

## СИСТЕМА ЗА ВИРТУАЛНА РЕАЛНОСТ, МОДЕЛИРАЩА ВЛИЯНИЕТО НА ОКОЛНАТА СРЕДА ВЪРХУ ЧОВЕКА, ОПТИМИЗИРА РЕХАБИЛИТАЦИЯТА НА БОЛНИ С ПОСТКОВИДЕН СИНДРОМ

Геннадий Маклаков<sup>1,2</sup>, Надежда Георгиева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Научно-методически център за молекулярна медицина към МЗ на РФ - Санктпетербург, Русия

<sup>2</sup>Научно-изследователски център за биофотоника - Смолян, България  
e-mail: gmaklakov@mail.bg; www.biophoton-research.eu

**Ключови думи:** екология, рекреационни зони, рехабилитация, дистрес, виртуална реалност, КОВИД-19.

**Резюме:** Представени са резултати от проучвания за прилагане системи за виртуална реалност с цел оптимизиране процеса на рехабилитация при болни с постковиден синдром. За експресен контрол при възстановяване психосоматичното състояние, по време на сеанс с виртуална реалност се предлага използването на метода фотоплетизмография. За анализ се прилагат статистически и спектрални методи за оценяване вариабилността на сърдечната честота. Представени са възможностите на разработената портативна апаратура за експресен контрол на психосоматичното състояние на човека. Предложеният подход подпомага също възстановяване на психическото състояние, коригиране на професионалното изчерпване и повишаване работоспособността на работещите в аерокосмическия отрасъл.

## VIRTUAL REALITY SYSTEM MODELING THE INFLUENCE OF THE ENVIRONMENT ON HUMAN BEING OPTIMIZES THE REHABILITATION OF PATIENTS WITH POSTCOVIDAL SYNDROME

Gennadii Maklakov<sup>1,2</sup>, Nadejda Georgieva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Scientific and methodical center for Medicine Ministry of Health of the Russian Federation -  
St.Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Biophotonics Research Center - Smolyan, Bulgaria  
e-mail: gmaklakov@mail.bg; www.biophoton-research.eu

**Keywords:** ecology, recreation areas, rehabilitation, distress, virtual reality, COVID-19.

**Abstract:** The results of studies for the application of virtual reality systems in order to optimize the rehabilitation process in patients with postcovid syndrome are presented. For express control in the recovery of the psychosomatic state, during a session with virtual reality, the use of the photoplethysmography method is proposed. Statistical and spectral methods for estimating heart rate variability are used for analysis. The possibilities of the developed portable equipment for express control of the psychosomatic state of the person are presented. The proposed approach also helps to restore the mental state, correct professional exhaustion and increase the efficiency of workers in the aerospace industry.

### Въведение

В началото на пандемията вниманието на лекарите и учените по света беше съсредоточено изключително върху разработването на ефективни схеми на лечението. Обаче във връзка с увеличаването на оздравелите, особено на изписаните от болничните стационари, става все по-актуален въпросът за лечение на последствията от коронавируса. По мнение на световно известни учени последствията от КОВИД-19 са много по-страшни от самото заболяване [1-3]. Например, японският лекар Хирохито от м. март 2020 г. създава база данни на хора, пострадали от коронавируса [2]. Той отбелязва, че у всеки пациент възникват

