

УДК 612.172.2+612.216

**ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ДЫХАНИЯ  
НА ФЕНОМЕН СЕРДЕЧНО-ДЫХАТЕЛЬНОГО  
СИНХРОНИЗМА У ЧЕЛОВЕКА**

Мирицхулава Нона Георгиевна  
*ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2»,  
Краснодар, Россия*

Кашина Юлия Викторовна  
*ГБОУ ВПО «Кубанский государственный  
медицинский университет», Краснодар, Россия*

При высокочастотном дыхании в такт индифферентному раздражителю в определенном частотном диапазоне у человека развивается сердечно-дыхательный синхронизм. Он заключается в том, что на каждое дыхание сердце совершает одно сокращение. Изменение частоты дыхания приводит к синхронному изменению частоты сердечных сокращений. В настоящем исследовании установлено, что увеличение глубины дыхания у здорового человека расширяет диапазон сердечно-дыхательной синхронизации, что не наблюдается у больных с хронической обструктивной болезнью легких легкой степени и пациентов с гипертонической болезнью II стадии.

Ключевые слова: СЕРДЕЧНО-ДЫХАТЕЛЬНЫЙ СИНХРОНИЗМ, ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ОБЪЕМ, РЕГУЛЯТОРНО-АДАПТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА

UDC 612. 172 2+612.216

**THE EFFECT OF BREATHING DEPTH AT  
CARDIO-RESPIRATORY SYNCHRONISM  
IN HUMAN**

Mirtskhulava Nona Georgievna  
*SBIHC «Krai clinic hospital Nr 2», Krasnodar,  
Russia*

Kashina Yulia Viktorovna  
*SBEA HPE «Kuban state medical university»,  
Krasnodar, Russia*

There is a human cardio-respiratory synchronism during high-frequency breathing in time with indifferent stimuli in a certain frequency range. It means that one heart contraction is performed in each breath. Changing of the respiratory rate leads to synchronous change in heart rate. The study revealed that breathing deep increasing extended the range of cardio-respiratory synchronization in a healthy man that was not observed in patients with chronic obstructive pulmonary disease and patients with arterial hypertension in II stage.

Key words: CARDIO-RESPIRATORY SYNCHRONISM, BREATHING VOLUME, REGULATIVE-ADAPTIVE BODY OPPORTUNITIES

В настоящее время для определения регуляторно-адаптивных возможностей организма человека в норме и при патологии используется проба сердечно-дыхательного синхронизма [5]. Суть пробы состоит в том, что при дыхании испытуемого в такт индифферентному раздражителю с частотой, на 5–20 % превышающей исходный ритм сердцебиений, возникает феномен сердечно-дыхательного синхронизма – в ответ на каждое дыхание сердце производит одно сокращение. Изменение частоты дыхания в определенном диапазоне частот приводит к синхронному изменению частоты сердечных сокращений – сердечно-дыхательному синхронизму [1].

Установлено, чем больше диапазон сердечно-дыхательной синхронизации и меньше длительность ее развития, тем выше регуляторно-адаптивные возможности организма [2].

Данная проба является способом интегративной оценки функционального состояния организма [3, 5].

В то же время параметры внешнего дыхания при проведении пробы не изучены. В частности, не исследовано влияние глубины дыхания при разных частотных параметрах на величину диапазона сердечно-дыхательного синхронизма, развитие синхронизации на минимальной границе диапазона.

**Цель работы** – установить влияние глубины дыхания на значения диапазона сердечно-дыхательного синхронизма для более точной оценки регуляторно-адаптивных возможностей организма.

### **Материал и методы**

Наблюдения были выполнены на 60 здоровых людях (студентах, интернах, ординаторах, врачах, обучаемых на факультете повышения квалификации), 20 пациентах с хроническим обструктивным бронхитом легкой степени и 20 пациентах с гипертонической болезнью (ГБ) II стадии

на базе ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2» (ККБ № 2) города Краснодара. Пациентам дважды в начале и в конце года проводили пробу сердечно-дыхательного синхронизма при высокочастотном поверхностном и углубленном дыхании, измеряли артериальное давление, регистрировали спирограмму при помощи микропроцессорного портативного спирографа «СМП-21/01-Р-Д» и компьютера, а также определяли параметры внешнего дыхания.

