

АВИАЦИОННА, МОРСКА И КОСМИЧЕСКА МЕДИЦИНА
Издание на Българско сдружение по авиационна, морска и космическа медицина
съвместно с Дружество на специалистите по водно спасяване Варна и ОС на БЧК – Варна

AVIATION, MARITIME AND SPACE MEDICINE

Published by the Bulgarian Association of Aviation, Marine and Space Medicine
jointly with the Association of Specialists in water and Bulgarian Red Cross – Varna

2024/1



Редакционна колегия

Editorial board

Главен редактор

Проф. д-р Христо Бозов, дм

Editor in chief

Prof. Hristo Bozov, MD. PhD

Зам. гл. редактори

Проф. д-р Любомир Алексиев, дм

Проф. д-р Димитър Ставрев, дм

Deputy editors

Prof. Lubomir Alexiev, MD. PhD

Assoc. Prof. Dimitar Stavrev, MD. PhD

Международен редактор

Проф. д-р Анатолий Гоженко д.м.н.

International editor

Prof. Anatoly Gozhenko, MD. DMSc.

Секретар

Доц. д-р Константин Георгиев

Secretary

Assoc. Prof. Konstantin Georgiev, MD.

Членове

Проф. д-р Анелия Клисарова д.м.н.

Проф. Боян Медникаров, двн

Проф. Илия Пеев, д.пс.н.

Проф. д-р Златислав Стоянов, д.м.н.

Н.с. I ст. д-р Мариана Спахиева, дм

Илия Раев

Акад. Христо Григоров

Проф. д-р Красимир Гигов, дм

Технически редактор

Татяна Георгиева

Members

Prof. Anelia Klisarova, MD. DSc.

Prof. Boyan Mednikarov, DMSc.

Prof. Iliya Peev, DPsS.

Prof. Zlatislav Stoyanov, MD. DSc.

Assoc. Prof. Mariana Spahieva, MD. PhD

Iliya Rayev

Acad. Hristo Grigorov

Prof. Krassimir Gigov, MD. PhD

Technical editor

Tatyana Georgieva

ОТ ГЛАВНИЯ РЕДАКТОР ИЗИСКВАНИЯ КЪМ АВТОРИТЕ НА СПИСАНИЕТО ЗА СЛЕДВАЩИТЕ БРОЕВЕ

Приемат се ръкописи на български и английски език. Ръкописите се оформят като стандартни машинописни страници (шрифт Times New Roman, размер 12) с достатъчен интервал между редовете и се предават на магнитен носител и разпечатка.

Обемът на страниците е до 5 ст. м. с. за оригинални статии, до 3 ст. м. с. за обзори и до 3 ст. м. с. за реферати на статии, рецензии, научни съобщения и др.

Под имената на авторите се посочва местоработата им, посочена в цифров индекс.

Всяка статия и всеки литературен обзор са придружени от резюме в обем до 150 думи, в което се посочват: цел и обект на изследването, основни данни за методиката, резултати и изводи, както и от ключови думи.

На английски език се превеждат заглавието, резюме, ключови думи, а имената на авторите се транскрибират.

Научните статии включват обособени раздели: „Материал и методи“, „Резултати“, „Обсъждане“ и „Изводи“.

Библиографията (до 20 заглавия) се подрежда по азбучен ред на фамилията на първия автор; източниците на кирилица предшестват тези на латиница. Изписването на всеки източник да бъде на нов ред с

арабска номерация.

Ако авторите са до трима се изписват фамилията и инициалите на първия автор, инициалите и фамилията на останалите автори. Когато авторите са повече от трима, след името на първия се пише „и др.“ (за латиница „et. al.“). При цитиране на български източници да се изброяват имената на всички автори. Позоваванията на библиографските източници в текста се правят с цифровото им обозначение в квадратни скоби.

Илюстративният материал (таблици, фигури, снимки) да се представя със съответни заглавия и легенди на български език. Снимките трябва да бъдат с добро качество на възпроизвеждане.

Всеки ръкопис се придружава от авторска декларация, че материалът не е публикуван досега, освен като резюме на съобщение, изнесено на научна проява и копие от квитанция за платен членски внос за текуща година, към Българското сдружение по авиационна, морска и космическа медицина и/или БЧК.

Заедно с предложения материал се предават и име и пълен адрес с телефон и e-mail на отговорния автор за осъществяване на контакт.

Материалите се изпращат на адрес:
МБАЛ „Варна“ към ВМА
ул. „Хр. Смирненски“ №3
доц. д-р Константин Георгиев
e-mail: drkgeorgiev@abv.bg
тел. 052/ 386 237

СЪДЪРЖАНИЕ

1. Зоя Хубенова, Емил Василев ЕРГОНОМИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР В СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНИЧЕСКИ СИСТЕМИ	5
2. Камен Ненов, Любомир Алексиев ОБУЧЕНИЕ НА ЛЕТАТЕЛНИЯ СЪСТАВ ОТ ВЪОРЪЖЕНИТЕ СИЛИ НА Р. БЪЛГАРИЯ ПО АВИАЦИОННА ФИЗИОЛОГИЯ – ЗНАЧЕНИЕ И НЕОБХОДИМОСТ ЗА УСПЕШНА И БЕЗОПАСНА ЛЕТАТЕЛНА ДЕЙНОСТ	12
3. Стоян Везенков, Виолета Манолова, Боряна Русева, Илия Михайлов, Пенчо Тончев, Юлиан Радойски, Лазар Тренчев КОЛИЧЕСТВЕНИ ЕЕГ ПРОМЕНИ ПРЕДИ И СЛЕД ПРОГРАМА ЗА ОБУЧЕНИЕ НА ПИЛОТИ.....	17
4. Илиянка Георгиева ВЛИЯНИЕ НА КОСМИЧЕСКИТЕ ЛЪЧИ ВЪРХУ КЛИМАТА И ЧОВЕШКОТО ЗДРАВЕ	21
5. Никола Шопов, Николета Малинова СРАВНЕНИЕ НА ДОПЛЕРОВ АПАРАТ ЗА САМООЦЕНКА НА ВЕНОЗНИЯ ГАЗОВ ЕМБОЛИЗЪМ СЪС СТАНДАРТЕН CW ДОПЛЕР	26
6. Мария Пантелеева, Теофан Куюмджиев, Гюрджан Еджаби ТИПОВЕ ЕВАКУАЦИЯ ОТ МОРСКИ СЪОРЪЖЕНИЯ И КОРАБИ ДАЛЕЧЕ ОТ БРЕГА	33
7. Димитър Недялков АВТОЖИРНА МНОГОФУНКЦИОНАЛНА АВИАЦИОННА СИСТЕМА КАТО ЕЛЕМЕНТ ОТ ПЕРСПЕКТИВНА НАЦИОНАЛНА ИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ	38
8. Василка Гюрова-Кънчева, Христо Бозов, Даниела Танева ХИПЕРБАРНАТА ОКСИГЕНАЦИЯ И ТРУДНОЗАРАСТВАЩИТЕ РАНИ – КОМПЕТЕНЦИИ НА МЕДИЦИНСКАТА СЕСТРА.....	46

CONTENTS

1. Zoya Hubenova, Emil Vasilev ERGONOMIC RESEARCH OF THE HUMAN FACTORS IN THE MODERN TECHNOLOGICAL SYSTEMS	5
2. Kamen Nenov, Luybomir Aleksiev AVIATION PHYSIOLOGY TRAINING OF FLIGHT CREWS FROM THE ARMED FORCES OF THE REPUBLIC OF BULGARIA – IMPORTANCE AND NECESSITY FOR SUCCESSFUL AND SAFE FLIGHT OPERATIONS.....	12
3. Stoyan Vezenkov, Violeta Manolova, Boryana Ruseva, Iliya Mihaylov, Pencho Tonchev, Yuliyano Radoyski, Lazar Tranchev QUANTITATIVE EEG CHANGES BEFORE AND AFTER A PILOT TRAINING PROGRAM.....	17
4. Iliyanka Georgieva THE IMPACT OF COSMIC RAYS ON THE CLIMATE AND HUMAN HEALTH	21
5. Nikola Shopov, Nicoleta Malinova COMPARISON OF A DOPPLER DEVICE FOR SELF-ASSESSMENT OF VENOUS GAS EMBOLISM WITH STANDARD CW DOPPLER	26
6. Maria Panteleeva, Teofan Kuyumdzhiev, Gyurdzhan Edzhabi TYPES OF EVACUATION FROM OFFSHORE FACILITIES AND SHIPS AWAY FROM SHORE	33
7. Dimitar Nedyalkov AUTO-PROPELLED MULTIFUNCTIONAL AVIATION SYSTEM AS AN ELEMENT OF A PROSPECTIVE NATIONAL INFORMATION SYSTEM OF THE REPUBLIC OF BULGARIA	38
8. Vasilka Guyrova-Kancheva, Hristo Bozov, Daniela Taneva HYPERBARIC OXYGENATION THERAPY AND NON-HEALING WOUNDS – NURSE COMPETENCES	46

ЕРГОНОМИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР В СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНИЧЕСКИ СИСТЕМИ

Зоя Хубенова, Емил Василев

Институт за космически изследвания и технологии – БАН

Резюме: Разглеждат се най-важните аспекти на съвременната когнитивна, физическа и организационна ергономия, психологически фактори, влияещи върху дейността на операторите на големи системи, методи за професионален подбор и контрол на функционалните състояния. Показано е, че днес технологичното образование поставя високи изисквания към формирането на нови човешки способности по отношение на сензорната, интелектуалната и двигателната активност в съответствие с възможностите, които се откриват пред него с развитието на технологиите. Разглеждат закономерности на информационното осигуряване на дейността на човека-оператор и на процесите на регулация на работната му активност при взаимодействие в системата "човек-компютър". Обосновава се необходимостта от анализ и оценка на компонентите, от които зависи подобряването на ефективността на управлението и качеството на сложни системи за управление.

Ключови думи: ергометрия, човешки фактор, човешки възможности, технологични системи

ERGONOMIC RESEARCH OF THE HUMAN FACTORS IN THE MODERN TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Zoya Hubenova, Emil Vasilev

Institute for Space Research and Technologies – BAS

Abstract: The most important aspects of the contemporary cognitive, physical and organizational ergonomics, as well as the psychological factors influencing the operators' activity of large systems, methods for professional selection and control of functional states are being considered in the present piece of work. It has been demonstrated, that today's technological education places high demands on the formation of new human abilities with regards to sensory, intellectual and motor activity in accordance with the opportunities that open up with the development of technologies. The regularities of the information provision of the activity of the human operator and the processes of regulation of his work during the interaction in the "human-computer" system are being examined. The need to analyze and evaluate the components on which the improvement of management efficiency and quality of complex management systems depends is justified.

Key words: ergonomics, human factors, human performance, technological systems

ВЪВЕДЕНИЕ

В момента все повече се говори за човешкия фактор като важна основа за промените, настъпващи в техническото производство. В същото време понятието човеш-

ки фактор стана толкова обемно и многоаспектно, че концентрира фундаменталните проблеми на редица психологически, технически, информационни и социално-икономически дисциплини. Изследванията

в цяла група хуманитарни и технически науки доведоха до появата на една комплексна област на знанието – ергономия [1].

Ергономията изучава човек в специфичните условия на неговата дейност, свързана с използването на технически средства. Нейната цел е да оптимизира съдържанието на предмета, средствата, условията и процесите на работа, да повиши тяхната привлекателност и удовлетвореността на човека от работата. Основният обект на ергономични изследвания е системата човек-машина (ЧМС). Човекът, машината и околната среда се разглеждат в ергономията като сложно функциониращо цяло, в което водеща роля принадлежи на човека. Ергономията е едновременно научна и приложна дисциплина, поради което нейната задача включва разработването на методи за системен анализ и проектиране на подходящи възможности за човешка дейност, нейните външни средства и вътрешни методи, методи за отчитане на различни човешки фактори при модернизирани съществуващи и разработване на нови конструкции и технологични процеси, както и съответните условия на труд.

В ергономията човешките фактори се тълкуват като интегрални характеристики на връзката между човек и машина в **системата човек-машина-среда**, които се проявяват в специфичните условия на тяхното взаимодействие по време на функционирането на системата, насочени към постигане на зададени цели. Човешките фактори са психофизиологични, психологически, социални качества, които определят човека. Ергономията възниква като област на знанието, която изучава функционалността на техническите системи с цел създаване на машини и извършване на производствени операции в съответствие с вътрешните характеристики на човек. В същото време бързото развитие на съвременните технологии разкрива недостатъчността на този подход.

В европейските страни терминът ергономия е възприет за обозначаване на специална област на знанието и област на профе-

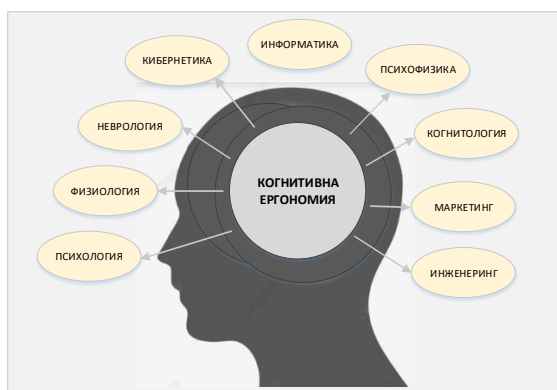
сионална дейност, подобна на това, което се нарича „човешки фактор“ в САЩ. Понастоящем терминът „човешки фактор“, поради разнопосочната дефиниция, се използва широко от учени и специалисти във връзка с различни случаи: в развитието на човешките условия на живот, в изследванията на рисковете, дължащи се на погрешни решения и човешки действия в икономиката, политиката, производството, проектирането на машинни работни места и в други области на човешката дейност. Съществуват три направления в рамките на ергономията, изследващи специфичните човешки качества, характеристики на трудовата дейност и човешкото взаимодействие: физическата, когнитивната и организационна ергономия [2]

Когнитивна ергономия

Когнитивната ергономия се занимава с умствени процеси като възприятие, памет, мислене и мобилност и начина, по който те се влияят при взаимодействието с наблюдаваната система. Най-важните аспекти включват умствено усилие, вземане на решения, взаимодействие с компютри, човешка надеждност и работен стрес [3].

Днес машините значително променят човешката дейност, формират нови функционални способности на мозъка. Проблемът сега е не само с адаптирането на машина към човек, но и с активното развитие на уменията на самия човек в съответствие с изискванията, които техническият прогрес поставя пред него, както и възможностите, които има с развитието на технологиите. По този начин задачите на ергономията включват не само разработването на изисквания за инструменти и технологии, фокусирани върху параметрите на човешките психични свойства, но и проектирането на външни и вътрешни средства при дейността на човека-оператор. Външните средства включват информационни модели, реализирани на различни устройства за визуализация и управление. Вътрешните средства обхващат различни концептуални модели, програми и алгоритми за вземане на решения, поведенчески модели и операторски умения [4].

Има припокривания между когнитивната ергономия и различните научни дисциплини. Научните и инженерни дисциплини, свързани с когнитивната ергономия, са представени на фиг.1. Възможна е приложимост на знанията за когнитивната ергономия в различни области на дизайна, ориентиран към човека: проектиране на използваемост на системи, проектиране на потребителско изживяване, проектиране на взаимодействието човек – компютър (HCI), други взаимодействия с околна среда (извън HCI), проектиране на роботика и изкуствен интелект, работна система, проектиране на задачи, дизайн на потребителски продукти, продуктови и моден дизайн, визуален комуникационен дизайн, дизайн на опаковки и др.



Фиг. 1. Научни дисциплини, свързани с когнитивната ергономия [5].

Една от трудните задачи за оптимизиране на система човек-машина е изборът на критерии за ефективност, които правят възможно сравняването на различни системни опции. Проблемът е да се определят критерии, които ни позволяват да оценим ефективността на тази система не само от техническа и икономическа гледна точка, но и за всестранното развитие на работещия човек и запазване на неговото здраве. Комплексните критерии за оптималност, разработени от проективната ергономия, отразяват степента на ефективност на системата и нейното съответствие с човешката психофизиология, като се вземат предвид психо-

логическите, физиологичните, хигиенните и антропометричните фактори. Проектирането на човешката дейност е по същество израждането на модел на тази дейност. При създаването на такъв модел те се ръководят от последователността от етапи на работа на оператора: получаване на информация, оценка и обработка на информация, вземане на решение и неговото изпълнение [6].

Според известния психолог R .L. Солсо „един вид симбиотична връзка е установена между **изкуствения интелект и когнитивната психология**, където всеки се възползва от развитието на другия. Защото, за да направите изкуствено точно копие на човешкото възприятие, памет, език и мислене, трябва да знаете как протичат тези процеси при хората. И в същото време развитието на изкуствения интелект предоставя нови възможности за разбиране на човешкото познание” [7].

Моделът за обработка на информация повдигна два важни въпроса, които предизвикаха значителни противоречия сред психолозите: през какви етапи преминава информацията по време на обработката? Под каква форма се представя информацията в човешкото съзнание?