наведнъж няколко симптоми. Най-разпространеният е слабост. От нея страдат 97%. Следващият симптом според него е потиснатост, депресивно състояние. Изпитват го 87 %. Най-разпространения симптом след боледуване от КОВИД-19 синдром на хронична умора. Изказва предположение, че с времето тези симптоми е възможно да отслабнат (с изключение на слабостта, която може да си остане за цял живот). Разбира се, данните са предварителни, те ще се коригират с времето, особено що се касае до процента на продължителност на постковидните симптоми. Въпреки това генералният директор на СЗО Тедрос Гибрейесос на брифинг в Женева отбеляза: „Безпокойство предизвиква фактът, че има широк спектър симптоми, които се променят във времето и често се засилват и могат да засегнат всяка система на организма” [2]. Освен това той отбелязва появата на усложнения като умореност, затруднение в дишането, възпаление и поражение на основни органи, включително белите дробове и сърцето. Както уточнява Тедрос Гибрейесос, оздравителният процес при всички е различен. Той може да бъде и бавен, да обхваща седмици и месеци. Затова СЗО има намерение да проведе специални изследвания, за да разработи „най-добри стандарти за лечение, насочени към ускоряване оздравяването на пациентите и предотвратяване на усложнения”. Към това СЗО призовава и правителствата на всички страни.

В тази обстановка за възстановителната медицина става все по-актуална темата за използването на околната среда като средство за резултатна физиотерапия. Въздействието на природата стабилизира психическото състояние, а това сега е особено важно поради връзката на психиката с имунната система. Както е известно, отслабване на имунната система се наблюдава при депресивни състояния на фона на вирусни заболявания. Тук природотерапията е ефективно решение. За нейното прилагане обаче е важно природните зони да се оценят обективно, за да се използват най-благоприятните от тях за рехабилитация и организация на лечебно-възстановителни процедури.

### **Използване на виртуална реалност във възстановителната медицина**

Както вече отбелязахме, в целия свят природотерапията се използва интензивно за рехабилитация, в това число и на преболедували от коронавирус. Известно е, че има местности, особено ефективно въздействащи върху човека и неговото здраве. До тях обаче достъпът не винаги е лесен без планински водач, а от друга страна често пътят до там е труден. Следва също да се вземе предвид, че подходящите райони могат да бъдат затворени поради карантина във връзка с коронавируса. Във време на икономическа криза за някои слоеве от населението не са без значение и финансовите разходи, свързани с пътуването. При подобна усложнена ситуация предлагаме добър изход – използване на системи за виртуална реалност (СВР).

Как системи за виртуална реалност се прилагат във възстановителната медицина вече представихме пред конференцията «Космос. Екология. Сигурност SES 2020» (на базата на имитиране на рекреационни зони в Родопите) [4, 5]. Резултатите от проучванията ни сочат, че системата за моделиране на избрана околна среда на базата на СВР има само 12 - 17% по-ниска ефективност от тази на реалната среда [5].

Като се вземат предвид особеностите, с които се проявява постковидният синдром, а именно увреждане предимно на сърдечно-съдовата система, поява на когнитивни нарушения и промени в психоемоционалното състояние на човек, в изследването се оценява нивото на дистрес на човек, който е имал коронавирус. Именно психоемоционалното състояние играе значима роля при избора на стратегия за мерки за възстановяване. В тази връзка е от голям практически интерес да се оцени ефективността на СВР по отношение на намаляване на дистреса, по-точно, да се види съотношението на активността на симпатиковия и парасимпатиковия отдел на вегетативната нервна система.

Няколко думи за дистреса. Дистресът е деструктивен стрес, опасно и разрушително за здравето състояние, което възниква при продължителен стрес. Дистресът влошава протичането на психофизиологичните функции. В организма се натрупват продукти от дейността на стресовите механизми, което довежда до разрушаване на механизмите за саморегулация. Разстройват се биологичните ритми (нарушава се сънят, може да се появи безсъние), променят се хормоналните и имунните функции на организма. Съществува мнение, че нито една болест не възниква без влияние на стреса върху имунната система (при дистрес, броят на клетките убийци, които се борят с вирусите и туморите намалява с 40%, нивото на левкоцитите в кръвта спада) [6]. Дистресът изтощава всички адаптационни резерви на организма.