Пробу сердечно-дыхательного синхронизма проводили на установке «ВНС-Микро» по созданной компьютерной программе «Система для определения сердечно-дыхательного синхронизма у человека» [4]. При этом определяли исходные частоту дыхания и частоту сердечных сокращений, минимальную и максимальную границы диапазона сердечно-дыхательного синхронизма, диапазон синхронизации, длительность развития синхронизации на минимальной границе диапазона. Далее рассчитывали индекс регуляторно-адаптивного статуса и регуляторно-адаптивные возможности [5].

Статистический анализ результатов исследования был проведен с использованием программ: «STATISTIKA 6,0 for Windows». Вычисляли  $M$  – среднюю арифметическую,  $m$  – стандартную ошибку средней арифметической,  $P$  – показатель достоверности различий. За достоверные различия средних величин в парных сравнениях брали  $t$ -критерий Стьюдента при  $p < 0,05$ .

### **Результаты**

При проведении пробы феномен сердечно-дыхательного синхронизма был получен у всех наблюдаемых лиц (рис. 1, табл. 1).

Однако у здоровых лиц диапазон синхронизации был больше, чем у больных. Так, у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) I степени диапазон синхронизации был меньше такового у здоровых лиц на 29,3 %, а у больных с ГБ II стадии – на 28,0 %.