Човешки когнитивен процес и обработка на информация

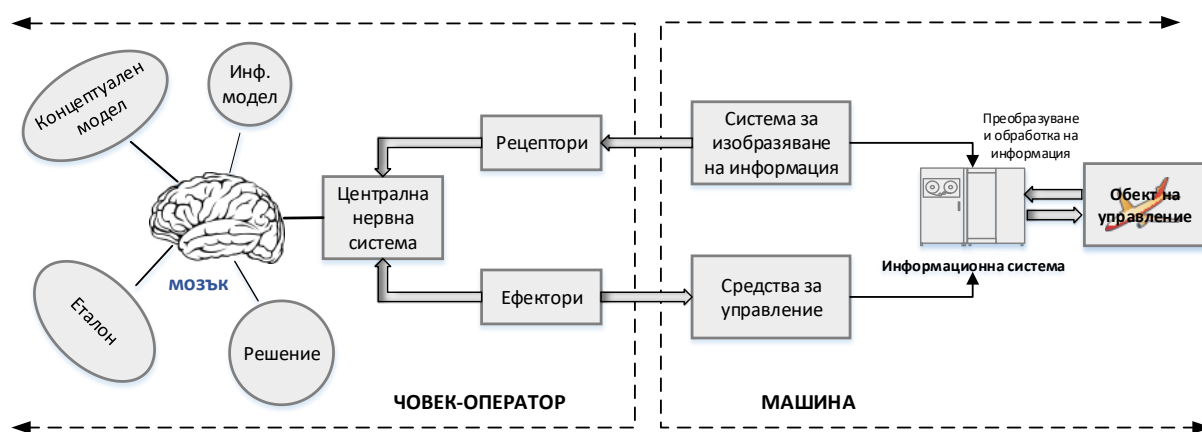
Теоретичните основи на когнитивната ергономия произтичат от модела на познанието за „обработка на информация от човека“ [8]. За да разбере човешкия познавателен процес и обработката на информация, трябва да се изясни човешкия умствен процес. Вниманието, усещането, възприятието, кодирането/извличането на паметта, разсъждението и познанието са ключови събития в човешкия когнитивен процес и обработка на информация.

Един от най-актуалните проблеми на съвременната инженерна психология е проблемът за точния теоретичен анализ и критериите за оценка на информационните процеси в психиката на човека. Понеже това е сложна система с йерархична структура на процеса на приемане и преработка на

информацията, то се изискват специфични методи за теоретичен анализ и по-високо ниво на експериментални изследвания. В последно време приложението на информационните методи, в частност математическите, за решаването на задачи в инженерната психология се разделят на три големи класа, различни по природа и по способности на приложение: 1) статистически методи за описване на резултатите от инженерно-психологическите, експериментални изследвания, 2) разнообразни математически схеми, използвани като модели за психологически феномени; 3) методи за формализация за построяване на системите [9].

Конкретните задачи на приложния анализ на процесите за приемане и преработка на информацията от човека, засяга минимум два важни проблема. Първият е проб-

лемът за описанието на външната информация (стимулен материал) и производствената (експериментална) ситуация във форма, адекватна на реалната структура на процеса. Тук е необходим детайлен анализ на сигнално-информационната структура на външните въздействия, съгласувани с особените свойства на човека като приемник на информация: избор на адекватен математически модел на сигналите, оценка на размерността, избор на геометрия на сигналното пространство, отчитане на информационната значимост и семантичката структура на съобщението, особеностите на пространствено-времевата динамика на потока на входната информация, оценка за плътност на потока и общото количество информация [10].



Фиг. 2. Структура на система за човеко-машинно взаимодействие: ефектори – ръце, крака, палци; рецептори

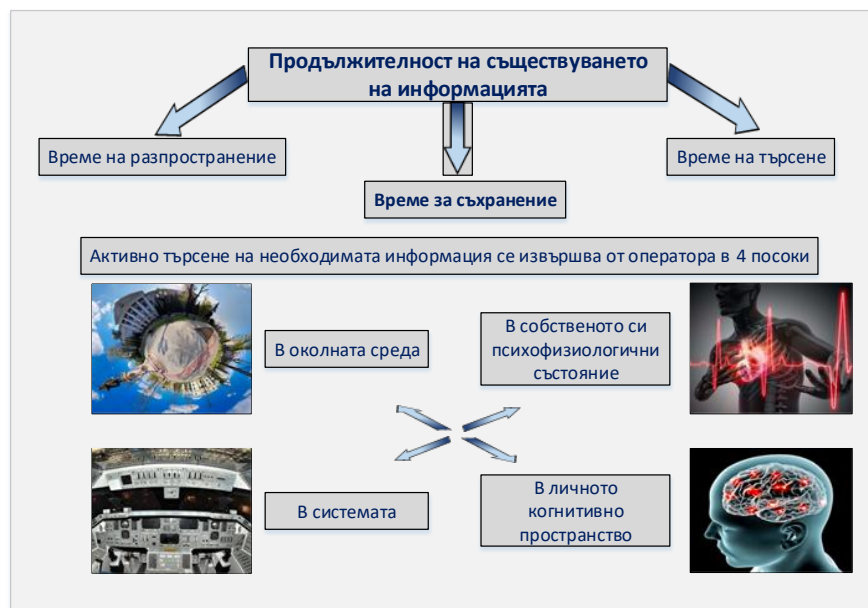
Второ – проблемът за изследване и способите за математическо описание на самите процеси на възприемане на информацията от човека от системна гледна точка, като от една страна целта е анализ на «мигновените» квазистационарни свойства на процеса (общите свойства на неговата вътрешна организация, количеството и качеството на елементите на неговата структура, характера и особеностите на техните взаимовръзки и отношения), а от друга – оценка на динамиката на този процес (фиг.1). Информацията за състоянието на управляемия обект постъпва в устройство за изобразяване на информация (СИИ), а после се изобразява в

системата за представяне на информацията (екрани, монитори и пр.) във вид на електрически сигнал. СИИ преобразува сигналите в удобни за възприемане от човек, т.е. в нагледен образ, имитиращ състоянието на обекта за управление (ОУ). По такъв начин на СИИ се формира така наречения динамичен информационен модел (ИМ), който представлява множество сигнали, носещи информация на човека-оператор за ОУ, организирани в съответствие с определени правила [10].

Информационният модел е обективен образ на реалния свят. Приема на информация от оператора се осъществява с помощта

на рецепторите. На основа възприятието на ИМ в съзнанието на човека се създава представа (концепция) за състоянието на реалния обект за управление. Този модел е т.н. концептуален или психически. Концептуалния модел е субективен образ на реалния обект. Паметта на оператора пази еталона, съответстващ на необходимата представа за ОУ. В резултат на сравнение на концептуалния модел с еталонния човек взема решение, което реализира с помощта на рецепторите. Въздейвайки със изпълнителните средства човекът осъществява целенасочена дейност в съответствие със задачите на цялата система. Рецепторът е елемент на организма, който преобразува въздействието върху него в информация, която въвежда в системата за управление, а

ефекторът – елемент на организма, който преобразува информацията от системата за управление, в действие. Както стана дума до тук, пълният цикъл на управление включва следващите задължителни компоненти: след възприемане или приемане на информацията, следва нейната интерпретация, след избор на програма за поведение, в съответствие на която и следва реагиране. Този процес може да се изобрази със следната функционална схема: **възприемане** → **интерпретация** → **анализ** → **реакция** → **действие**. За възприятието и действието са отговорни рецепторите и ефекторите, съответно. На системата за управление остават функциите интерпретация, анализ и реагиране.



Фиг. 3. Търсене на необходимата информация от оператора

В много случаи операторите трябва да оценят качествено възникващата ситуация, тоест без точно отчитане на показанията на индикатора. Анализът на променените параметри протича като последователен набор от етапи на получаване, обработка на информация и разработване на решение за въздействие върху органите за управление контролите. Психологическите изисквания към такава информация трябва да отчитат

характеристиките на възприятието, паметта и мисленето на лицето, работещо с дисплея. По правило тези изисквания са представени в общ вид, предназначени за средни показатели на човешката психика. По този начин скоростта на предаване на информация на човек не трябва да надвишава неговата пропускателна способност, т.е. максималната скорост на обработка на информацията. Количеството информация, представена

на екрана наведнъж, трябва да съответства на обема на оперативната памет на човека. Обемът на оперативната памет може да бъде увеличен чрез пространствено, времево, както и семантично структуриране на предоставената информация. Особеностите на човешкото възприятие трябва да се вземат предвид при подреждането на информацията на екрана, подчертаването на нейните отделни фрагменти и избора на методи за кодиране.

ИЗВОДИ:

Изследванията на закономерностите на влияние на човешкия фактор върху дейността на техническите системи, както и обратното влияние, трябва да бъдат значително активизирани. Основната цел на тази работа е да се определи структурата на умствената дейност, нейния оперативен състав и характеристики на ефективност. На тази основа от теоретичното изследване за човешкия фактор в съвременните технически системи могат да се направят следните изводи:

- провеждането на ергономични изследвания се определя не толкова от хуманни съображения, колкото от обективни закони на индустриалното и икономическо развитие: в условията на бързо развитие на технологиите човешкият фактор се превръща във важен резерв за повишаване на производителността на труда;

- съвременните технически устройства поставят високи изисквания към формирането на нови способности на човека по отношение на сетивната, интелектуалната и двигателната дейност в съответствие с възможностите, които се откриват пред него с развитието на технологиите;

- новите технически средства ще допринесат за проектирането на нови видове човешки дейности, ако са достатъчно ергономични. В противен случай диалогът между човек и техническо средство не може да се счита за ефективен и предизвикателството на модерното техническо средство няма да бъде прието от потребителя;

- дефиниране на функциите между човек и техническо средство (включително определяне на критерия за ефективност на СЧМ); проектиране на технически средства за операторска дейност, включително синтез на информационни модели и оформление на работното място).

***Благодарности:** Настоящият доклад е изготвен в рамките на проект по т. 3.1.7 от Национална научна програма „Сигурност и отбрана” (приета с ПМС №731 от 21.10.2021 г.) и съгласно Споразумение № Д01-74/19.05.2022 г. между МОН и Институт по отбрана „Професор Цветан Лазаров*

ЛИТЕРАТУРА:

1. Lewis James R, Human Factors Engineering, IBM Software Group, Boca Raton, Florida, U.S.A, 2011
2. Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods, CRC PRESS, edited by Neville Stanton et al., 2015 www.cpe.ku.ac.th/~jan/ergonomics/HumanFactors.pdf
3. Karwowski W., M. Soares, N. A Stanton, Human factors and ergonomics in consumer product design: uses and applications aldemar, Applied Ergonomics 34 (2003) 479–490
4. Стърнбърг Робърт, Когнитивна психология, Изток-Запад, София, 2012
5. Introduction to Cognitive Ergonomics in Design; <https://www.dsource.in/course/introduction-cognitive-ergonomics-design> (20.05.2024)
6. Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods, CRC PRESS, edited by Neville Stanton et al., 2015 www.cpe.ku.ac.th/~jan/ergonomics/HumanFactors.pdf
7. Solso R.L. Cognitive psychology. М., 1996. P. 496)
8. Velichkovsky, B. M., COGNITIVE SCIENCE: FOUNDATIONS OF EPISTEMIC PSYCHOLOGY, Volume 2, 2006

-
9. Salvendy Gavriel (Editor), Handbook of Human Factors and Ergonomics, Purdue University, 2006, Canada
 10. Хубенова, Системно-информационен анализ на човешкия фактор в сложни технически системи, УИ „Св. Климент Охридски”, София, 2021

АДРЕС ЗА КОРЕСПОНДЕНЦИЯ:

проф. д-р Зоя Хубенова
инж. Емил Василев
Институт за космически изследвания и технологии – БАН
zhubenova@space.bas.bg
evasilev@space.bas.bg

ОБУЧЕНИЕ НА ЛЕТАТЕЛНИЯ СЪСТАВ ОТ ВЪОРЪЖЕНИТЕ СИЛИ НА Р. БЪЛГАРИЯ ПО АВИАЦИОННА ФИЗИОЛОГИЯ – ЗНАЧЕНИЕ И НЕОБХОДИМОСТ ЗА УСПЕШНА И БЕЗОПАСНА ЛЕТАТЕЛНА ДЕЙНОСТ

Камен Ненов, Любомир Алексиев

Катедра Авиационна и морска медицина – Военномедицинска академия,
София

Резюме: Летателната работа е специфичен тип дейност, която се извършва в необичайна за човека среда, а именно въздушното пространство. Самата летателна работа и летателната среда изправят пилотът пред специфични неблагоприятни фактори като хипоксия, ускорения, илюзии и пространствена дезориентация, льчения, метеорологични явления и други, с които той трябва да се справя за да извършва успешна и безопасна летателна дейност.

Авиационната физиология обхваща и разглежда въпроси относно въздействието на факторите на летателната среда, като хипоксия, хипобария, видове ускорения, пространствена ориентация, нощно зрение и специфичните особености на катапултирането върху организма на пилота. Друга важна задача на авиационната физиология е обучението на летателния състав да разбира и контролира неблагоприятното въздействие на факторите на летателната среда чрез съответни тренировки и използване на специални за целта технически средства и екипировка за да се намали неблагоприятното въздействие на факторите на летателната среда върху работоспособността и ефективността на пилота.

Ключови думи: обучение, авиационна физиология, летателен състав, безопасност на полета

AVIATION PHYSIOLOGY TRAINING OF FLIGHT CREWS FROM THE ARMED FORCES OF THE REPUBLIC OF BULGARIA – IMPORTANCE AND NECESSITY FOR SUCCESSFUL AND SAFE FLIGHT OPERATIONS

Kamen Nenov, Luybomir Aleksiev

Department of Aviation and Maritime Medicine – Military Medical Academy,
Sofia, Bulgaria

Abstract: The flying activity is a very specific task, which is performed in an extraordinary aerospace environment. In flight the pilot faces unfavorable conditions such as hypoxia, high accelerations, illusions and spatial disorientation, as well as weather conditions which he/she needs to overcome in order to fly safely. The aerospace physiology encompasses and envisages the abovementioned conditions of the aerospace environment and their influence on the pilot's body.

Another task of the aerospace physiology is the training of aircrews to control the elements of the aerospace environment using specific technical devices and equipment to decrease the negative effects on pilot's awareness and performance.

Key words: training, aviation physiology, flight crew, flight safety

ВЪВЕДЕНИЕ

Терминът „Авиационна физиология“ е сравнително нов за авиационната медицина в България, но е използван широко в американската авиационна медицина и в страните от НАТО.

Авиационната физиология обхваща и разглежда въпроси за въздействието на факторите на летателната среда, като хипоксия, хипобария, видове ускорения, пространствена ориентация, нощно зрение и специфичните особености на катапултирането върху организма на пилота. Друга важна задача на авиационната физиология е обучението на летателния състав да разбира и контролира неблагоприятното въздействие на факторите на летателната среда чрез съответни тренировки и използване на специални за целта технически средства и екипировка, за да се намали неблагоприятното въздействие на факторите на летателната среда върху работоспособността и ефективността на пилота.

От друга страна, обучението на летателните екипажи по авиационна физиология им дава възможност да разберат техните физиологични реакции към факторите на летателната среда и помага за подобряване на работата им чрез познаване на човешките ограничения и възможности по време на полет.

ИЗЛОЖЕНИЕ

През годините до 2010 г. в Научноприложния център по военномедицинска експертиза авиационна и морска медицина към ВМА са се извършвали изследвания, като се е тествала издръжливостта и поносимостта на пилоти към специфичните фактори на полета и са се наблюдавали промените в общото им състояние при тестовите.

Така например поносимостта на пилоти към умерена степен на хипоксия се е тествала в хипобарна барокамера на височина 5000м., като резултатите са имали значение за медицинската годност на пилота за летателна дейност.

Поносимостта на пилоти към въздействието към положителни радиални ускоре-

ния се е тествала на центрофуга за пилоти., но същевременно пилотите са обучавани и за влиянието и въздействието на високи претоварвания върху организма им.

Вестибуларната устойчивост на кандидати за пилоти се е тествала и продължава да се тества с ротационен стол на Барани, като една част от кандидатите са отпадали поради ниска вестибуло-вегетативна устойчивост.

Една от задачите на Военновъздушните сили на Р. България е осигуряване на защита на българското въздушно пространство, което е част от интегрираното въздушно пространство на НАТО за региона на източна Европа, т.нар. Air Policing. За изпълнението на тази задача е важно летателния състав от Военновъздушните сили да притежава добра летателна подготовка, както и подготовка по авиационна физиология.

След приемане на Р. България в НАТО през 2004 г., в Българската армия постепенно започват да навлизат и да се прилагат стандартизационни споразумения на НАТО, т. нар. „СТАНАГ“ и свързаните с тях съюзни публикации. Основни стандартизационни споразумения по авиационна физиология и авиомедицинска подготовка на летателен състав са СТАНАГ 3114 „Авиомедицинска подготовка на летателен състав“; СТАНАГ 3827 „Минимални изисквания за физиологическа подготовка на летателни екипажи в среда с високи стойности на ускорения“; СТАНАГ 7231 „Изисквания за обучение на авиолекари“ и други.

С навлизането и въвеждането на споразуменията се сменя концепцията и задачите за обучение на пилоти по авиационна физиология от тестване на поносимостта на пилотите към факторите на летателната среда към обучение и демонстрация на ефектите от въздействието на специфичните фактори на полета и за методи и средства за предпазване на пилота от тях.

Друга основна цел на обучението на летателния състав по авиационна физиология е разпознаване на специфичните симптоми и проявления на въздействието на горепосочените фактори върху организма на пи-

лота и оптимално използване на технически средства и екипировка за предпазване и намаляване на неблагоприятното въздействие на факторите върху работоспособността на летателния състав.

Според СТАНАГ 3114, който е основополагащ документ, обучението по авиационна физиология е първоначално и опреснително, теоретично и практическо. На обучение подлежат всички категории летателен състав от Българската армия, пилоти на свръхзвукови, дозвукови и многоместни военни самолети, пилоти на вертолетите от ВВС и ВМС и парашутисти, извършващи височинни парашутни скокове.