## **Анализ на ритмограма за оценяване ефективността на виртуална реалност**

Определяме ритмограмата като графично представяне на продължителността на RR интервалите в електрокардиограма (ЕКГ). Показателите от ритмограмата отразяват състоянието на механизмите за регулиране на физиологичните функции на човешкото тяло, по-специално общата активност на регулаторните механизми, неврохуморалната регулация на сърцето, както и връзката между симпатиковия и парасимпатиковия отдел на вегетативната нервна система. Тези показатели са жизнено важни за управлението на физиологичните функции на тялото, в частност на функционалните резерви на механизмите за неговия контрол.

За обекта на нашето изследване е особено важно, че промяната в ритмограмата е универсална реакция на целия организъм в отговор на всяко влияние на външната среда.

Методът анализ на ритмограми се базира върху разпознаване и измерване на интервали от време между RR-интервалите на ЕКГ, изграждане на динамични редове на кардиоинтервалите с последващ анализ на получените числени редове чрез различни математически методи. Благодарение на трудовете на академик В. Парин и професор Р. Баевски математическият анализ на ритмограми се прилага в СССР (в космическата медицина) от 60 -те години на миналия век [7-9]. Преди месеци в света бе отбелязана 60-годишнината от първия полет на човек в космоса, извършен от Юрий Гагарин. В тази връзка ще напомня, че анализът на психофизиологичното състояние на космонавта по време на полета е направен именно въз основа на ритмограми.

В края на 70-те години Р. Баевски разработва доктрината за донозологичните състояния и по този начин създава фундаментално нов подход за оценка на нивото на здраве, който се нарича преднозологична диагностика. В края на 80-те години проф. Г. Маклаков развива подхода на Баевски във връзка с ранната диагностика на цереброваскуларните заболявания чрез анализ на реографските параметри и реологичните характеристики на кръвта. От 90-те години анализът на ритмограми започва широко да се използва в целия свят. През 1996 г. са публикувани международни стандарти, написани от работна група на Европейското дружество по кардиология и Северноамериканското дружество по кардиостимулация и електрофизиология (Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology) [10].

Познавайки уникалните възможности, които дава анализът на ритмограми, решихме да го приложим при експресна диагностика на състоянието на пациенти, претърпели коронавирус, и за оптимизиране рехабилитацията на пациенти с постковиден синдром при използване на виртуалната реалност. За нас от особен интерес е възможността да се използват резултатите от анализа на ритмограми като метод за оценка на адаптивните възможности на организма и текущото ниво на дистрес.

### **Методология на изследванията**

Ефективността на виртуалната реалност се оценява чрез анализиране устойчивостта на регулаторните системи на организма по метода анализ на ритмограми. Показателите се изследват с помощта на специални медицински диагностични системи, които позволяват измервания и математически анализ на ритмограма. Анализирани са параметрите от реоплетизмография (анализ на пулсовата вълна), електрокардиограма. Използвани са реоплетизмограф и портативен кардиограф на компания "ART INTECH" (Русия), а за експресна диагностика - специална софтуерна поддръжка за мобилен телефон.

В съответствие с препоръките на Европейското кардиологично дружество и Северноамериканското дружество за кардиостимулация и електрофизиология [10] се оценяват статистическите, геометричните и спектралните показатели на ритмограма на 5-минутни интервали с ЕКГ и реоплетизмограми. За анализа са избрани: NN - средна продължителност на сърдечния цикъл, ms (NN означава ред нормални интервали, с изключение на екстрасистоли); SDNN - стандартно отклонение на сърдечния цикъл, ms; HRV - триъгълен индекс (стойност, представляваща интеграла на плътността на разпределение, тоест отношението на общия брой интервали на RR към техния максимум); TINN - триъгълна интерполация на хистограма на интервали NN, е ширината на основата на триъгълника, получен при апроксимация на разпределението на NN интервалите.