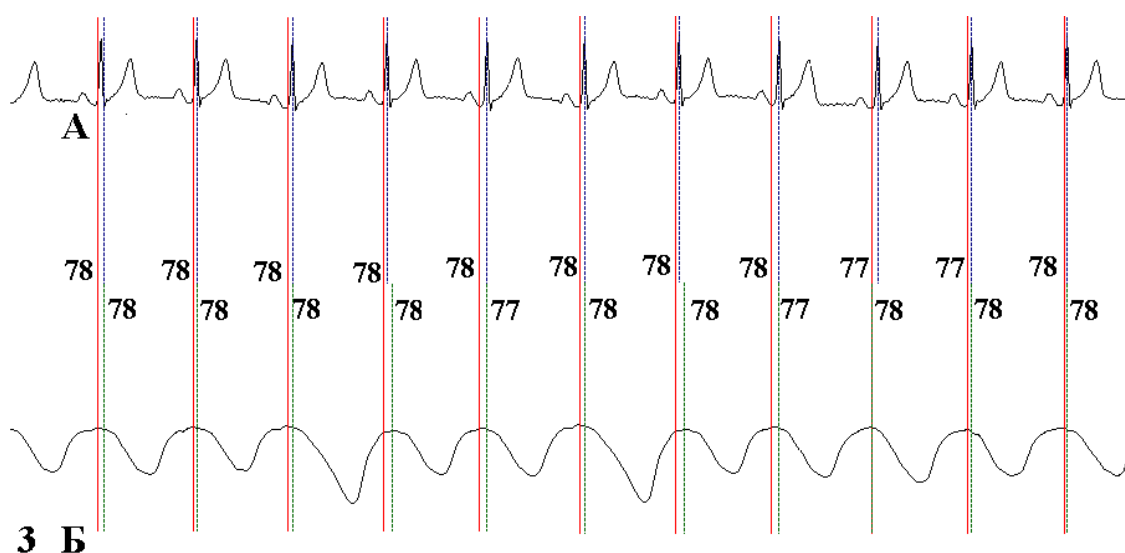
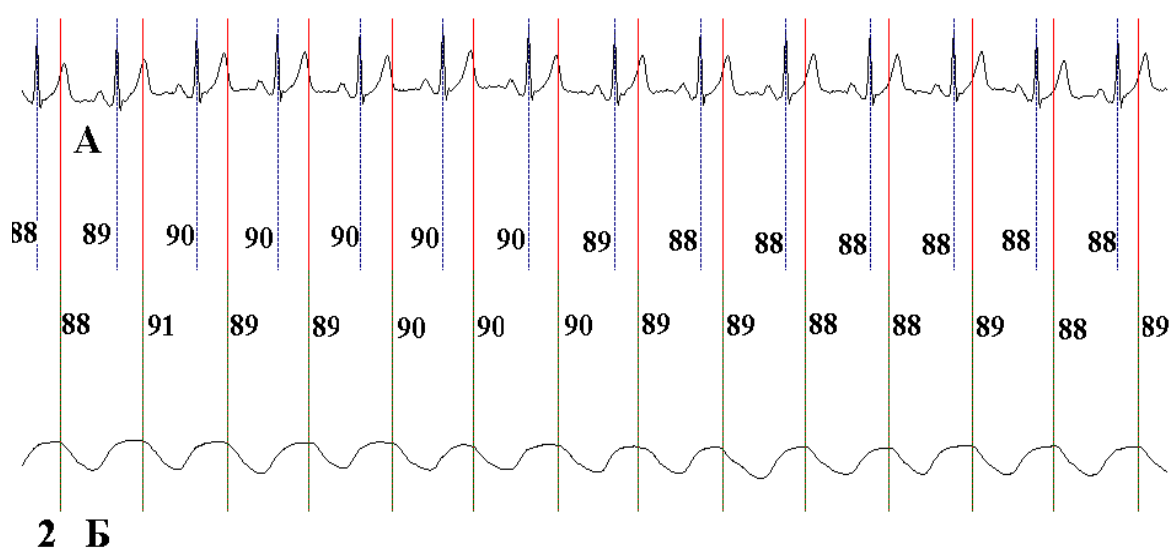
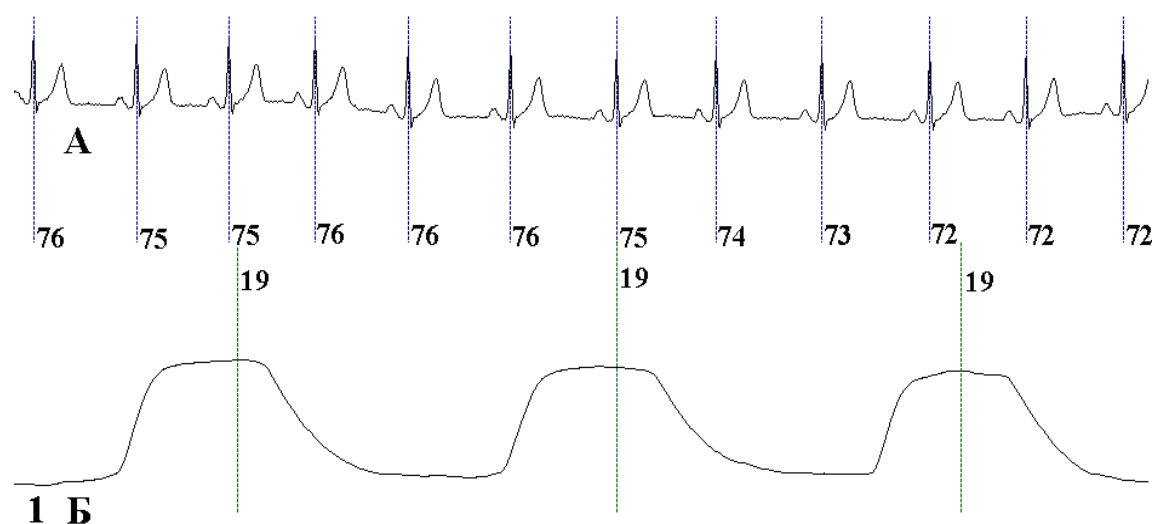


Рисунок 1. Феномен сердечно-дыхательного синхронизма у здорового человека: 1 – исходное состояние, 2 – на максимальной и 3 – минимальной границах диапазона синхронизации, А – электрокардиограмма, Б – пневмограмма. Цифрами обозначена частота в минуту

Таблица 1 – Параметры сердечно-дыхательного синхронизма у здоровых людей, больных хронической обструктивной болезнью легких I степени и пациентов с гипертонической болезнью II стадии ( $M \pm m$ )