Обучението на летателен състав по авиационна физиология включва следните раздели:

- Обучение към промени в барометричното налягане и хипоксия. Демонстрация на взривна декомпресия. Извършва се в хипобарна барокамера;
- Обучение за дишане на кислород под повишено налягане – извършва се със специални кислородни апарати за дишане под повишено налягане;
- Обучение на пилоти към въздействие на ускорения – извършва се в центрофуга за пилоти;

- Обучение към пространствена дезориентация – извършва се в тренажори за пространствена дезориентация или стол на БАРАНИ;

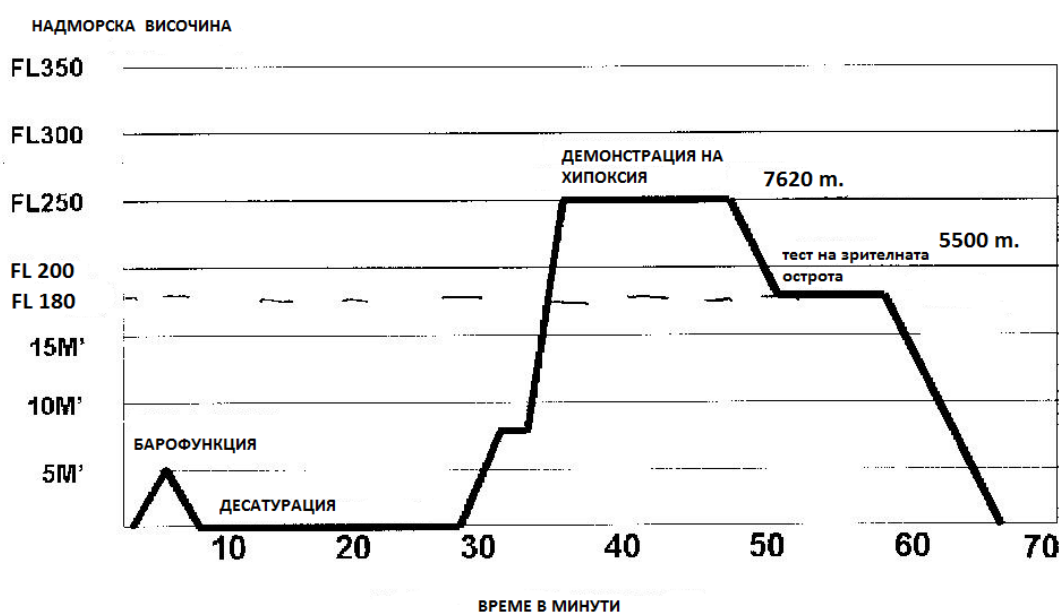
- Обучение за използване на уред за нощно зрение;

- Обучение на пилоти на катапултни тренажори;

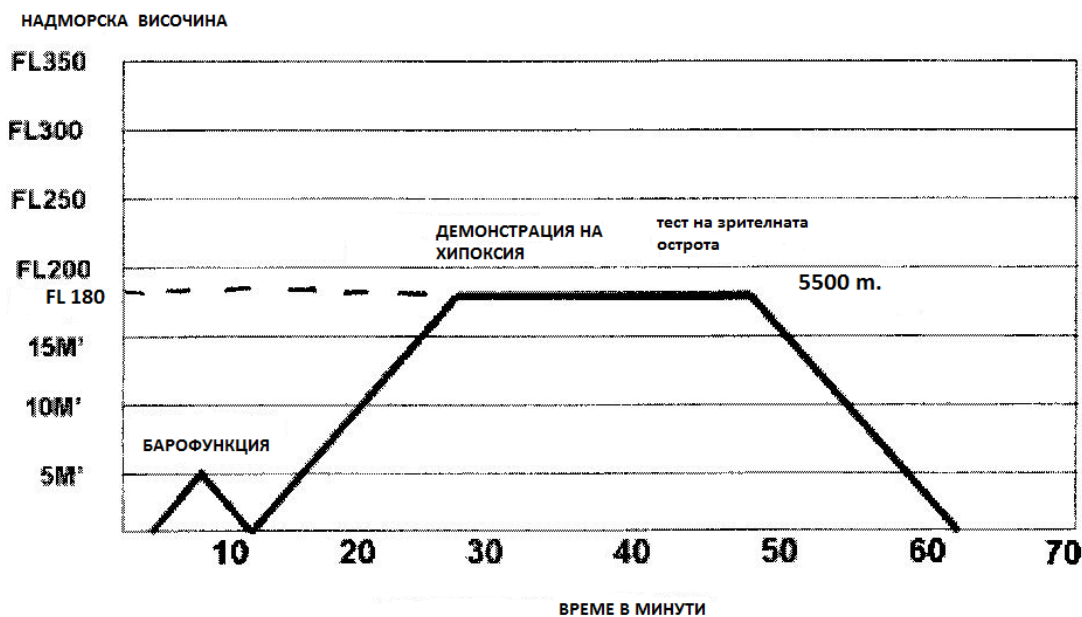
- Обучение за пилоти на вертолетите за спасяване при попадане на вертолета във вода – използва се симулационен тренажор.

През 2015 г. в Научноприложния център по военномедицинска експертиза авиационна и морска медицина към Военномедицинска академия се изготви и се въведе за приложение „Инструкция за провеждане на практическо обучение в хипобарна барокамера БК-53 към промяна на барометричното налягане и хипоксия на летателен състав.

Инструкцията съдържа всички раздели за теоретично и практическо обучение на пилоти от ВВС според изискванията на СТАНАГ 3114 и Инструкцията на ВВС на САЩ AFI 11-403 „Aerospace physiological training program” за обучение към понижено барометрично налягане и хипоксия. Пилотите на свръхзвукови и дозвукови самолети се обучават по профил в барокамера на 7600 м., а тези на многоместни транспортни самолети и вертолетите по профил на 5500 м.



Профил за обучение на пилоти на височина 25 000 фута (7620 м.).



Профил за обучение на пилоти на височина 18 000 фута (5500 м.)

До момента на обучение в хипобарна барокамера са преминали 500 пилоти от ВВС.

Обучението на пилоти към радиални ускорения се провежда на специална за целта центрофуга. Създадени са специални профили за обучение с промяна на темпа на нарастване на ускорението до 3G/сек. и увеличение до 10G, което симулира ускоренията на свръхзвуков самолет при рязко увеличение на скоростта му и маневриране във въздушното пространство. При обучението се демонстрират на пилота явления на увеличаване на теглото на тялото, както и явлението „сива пелена“ представляващо свиване на периферното зрение поради намаляване кръвоток на главния мозък. На съвременни центрофуги се демонстрират профили на ускорения, съответстващи на ускоренията на боен самолет при полети за маневрен въздушен бой.

Обучението към пространствена дезориентация на пилоти е изключително важно за безопасността на полетите. Нерядко загубата на пространствена ориентация в полет е водеща причина за настъпили летателни инциденти.

Обучението към пространствена дезориентация се извършва на специални тренажори за пространствена дезориентация, които симулират промяна в позицията на пилота в пространството по триизмерна координатна система.

Друг метод за обучение към пространствена дезориентация е чрез ротационен стол на Барани. При този метод чрез промяна в положението на тялото и/или главата на пилота спрямо оста на въртене се демонстрира загуба на пространствената ориентация.

Обучението на пилоти за използване на очила за нощно зрение се наложи във военната авиация поради факта, че част от полетите при реални бойни действия се извършват нощем. Обучението се извършва със специални уреди за нощно зрение, които дават на пилота значителна информация за разположение на обекти на земята и във въздуха, улесняват пространствената му ориентация и го подпомагат за определяне на целите за поразяване.

За запазване на живота и здравето на пилота във военната авиация се използват ка-

тапултни системи за аварийно напускане на самолета. Аварийните ситуации могат да възникнат при повреда в летателния апарат или при поразяване на самолета от противникови ракети при реални бойни действия.

Катапултните тренажори напълно симулират реално катапултиране и служат за обучение на пилоти за важните действия, които се изпълняват преди и при катапултиране. При неправилни действия на пилота при катапултиране е възможно да се получат сериозни травми на гръбначния стълб, главата и други части на тялото.

Важно за качествено медицинско осигуряване на летателния състав е и обучението на авиолекари от Военновъздушните сили по авиационна физиология, което се осъществява по План-разписанието на ВМА за продължаващо медицинско обучение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От изложеното по-горе и предвид данните в чуждестранната литература е видно, че обучението на летателен състав по авиационна физиология е неразделна и важна част от цялостната подготовка на летателния състав от Въоръжените сили.

Обучението на летателен състав по авиационна физиология е важно и задължител-

но условие за провеждане на успешна и безопасна летателна дейност.

Освен регулярната подготовка на летателния състав по авиационна физиология, приемането на новия изстребител Ф-16 налага стриктното и пълно обучение, според стандартите на НАТО поради това, че самолетът е с големи тактико-технически възможности и налага придобиването на съответната подготовка за успешното му използване.

Цялостното обучение на летателен състав по авиационна физиология ще осигури детайлно разпознаване от пилотите на въздействието на специфичните фактори на летателната среда и предприемане на адекватни действия за намаляване на неблагоприятното им въздействие върху общото състояние и работоспособност на пилота и предотвратяване на летателни инциденти.

Не на последно място е необходимо във Въоръжените сили на Р. България да се въведе и изпълнява цялостната програма за обучение на летателния състав от ВВС по авиационна физиология, като за целта се използват наличните в Р. България технически съоръжения, а също така да се използват възможности за обучение на български пилоти в страни от НАТО.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СТАНАГ 3114 и съюзна публикация AAMedP 1.2 „Авиомедицинска подготовка на летателен състав“.
2. Air Force Instruction AFI 11-403 „Aerospace physiological training program“.
3. СТАНАГ 3827 „Минимални изисквания за физиологическа подготовка на летателни екипажи в среда с високи стойности на ускорения“.
4. СТАНАГ 7231 „Изисквания за обучение на авиолекари“.
5. Авиационна медицина – Сборник лекции и доклади 2021 г.
6. „Инструкция за провеждане на практическо обучение в хипобарна барокамера БК-53 към промяна на барометричното налягане и хипоксия на летателен състав“.

АДРЕС ЗА КОРЕСПОНДЕНЦИЯ:

д-р Камен Ненов, проф. Любомир Алексиев
Катедра Авиационна и морска медицина – Военномедицинска академия, София
knnenov@gmail.com
aleksiev@vma.bg

КОЛИЧЕСТВЕНИ ЕЕГ ПРОМЕНИ ПРЕДИ И СЛЕД ПРОГРАМА ЗА ОБУЧЕНИЕ НА ПИЛОТИ

Стоян Везенков^{1,3}, Виолета Манолова³, Боряна Русева¹, Илия Михайлов¹,
Пенчо Тончев¹, Юлиан Радойски², Лазар Тренчев¹

¹ Медицински университет Плевен

² Висше Военновъздушно училище „Георги Бенковски“

³ Център по приложни невронауки Везенков, София

Резюме: Когнитивните функции и управлението на стреса са жизненоважни за пилотите. Количествената електроенцефалография (qEEG) се използва за оценка на ефективността на програмите за когнитивно обучение чрез измерване на промените в мозъчната активност. Това проучване изследва параметрите на qEEG – кохерентност, фазово забавяне, амплитудна асиметрия, абсолютна и относителна мощност и фазови съотношения – преди и след пилотна програма за обучение за откриване на когнитивни промени. Проведени са тестове t на Стюдънт за свързани извадки за анализ на данни от qEEG преди и след обучение на един курсант. Измерванията обхващат различни честотни обхвати (Делта, Тета, Алфа, ниска Бета и висока Бета) в различни области на мозъка. След обучението бяха отбелязани значителни подобрения в qEEG показателите. Подобрената синхронизация в тета и алфа обхвати предполага добра памет и внимание. По-бързата обработка на информация е очевидна от намалените времена за фазово закъснение в Бета честотите. Корекциите в амплитудната асиметрия и съотношенията на мощността показват по-балансирана невронна активност, намаляване на стреса и повишаване на бдителността. Значителни неврофизиологични промени след обучението демонстрират ефективността на обучението за подобряване на когнитивните функции, които са от решаващо значение за пилотирането. Констатациите се застъпват за включване на qEEG мониторинг в програми за обучение на пилоти, за да се оптимизира когнитивното обучение и потенциално да се подобри работата на пилота.

Ключови думи: qEEG, обучение на пилоти, когнитивно подобрене, управление на стреса

QUANTITATIVE EEG CHANGES BEFORE AND AFTER A PILOT TRAINING PROGRAM

Stoyan Vezenkov^{1,3}, Violeta Manolova³, Boryana Ruseva¹, Iliya Mihaylov¹, Pencho Tonchev¹,
Yuliy Radoyski², Lazar Tranchev¹

¹ Medical University Pleven

² Bulgarian Air Force Academy Georgi Benkovski

³ Center for Applied Neuroscience Vezenkov, Sofia

Abstract: Cognitive function and stress management are vital for pilots. Quantitative Electroencephalography (qEEG) is used to assess the effectiveness of cognitive training programs by measuring changes in brain activity. This study examined qEEG parameters—coherence, phase lag, amplitude asymmetry, absolute and relative power, and phase ratios—before and after a pilot training program to detect cognitive changes. Paired t-tests analyzed pre- and post-training qEEG data from a single trainee. Measurements covered various frequency bands (Delta, Theta, Alpha, Beta, and High Beta) across different brain regions. Post-training, significant improvements in qEEG metrics were noted. Enhanced synchronization in Theta and Alpha bands suggested better memory and attention. Faster information processing was evident from reduced phase lag times in Beta frequencies. Adjustments in amplitude asymmetry and power ratios indicated a more balanced neural activity, reducing stress and increasing alertness. Significant neurophysiological changes post-training demonstrates the training's effectiveness in enhancing cognitive functions crucial for piloting. The findings advocate for incorporating qEEG monitoring in pilot training programs to optimize cognitive training and potentially improve pilot performance.

Keywords: qEEG, pilot training, cognitive enhancement, stress management

ВЪВЕДЕНИЕ

Когнитивните функции и управлението на стреса са от съществено значение за пилотите, чиито роли изискват високи нива на ангажиране и способност за ефективно справяне със стреса. Взискателната среда на авиацията често излага пилотите на силен стрес, който може да наруши когнитивни функции като работна памет, внимание и вземане на решения. Ефективни когнитивни функции са от съществено значение за поддържане на ситуационна будност, вземане на навременни решения и осигуряване на безопасността на полета.

Изследванията показват, че силният стрес може значително да повлияе на работната памет, която е ключова когнитивна функция за временно съхранение и обработка на постъпващата от средата информация. Проучванията показват, че докато някои нива на стрес могат да подобрят работната памет, прекомерният стрес обикновено я нарушава, което може да има сериозни последици за пилотите в ситуации на високо напрежение (PLOS ONE, 2022). Освен това, способността за ефективно управление на стреса е свързана с по-добра когнитивна устойчивост или т.нар. резилиънс, концепция, която се отнася до способността за поддържане на ефективно когнитивно представяне под стрес. Тази устойчивост е от съществено значение за пилотите, които трябва да изпълняват сложни когнитивни задачи под напрежение (Flood & Keegan, 2022; Masi et al., 2023).

Количествената електроенцефалография (qEEG) е ценен инструмент за оценка на неврофизиологичните въздействия на програмите за обучение на пилотите. Чрез измерване на мозъчната активност, qEEG може да идентифицира промени в параметри като кохерентност, фазово закъснение, амплитудна асиметрия и амплитудни индекси, които са показатели за когнитивни подобрения или влошавания. Това изследване има за цел да изследва ефектите от програма за обучение на пилоти на Българската Военновъздушна Академия, първи курс ка-

то сравни данните от qEEG, събрани преди и след втори семестър на обучението.

Последни изследвания подчертават многостранната природа на стреса и неговото въздействие върху когнитивните функции. Например, взаимодействието между умственото натоварване, вниманието и стреса е обект на обширни изследвания, разкриващи как прекомерното умствено натоварване може да доведе до когнитивна неспособност при пилотите (Masi et al., 2023). По същия начин, когнитивната устойчивост на стрес е подчертавана както във военен, така и в авиационен контекст, показвайки, че когнитивното обучение може да смекчи неблагоприятните ефекти на стреса и да подобри представянето (Flood & Keegan, 2022; Staal, 2004).

Използването на неврокогнитивни оценки, включително qEEG, все повече се признава от авиационните власти като Федералната авиационна администрация (FAA) като критично за осигуряване на когнитивното здраве и представянето на пилотите (Pilots of America, 2017). Това изследване цели да допринесе към този нарастващ обем от знания, предоставяйки данни за това как целевото обучение може да подобри когнитивните функции и способностите за управление на стреса на пилотите, в крайна сметка подобрявайки тяхното представяне и безопасност.

МЕТОДИ

Участници

Един обучаем курсант от Българската Военновъздушна Академия „Георги Бенковски“ участва в това изследване. Участникът предостави информирано съгласие, а изследването беше одобрено от Етичната комисия на Медицинския университет Плевен.

Оборудване

Системата NeuronSpectrum 4P беше използвана за qEEG регистрация. Тази система е способна да улавя висококачествени данни за мозъчната активност в различни честотни ленти.

Процедура

Данни от qEEG бяха събрани преди и след обучителната програма по учебен план, акредитиран и одобрен от НАОА и Военновъздушната Академия за обучение на курсанти от първи курс.

Събиране на данни

Измерванията на qEEG бяха сегментирани в пет честотни ленти: Делта (1-4 Hz), Тета (4-8 Hz), Алфа (8-12 Hz), Бета (12-25 Hz) и Висока Бета (25-30 Hz). Данни бяха събрани от различни мозъчни региони, включително лявото и дясното полукълбо, 10-20 система, 19-канален монополярен монтаж за изследване на вътрешнохемисферични и междухемисферни промени.

