Результаты и обсуждения

Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по L/H при старте алгоритма поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания со свободного дыхания.



O^D	-1,44	$O^{L/H}$
S^D	0,89	$S^{L/H}$
E^D	0,59	$E^{L/H}$

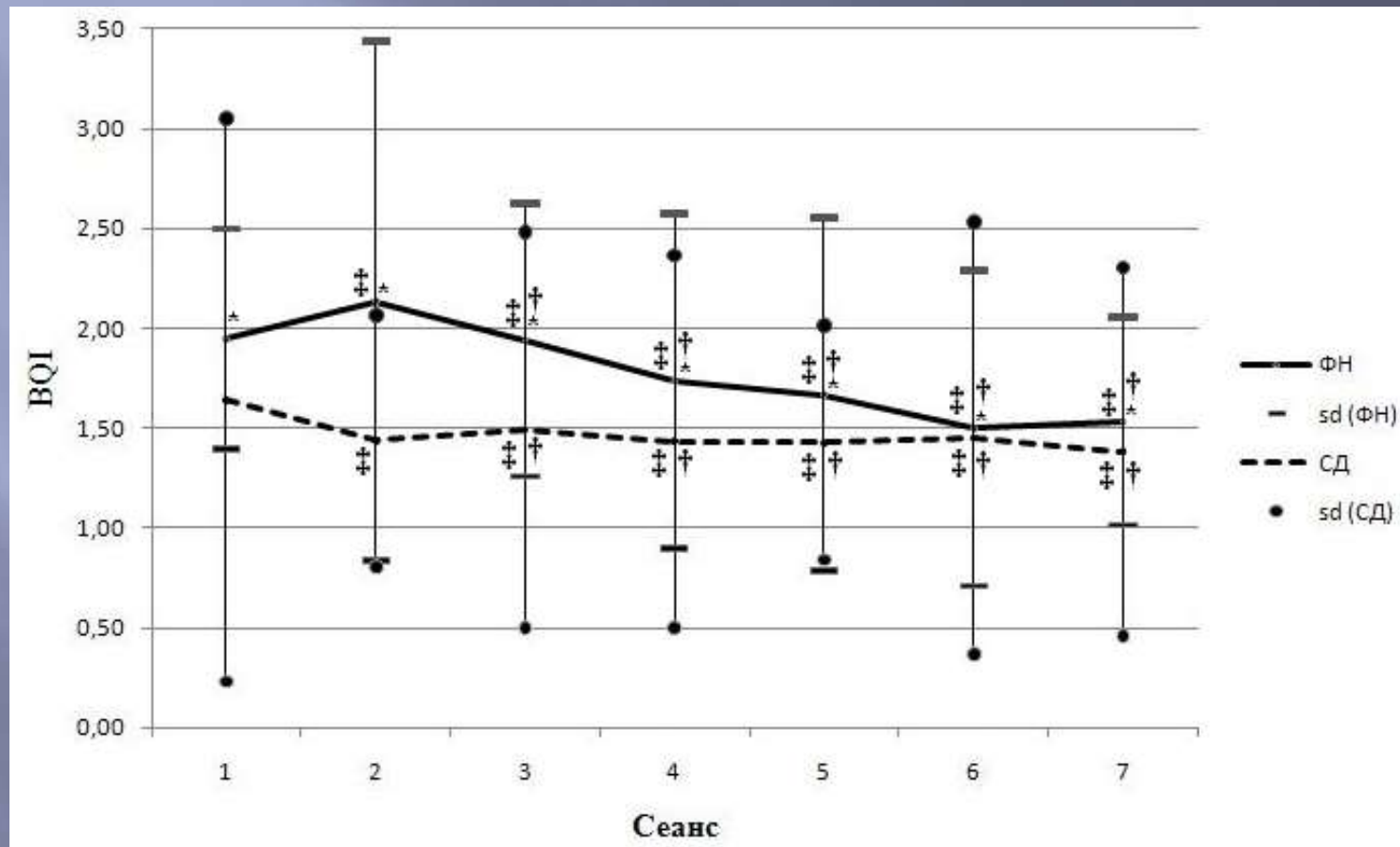
-0,61	$O^{V/(L+H)}$	-1,12
5,36	$S^{V/(L+H)}$	0,68
0,99	$E^{V/(L+H)}$	0,22



Испытуемая 9, (ж., 20 лет). Применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием достигается за счет высокой эффективности симпатовагальной ветви регуляции, которая достигается высокой чувствительностью данной ветви к метрономизированному дыханию. Низкая эффективность по нейрогуморальной ветви регуляции объясняется низкой чувствительностью данной ветви к предложенному алгоритму дыхания. Следует отметить малую удаленность от оптимального состояния в ветви симпатовагальной и гуморальновегетативной регуляции.

Результаты и обсуждения

Изменения BQI по всем испытуемым на 7 сеансах биофидбека при старте алгоритмов поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания с физиологической нормы (ФН) и со свободного дыхания (СД).



Примечания:

* - $P < 0,05$ между ФН и СД на текущих сеансах;

† - $P < 0,05$ на соседних сеансах ФН и СД;

‡ - $P < 0,05$ на сеансах ФН и СД против исходных значений.

Выводы

- ▣ Биологическая обратная связь на основе управления частотой метрономизированного дыхания по изменению показателей ВСР является мощным инструментом вмешательства в работу регуляторных систем организма и может быть использована для их оптимизации.
- ▣ Предложенные алгоритмы поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания при старте с возрастной физиологической нормы и со свободного дыхания в контурах биофидбека не имеют достоверных различий друг с другом и могут быть использованы для оптимизации состояния системы регуляции посредством влияния на параметры ВСР.
- ▣ Более эффективным из рассмотренных является алгоритм поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания при старте со свободного дыхания, т.к. его использование демонстрирует эффект оптимизации регуляторных системы организма, начиная с первого сеанса биофидбека.

Спасибо за внимание!