Параметры	Здоровые	Пациенты	
		с хронической обструктивной болезнью легких I ст.	с гипертонической болезнью II ст.
Количество человек	60	20	20
Исходная частота сердечных сокращений в минуту	$78,3 \pm 0,7$	$72,8 \pm 0,6$ $P_1 < 0,001$	$83,6 \pm 0,4$ $P_2 < 0,001$
Максимальное артериальное давление в мм рт. ст.	$120,0 \pm 5,8$	$125,0 \pm 4,6$ $P_1 > 0,05$	$155,0 \pm 5,8$ $P_2 < 0,001$
Минимальное артериальное давление в мм рт. ст.	$80,0 \pm 2,3$	$82,0 \pm 3,5$ $P_1 > 0,05$	$95,0 \pm 3,7$ $P_2 < 0,001$
Исходная частота дыхания в минуту	$17,2 \pm 0,3$	$18,2 \pm 0,2$ $P_1 > 0,05$	$19,4 \pm 0,2$ $P_2 < 0,001$
Дыхательный объем в литрах	$0,56 \pm 0,8$	$0,48 \pm 0,4$ $P_1 > 0,05$	$0,52 \pm 0,6$ $P_2 > 0,05$
Модифицированный индекс Тиффно, %	$83,7 \pm 0,6$	$65,2 \pm 0,4$ $P_1 < 0,001$	$78,5 \pm 0,4$ $P_2 < 0,001$
Минимальная граница диапазона синхронизации в кардиореспираторных циклах в минуту	$81,0 \pm 0,3$	$65,2 \pm 0,5$ $P_1 < 0,001$	$85,5 \pm 0,8$ $P_2 < 0,001$
Дыхательный объем в литрах	$0,43 \pm 0,03$	$0,34 \pm 0,01$ $P_1 < 0,001$	$0,40 \pm 0,02$ $P_2 > 0,05$
Максимальная граница диапазона синхронизации в кардиореспираторных циклах в минуту	$89,2 \pm 0,4$	$80,0 \pm 0,5$ $P_1 < 0,001$	$91,4 \pm 0,5$ $P_2 > 0,05$
Диапазон синхронизации в кардиореспираторных циклах в минуту	$8,2 \pm 0,3$	$5,8 \pm 0,1$ $P_1 < 0,001$	$5,9 \pm 0,1$ $P_2 < 0,001$
Длительность развития синхронизации на минимальной границе диапазона в кардиоциклах	$16,2 \pm 0,4$	$23,8 \pm 0,6$ $P_1 < 0,001$	$24,0 \pm 0,5$ $P_2 < 0,001$
Индекс регуляторно-адаптивного статуса	$49,4 \pm 0,5$	$24,3 \pm 0,7$ $P_1 < 0,001$	$24,5 \pm 0,3$ $P_2 < 0,001$
Регуляторно-адаптивные возможности организма	Удовлетворительные	Низкие	Низкие

**Примечание.**  $P_1$  – показатель достоверности между данными столбцов 1 и 2;  $P_2$  – между 1 и 3.

Меньший диапазон синхронизации у больных с ХОБЛ I степени и у пациентов с ГБ II стадии был обусловлен различными причинами.

У больных с ХОБЛ I степени это было связано с меньшей максимальной границей диапазона синхронизации. По отношению к здоровым людям у больных с ХОБЛ I степени максимальная граница диапазона синхронизации была меньше на 10,3 %.

У пациентов с ГБ II стадии диапазон синхронизации был меньше из-за большей минимальной границы диапазона синхронизации. По отношению к таковой у здоровых лиц она была больше на 5,6 %.

Длительность развития синхронизации на минимальной границе диапазона синхронизации у больных с ХОБЛ I степени, по сравнению со здоровыми лицами, была больше на 46,9 %, а у пациентов с ГБ II стадии – на 48,1 %.

Индекс регуляторно-адаптивного статуса у пациентов с ХОБЛ I степени был меньше, чем у здоровых, на 50,8 %, а у больных с ГБ II стадии – на 50,4 %.

Согласно значениям индекса регуляторно-адаптивного статуса, регуляторно-адаптивные возможности здоровых людей оцениваются как удовлетворительные, а у пациентов с ХОБЛ I степени и у больных с ГБ II стадии – низкие.