За по-пълнен анализ на функционирането на човешките физиологични системи, този списък е допълнен със следните показатели за ритмограма, приети в Русия в космическата медицина [9]: ИН - индекс на напрежението на регулаторните системи (отразява степента на централизация на управлението на сърдечната честота). ИН често се нарича и стрес индекс – SI (stress index), тъй като отразява психоемоционалното напрежение, степента на потопяване на организма в стреса; ИВР - индекс на вегетативното равновесие (определя съотношението на

симпатиковата и парасимпатиковата регулация на сърцето); ПАРС – показател за активността на регулаторните системи, т.е. типа адаптационна реакция на стреса, (измерва се от 1 до 10). Оценяват се следните функционални състояния: 1 - оптимално напрежение на регулаторните системи, 10 - състояние на изтощаване на регулаторните системи.

ПАПР е индикатор за адекватността на процесите (отразява съответствието между активността на парасимпатиковия отдел на вегетативната нервна система и водещото ниво на функциониране на синусовия възел, което дава възможност да се съди за прекомерна или недостатъчна централизация на управлението на ритъма за дадена честота на пулса).

Анализът на времевите показатели позволява да се отговори на въпроса: "Каква е променливостта?", а чрез спектралния анализ на вълновата структура на ритъма отговорът е за въпроса: "От какво се определя?"

Според стандартите, приети в САЩ и Европейския съюз, за анализа са използвани следните показатели: TP - обща мощност на спектъра на ритмограмата,  $ms^2$ ; VLF е мощността на спектъра на ритмограмата в много нискочестотната област 0,040–0,003 Hz,  $ms^2$ ; LF е мощността на спектъра на ритмограмата в нискочестотния диапазон 0,15–0,04 Hz,  $ms^2$ ; HF е мощността на спектъра на ритмограмата във високочестотния диапазон 0,40–0,15 Hz,  $ms^2$ ; %VLF - процент на много нискочестотните трептения в общата мощност на спектъра; %LF - процент на нискочестотните трептения в общата мощност на спектъра; %HF - процент на високочестотните трептения в общата мощност на спектъра; LF/HF е индекс, отразяващ баланса на симпатиковите и парасимпатиковите регулаторни влияния върху сърцето.

### Анализ на резултатите от изследванията

Съществуващите прибори за регистриране на кардиография и реография предоставят на лекаря няколко десетки параметри. Естествено, да се избера сред тях значимите показатели е доста сложно. При това се изисква допълнителна квалификация и, главно, време, което в условията на пандемия е силно ограничено. Затова една от задачите на нашите изследвания е да се определи минимално количество параметри, имащи най-голяма прогностична ценност. Такъв подход се нарича принцип на минималната достатъчност, а именно – на лекаря се дава необходимата минимална информация за приемане на решение и при поискване се предоставя допълнителна информация.

Във връзка с това за представяне на резултатите от изследванията са избрани следните параметри: SI, ПАРС, TP, индекс LF/HF, мощност на спектъра в областите VLF, LF, HF.

На фиг.1 е показано състоянието на параметрите SI и ПАРС преди и след сеанс със СВР: 3D филм «Каньон на водопадите» (Орфеев водопад, Родопи), типично за мъж на възраст 70-75 г.



Фиг. 1. Нива на индекса на стрес преди (1) използване система за моделиране на избрана околна среда на базата на СВР и след това (2)