Статистически анализ

Проведени бяха тестове t на Стюдънт за свързани извадки, за да се сравнят параметрите на qEEG преди и след обучението. Този статистически метод беше избран за идентифициране на значими промени в мозъчната активност, свързани с тренировъчната и обучителна програма на курсанта първи курс.

РЕЗУЛТАТИ

Анализите на qEEG след обучението разкриха значими неврофизиологични промени. Основните резултати включват:

1. Кохерентност: Значително подобро синхронизиране между полукълбата, особено в Тета и Алфа честотните обхвати. Това предполага подобряване на паметта и фокуса на вниманието.

2. Фазово закъснение: Значително намалени времена на фазово закъснение в Бета честотите, което показва по-бърза обработка на информацията.

3. Асиметрия на амплитудата: След обучението беше наблюдавана по-балансирана кортикална активност, особено в Алфа и Бета честотните обхвати, което показва подобър когнитивен баланс и намалени нива на стрес.

4. Амплитудни индекси: Корекции в амплитудните индекси подкрепят констатациите за балансирана кортикална активност.

5. Абсолютна и относителна мощност: Увеличения в Бета активността съответстват на повишена бдителност и когнитивна ангажираност.

ДИСКУСИЯ

Нашето изследване демонстрира значими неврофизиологични промени след обучението, показвайки ефективността на обучителната програма за пилотите курсанти, първи курс. Тези данни са в съответствие със съществуващата литература за влиянието на когнитивното обучение и управлението на стреса в професии с високо напрежение.

Нашите резултати показват подобро синхронизиране между полукълбата в Тета и Алфа лентите, което предполага подобряване на паметта и фокуса на вниманието. Това съответства на откритията от предишни изследвания, които показват, че специфично когнитивно обучение може да доведе до подобрена кохерентност в моделите на мозъчната активност. Например, проучване на Staal (2004) подчертава положителното въздействие на когнитивното обучение върху контрола на вниманието и работната памет, като акцентира върху значението на тези когнитивни домейни за пилотите, работещи под стрес (Staal, 2004).

Наблюдаваните намалени времена на фазово закъснение в Бета честотите показва по-бърза обработка на информацията. Този резултат подкрепя тези от други изследвания за когнитивната устойчивост на военния персонал, които също показват, че когнитивното обучение може да подобри скоростите на обработка на информацията и способностите за вземане на решения под стрес (Flood & Keegan, 2022). Намаляването на времената за фазово закъснение е от съществено значение за пилотите, тъй като подобрява тяхната способност за бързо и точно реагиране на бързо променящите се условия на полета.

Промените в асиметрията на амплитудата и амплитудните индекси след обучението показват по-балансирана кортикална активност, особено в Алфа и Бета честотните

обхвати. Тези промени предполагат намалени нива на стрес и повишена бдителност, което съответства на откритията от наративен преглед за стреса и умственото натоварване в авиацията, който подчертава, че балансираната кортикална активност е критична за поддържане на когнитивното представяне при сериозни натоварвания (Masi et al., 2023). Прегледът подчертава значението на управлението на умственото натоварване за предотвратяване на когнитивно претоварване и осигуряване на оптимално представяне (Masi et al., 2023).

Нашите резултати са в съответствие с други изследвания, които показват ефектите на стреса върху когнитивните функции на пилотите. Изследване, публикувано в PLOS ONE (2022), демонстрира, че силният стрес може да влоши работната памет, но подходящото когнитивно обучение може да смекчи тези ефекти и да подобри общата когнитивна устойчивост (PLOS ONE, 2022). Освен това, използването на qEEG като инструмент за неврокогнитивна оценка все повече се признава от авиационните власти, като FAA, за способността му да следи и подобрява когнитивното здраве и представянето на пилотите (Pilots of America, 2017).

В крайна сметка, нашето изследване допринася към нарастващия обем от доказателства в подкрепа на интегрирането на програми за когнитивно обучение и мони-

торинг с qEEG в пилотските тренировъчни и обучителни програми. Тези инструменти не само дават възможност да се проследи подобряването на когнитивните функции, които са от съществено значение за пилотирането, но и показват ефективното управление на стреса, което в крайна сметка подобрява безопасността и представянето на бъдещите пилоти.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Това изследване демонстрира, че тренировъчната и обучителна програма, акредитирана и одобрена от Българската Военновъздушна Академия „Георги Бенковски“ за първокурсници, може да доведе до значими неврофизиологични промени, както се вижда от метриците на qEEG. Резултатите подкрепят използването на мониторинг с qEEG в пилотските тренировъчни и обучителни програми за проследяване на подобряването на когнитивните функции, които са от съществено значение за пилотирането. Чрез интегрирането на такива инструменти за обективна оценка на кортикалната активност, авиационните организации могат да оптимизират представянето и запазят здравето на бъдещите пилоти. Препоръчва се бъдещо изследване с по-големи извадки, за да се валидират тези данни и да се изследват по-широките приложения на qEEG в проследяване на цялостната подготовка на пилотите.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Flood, A., & Keegan, R. J. (2022). Cognitive resilience to psychological stress in military personnel. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.809003>
2. PLOS ONE. (2022). Effect of acute stress on working memory in pilots: Investigating the modulatory role of memory load. *PLOS ONE*, 17 (4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288221>
3. PilotsOfAmerica. (2017). Neurocognitive assessment: The FAA perspective. Pilots of America. Retrieved from https://www.pilotsofamerica.com/community/attachments/neurocognitive-assessment-the-faa-perspective_cama-sunday-at-asma-2017-pdf.84176
4. Staal, M. A. (2004). Stress, cognition, and human performance: A literature review and conceptual framework. NASA Ames Research Center. Retrieved from https://human-factors.arc.nasa.gov/flightcognition/Publications/IH_054_Staal.pdf
5. Masi, G., Amprimo, G., Ferraris, C., Priano, L. (2023) Stress and Workload Assessment in Aviation—A Narrative Review. *Sensors* 23, 3556. <https://doi.org/10.3390/s23073556>

АДРЕС ЗА КОРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Стоян Везенков

Медицински университет Плевен, Център по приложни невронауки Везенков, София, info@vezenkov.com

ВЛИЯНИЕ НА КОСМИЧЕСКИТЕ ЛЪЧИ ВЪРХУ КЛИМАТА И ЧОВЕШКОТО ЗДРАВЕ

Илиянка Георгиева

ВВВУ „Георги Бенковски“, България

Резюме: Коментирани са аерозолните частици, механизмите на образуване и замръзване на водните капки, които имат отношение към процесите в облачните системи. Накратко са характеризирани различните по размер, състав и произход аерозолни частици като кондензационни и ледообразуващи ядра и тяхната роля за атмосферните процеси и екологията. Основен предмет на доклада е и въздействието на космическите лъчи върху здравето на космонавтите/ астронавтите.

Ключови думи: Космос, космически лъчи, аерозоли, климат, технологии, въздействие, рискове за човешкото здраве

THE IMPACT OF COSMIC RAYS ON THE CLIMATE AND HUMAN HEALTH

Iliyanka Georgieva

Airforce Academy „Georgi Benkovski“ – Bulgaria

Abstract: The text discusses aerosol particles, the mechanisms of formation and freezing of water droplets, which are relevant to the processes in cloud systems. Different sizes, compositions, and origins of aerosol particles such as cloud condensation and ice nuclei are briefly characterized, and their role in atmospheric processes and ecology is discussed. The paper also discusses the impact of cosmic rays on cosmonauts/astronauts' health.

Key words: Space, cosmic rays, aerosols, climate, technologies, impact, risks to human health

ВЪВЕДЕНИЕ

Космическите лъчи са високо-енергийни протони и атомни ядра, движещи се в Космоса със скорости, съизмерими със скоростта на светлината.

Източници на космични лъчи са Слънцето и далечните галактики. Съставът на космическите лъчи е 92% протони, 6% хелиеви ядра, около 1% електрони и толкова по-тежки елементи. Енергийният спектър на космическите лъчи се състои от 43% – енергия на протоните, 23% – енергията на алфа частици (хелиевите ядра) и 34% – енергия, пренасяна от други частици.

Има два основни типа космическа радиация, които оказват сериозно влияние върху

живите организми и човека. Първият тип са космически лъчи, излъчени от галактиките, които пристигат вследствие на експлозии на свръхнови и други астрономически събития. Такъв тип космически лъчи възникват извън нашата Слънчева система. Вторият тип излъчване идва от нашето Слънце – това са заредени частички, повишеното количество на които се свързва със слънчеви изригвания и коронални изхвърляния на материя.

Дългосрочните научни проучвания показват, че излагането на космическа радиация повишава вероятността човек да развие онкологично заболяване през определен етап от живота си. Излагане на доза от 1Sv,

(1 сиверт е погълната енергия 1 джаул на 1 килограм) натрупана с течение на времето, повишава с 5% вероятността човек да развие животозастрашаващ рак.

„Пътешествието до Марс, както и други космически пътешествия, неминуемо ще повлияят на здравето на астронавтите. За съжаление, резултатите от изследванията на ефектите от дълъг престой в космоса не изглеждат много оптимистично.

Експериментите показват, че дългото пътуване до Марс и обратно може да доведе до сериозни когнитивни дисфункции, включително загуба на памет и деменция.“[1]

За съжаление, резултатите от изследванията на ефектите от дълъг престой в космоса не са оптимистични.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Атмосферата съдържа голямо количество вещества наречени аерозоли. Аерозоли в атмосферата са всяка твърда или течна частица в газовете, съставляваща атмосферата. В проведен опит, наречен Клауд експеримент протонния синхротрон симулира въздействието на космическите лъчи върху аерозилните частици. През 2019 г. е изследвано прякото въздействие на йонизацията на космичните лъчи върху облаците и тяхното образуване. От 2022 г. задълбочено се проучва образуването на аерозоли в тропосферата [2].

Формирането на климата, факторите, които го определят тепърва са обект на сериозно и задълбочено научно изследване на механизмите на образуване и замръзване на водните капки. Те имат отношение към процесите в облачните системи. Накратко са характеризирани различните по размер, състав и произход аерозолни частици като кондензационни и ледообразуващи ядра и тяхната пряка и косвена роля за атмосферните процеси и екологията.

Фините прахови частици (ФПЧ) са атмосферни аерозоли. Те са обект на задълбочени изследвания от началото на 80-те години, тъй като играят жизненоважна роля за глобалния климат на Земята, образуване-

то на облаците, качеството на въздуха хидрологичния цикъл, видимостта и, здравето на хората и благосъстоянието на екосистемите. „Тъй като около 70% от земната повърхност е покрита с облаци, аерозолите в голяма степен контролират глобалния радиационен бюджет като отразяват към космоса късовълновата слънчева радиация, охлаждаща Земята, и абсорбират и излъчват обратно към Земята дълговълнова радиация от повърхността на Земята, причинявайки затопляне. Твърдите аерозолни частици представляват смес от органични и неорганични съединения с различен химичен състав, тъй като произхождат от различни източници. Естествени източници са например вулканичната пепел, пустинният прах, почвените частици от 368 типа на минерален прах и глини, димът от горски пожари, а антропогенните аерозоли са резултат от промишлени и транспортни дейности, например индустриален прах от металургията, строителни дейности, производството на цимент, изгаряне на въглища и други отпадъци... Сред важните физико-химични параметри, необходими за пълното характеризиране на аерозолите, са разпределението по размер, брой, маса и повърхност на частиците, тяхната плътност, форма, фаза и химичен състав. Размерът на частиците е основна характеристика. Аерозолните диаметри могат да варират от нанометри до десетки микрони. Примери за разпределенията по брой (cm^{-3}), повърхност ($\mu\text{m}^2 \text{cm}^{-3}$) и обем ($\mu\text{m}^3 \text{cm}^{-3}$) на аерозолни частици, събрани от различни типове атмосфера (градска, селска, отдалечени райони, пустинна, тропосфера и полярни области).

Размерът и съставът на ФПЧ определят редица свойства като летливост, хигроскопичност, химическа реактивност, способността за разсейване и поглъщане на светлина, също и активността им като зародиши на капки и ледени кристали в облаците. Смята се, че аерозолните частици с добра ледообразуваща активност имат участъци с ледоподобна кристална структура и/или възможност да образуват водородни връзки“ [3].

Експериментите показват, че дългото пътуване до близки космически обекти и обратно може да доведе до сериозна когнитивна дисфункция, включително загуба на памет и деменция.

Резултатите от изследването са публикувани в Scientific Reports. [4]

По време на полета до Марс астронавтите ще бъдат изложени на високо енергийни силно йонизирани частици, известни като космически лъчи от галактически и слънчев произход.

Хората на повърхността на Земята са добре защитени, благодарение на магнитното й поле от космическите лъчи, но в космоса няма такава защита. Заради изключително високата си енергия (над 10 MeV-10 000 000 eV) тези частици преминават през корпуса на космическите кораби, през тялото на астронавтите, включително през мозъка им.

В човешкото тяло различните йонизиращи лъчения причиняват увреждания на молекулярно ниво, включително разрушаване на процесите на възстановяване на клетките и забавя процесите в увредените тъкани. Възстановяването след уврежданията се забавя от вторичната йонизация от следите на първичните частици, което увеличава степента на увреждане на клетките в организма. Това показват и предишни проучвания, проведени през 2010 г. [5].

Галактическите космически лъчи може да доведат до нарушения в нервната система, които застрашават изпълнението на важни задачи за астронавтите, свързани с когнитивните им способности, допустимо е да причинят и дългосрочни рискове за здравето.

Процесът на възстановяване след излагане на космически лъчи е дълъг. Предишни експерименти върху мишки са установили, че 6 седмици след облъчването мишките не показват почти никакви признаци на подобрение или възстановяване на умствените си способности.

Експерти от катедрата по радиационна онкология на Калифорнийски университет, Ървайн извършват допълнителни проучва-

ния, за да установят по-дългосрочните ефекти от космическите лъчи върху мозъка. Този път състоянието на мишките е проверено 12 и 24 седмици след облъчването.

За съжаление, резултатите отново са разочароващи. Дори след 12-24 седмици след облъчването със слаби дози йонизиращо лъчение (5 или 30 дози титаний $^{48}\text{Ti}^{160}$) в опитните животни се запазват явни признаци на когнитивна дисфункция като ефектите са свързани с опростяване на дендритните структури, промени в нивата на протеините в синапсите и възпаление на нервна тъкан.

Резултатите от всички тестове върху мишките показват значително влошаване на паметта на 12-та седмица след облъчването. Особено тревожен е резкият спад на показателите в теста на паметта за наскоро изследвани обекти.

Това означава, че след завръщането си от космически мисии астронавтите може да не си спомнят нищо. Освен това, деменцията и загубата на паметта, ще се запазят най-малко шест месеца след тяхното завръщане на Земята. Възможно е и по-дълго. По-дългосрочни тестове върху мишки все още не са извършени.

Изглежда без ефективна защита от радиация полетите на хората в дълбокия космос ще бъдат много рисковани – в края на краищата, те няма да могат да се справят с управлението на космическите полети и да реагират на конкретни научни и инженерни проблеми.

Потенциалната опасност за астронавтите от космическите лъчи са известни на НАСА и другите космически агенции, така че те планират да разработят защита срещу космическата радиация, но такава все още няма [6].

Безопасно ли е да изпратим хора в Космоса?

Това е основен въпрос, който стои пред всяко начинание за пилотирана мисия извън планетата Земя. Рисковете пред астронавтите са много, но като изключим шансовете за авария при излитане и кацане (които са най-съществени), на следващо място

сред потенциалните заплахи се нарежда космическата радиация.

Астронавтите, които днес живеят на борда на „Международната космическа станция“, са сравнително защитени от радиация поради наличието на радиационните пояси на Ван Алън. За тях най-рискови са преминаванията през т.нар. Южноатлантическа аномалия – когато станцията пресича вътрешния радиационен пояс. Астронавтите, които са летели до Луната по време на програма „Аполо“ са получавали по-голяма доза радиация от астронавтите, летящи в околоземна орбита, но тяхното пътешествие е било достатъчно кратко, за да не се проявят негативни ефекти върху здравето – освен това траекторията на корабите е минавала през най-тънките части на радиационните пояси, а в случай на слънчево изригване се е предвиждала възможност за скриване на кораба зад Луната.

При пътешествието към Марс, обаче, нещата стоят по-различно в сравнение с полетите в околоземна орбита и полетите до Луната. Близо две години ще отнеме една мисия с отиване и връщане – това е много съществен период от време. Как радиацията в междупланетното пространство би повлияла върху човешкия организъм?

При пътешествието на марсохода „Кюриосити“ към Марс през 2012 г. той събрани данни за космическата радиация. След анализ на данните, резултатите бяха публикувани днес в списание „Сайънс“ и те ще имат важно влияние върху планирането на бъдещите пилотирани мисии на НАСА. Новите открития показват, че космическата радиация при едно пътешествие към Марс със съвременни технологии на придвижване, би могла да увеличи рисковете отвъд общоприетите стандарти на НАСА за безопасност.

Според настоящите правила на НАСА приемливият риск за астронавтите, които летят в космоса до „Международната космическа станция“, възлиза на три процента повишен риск за смъртоносен рак. Данните, получени от марсохода „Кюриосити“, показва, че по време на пътя към Марс марсо-

ходът е поел средно 1.8 милисиверта радиация с галактически произход. Слънчевата радиация е била незначителна и възлиза на 3% от цялата поета радиация.

Съвременните космически кораби от своя страна са много по-добре защитени от Слънчева радиация, отколкото от галактическа радиация. Галактическите лъчения проникват надълбоко и не се спират лесно от съвременните космически кораби.

Марсоходът на НАСА „Кюриосити“ приключи своето пътешествие към Марс през август 2012 г., след което се приземи успешно в района на кратера Гейл. Там марсоходът работи до ден днешен. Той продължава да събира данни за космическата радиационна обстановка на Марс. Данните оттам биха послужили при планиране на престоя на хора на повърхността и при заселването на планетата.