Существует и другое отличие получения феномена сердечно-дыхательного синхронизма у здоровых лиц и у больных с ХОБЛ I степени и у больных с ГБ II стадии. Оно заключается в том, что у здоровых лиц при углублении дыхания происходит увеличение диапазона сердечно-дыхательного синхронизма за счет уменьшения минимальной границы диапазона синхронизации (рис. 2, 3, табл. 2).

При углублении дыхания у здоровых людей нижняя граница диапазона синхронизации уменьшалась на 7,0 %, что приводило к увеличению диапазона синхронизации на 68,3 %. При этом индекс

регуляторно-адаптивного статуса увеличивался на 66,4 %, что позволяло с большей точностью оценить регуляторно-адаптивные возможности. Они определялись не как «удовлетворительные», а как «хорошие».

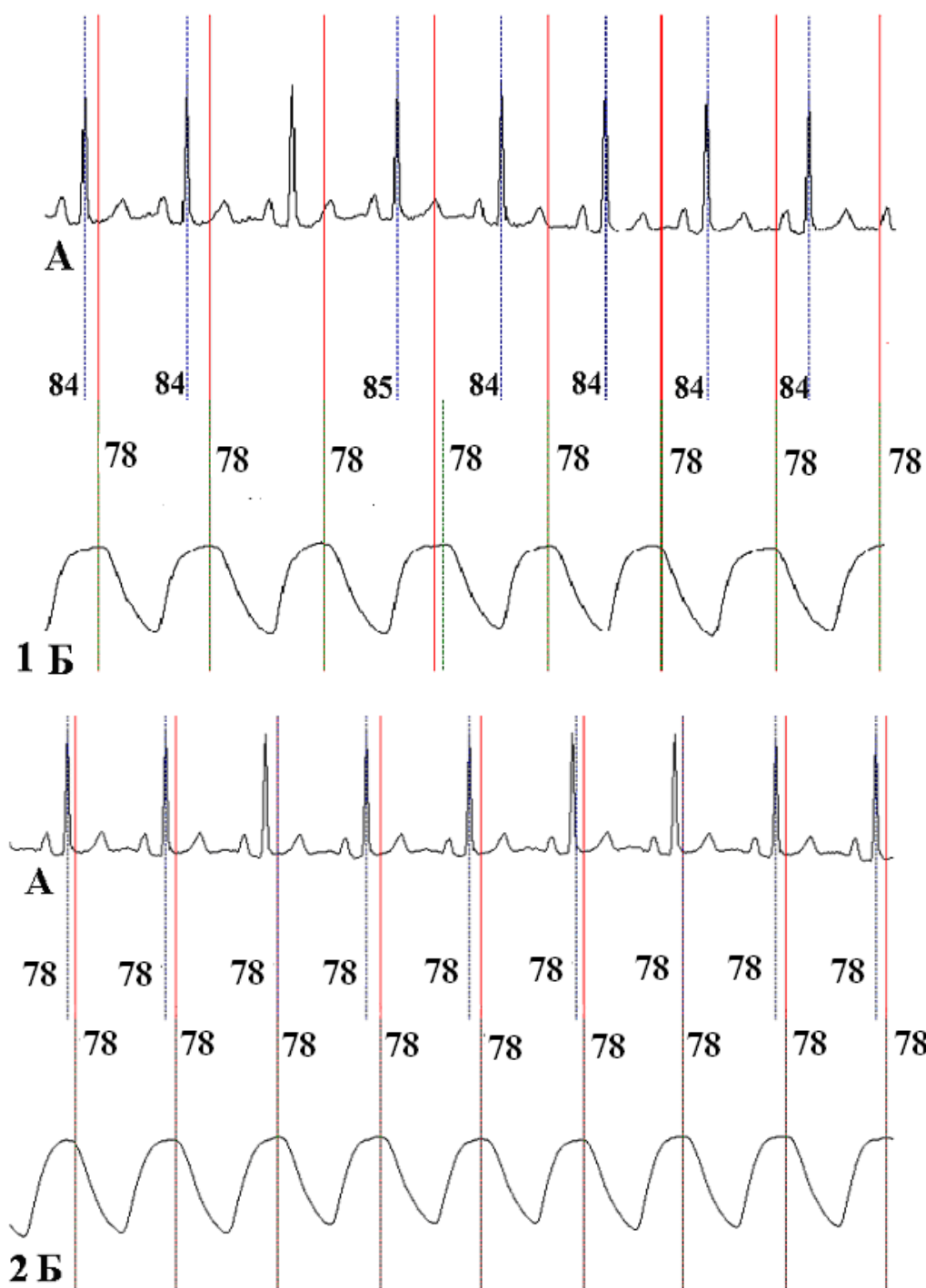


Рисунок 2. Уменьшение минимальной границы диапазона синхронизации здорового человека: 1 – до углубления дыхания (синхронизации нет); 2 – после углубления дыхания (синхронизация есть). А – электрокардиограмма, Б – пневмограмма. Цифрами обозначена частота в минуту

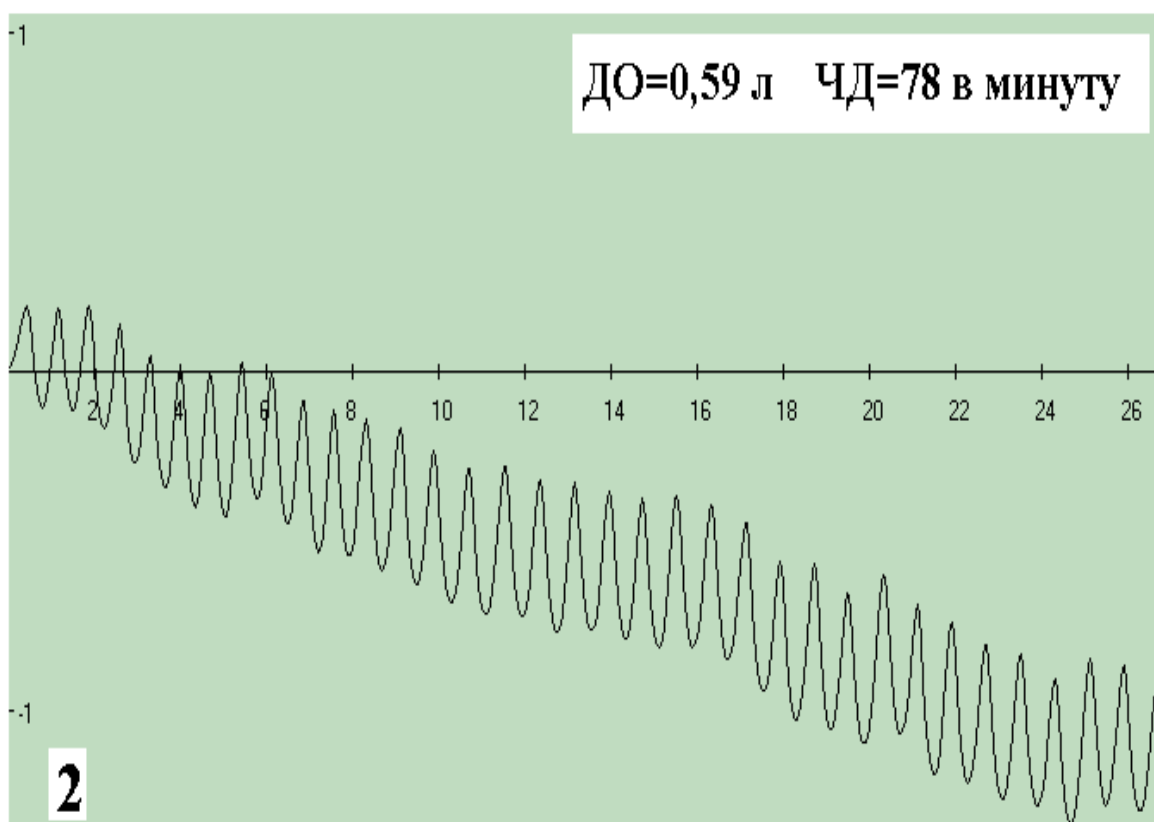
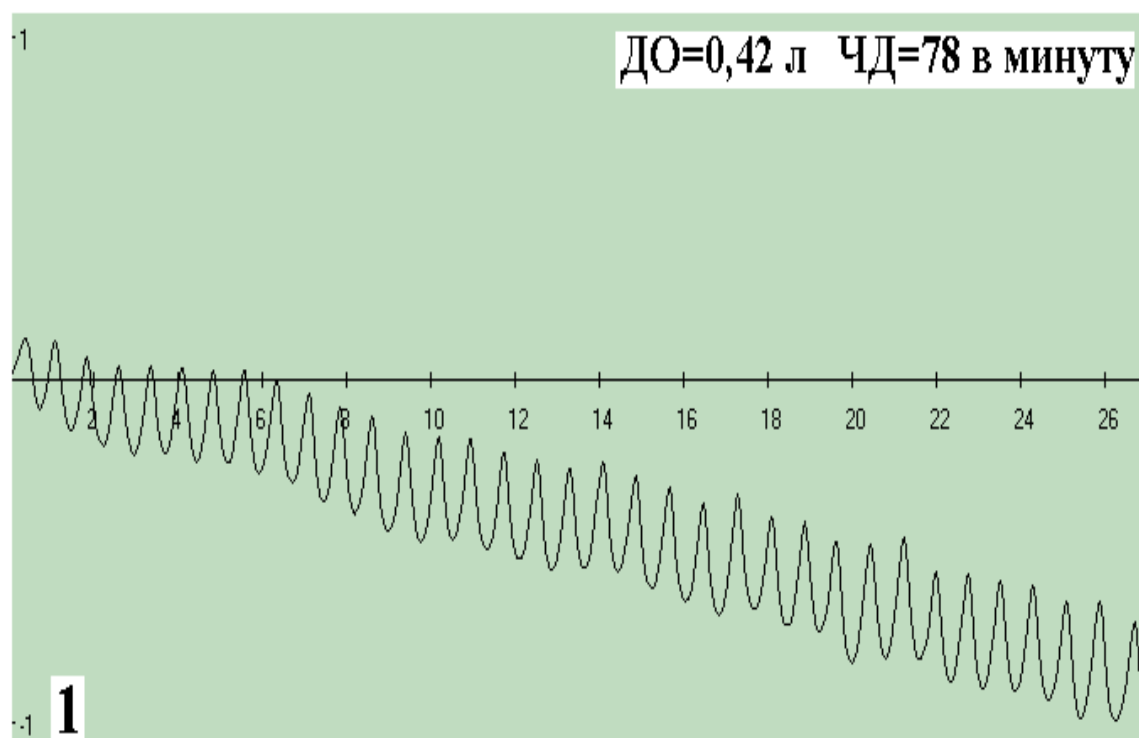