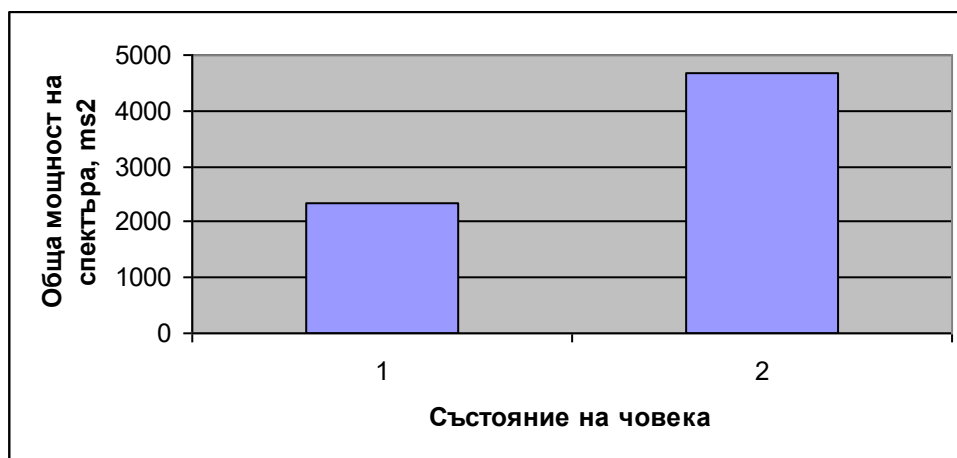
Както се вижда от диаграмата (Фиг.1), преди използване на система за моделиране на избрана околна среда на базата на СВР, SI има стойност 273 ед., което свидетелства за наличие на силен дистрес, който може да доведе до различни функционални разстройства; след използване на система за моделиране на избрана околна среда на базата на СВР SI намалява до 135 ед., което показва компенсирен дистрес.

Показателят за активност на регулаторните системи ПАРС преди използване на система за моделиране на избрана околна среда на базата на СВР е 4 бала, което свидетелства за пренапрежение на регулаторните системи на организма. След прилагането на системата се отчитат 2 бала, което говори за оптимално напрежение на регулаторните системи. С други думи, след сеанса със СВР става оптимизация на регулаторните системи, вследствие на което се осигурява оптимално равновесие на организма и средата.

Представлява интерес анализът на спектралните характеристики на ритмограмите преди и след сеанса със СВР.

Както е известно, общата мощност на спектъра (TP) отразява общия ефект върху сърдечния ритъм на всички нива на регулация. Високите стойности на TP са характерни за здравите хора и отразяват добро функционално състояние на вегетативната нервна система. Ниски стойности на TP се наблюдават при понижаване на адаптационните възможности на сърдечносъдовата система, тоест при слаба устойчивост на стрес.

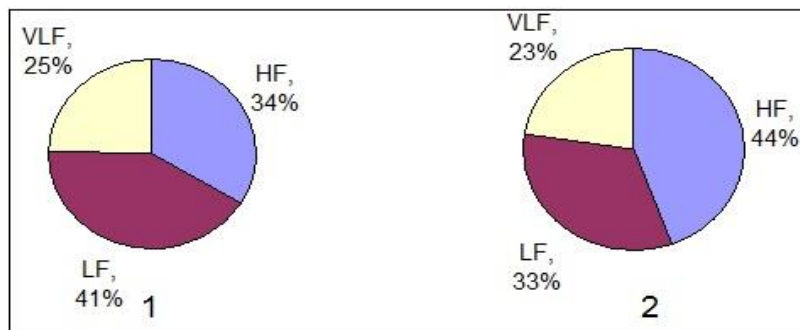
На Фиг. 2 е показано равнището на общата мощност на спектъра преди и след сеанса със СВР: 3D филм «Каньон на водопадите» (Орфеев водопад, Родопи), типично за мъж на възраст 70-75 г.



Фиг. 2. Нива на общата мощност на спектъра преди (1) използване на система за моделиране на избрана околна среда на базата на СВР и след това (2)

Както се вижда от диаграмата (Фиг. 2), общата мощност на спектъра TP след сеанса със СВР е повишена от 2329 ms<sup>2</sup> до 4675 ms<sup>2</sup>. Това показва увеличение на адаптационния капацитет на сърдечносъдовата система, т.е. повишава се устойчивостта на дистрес.

На Фиг. 3 е показано изменение в мощността на спектъра на параметрите в много нискочестотния диапазон (VLF), в нискочестотния диапазон (LF) и във високочестотния диапазон (HF) преди и след сеанса със СВР: 3D филм «Каньон на водопадите» (Орфеев водопад, Родопи), типично за мъж на възраст 70-75 г.