Постиженията на БАН в изследване на Космоса и на космическите лъчи.

Първото научно звено за организирани космически изследвания в България, наречено Група по физика на Космоса (ГФК) е създадено на 1.11.1969 г. към Президиума на БАН с ръководител акад. Любомир Кръстанов, директор на Геофизичния институт (ГФИ) на БАН [2]. Идеолог и фактически създател на ГФК бе акад. Кирил Серафимов, който знаейки дългосрочната перспектива за развитие на групата, я структурира от млади хора. Сред първите назначени сътрудници в нея бяха току що завършилите ТУ – София и разпределени в БАН [5].

Тематиката се създава през 1986 г. във връзка с научната програма на втория български космонавт – Александър Александров с 8 новосъздадени апарата, 2 от които „Люлин“ и „Спектър-256“ работиха дългосрочно на „Мир“. 1987 г. Един пример: Детекторен блок: Размер: 40x100x160mm Тегло: 0.49 kg. Контролен блок: Размер: 300x220x170 mm Тегло: 10.5 kg Потребление: 15 W в сравнение с 2007 г. – Детекторен блок +Контролен блок: Размер: 104x40x20 mm Теглото е намалено 116 пъти

до: 0.095 kg. Потреблението е намалено 1000 пъти до: 0.015 W [7].

Участието на България в CERN е подкрепено по Националната пътна карта за научна инфраструктура (НПКНИ). Финансов координатор за участието на България в CERN е МОН, а научен координатор е Софийският университет „Св. Кл. Охридски“, който е страна по меморандумите за присъединяване на страната към отделните експерименти, извършвани в CERN [9].

В логиката на изследване на въздействието на космическите лъчи е наложително темата да бъде поставена пред обучаемите под формата на дискусия. Тя е предвидена в учебния курс по физика. Това предполага инициране на интердисциплинарен форум, дискусия или дебати по темата Космични лъчи, организирана от физици, биолози, химици, студенти от различни специалности за постиженията на науката в определени научни области, за предизвикателствата, свързани с космическите полети.

В този формат да е спазена йерархията в знанията, доказани в теорията и практиката, проблемите и нерешените задачи да са представени от най-добрите български уче-

ни и изследователи. Тук превеса е на страната на младите хора с теоретични модели и предположения като възможни решения.

Целите са – да създаде траен интерес към науката и новите хоризонти и предизвикателства, свързани с изучаване на космическите лъчи и космическата наука.

Регламентиране на широк спектър от модули, в учебните дисциплини, съгласно утвърдените учебни планове.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разглежданата тематика за влиянието на космическите лъчи е с висока степен на социална и обществена значимост. Това обуславя и предполага фундаментални изследвания, които вероятно продължават.

Основателна причина за се обърне сериозно внимание в обучението на младите хора в търсене на оптимално решение на настоящите екологични проблеми.

Колко голямо е би могло да е увреждането на организма и в какво конкретно се проявяват уврежданията е другия основен научен въпрос без еднозначно решение.

Необходими са нови научни изследвания и експерименти.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Изследване в Scientific Reports.
2. Plante, I. and Cucinotta, F.A., 2010. Energy deposition and relative frequency of hits of cylindrical nanovolume in medium irradiated by ions: Monte Carlo simulation of tracks structure. Radiation and environmental biophysics, 49, pp.5-13. НАСА
3. CERN
4. Стоянова В, Митева А. АЕРОЗОЛНИ ЧАСТИЦИ И МЕХАНИЗМИ НА ЗАМРЪЗВАНЕ НА ОБЛАЧНИТЕ КАПКИ.
5. Иванова Т, Илиева И, Найденов Й. 30 ГОДИНИ КОСМИЧЕСКИ БИОТЕХНОЛОГИИ В БЪЛГАРИЯ. SES 2014.:115.
6. Дачев, Ц., Приложна наука в космоса: <http://www.cosmos.1.bg/>
7. НПКНИ / CERN

АДРЕС ЗА КОРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Илиянка Георгиева
ВВВУ „Георги Бенковски“, България
iliana.nikolaewa@abv.bg

СРАВНЕНИЕ НА ДОПЛЕРОВ АПАРАТ ЗА САМООЦЕНКА НА ВЕНОЗНИЯ ГАЗОВ ЕМБОЛИЗЪМ СЪС СТАНДАРТЕН CW ДОПЛЕР

Никола Шопов, Николета Малинова

Катедра „Авиационна и морска медицина“ – ВМА София

Резюме: Рутинен метод за оценка на декомпресионния стрес при водолази е мониторирането на венозния газов емболизъм (VGE) посредством Доплер апарати. В момента са налични Доплерови устройства, които позволяват това изследване да се извършва самостоятелно от водолазите, като оценката на VGE се извършва дистанционно от фирмата производител на устройството. Целта на това изследване е да сравни надеждността и достоверността на получените данни от такъв апарат (O'Dive™) с данните, получени от водолазен лекар посредством конвенционален CW Доплеров апарат. Сравнени са паралелно данните от 154 резултата от VGE, получени чрез двата метода на изследване. Резултатите показват: процент на съгласие 94.118%. Коефициент на съгласуваност на данните Капа на Коен 0.6345 (n = 154), който се оценява като - съществено съгласие. Коефициентът на Спирман ро показва, че има добра сигнификантна корелация между двете групи резултати от степените на VGE, $\rho = 0.264^{**}$ [95% CI: 0.14-0.38] при ($p < 0.001$, n = 154 двойки). В заключение се прави извод, че апаратът O'Dive™ е подходящ за използване, като се оказват и някои лимитиращи фактори.

Ключови думи: Доплер мониториране, декомпресионен стрес, апарат O'Dive™

COMPARISON OF A DOPPLER DEVICE FOR SELF-ASSESSMENT OF VENOUS GAS EMBOLISM WITH STANDARD CW DOPPLER

Nikola Shopov, Nicoleta Malinova

Department of Aviation and Maritime Medicine – Military Medical Academy, Bulgaria

Abstract: A routine method for assessing decompression stress in divers is venous gas embolism (VGE) monitoring using Doppler devices. Doppler devices are also now available that allow this examination to be performed independently by the divers themselves, with the VGE assessment being performed remotely and in a timely manner by the device manufacturer. The purpose of this study is to compare the reliability and validity of the data obtained from such a device (O'Dive™) with the data obtained by a diving doctor using a conventional CW Doppler device. Data from 154 VGE results obtained by both test methods were compared side by side. The results showed: agreement rate 94.118%. Data consistency coefficient Cohen's Kappa 0.6345 (n = 154), which is assessed as - substantial agreement. Spearman's rho rank correlation coefficient showed that there was a good significant correlation between the two groups of VGE grade scores, $\rho = 0.264^{**}$ [95% CI: 0.14-0.38] at ($p < 0.001$, n = 154 pairs). In conclusion, it is concluded that the O'Dive™ device is suitable for use, and some limiting factors are also revealed.

Keywords: Doppler monitoring, decompression stress, O'Dive™ device

УВОД

Има приблизително шест милиона активни водолази по целия свят [1]. По време на водолазно спускане те дишат газова смес, която обикновено е съгъстен въздух. Докато кислородът от сместа се метаболизира, инертният газ (азот в случай на съгъ-

стен въздух) дифундира в кръвта и насища тъканите по време на спускането, докато околното налягане се повишава и поддържа. По време на изкачване градиентът на налягането се обръща и натрупаният инертен газ в тъканите се освобождава обратно в кръвообращението и се издиша. Газът се

елиминира като разтворен газ в плазмата, но може също да се натрупа, като образува малки мехурчета (свободна газова фаза) около местата на микронуклеация в свръхнаситените тъкани или кръвта [2]. Мехурчетата в кръвообращението се наричат венозни газови емболи (VGE). Те могат да се открият с ултразвук, най-често във венозното кръвообращение, от където могат да преминат към белите дробове и там обикновено се разтварят/филтрират чрез дифузия. В редки случаи тези VGE могат да преминат от венозната към артериалната циркулация чрез шънтове отдясно наляво, като отворен форамен овале (PFO) или белодробни шънтове [3, 4]. Високите количества на VGE след водолазно спускане са свързани с по-висок риск от развитие на декомпресионна болест (ДБ) [5, 6]. Или по време на водолазно спускане водолазите са подложени на т.нар. декомпресионен стрес, който пряко е свързан с декомпресионния риск.

Декомпресионният стрес се отнася до физиологичния и психологически стрес, изпитван от водолаза в резултат на промените в налягането по време на водолазно спускане, особено по време и след фазата на изкачване към повърхността. Декомпресионният стрес може да бъде причинен от множество фактори, включително дълбочината на спускането, продължителността на спускането, скоростта на изплуване и физическото състояние на водолаза. Основно се свързва с реакцията на тялото към абсорбцията и освобождаването на инертния газ, съдържащ се в дихателната смес, по време на водолазното спускане.

Докато декомпресионният риск се отнася до възможността или вероятността водолазът да развие ДБ или други увреждания, свързани с промяна на налягането, в резултат на неспазване на правилните процедури за декомпресия по време на водолазното спускане. Декомпресионният риск се влияе от различни фактори, включително дълбочината и времето, прекарано на дълбочина, газовете, дишани от водолаза (напр. въздух или други синтетични газови смеси), ско-

ростта на изкачване и придържането на водолаза към таблиците за декомпресия или препоръките на водолазния компютър.

Или обобщено може да се каже, че декомпресионният стрес е физиологичният стрес, изпитан от водолаза вследствие на водолазна дейност, докато декомпресионният риск е рискът от развитие на увреждания, свързани с декомпресията, ако не се следват правилните процедури за декомпресия. И двете са важни съображения за безопасно и отговорно провеждане на водолазни спускания, с цел минимизиране на риска от поява на ДБ и други проблеми, свързани с намаляване на околното налягане.

Рутинен метод за оценка на декомпресионния стрес е мониторирането на наличния VGE посредством Доплер апарати. Доплеровият ултразвук се използва за наблюдение на наличието на газови мехурчета в кръвния поток, което може да показва декомпресионен стрес. Този метод се използва, за да се изследва връзката между образуването на мехурчета и профилите на спускане. Това помага за разбирането на ефективността на различните стратегии за декомпресия. Ултразвуковото мониториране за наличие на газови мехурчета в кръвообращението след декомпресия се превърна в един от най-често използваните изследователски методи за сравняване на безопасността на различни водолазни профили за спускане, както и за оценка на декомпресионния риск. Рискът от поява на ДБ е свързан с обема на образуваните мехурчета, така че количественото определяне на наличните газови мехурчета във венозното кръвообращение може да се предложи като „градуирана” мярка за оценка на декомпресионната безопасност.

Видове Доплерови апарати

1. Доплеров трансдюсер с импулсна вълна - PW Доплер

Този тип Доплеров ултразвуков скенер използва ултразвук с импулсна вълна. Това позволява измерване на дълбочината (или обхвата) на мястото на потока. Той се из-

ползва за предоставяне на данни за Доплерова сонограма и изображения на цветен поток. Текущото стандартно оборудване за наблюдение на VGE в полето са клинични 2-измерни (2D) ултразвукови устройства в стил лаптоп [7]. Визуализацията дава ехокардиограми, които показват VGE, циркулиращ в сърдечните камери. VGE в 2D ехокардиографски записи се определят количествено с помощта на скалата на Eftedal-Brubakk (EB) – скала за степенуване от 0 до 5, където 0 означава липса на мехурчета, а 5 представлява „размиване“, където единични мехурчета не могат да бъдат разграничени. Рискът от развитие на ДБ се увеличава при степени на EB, по-големи или равни на 3 [8]. Този тип мониториране на мехурчетата се счита за еталон, но той може да се извършва само от квалифициран лекар и при наличие на съответния апарат, който по принцип е доста скъп и често не може да се използва директно на мястото на провеждане на водолазното спускане. В нашата практика ние използваме ехокардиограф Mindray M9, който е вграден в метален бокс – тип лаптоп, който е устойчив на влага и вибрации и е подходящ да се използва на кораб или водолазен катер (снимка 1).



Снимка 1. Използваният от нас ехокардиограф – Mindray M9

2. Доплеров трансдюсер с непрекъсната вълна - CW Доплер

Озвучените с такъв Доплеров апарат мехурчета в кръвоносните съдове издават характерен звуков феномен, определящ се като „двърчене“ или „бълбукане“, който се записва на компютър за последващо по-детайлно оценяване. Доплеровите записи за оценка на наличието на VGE се извършват на една от двете позиции на гръдния кош на водолаза: прекордиална или субклавиална

(в ляво и дясно). Количествено определяне на VGE се извършва според скалата на Kisman Masurel (KM), която определя мехурчетата, използвайки честота, сила на звука и продължителност на сигналите на мехурчетата [9] или използвайки класификация на Spencer [5, 10]. Ние използваме два Доплерови апарата с CW вълна. Единият е на японската фирма Nadeco – Bidop ES-100V3 (снимка 2), а вторият на китайската Contec – Sonoline C (снимка 3). И при двата апарата предимно използваме 2 MHz трансдюсер, а мониторирането на мехурчетата се извършва в прекордиалния регион.



Снимка 2. CW Доплер – Bidop ES-100V3



Снимка 3. CW Доплер – Sonoline C

3. Доплеров детектор с автоматизиран анализ на позиционирането на Доплеровата сонда и алгоритъм за класифициране на сигнала за ултразвуково самонаблюдение

Както уточнихме използването на горните 2 Доплерови устройства обикновено изисква мониторирането да се извършва от квалифицирано лице. Тъй като това в големия брой от случаите е неосъществимо, се налага да се създадат устройства, които позволяват на самите водолази, без медицински опит и познания, да могат да извършват самооценка на степента на собствените си мехурчета след водолазно спускане. O'Dive™ е ново устройство, предлагано на пазара за водолази и е първото по рода си, осигуряващо CW Доплеров апарат

за самонаблюдение като възможно средство за подобряване на безопасността на водолазите. След като O'Dive бъде регистриран и свързан със съвместимо устройство с приложението на фирмата производител, той може да се използва от самите водолази след изплуването за направата на запис на VGE. Тук също се използва 2 MHz трансдюсер, който се постави под лявата и дясната ключица (озвучават се субклавиалните вени) за приблизително по 20 s за всяко измерване. За да се направи измерване, трябва да се въведе идентификатор в приложението и операторът да избере „ново измерване“. След свързването на трансдюсера със софтуерното устройство на апарата се подава писмена информация на командния дисплей, че сензорът му е правилно сдвоен и инструкции как и къде водолазът да постави сензора. По време на измерването потребителят се инструктира да остане неподвижен и да диша в такт с подканите. След това системата дава резултат за точност на измерването. Ако поставянето на трансдюсера е неправилно или измерването се възприема като незадоволително, потребителят се поканва да извърши измерването отново. От 1 година ВМС закупиха такова устройство за водолазната група на Аварийно-спасителния отряд (снимки 4 и 5) и ние го използваме успоредно с другите конвенционални Доплерови устройства.



Снимки 4 и 5. Доплеров апарат на Azoth Systems (O'Dive™) за самооценка на мехурчетата

ЦЕЛ

Целта на това изследване е да сравни надеждността и достоверността на получените данни от апарата O'Dive™ с данните, получени от водолазен лекар посредством конвенционален CW Доплеров апарат.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

В изследването участват 20 мъже и 2 жени военни водолази, които провеждат 154 водолазни спускания в море и хипербарна камера на дълбочини от 21 до 80 метра с различен престой на дъното. Използвани са различни дихателни смеси: въздух, хелиокс и кислород. След декомпресията двукратно през 30 минути се измерват степените на VGE посредством:

1. Със CW Доплер от лекар (в прекордиума) с 2 MHz трансюсер.
2. С апарата O'Dive от самите водолази (в двете субклавиални вени последователно) също с 2 MHz трансюсер.

Степените на мехурчетата се определят според:

1. За CW Доплера според КМ-кода от лекаря, веднага на мястото на водолазното спускане.
2. За O'Dive според същия алгоритъм от фирмата производител. Данните от мониторирането се изпращат автоматично по интернет до доставчика. Резултатът за степента на VGE се получава след десетина минути.

Тъй като и двете измервания се оценяват по една и съща порядкова скала, получените резултати могат да бъдат сравнени чрез анализ на съгласуваност - претеглена „кара статистика на Коен“ [11]. Например, несъгласието се счита за „по-лошо“ между степени 1 и 4 на мехурчетата, отколкото между степени 1 и 2. Капа статистиката пада между 0 и 1, където 0 съответства на случайно очакваната стойност, а 1 представлява перфектно съгласие. Капа на Коен се интерпретира по следния начин [12]:

- 0.01 – 0.20 леко съгласие;
- 0.21 – 0.40 справедливо съгласие;
- 0.41 – 0.60 умерено съгласие;
- 0.61 – 0.80 съществено съгласие;

- 0.81 – 1.00 почти перфектно или перфектно съгласие.

Карра винаги е по-малка или равна на 1. Стойност 1 предполага пълно съответствие, а стойности по-малки от 1 предполагат по-малко от перфектно съответствие. Още, за да измерим статистически съпадението между наличието или липсата на VGE използваме коефициентът на ранговата корелация на Спирман *rho*.

Данните се обработват със статистическа програма GraphPad Prism 9.

РЕЗУЛТАТИ

Измерените степени на VGE за всяко водолазно спускане се групират по двойки (запис от лекар със CW Доплер и запис от водолаза с O'Dive). Статистически са сравнени 154 двойки записи. В таблица 1 се представят съпаденията на стойностите на VGE, измерени посредством двата метода. В червено са отбелязани случаите на съпа-

дение (съгласие) на стойностите, получени от измерванията на едно и също водолазно спускане с двата Доплер апарата. Процентът на съгласие се изчислява на 94.118%. Претегленото карра съгласуване между степени на VGE получени от CW Доплера и измерванията на O'Dive™ се изчислява на 0.6345 ($n = 154$), което се оценява като: Съществено съгласие.