Рисунок 3. Спирограмма здорового человека: 1 – до углубления дыхания (синхронизации нет); 2 – после углубления дыхания (синхронизация есть). По шкале ординат – объем в литрах, по шкале абсцисс – время в секундах



Таблица 2 – Параметры сердечно-дыхательного синхронизма у здоровых людей до и после углубления дыхания на минимальной границе диапазона ( $M \pm m$ )

Параметры	До углубления дыхания	После углубления дыхания
	$n = 60$	
Минимальная граница диапазона синхронизации в кардиореспираторных циклах в минуту	$81,0 \pm 0,3$	$75,4 \pm 0,2$ $P < 0,001$
Дыхательный объем в литрах	$0,43 \pm 0,03$	$0,60 \pm 0,02$ $P < 0,001$
Диапазон синхронизации в кардиореспираторных циклах в минуту	$8,2 \pm 0,3$	$13,8 \pm 0,2$ $P < 0,001$
Длительность развития синхронизации на минимальной границе диапазона в кардиоциклах	$16,2 \pm 0,4$	$16,8 \pm 0,2$ $P > 0,05$
Индекс регуляторно-адаптивного статуса	$49,4 \pm 0,5$	$82,2 \pm 0,6$ $P < 0,001$
Регуляторно-адаптивные возможности организма	Удовлетворительные	Хорошие

Увеличение диапазона сердечно-дыхательного синхронизма при углублении дыхания имело место как у мужчин, так и у женщин (как в фолликулиновую, так и в лютеиновую фазы менструального цикла).