Фиг. 3. Разпределение на мощността на спектъра в областите VLF, LF, HF преди (1) използване на система за моделиране на избрана околна среда на базата на СВР и след (2) използването ѝ

Както се вижда от диаграмата (Фиг. 3), извършва се преразпределение на спектъра. Ако до въздействието със СВР разпределението на максималната мощност на спектъра е

(HF=34%, LF=41%, VLF=25%), то след това е (HF=44%, LF=33%, VLF=23%). С други думи, регистрирано е, че след въздействието със СВР се увеличава мощността на високочестотните вълни, което свидетелства за засилване активността на парасимпатиковата система, а значи и за намаляване на стреса. За същото говори намаляването на мощността на нискочестотните вълни. Мощността на вълните с много ниска честота също намалява, което показва намаляване на стреса.

Средната абсолютна стойност на коефициента на вагосимпатичен баланс (LF/HF) преди въздействието със СВР е 1.21, а след него 0.76. Това намаляване означава активизиране на парасимпатиковата система и като резултат по-малък дистрес и преход на организма към по-хармонично функциониране.

Всички данни от анализа на ритмограмите потвърждават ефективността на виртуалната реалност, моделираща влиянието на околната среда върху човека, за оптимизиране процеса на рехабилитация на болни с постковиден синдром.

### **Заклучение**

Направените изследвания потвърдиха, че системи за виртуална реалност могат да оптимизират процеса на рехабилитация при болни с постковиден синдром. За експресен и ефективен контрол при възстановяване психосоматичното състояние, е целесобразно да се използва анализ на ритмограма.

Системите за виртуална реалност показват много благоприятен ефект върху психосоматиката на човека и най-важното - имат стимулиращ ефект върху имунната система. С други думи, специални 3D филми, базирани на СВР, могат да се използват като допълнителна възстановителна терапия, за профилактика и възстановяване психосоматичното състояние на лица, прекарали вирусни заболявания, в частност КОВИД-19.

Такъв подход е изключително подходящ и за възстановяване на психоемоционалното състояние на хора, заети в критични производства, изискващи от тях стабилна психика (авиация, космонавтика, оператори в АЕЦ и т.н.).

Предложеният подход подпомага също за възстановяване на психическото състояние, коригиране на професионалното изчерпване и повишаване работоспособността на заетите в аерокосмическия отрасъл.

### **Литература:**

1. Hetong, Zh., Shaojia L., Jingkai Ch. The landscape of cognitive function in recovered COVID-19 patients. *Journal of Psychiatric Research*. Volume 129, October 2020, p. 98–102.
2. Ноэль, Я. Восстановление и осложнения после коронавируса: что делать. <https://trends.rbc.ru/trends/social/6012d84b9a7947ebae08b952>. 21.05.2021
3. Малинникова, Е. Новая коронавирусная инфекция. Сегодняшний взгляд на пандемию XXI века. *Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение*. Том 9, № 2, 2020.
4. Маклаков, Г. Проблемът коронавирус и аерокосмическите технологии. възможности и перспективи. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурност “SES-2020”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2020, с. 9–20.
5. Маклаков, Г., Георгиева Н. Изследване на екологорехабилитиращи звукови среди на рекреационни зони в България за рехабилитация и профилактика на работещи в аерокосмическия отрасъл. // Международна научна конференция «Космос. Екология. Сигурност “SES-2020”». Сборник доклади. ИКИТ-БАН. София. 2020, с. 292–297.
6. Булкина, Н. Стресс и дистресс <https://www.b17.ru/article/149354/> 3.08.2019
7. Парин, В. В., Баевский Р. М., Газенко О. Г. Сердце и кровообращение в условиях космоса. *Cog et vasa*, 1965, №7, с. 165–183.
8. Парин, В. В., Баевский Р. М. Вопросы кибернетики и космической медицины. *Известия АН СССР. Сер.биолог.*, № 1. 1963, с. 9–14.
9. Баевский, Р., Кириллов О., Клецкин С. Математический анализ сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984.
10. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. // *Circulation*. Vol. 93, 1996. p. 1043–1065.