В таблица 2 представяме случаите на съпадение между наличието или липсата на венозна газова емболия, измерени със CW Доплер и измерванията (ляво или дясно) с O'Dive™. Коефициентът на ранговата корелация на Спирман *rho* показва, че има значителна сигнификантна корелация между резултати от степените на VGE, получени от двете измервания, като има тесен интервал на доверителност: $r = 0.664^{**}$ [95% CI: 0.14-0.38] при ($p < 0.001$, $n = 154$ двойки).

Таблица 1. Степен на съгласие между степените на VGE, измерени със CW Доплер и O'Dive

		степени на VGE* от CW Доплер					Общо	
		0	I	II	III	IV		
степени на VGE от O'Dive	0	брой	88	6	2	0	0	96
		% от всички						62.3%
	I	брой	4	32	2	0	0	38
		% от всички						24.7%
	II	брой	0	3	10	1	0	14
	% от всички						9.1%	
	III	брой	0	0	1	5	0	6
	% от всички						3.9%	
	IV	брой	0	0	0	0	0	0
	% от всички							0
Общо	брой	92	41	15	6	0	154	100%
	% от всички							

*-VGE (венозен газоз емболизъм)

в червено са стойностите на съгласие между двата метода на измерване на VGE

Таблица 2. Случаите на съпадение на VGE, измерени със CW Доплер и O'Dive

O'Dive		CW Доплер		Общо
		наличие на VGE	липса на VGE	
	наличие на VGE	54	4	58
	липса на VGE	8	88	96
	Общо	62	92	154

Обсъждане

Рискът от поява на декомпресионни увреждания по време на водолазни спускания е реален, което представлява значим здравен проблем за конкретния водолаз, но застрашава и общата безопасност на целия водолазен екип, което оказва неблагоприятно

въздействие върху общата организация на водолазните спускания. Декомпресионният стрес се влияе от редица индивидуални фактори, следователно е важно да се идентифицират подходящите методи за оценка на това влияние. Отделните хора имат различна възприемчивост към декомпресион-

ния стрес, което зависи от генетични, физиологични и други личностови характеристики. В тази връзка Доплер мониторирането е ценен метод за оценка на този стрес. Това има и голяма превантивна роля по отношение развитието на симптоми на ДБ.

В момента има нужда от малки, преносими устройства с дълъг живот на батерията, за да се получат повече VGE данни на мястото на водолазното спускане. Това проучване сравнява едно ново ръчно ултразвуково устройство (O'Dive) с устройството, което отдавна се използва за наблюдение на VGE след водолазни спускания, а именно CW Доплер. Нашето проучване има висок научно-практически принос, защото дава яснота относно ефикасността на метода за самооценка на газовите мехурчета. От получените резултати може да се твърди, че Доплер апаратът O'Dive е достатъчно надежден и може да замести изследванията извършвани от лекар посредством Доплер с постоянна или импулсова вълна. От съществена важност е, че методът за самооценка на VGE е лесен за усвояване от водолазите. Разбира се този метод има и някои ограничения при неговото използване, като важни са:

1. VGE се отчита само от субклавиалния регион, като не се отчитат мехурчетата, генерирани от долните крайници и торса. Въпреки че има изследвания, които показват, че регистрацията на субклавиален емболизъм е в по-висока корелация с появата

на ДБ (Hugon et al., 2018) [13]. Споменатото изследване разглежда по-конкретно субклавиалните записи и установява, че ако се вземе предвид тежестта на спускането, тогава субклавиалният Доплер е по-добър предиктор за ДБ в сравнение с мониторинга на прекордиалното място. Тези данни са от интерес при разработването на устройства като O'Dive™, които могат да бъдат лесни за използване от водолазите, които да позиционират сами надеждно върху себе си трансдюсера на апарата.

2. Необходимостта да има интернет, което не винаги е възможно, особено ако водолазните спускания се извършват от кораб далече от брега.

3. Необходимостта да се заплаща такса на фирмата доставчик на услугата, която зависи от времето за получаване на резултата от степените на VGE и броя на заявените изследвания, които са предплатени.

ИЗВОДИ

От направените от нас изследвания може да се направят няколко извода:

1. Ние препоръчваме използването на Доплеровия метод за самооценка на венозния газов емболизъм при водолази, като се съобразяваме с отчетените ограничения.

2. Въпреки това, ако е възможно (наличие на лекар) това изследване е добре да се контролира със CW Доплер мониториране.

3. Арбитражен метод за оценка на VGE остава ехокардиографията.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Diving Equipment and Marketing Association (2022). 2022 Diving Fast Facts. Available at: <https://www.dema.org/store/download.aspx?id=7811B097-8882-4707-A160-F999B49614B6>.
2. Papadopoulou V, Eckersley RJ, Balestra C, Karapantsios TD, Tang MX. A critical review of physiological bubble formation in hyperbaric decompression. *Adv Colloid Interface Sci.* 2013 May;191-192:22-30. doi: 10.1016/j.cis.2013.02.002. Epub 2013 Mar 13. PMID: 23523006.
3. Mitchell SJ, Bennett MH, Moon RE. Decompression Sickness and Arterial Gas Embolism. *N Engl J Med.* 2022 Mar 31;386(13):1254-1264. doi: 10.1056/NEJMra2116554. PMID: 35353963.
4. Papadopoulou V, Tang MX, Balestra C, Eckersley RJ, Karapantsios TD. Circulatory bubble dynamics: from physical to biological aspects. *Adv Colloid Interface Sci.* 2014 Apr;206:239-49. doi: 10.1016/j.cis.2014.01.017. Epub 2014 Jan 30. PMID: 24534474.
5. Nishi RY, Brubakk AO, Eftedal OS. Bubble detection. In: Brubakk AO, Neuman TS. (eds). *The Bennett and Elliot's physiology and medicine of diving*, 5th edn. WB Saunders, London, 2003: 501–529.

6. Eftedal OS, Lydersen S, Brubakk AO. The relationship between venous gas bubbles and adverse effects of decompression after air dives. *Undersea Hyperb Med.* 2007 Mar-Apr;34(2):99-105. PMID: 17520861.
7. Le DQ, Dayton PA, Tillmans F, Freiburger JJ, Moon RE, Denoble P, Papadopoulou V. Ultrasound in decompression research: fundamentals, considerations, and future technologies. *Undersea Hyperb Med.* 2021 First Quarter;48(1):59-72. doi: 10.22462/01.03.2021.8. PMID: 33648035.
8. Eftedal OS, Lydersen S, Brubakk AO. The relationship between venous gas bubbles and adverse effects of decompression after air dives. *Undersea Hyperb Med.* 2007 Mar-Apr;34(2):99-105. PMID: 17520861.
9. Kisman K, Masurel G. Method for Evaluating Circulating Bubbles Detected by Means of the Doppler Ultrasonic Method Using the "K.M. Code". Centre d'Etudes et de Recherches Techniques Sous-Marines, 1983.
10. Spencer M, Johanson D. Investigation of New Principles for Human Decompression Schedules Using Doppler Ultrasonic Blood Bubble Detection. Seattle: Institute of Environmental Medicine and Physiology, 1974.
11. Cohen J. Weighted kappa: nominal scale agreement with provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychol Bull.* 1968 Oct;70(4):213-20. doi: 10.1037/h0026256. PMID: 19673146.
12. Landis JR, Koch GG. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics.* 1977 Jun;33(2):363-74. PMID: 884196.
13. Hugon J, Metelkina A, Barbaud A, Nishi R, Bouak F, Blatteau JE, Gempp E. Reliability of venous gas embolism detection in the subclavian area for decompression stress assessment following scuba diving. *Diving Hyperb Med.* 2018 Sep 30;48(3):132-140. doi: 10.28920/dhm48.3.132-140. PMID: 30199887.

АДРЕС ЗА КОРЕСПОНДЕНЦИЯ:

проф. д-р Никола Шопов, д-р Николета Малинова
ВМА – катедра „Авиационна и морска медицина”
drschorov@abv.bg

ТИПОВЕ ЕВАКУАЦИЯ ОТ МОРСКИ СЪОРЪЖЕНИЯ И КОРАБИ ДАЛЕЧЕ ОТ БРЕГА

Мария Пантелеева, Теофан Куюмджиев, Гюрджан Еджаби

Катедра по медицина на бедствените ситуации и морска медицина, ФОЗ
Медицински университет – Варна

Резюме: Организацията на евакуацията от морски съоръжения и кораби може да се наложи по всяко време и поради различни причини.

Целта на обзора е да се разгледат възможните причини, налагащи евакуация на екипажите на плавателни съдове и съоръжения. Използвани са документален и аналитичен метод. Разгледани са нормативни актове и публикации в български и чуждестранни списания, както и личен опит.

Организацията на евакуацията на повечето морски съдове и в компаниите, занимаващи се с добив на нефтопродукти, е на базата на съществуващия медицински евакуационен план (MERP). Основните видове евакуация – по медицински и немедицински причини, се предшестват от съответните звукови и зрителни команди и се тренират ежеседмично от личния състав и пасажерите на кораба/съоръжението. При наличие на медицинско лице на съответния морски съд/съоръжение, често тези учения завършват с тренировка за медицинска евакуация и носене на пострадал.

В заключение, от проучените статии и нормативни документи установихме, че независимо от причините за евакуация – медицински или немедицински, тя се извършва най-често посредством хеликоптер или по-малък морски съд. За ефективността ѝ от значение е организацията и подготовката за извършването ѝ, както и редовните тренировки на екипажа и пътниците.

Ключови думи: евакуация, медицинска евакуация, екипаж, мореплаване

TYPES OF EVACUATION FROM OFFSHORE FACILITIES AND SHIPS AWAY FROM SHORE

Maria Panteleeva, Teofan Kuyumdzhev, Gyurdzhan Edzhabi

Department of Disaster Medicine and Marine Medicine, Faculty of Public Health
Medical University Varna

Abstract: Marine facilities and ships may need evacuation at any time and due to variety of reasons.

The review aims to examine the reasons for evacuation of vessel / facility crews. Documentary and analytical methods were used. Regulations and publications in national and foreign journals as well as personal experience have been considered.

The evacuation on most marine vessels and in the oil companies is based on an existing Medical Emergency Response Plan (MERP). The main types of evacuation, for medical and non-medical reasons, are preceded by appropriate audible and visual commands and are trained weekly by crew and passengers. If a medical officer is present on the vessel/facility concerned, these drills often culminate in a medical evacuation and casualty carry drill.

In conclusion, from the articles and regulatory documents we studied, we found that regardless of the reason for evacuation, medical or non-medical, it is most often accomplished via helicopter or smaller marine vessel. The organization and preparation of the evacuation, as well as the regular training of the crew and passengers, are important for its effectiveness.

Keywords: evacuation, medevac, crew, seafaring

ВЪВЕДЕНИЕ

Кризисни ситуации в морето възникват често. Независимо от причината, възникналата ситуация може да породи освен всички други последствия, и риск за живота и здравето на намиращите се на борда екипаж и пътници. От изследване на норвежките власти например е установено, че обажданятия към Службата за телемедицински услуги (Telemedical Assistance Services – TMAS) са относително постоянен брой през последните години, като при значителна част от тях се изисква медицинска евакуация на пострадал. Осигуряването на безопасна работна среда за морските лица и използването на алгоритми за предвиждане и оценяване на вероятността от спешни състояния по медицински причини са от изключително значение за ефективността на мениджмънта при рискови ситуации [16].

Настоящото проучване цели да изследва възможните причини, налагащи евакуация на екипажите на плавателни съдове и съоръжения.

Използвани са документален и аналитичен метод. Анализирани са различни международни морски нормативни актове, публикации по темата в български и чуждестранни списания, както и личен опит.

С развитието на морската индустрия все повече се налага да се съобразяват икономическите фактори с изискванията за безопасност на персонала. За целта е създадена ИМО (International Maritime Organization) като специализирана агенция на Обединените нации, която да хармонизира минималните стандарти за безопасност, на които да отговарят морските съдове. Стандартизирането включва цялостна оценка на риска и обосновка на рентабилността на предприеманите мерки за преодоляването му. Една мярка се приема за рентабилна, когато избягването на икономическия риск не е постигнато с непропорционално високи разходи за индустрията. На практика това означава да се определи стойност не само на вещите, но и на човешкия живот [1,3].

Една от най-сериозните мерки, прилагани в кризисни ситуации и със значителна

финансова тежест е извеждането на пасажерите и екипажа от морски съд (команда „Abandon ship”). Евакуацията от морски съоръжения и кораби, намиращи се далече от брега, може да се наложи по медицински и немедицински причини [10,15].

Тези два основни вида евакуация се предшестват от съответните звукови и зрителни команди и се тренират ежеседмично от личния състав и пасажерите на кораба/съоръжението. Извършват с и учения със спасителни лодки, обикновено разположени от двете страни на съда и които се използват за сборен пункт (Muster point).

При наличие на медицинско лице на съответния морски съд/съоръжение, често тези учения завършват с тренировка за медицинска евакуация и носене на пострадал.

Медицински евакуационен план

Повечето големи компании, занимаващи се с добив на нефтопродукти, имат така наречения медицински евакуационен план (Medical Emergency Response Plan – MERP). Той очертава стъпките, които трябва да се предприемат при възникване на извънредна ситуация. Първата стъпка е да се осъзнае, че е възникнала извънредна ситуация, и да се оцени, за да се определи естеството и размера ѝ. Следващата стъпка е да се активира екипът за спешно реагиране, като той може да включва само обучени служители или и външни лица, които да реагират при авария. При ситуация извън възможностите на вътрешния екип за реагиране при извънредни ситуации, може да се поиска външна помощ – повикване към службите за спешна помощ, като полиция, пожарна или медицински персонал, за допълнителна подкрепа и осигуряване на ресурси. Едновременно с това трябва да се оказва помощ на засегнатите от извънредната ситуация (първа помощ, евакуация от мястото или предоставяне на подкрепа) [2].

Като цяло планът за действие при извънредни ситуации осигурява ясен и структуриран подход за реагиране при извънредни ситуации. Следването на тези стъпки осигурява безопасността и благополучието на

екипажа и пасажерите и свежда до минимум въздействието на извънредните ситуации.

Планът за спешна медицинска помощ (MERP) е конкретен, специфичен за кораба (съоръжението) план, основан на оценката на здравния риск в страната, мястото и вида на работата и наличните медицински ресурси, описващ реакцията при спешна медицинска помощ, като се използват наличните ресурси.

Седемте елемента на успешното планиране на действията при извънредни ситуации са: разглеждане на ситуацията; определяне на правилните действия; определяне сборен пункт (Muster point); определяне и проверка на безопасните маршрути за напускане; проверка присъствието на всички членове на екипажа и пасажери; редовно провеждане на учебни тренировки; непрекъснато актуализиране на информацията относно настъпилата критична ситуация [6,7].

Във всяка кабина е необходимо да има информация за действие при спешни случаи, например пожар, човек зад борда, напускане на кораба. Обикновено това е табло (Emergency Station Bill), поясняващо основни алармени сигнали: Code Alpha (Medical Emergency), Code Bravo ("Fire"), "H₂S", Code Oscar или Mr Mob ("Man over board") и "Abandon ship". Описани са ролята на съответните членове на екипажа (със специални функции) или обикновените пасажери. Трябва да е осигурено оборудване – предпазна екипировка (Safety gear). Това включва азбестови ръкавици (поуката от инцидента с Piper Alpha 1988 г.), наличие на Self Contained Breathing Apparatus (SCBA) и други. Тези ситуации трябва да се проиграват редовно, като се включват не само морските специалисти, но и пасажерите. Освен тренировките, е необходимо да се проверява периодично медицинското окомплектоване на кораба или морското съоръжение. Това касае наличието на изискваните по нормативните документи оборудване – спинална дъска (къса, дълга), кошница за евакуиране на дъската, ремъци за обезд-

вижване на пострадалия, яки за обездвижване на шийни прешлени, средства за обдишване, ЕКГ – монитор, АВД, чанта с медикаменти според изискванията [8,9].

Най-чести причини, налагащи евакуация:

1. По немедицински причини:
 - Пожар на борда (най-честа причина)
 - Нарушаване интегритета на кораба и заплашващо потъване на съда/ съоръжението.
 - Човешки фактор (грешки) [2]
2. По медицински причини:
 - Основна причина – заболяване, свързано с работата
 - Заболявания на ССС, включително инфаркт на миокарда и инсулт;
 - Заболявания на ГИТ, включително язва, инфекциозни диарии с обезводняване;
 - Малария и други тропически болести;
 - Състояние, свързано с работата (трудова злополука)
 - Нараняване;
 - Механична травма (навяхване, фрактура);
 - Термична травма и електрокомбустии;
 - Чуждо тяло в окото;
 - Обгазяване;
 - Топлинно изтощение; [14,17]

Самата евакуация предполага:

1. Подготовка за извършването ѝ при необходимост. Учебни тренировки, които се извършват регулярно. Определяне на задълженията на всеки от екипажа при обявяване на напускане на кораба.

2. Техническо осигуряване – носилки и транспорт. Транспортът става:

- Посредством хеликоптер;
- Посредством обслужващ по-малък морски съд (supply boat или FRC – fast rescue boat), на който болният се прехвърля със специална кошница (personal transfer basket).