Диапазон сердечно-дыхательного синхронизма у здоровых студентов увеличивался при углублении дыхания как в начале, так и в конце учебного года. У пациентов с ХОБЛ I степени и у больных с ГБ II стадии такого не происходило.

### **Заключение**

Установлено, что чем больше диапазон сердечно-дыхательной синхронизации и меньше длительность ее развития, тем выше регуляторно-адаптивные возможности организма [2].

Данная проба является способом интегративной оценки функционального состояния нервной системы и организма в целом, поскольку включает в себя восприятие светового (звукового) сигнала, его переработку, формирование произвольной реакции воспроизведения дыхания с частотой сигнала, а также сложный комплекс межцентрального взаимодействия дыхательного и сердечного центров [5].

В то же время обнаружено, что сердечно-дыхательная синхронизация возникает при определенной глубине дыхания: при поверхностном дыхании в такт сигналу синхронизация отсутствует, а при углублении с той же частотой – возникает. Объяснить это с позиций вышеприведенной схемы механизма синхронизации невозможно. Данный факт позволяет предположить наличие в механизме синхронизации звена обратной связи: большее растяжение при более глубоком вдохе механорецепторов легких – генерация потенциалов – распространение потенциалов по блуждающим нервам в дыхательный центр – усиление взаимодействия дыхательного и сердечно-сосудистого центров и далее сигнал по блуждающим нервам достигает синоatriального узла и возникает сердечно-дыхательный синхронизм. Поэтому у больных с ХОБЛ легкой степени, когда они не могут углубленно часто дышать, по-видимому, дополнительного раздражения механорецепторов не происходит, как и дополнительного влияния блуждающих нервов на синоatriальный узел.

Возможен и другой механизм, когда при проведении пробы сердечно-дыхательного синхронизма начальным звеном является возбуждение барорецепторов сосудов. Это объясняет отсутствие изменений величины диапазона синхронизации при углублении дыхания у больных с ГБ II стадии. Как известно, на более поздних стадиях ГБ имеют место утолщение стенок аорты и сонных артерий, уменьшение их эластичности, что приводит к уменьшению чувствительности

барорецепторов и, следовательно, к снижению депрессорных реакций на повышение артериального давления.

Таким образом, увеличение диапазона синхронизации при углубленном дыхании обусловлено раздражением механорецепторов легких или барорецепторов сосудов. В том и другом случае это свидетельствует об участии в развитии сердечно-дыхательного синхронизма обратной связи.

### Список литературы

1. *Покровский В.М.* Сердечно-дыхательный синхронизм у человека / В.М. Покровский, В.Г. Абушкевич, И.И. Борисова, Е.Г. Потягайло, А.Г. Похотько, С.М. Хакон, Е.В. Харитонова // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 6. – С. 116–119.
2. *Покровский В.М.* Сердечно-дыхательный синхронизм: выявление у человека, зависимость от свойств нервной системы и функциональных состояний организма / В.М. Покровский, В.Г. Абушкевич, Е.Г. Потягайло, А.Г. Похотько // Успехи физиологич. наук. – 2003. – Т. 34, № 3. – С. 68–77.
3. *Покровский В.М.* Проба сердечно-дыхательного синхронизма – метод оценки регуляторно-адаптивного статуса в клинике / В.М. Покровский, В.Г. Абушкевич // Кубан. науч. мед. вестн. – 2005. – № 7–8 (80–81). – С. 98–103.
4. *Покровский В.М., Пономарев В.В., Артюшков В.В., Фомина Е.В., Грищенко С.Ф., Полищук С.В.* Система для определения сердечно-дыхательного синхронизма у человека // Патент № 86860 от 20 сентября 2009 года.
5. *Покровский В.М.* Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптивного статуса организма / В.М. Покровский. – Краснодар, 2010. – 243 с.