Използването на хеликоптер за евакуация става след уточняване състоянието на пострадалия (спешността и медицинските

съображения) и метеорологичните условия. От значение е и по кое време на деня се извършва и видимостта за екипажа на хеликоптера. За непосредствен трансфер на болен от морското съоръжение или кораб към хеликоптера трябва да са осигурени спинална дъска (или Scoop stretcher), при интубирани болни задължително кислородна бутилка, аспирационна помпа и АВД [12]. По отношение броя на пациентите и разстоянието до базата, зависи от типа на летателната машина. Някои оперират в рамките на 4-5 часа полет и могат да транспортират повече от един пострадал.

Поради неблагоприятни метеорологични условия, може да се наложи евакуацията да е посредством малък морски съд. Това може да се извърши и в случай, че трябва да се евакуират повече пострадали едновременно. Много често трансферът се извършва посредством Personal transfer basket – направена с въжета и здрава основа пирамидоподобна конструкция, която с лекота побира носилка и придружител [12].

Медицинската евакуация може да бъде изключително опасна за пациента и за екипажа на кораба поради условията на околната среда и опасностите, свързани с прехвърлянето на пациента от кораба на друг плавателен съд или хеликоптер. Медицинска евакуация с лодка може да бъде предизвикателство, затова е необходимо да се провеждат учебни тренировки.

При пожар на борда

Корабите трябва да отговарят на предварително определени стандарти за пожарна безопасност. Ограничаването на огъня и дима са сериозен проблем, особено в случай на неконтролиран пожар. Също така при някои Происшествия на борда системите за евакуация могат да не сработят поради топлината и пламъците, които са проникна-

ли през отворите в складовите, сервизните и пътническите пространства. При пожар преди извършване на евакуация трябва да се изчисли безопасното разстояние, при което се гарантира защитата на местата за качване и пътищата за евакуация, както и да се предвиди отказа на противопожарните системи поради топлина и дим. Това се тренира по време на учебните тревоги, разигравани с екипажа и пасажерите (Drills) [4].

Организирането на евакуацията се основава на сигнал за тревога или устно съобщение от един от членовете на екипажа. Пътниците се събират в сборни пунктове, определени в плановете за евакуация – обикновено разположени в ресторантите или на палубите. В някои случаи на пътниците се нарежда да си сложат спасителни жилетки. Проучва се маршрута за евакуация. Възможно е при отминаване на опасността (ограничаване и задържане на пожара) пътниците да се върнат в каютите си от сборния пункт (аварията на Commodore Clipper). Всички пътници са евакуират безопасно с помощта на спасителни лодки. Ако се налага, се използват и помощни кораби [4, 12,13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Медицинската евакуация е важен аспект от живота и работата на хората далече от брега.

Медицинската евакуация трябва да се планира до най-малкия детайл и да се тренира минимум веднъж седмично (по наши проучвания това се планира най-често в почивния ден – събота или неделя).

Тя е основен и завършващ елемент в оказването на първа помощ като цяло. Затова не само офицерския състав, но и целия екипаж трябва да бъде обучен за реакция.

ЛИТЕРАТУРА:

1. МТИТС, Окончателен доклад от разследването на много тежко морско произшествие - смърт на моряк при падане в товарен трюм на Моторен Кораб „Анна М“ на рейда на пристанище Варна 08.12.2014 г.

2. F. Crestelo Moreno, J. Roca Gonzalez, J. Suardíaz Muro, J.A. García Maza. Relationship between human factors and a safe performance of vessel traffic service operators: A systematic qualitative-based review in maritime safety. *Safety Science* 155 (2022); DOI: 10.1016/j.ssci.2022.105892
3. EMSA, European Maritime Safety Report 2022, Lisbon, Portugal, 2022, pp 286
4. EMSA, Firesafe II Containment and Evacuation, Final Report, Bureau Veritas – RISE – Stena, 2018, pp 181
5. European Maritime Safety Agency, Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2023, Lisbon, Portugal, 2023, pp 66
6. IMO, International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) (Consolidated Edition, 2020)
7. IMO, International SafetyNET services manual (2021 Edition)
8. Joint IMO/IHO/WMO Manual on Maritime Safety Information (2015 Edition)
9. IMO, Guidance for Mass Rescue Operations, COMSAR/Circ.31, London, 2003
10. IMO, Medical Assistance at Sea, MSC/Circ.960, London, 2000
11. International Aeronautical and Maritime Search and Rescue (IAMSAR) Manual, 2022 edition, Volume I “Organization and Management”, International Maritime Organization, London, UK, 2022, pp 110
12. International Aeronautical and Maritime Search and Rescue (IAMSAR) Manual, 9th edition, Volume II “Mission Coordination”, International Maritime Organization, London, UK, 2022, pp 548
13. International Aeronautical and Maritime Search and Rescue (IAMSAR) Manual, 9th edition, Volume III “Mobile Facilities”, International Maritime Organization, London, UK, 2022, pp 288
14. Maritime and Coastguard Agency, SHIP CAPTAIN’S MEDICAL GUIDE 22nd EDITION, 1999, Southampton, UK, pp 224
15. Thibodaux D. P., R. M. Bourgeois, R. R. Loeppke, D.L. Konicki, P. A. Hymel, M. Dreger. Medical Evacuations From Oil Rigs off the Gulf Coast of the United States From 2008 to 2012. Reasons and Cost Implications. *JOEM* Volume 56, Number 7, July 2014, 681-685
16. Stannard S, Managing medical emergencies: risks and responses, *Int Marit Health* 2018; 69, 2: 151–152, DOI: 10.5603/IMH.2018.0023
17. World Health Organization, International medical guide for ships: including the ship’s medicine chest. 3rd ed., WHO Press, Geneva, Switzerland, 2007, pp 492

АДРЕС ЗА КОРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Теофан Куюмджиев

Катедра по медицина на бедствените ситуации и морска медицина, ФОЗ

Медицински университет – Варна

teodoc@hotmail.com

АВТОЖИРНА МНОГОФУНКЦИОНАЛНА АВИАЦИОННА СИСТЕМА КАТО ЕЛЕМЕНТ ОТ ПЕРСПЕКТИВНА НАЦИОНАЛНА ИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

Димитър Недялков

Институт за космически изследвания и технологии – БАН

Резюме:

Проект 1.1.6. – ИКИТ-БАН

Целта на статията е формулиране на необходимостта от изграждане на Автожирна многофункционална авиационна система (АМАС) като елемент от перспективна национална информационна система, на база систематизиране, анализ на възможни варианти и предложение на оптимален вариант.

AUTO-PROPELLED MULTIFUNCTIONAL AVIATION SYSTEM AS AN ELEMENT OF A PROSPECTIVE NATIONAL INFORMATION SYSTEM OF THE REPUBLIC OF BULGARIA

Dimitar Nedyalkov

Institute for Space Research and Technologies – BAS

Abstract:

Project 1.1.6. – IKIT-BAN

The purpose of the article is to formulate the need to build an Autogyro Multipurpose Aviation System (AMAS) as an element of a prospective national information system, based on systematization, analysis of possible options and a proposal of an optimal option.

ОПИСАНИЕ НА НЕОБХОДИМОСТИТЕ

Автожирната многофункционална авиационна система обхваща конкретни авиационни структури в състава на граждански и бизнес организации за изпълнение на конкретни задачи. Тя се дефинира като единна, интегрирана подсистема в рамките на министерства, ведомства и частни стопански субекти. Сама по себе си е система от взаимосвързани многоцелеви авиационни компоненти и елементи, снабдени с необходимото оборудване за изпълнение на

определените им при създаването мисии. Предвид изискуемата за съвременните условия на въздушното пространство многофункционалност, подсистемата като цяло трябва да притежава и реализира потенциала си в резултат от своето действие в условията на мир и кризи от различен характер, изпълнявайки с необходимата степен на ефект целия възможен спектър от зададени в мисиите им задачи.¹

Действието на системата е целесъобразно да се осъществява с централизирано управление и възможност за децентрализирана

но използване от потребителите на разполагаемите авиационни сили и средства, да е пълноценно и при дефицит от време, предвид геополитическото ситуиране на Република България в рамките на вече описаните в основните документи вероятни заплахи. За целта всяка от основните предлагани автожирни авиационни компоненти и елементи в рамките на споменатите структури, на база прагови количествени и качествени параметри, е необходимо те да имат способност да изпълнява повече от две основни задачи с еднаква степен на ефективност и ефикасност.

Под способност на АМАС трябва да се разбира вече придобита възможност за изпълнение на конкретна задача, а потенциалът на системата да се основава на нейното състояние в количествени, качествени параметри и способност да ги реализира в рамките на конкретна въздушна или земна обстановка, като основна форма за използване ѝ.

През последните повече от десет години съществуващия процес на интензивно нарастващ дефицит от способности за бърз контрол и реакция при следене на критичната инфраструктура, зони и райони от особен интерес, налага трансформирането на авиационните системи. Такива са примерите в САЩ, Русия, Франция, Китай, Южна Корея, Израел, почти всички държави в Европа, Северна Африка, Близкия и Среден Изток. Дефицитът от способности в посочените области е причинен от бързите промени, настъпили в дименсиите на съвременното контролирано пространство.

В областта на авиацията, недвусмислено се доказват сравнително по-леките многофункционални и дистанционно управляеми летателни системи (ДУЛС). Основният показател ефект/цена от техните действия се оказва значително по-приемлив като краен резултат дори съществуващите до момента авиационни системи. Те са все помалоразмерни, високоподвижни и не се нуждаят от скъпа инфраструктура, за да могат да бъдат експлоатирани.

Автожирните авиационни системи са в етап на бързо развитие и на база на доказани предимства, те намират все по-голямо приложение в системите за сигурност на много държави. Създадени като нестандартна авиационна идея в началото на 20-те години на миналия век в Испания, те се налагат постепенно, благодарение на своите доказани предимства, в определени структури. В годините на Втората световна война се използват от водещи държави за решаване на основни и спомагателни задачи в интерес на армията и флота. В Съветския съюз, Германия, Япония и Великобритания се използват за осигуряване на наблюдение на земни и морските пространства.

В съвременни условия над 1000 автожирни летателни апарата намират своето приложение в САЩ, Китай, Катар, Ирак и др. Тенденцията за нарастване на тяхното използване се дължи на доказаните им технологични предимства. Като основни такива могат да бъдат посочени следните:

- Относително много по-ниска цена на авиационната и обслужваща техника, дори в сравнение с подобни леки вертолетни и самолетни авиационни системи;
- Опростена конструкция, която позволява развърщане на производство в държави без традиции или прекъснати такива като България, в областта на авиационната индустрия;
- Притежаване на необходимия височинно скоростен диапазон и такъв за далечина и продължителност на полета за изпълнение на широк спектър от задачи;
- Лесна и с ниска себестойност поддръжка в летателна годност, особено в условията на национално производство;
- Лесна и с ниска себестойност подготовка на земен и летателен състав;
- Съчетава предимствата на самолетната и вертолетната авиационна техника при условия на ежедневна експлоатация;
- Позволява експлоатирането от неподготвени площадки с размери за излитане от 50-70 м и такива за кацане до 10 м, с възможност и за вертикално кацане и такова на

подготвена лека корабна платформа с размери на 4x4 м и товароносимост до 400 кг;

- Висока степен на сигурност конст-рукцията, позволяваща продължителен жизнен цикъл;

- По-висока степен на експлоатационна и летателна безопасност в сравнение с вертолетни и самолетни авиационни системи;

- Възможност за компонентност в оборудването при експлоатацията за решаване на различни задачи, осигуряваща много-функционалност на системата;

- Възможност за производство или бърза трансформация от пилотируем в безпилотен вариант без това да изисква основни промени по конструкцията на летателния апарат.

В този смисъл решаването на ключови проблеми в областта на сигурността би могло да бъде постигнато в перспектива с развъртането на АМАС, базираща способностите си на 6-тото поколение модерни авиационни технологии, която може да изпълнява следните основни задачи:

По мисия „Сигурност“:

- въздушно разузнаване на зони, райони и пътища;

- участие в разузнавателната подготовка на зададено пространство

(включително биологично и химическо разузнаване);

- въздушно наблюдение на определени райони от особен интерес;

- участие в осигуряване на суверенитета на националното въздушно пространство;

- участие в антитерористични операции;

- участие в стоварването на специални групи и тяхното логистично и разузнавателно осигуряване;

- участие в процеса на управление при изпълнението на спасителни задачи;

- оценка на резултатите от действията на други структури;

- участие в осигуряване на сигурността в рамките на тилови и логистични структури;

- цифрово картографиране за целите на конкретни задачи.

По мисия „Подкрепа на действия при кризи“:

- осъществяване на постоянно денонощно наблюдение на определени зони за отговорност на национални и многонационални контингенти;

- водене на въздушно разузнаване в интерес на обществения ред или от хуманитарно естество;

- постоянен мониторинг на зони, райони, земни и морски пътни артерии;

- участие в охрана на граници и бази;

- участие в операции по търсене и спасяване;

- изпълнение специални задачи;

- участие в действия за превенция и отстраняване на последствията от бедствия, аварии и катастрофи.

По мисия „Осигуряване на държавни и бизнес структури“:

- наблюдение на зони, райони и пътната мрежа на територията на страната;

- мониторинг на земните и морските граници;

- мониторинг на териториалните води и корабоплаването;

- участие в контрол на критичната енергийна инфраструктура;

- химическо, бактериологично и радиационно наблюдение и разузнаване;

- ранно откриване и наблюдение на пожари;

- контрол на пътния трафик от въздуха;

- осигуряване на операции по търсене и спасяване на екипажи на

летателни апарати и кораби, търпящи бедствие;

- обучение и подготовка на авиационни кадри за целите на националната и съюзна система за сигурност;

- изпълнение на специални задачи;

- екомониторинг над суша и море;

- кадастрално заснемане на райони и територии.

Необходимо е да отбележим, че изброените мисии и задачи фиксират моментно състояние на базата на настоящата околна

среда и технологично ниво на автожирните платформи и тяхното оборудване.

АНАЛИЗ НА СЪЩЕСТВУВАЩИТЕ АВИЦИОННИ ПРОДУКТИ, КОИТО ОТГОВАРЯТ НА МИСИИТЕ И ЗАДАЧИТЕ

Анализът на съществуващите авиационни продукти е на база на налична реализация, при възможни заявени инвестиционни намерения за нейното модернизирание и дооборудване.

Предвид изброените по-горе мисии и задачи, могат да бъдат очертани следните основни направления за създаване и развитие на АМАС:

- Да се инициира инвестиционна програма на база на научна разработка за развърщане на способност за производство и поддръжка на вече сертифицирана универсална учебна и спомагателна автожирна авиационна техника, както и на допълващо оборудване, предвид изграждане на способности за изпълнение на разширяващ се спектър от задачи;

- Да започне целева интензивна подготовка на следващо поколение летателен и земен авиационен състав, с нарастване на способностите за изпълнение отначало на част, а след това на пълния спектър от посочените по-горе задачи;

- Поетапно и планово увеличаване броя на модификациите от автожирни авиационни платформи в съчетание с постъпването на следващото поколение авиационна техника и оборудване за нея, с цел постигане на оптимални характеристики на авиационната система в рамките на ЕС с необходимите способности и многофункционалност, с приемливи нива за финансова ефикасност;

- На база на придобити способности за производство, експлоатация и лицензи за поддръжка на следващо поколение авиационна техника, да се развие авиационна промишленост в посоченото направление, образователна и квалификационна учебно-материална база за подготовка на авиационни инженерни кадри и специалисти за

целите на националната и колективна система за отбрана и сигурност.

АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНИТЕ ВАРИАНТИ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА СПОСОБНОСТИ И ИЗБОР НА ПОВЕЧЕ ОТ ДВА ВАРИАНТА ПО ПРЕДВАРИТЕЛНО ДЕФИНИРАНИ КРИТЕРИИ

Критериите за избор на варианти за изграждане способност АМАС, базирана на инвестиционен проект се определят от принципите (правилата) за изграждането и функционирането на подобни системи, основаващи способностите си на:

- централизирана подсистема за събиране, обработка и разпределение на информацията, за изпълнението на поддържащи и специални задачи в рамките на зададено пространство;

- централизирана подсистема за управление на АМАС;

- централизирана подсистема за подбор и подготовка на личния състав;

- централизирана подсистема за интегрирана логистика;

- възможност за децентрализирано използване на компонентите от АМАС за изпълнение на поставени задачи в условията на кризи и мир от министерства, ведомства и бизнес структури.

Използване на АМАС може да бъде реализирано по един от следните варианти за придобиването на авиационна техника за нейното развърщане:

- производство на летателни апарати за целите на АМАС по лиценз;

- придобиване на летателни апарати за целите на АМАС чрез закупуване на новопроизведени или такива втора употреба;

- наемане или безвъзмездно ползване на летателни апарати за целите на АМАС за определен срок.

При вариант 1 „Производство на летателни апарати за целите на АМАС по лиценз” съществува немалък риск и е необходимо значително време за преодоляване на дефицита от способности, но се залага

стратегически важна перспектива за индустриалното развитие в области на модерни технологии.

При варианти 2 „Придобиване производство на летателни апарати за целите на АМАС чрез закупуване на новопроизведени летателни апарати или такива втора употреба” рискът за преодоляване на дефицита от тази способност е не по-малък поради бързо променящата се среда за сигурност, изисква по-малко време и е препоръчително да се базира на национални разработки, за да допринесе за съществено индустриалното и технологично развитие.²

При вариант 3 „Наемане или безвъзмездно ползване на летателни апарати за целите на АМАС за определен срок” рискът за преодоляване на дефицита е по-малък. При този вариант има възможност разходите за придобиване и поддръжка на летателните апарати да бъдат по-малки от предходния, но значително по-големи от вариант 1. Този вариант обаче е малко вероятен и дори и да се реализира, няма да има ползи, свързани с икономическото и технологичното развитие.

Редно е да се отбележи, че освен посочените варианти за придобиване на авиационна техника съществува и комбиниран вариант, включващ постановки от вариант 1, вариант 2 и вариант 3.

Предвид вече предложените варианти за придобиване на авиационна техника за целите на АМАС и след анализ на възможните варианти за изграждане на способност за „Автожирна многофункционална система”, се предлага вариант на структура и състав ѝ в рамките на държавна или частна авиационна структура.

ВАРИАНТ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА АВТОЖИРНА МНОГОФУНКЦИОНАЛНА АВИАЦИОННА СИСТЕМА

Вариантът предвижда развърщането на АМАС в рамките на бъдеща проектна структура. Прогнозируемият състав и тип на авиационната техника е определен на база развитие на възможности за производство в България на сега съществуващ подобен тип летателен апарат с перспектива и ресурс да остане в състава на посочения проект, договоряни за целите на АМАС и с бъдещ разчет, даден на Фигура 1.

АМАС по предложения вариант може да включва в състава си 4 автожирни пилотируеми летателни апарата, от които 1 са учебни цели, останалите 3 са с възможности за подкачване или вграждане на оборудване за наблюдение. Типът на оборудването ще бъде определен от съответните потребители, предвид приоритетното им използване на спектъра от задачи.



Фигура 1. Структура и състав на изграждане на АМАС

Предложените компоненти на **Автожирна многофункционална авиационна система** са съобразени с необходимостта за бързото им оперативно развързване, както и за ежедневната им летателна подготовка и дейност по изпълнение на задачите. Планирането по изпълнението на задачите от АМАС и подготовката на летателният и земен състав се предвижда да се извършва в Секцията по планиране и подготовка, която ще разполага за целта и с един специализиран автожир за целите на специализираната учебна летателна дейност. Оперативната

секция е пряко ангажирана с изпълнението на заявените за деня или периода от време задачи. За целта се предвижда да разполага с два оперативно готови и оборудвани автожира. Секцията за резерв и логистика осигурява летателната и учебна дейност на АМАС, като има готовност да дооборудва и подготви за полети резервния автожир в рамките на минимален срок от време, зависещ от срочността на изпълняваната мисия и спецификата на самите задачи към нея.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВРЕМЕВА РАМКА ЗА ОСЪЩЕСТВЯВАНЕ НА ВАРИАНТА, С НЕОБХОДИМАТА ЛОГИСТИКА, ИНФРАСТРУКТУРА, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ДРУГИ

Дейност	2024				2025				2026				2027				2028				2029		Отговорник	
	I	I	I	V	I	II	I	V	I	I	I	V	I	I	I	V	I	I	I	V	I	II		
Дейност 1 Теоретична разработка																								ИКИТ- БАН
Дейност 2 Изграждане на експериментален, прототипен вариант																								ИКИТ- БАН
Дейност 3 Тестване, сертифициране на прототипа и производство на други три автожира																								ИКИТ- БАН
Дейност 4 Изграждане на индустриална база																								ИКИТ- БАН

АНАЛИЗ НА РИСКА

Анализът на риска е извършен въз основа на приетия „Модел за управление на риска при планиране на отбраната и въоръ-

жените сили” от февруари 2011 г., предоставен в МО на Р. България.

Рисковите фактори са разделени на групи ресурси, външна среда и техника. Резул-

татите от направения анализ на риска по двата варианта на придобиване могат да се обобщят както следва:

Вариант 1 – децентрализирано придобиване на летателни апарати за целите на АМАС, с децентрализирани подсистеми за логистика и подготовка на личния състав е с по-висок риск, който е в границите на приемливия и в стойностно изражение е 26%.

Като основен риск с потенциално най-високи негативни последици е идентифицирано ограничаване на разходите за целите на авиационната система, принадлежащ към ресурсните рискове. Друг риск, който съществено повлиява този вариант е „Осигуряване на интегрирана логистична поддръжка”.

Вариант 2 – централизирано придобиване на летателни апарати за целите на АМАС, с централизирани подсистеми за управление, развърщане на производство, ремонт и поддръжка, с единни подсистеми за логистика, подготовка на личен състав и с възможност за децентрализирано използване на компонентите е с по-нисък риск, който е в границите на приемливия и в стойностно изражение е 22%.

Изводите от анализа на риска са:

- Придобиването на летателни апарати по двата варианта е възможно и с приемлив риск, който е в границите на допустимия от 22% до 26%;
- По-ниско рисков е Вариант 2.

ПРЕДИМСТВА ПРИ ОСЪЩЕСТВЯВАНЕ НА ВАРИАНТА КЪМ СЕГА СЪЩЕСТВУВАЩАТА БЪЛГАРСКА ВОЕННОАВИАЦИОННА СИСТЕМА

Предложеният Вариант за изграждане на **Автожирна многофункционална авиационна система** базирана на изследователски проект има предимства пред сега съществуващите авиационни системи в следното:

- Може бързо да развърне достатъчен авиационен потенциал за изпълнение на основните задачи, свързани с планирането и

провеждането на посочените въздушни мисии, при значително по-ниска себестойност;

- Потенциалът на предлаганият вариант на АМАС се базира на многофункционални авиационни системи, способни да изпълняват с еднаква степен на ефект повече от две основни задачи от посочените мисии

- Основните авиационни платформи следват конструктивната логиката на поуките от практиката при използване на авиацията в условията на мир и кризи.;

- Развърщането на индустриална база за производство, ремонт, поддръжка на следващо поколение (включително роботизирано) авиационна техника предлага форма на развитие на авангардни технологии, независимо от глобални промени;

- Предложените авиационни платформи, състав и перспективна оптимална дислокация, съчетани със способности за производство, поддръжка, ремонт и обучение на състав, дава формат на АМАС с изключително изгоден показател цена/ефект;

ФИНАНСОВО ОСИГУРЯВАНЕ

Финансовото осигуряване за изграждането на **Автожирна многофункционална авиационна система** включва осигуряването на:

- разходи за начално придобиване на летателни апарати и оборудване;
- разходи за експлоатация на летателната система;
- разходи за обучение на личния състав;
- разходи за квалификация и летателна подготовка на личния състав;
- разходи по развърщане на ремонтна и производствена база;
- разходи за издръжка на персонала;
- разходи за издръжка на авиационната структура;
- други разходи.

Сложността на развърщането на АМАС изисква следващ детайлен финансов анализ на разходите при условие, че идеята за нейното създаване бъде приета по принцип и стартирано изпълнение на процедурите за практическото ѝ осъществяване.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Илиев, Валентин. Летателни апарати. Конструкция и якост, Катедра „Въздушен транспорт“ ТУ – София, Издателство КИНГ-2001, с. 5 ISBN 954-9518-17-5;
2. [www.https://interdroneexpo.bg/news](https://interdroneexpo.bg/news);

АДРЕС ЗА КОРЕСПОНДЕНЦИЯ:

проф. д.н. Димитър Недялков
ИКИТ – БАН

ХИПЕРБАРНАТА ОКСИГЕНАЦИЯ И ТРУДНОЗАРАСТВАЩИТЕ РАНИ – КОМПЕТЕНЦИИ НА МЕДИЦИНСКАТА СЕСТРА

Василка Гюрова-Кънчева¹, Христо Бозов², Даниела Танева¹

¹ Медицински университет – Пловдив, Факултет по обществено здраве,
катедра Сестрински грижи

² Университет „проф. д-р Асен Златаров“, Бургас

Резюме:

Въведение. Хипербарната медицина има 300-годишна история, но нейното развитие като наука базирана на доказателства започва едва в средата на XX век. Хипербарната оксигенация (ХБО) е с доказано терапевтично действие върху различни патологии, една от които е групата на труднозарастващите (хроничните) рани. Това се дължи на физичните свойства на кислорода, който увеличава своята концентрация в условията на повишено налягане. В лечението на хроничните лезии чрез ХБО е нужен мултидисциплинарен екип с активното участие на медицинската сестра, чиято функция е фокусирана върху предоставянето на качествени здравни грижи за пациента и отговорност за неговата сигурност.

Методи. Използван е метода на литературния обзор чрез дедуктивен анализ на съдържанието.

Резултати. Осъщественият литературен обзор доказва положителни резултати в използването на ХБО като адювантна терапия за труднозарастващи рани, както и ключовата роля на медицинската сестра в стандартизацията на здравните грижи.

Ключови думи: хипербарна оксигенация, хронични рани, сестрински грижи

HYPERBARIC OXYGENATION THERAPY AND NON-HEALING WOUNDS – NURSE COMPETENCES

Vasilka Guyrova-Kancheva¹, Hristo Bozov², Daniela Taneva¹

Medical University – Plovdiv, Faculty of Public Health, Department of Nursing
University "prof. Dr. Asen Zlatarov", Burgas

Abstract:

Background. Hyperbaric medicine has a 300-year old history, but its development as an evidence-based science began in the middle of the twentieth century. Hyperbaric oxygen therapy (HBOT) has a proven therapeutic effect on various pathologies, one of which is the group of non-healing (chronic) wounds. This is due to the physical properties of oxygen, which increases its concentration under conditions of increased pressure. In the treatment of chronic lesions by HBOT, a multidisciplinary team is needed with the active participation of the nurse, whose function is focused on providing quality health care to the patient and responsibility for his safety.

Method. The method of literature review through deductive content analysis was used.

Results. The conducted literature review proves positive results in the use of HBOT as an adjuvant therapy for non-healing wounds, as well as the key role of the nurse in the standardization of health care.

Keywords: hyperbaric oxygen therapy, chronic wounds, nursing care

ВЪВЕДЕНИЕ

Кислородът, както други газове реагира чрез повишаване на своята концентрация поради завишена разтворимост в условия на налягане. Реакцията позволява дълбоко проникване в слабо оросени, хипоксични, исхемични и некротични тъкани, което стимулира тяхното възстановяване, реперфузия и ангиогенеза (1). Хипербарната медицина е на повече от 300 години, но понятието за терапия, свързана с кислорода се заражда по времето на Индустриалната революция в Англия, конкретно породена от идеята за връзка между замърсяването на въздуха и човешкото здраве. Развитието на идеята, построяването и използването на първите хипербарни камери, както и нуждата от обединяване на познанията и стандартизиране на процесите води до създаването на UHMS (Undersea and Hyperbaric Medical Society) през 70те години на XXв (2). По същото време в СССР се разкрива център по хипербарна медицина (познат като Бароцентър) с най-големи мащаби в света, в който се извършват сърдечно-съдови операции (3). Като във всеки друг клон на медицината, участието на медицинската сестра в процедурите на хипербарната оксигенотерапия е задължително. Ролята ѝ е центрирана в предоставянето на грижи и сигурност за пациентите с различни патологии, но от гледна точка на сестринските компетенции и интервенции. Възможността за участие в диагностиката и лечението на рани от тип труднозарастващи е реална и съобразена с длъжностната характеристика на медицинската сестра.

МЕТОД И РЕЗУЛТАТИ

Използван е методът на литературния обзор чрез дедуктивен анализ на съдържанието избраните ключови думи са: "hyperbaric oxygen therapy", "nursing", "chronic wounds", чрез boolean AND. Търсенето е приложено в PubMed, Scopus, Google scholar без прилагане на първи етап на специфични филтри на изключване, след което е приложено ограничение за периода (последните 10 години). За целите на обзо-

ра са включени 22 статии, които подлежат на анализ и дискусия

АНТЕЦЕДЕНТИ

История на хипербарната медицина

Според F. Wattle (4) съществуват три периода в историческото развитие на дисциплината: период на откритията (от Ренесанса до Просвещението- до XVIIIв); период на хипербарната терапия -от средата на XIX до началото на XXв и модерен период- от средата на XXв до днешни дни. Първият период е свързан с постулирането на различни закони (Boyle, Mariotte, Pascal), разработването на изобретения (Torricelli - живачен барометър, Henshaw- първата барокамера от дърво, наречена "domicilium" и други научни открития (Black открива CO₂, а Priestly кислорода). Стартирането на втория период се дължи на трима френски лекари (Junod, Montpellier, Pravaz), които в различни градове на страната конструират и използват за терапията на различни патологии свои барокамери. По същото време в Англия Haldane демонстрира терапевтичните ефекти на хипербарния кислород върху интоксикацията с въглероден оксид (5). Третият период е маркиран от изискванията и развитието на медицинската практика, основана на доказателства. Voerema (Дания), Ledingham (Великобритания) и Jacobson (САЩ) са пионери в съвременната хипербарна медицина и благодарение на техните проучвания все повече изследователи и клиницисти работят в тази сфера, предлагайки нови перспективи за развитие.

В България развитието на ХБО започва през 60те години на XXв и първоначално е свързано с дейността на водолази и военни. Първите лекари със специални умения в хипербарната и морската медицина активно участват в изследователски програми, подводни експерименти и водолазни спортове(6). Дълго време ХБО се асоциира с военните болници в София, Варна и Бургас, но след 2010г нараства делът на частните центрове, които са в процес на регулиране на своята дейност (7).

Физиологични основи на лечението с хипербарен кислород

В естествени условия почти 2/3 от кислородния запас в кръвта се намира във вид на оксигемоглобин, друга част се транспортира разтворен в плазмата и точно тази пропорция може да се увеличи благодарение на HBO и да се подобри тъканната оксигенация според Закона на Хенри (8). Той е в основата за разбирането на HBO, тъй като анонсира, че количеството разтворен газ в течност или тъкан е правопрпорционално на парциалното налягане на този газ. Това обяснява, че при дишане на 100 процентов кислород на 3 атмосфери например, PO₂ достига 2000mmHg, а оттам се достигат и по-високи нива на разтворения кислород, който може да достига и оксигенира увредените тъкани.

ДИСКУСИЯ

През 2011 WHF (Wound Healing Foundation) приема консенсусен панел за класификация, диагностика и лечение на труднозарастващи рани. Според експертните изводи, трудно зарастваща рана е раната, която не преминава през четирите фази на заздравяване (хемостаза възпаление, пролиферация и ремоделиране) и въпреки положените грижи остава в застои (често във възпалителна фаза) повече от четири седмици (12). Съществуват различни фактори, които оказват влияние върху хронифицирането на раните. Повечето системни причини се отразяват на придружаващи заболявания, най значимото от което е захарният диабет тъй като патофизиологията му е свързана с нарушение в микроциркулацията. Други болести имащи значение са: заболявания на съединителната тъкан, невропатии, венозна или артериална недостатъчност, различни инфекции, употребата на някои медикаменти, възрастта и тютюнопушенето също оказват влияние. От локалните причини, които имат негативен ефект в заздравителният процес, може да споменем натиск травма, изгаряния и др.

В хемостазната фаза на заздравяването вазоконстрикцията, тромбоцитната агрега-

ция и образуването на фибринов съсирек води до локални исхемия и тъканна хипоксия като артериалния кислород се оказва водещ фактор в заздравяването (13). Въпреки доказаните терапевтични ефекти на HBO върху труднозарастващи рани, литературата доказва най-много проучвания относно лечението на диабетните язви или така нареченото диабетно стъпало. Изследванията на лечението на венозни язви на долните крайници например, са по-ограничени, но показват обнадеждаващи резултати. Ретроспективно кохортно проучване на холандски учени доказва 63% пълно или почти пълно зарастване на раните след средно 30 сесии HBO (14). Диабетното стъпало, имайки предвид нивата на заболяемост и болестност от захарен диабет, е най-честата форма на хронична рана, затова и честотата на проучванията е по-висока. Приети са различни класификации за степента на диабетните язви. Мегит-Вагнер, тексаска система, PEDIS), за да може да се оцени тежестта на състоянието и ефекта от HBO. Последната може да бъде използвана като основна, но по-често се прилага като адювантна терапия на диабетното стъпало. Основните насоки за терапия на диабетните рани са пет- профилактика, обувки, заболявания на периферните артерии, инфекции, интервенции за заздравяване на раните (15). Квазиекспериментално проучване на Александрийския университет и болници води до заключението, че скоростта на заздравяване е по-бърза при пациенти на HBO като допълваща терапия, а интензитетът на болката по-слаб (16). Друго ретроспективно изследване на повече от 680 амбулаторни пациента показва сходни резултати, а именно, че HBO работи ефективно при диабетни рани, особено степен 3 и 4 по Вагнер, когато конвенционалната терапия вече не е ефективна (17). Конвенционалната терапия включва методи като дебридман, прилагане на съвременни превръзки, контрол на кръвната захар и в краен случай хирургия или ампутация. В проследяването на експериментални групи с традиционно лечение и такива на терапия с хипербарен кислород

резултатите от намаляването на площта на раните, както и скоростта на тяхното заздравяване са в полза за пациентите с приложена ХБО (18).

Редица други автори чрез различно структурирани проучвания обобщават ефикасността, безопасността и ефективността на ХБО като комплиментиращо лечение към стандартни методи и подходи към диабетните крака (19;20;21). Въпреки това, клиничните доказателства се нуждаят от подсилване чрез бъдещи статистически издържани изследвания. Възможността да се отдиференцират различни типове труднозастващи рани е отлична предпоставка за това, имайки предвид, че етиологията на хроничните рани е варираща. В литературата се намират трудове, отразяващи лечението на хронични рани предимно на долните крайници без спецификация на нозологичната единица, довела до появата им. От техните резултати става ясно, че независимо от причинността ХБОТ е предпоставка за по-добри резултати в заздравителния процес, независимо от препоръките за разделяне на различните рани по вид (22;23;24).

Изучаването и разбирането на физиологичните основи на хипербарната оксигенация са фундаментални за структурирането на дадено проучване, избиране на подходяща популация, обработка на резултатите и изваждането на заключения. Повишеното парциално налягане на артериалния кислород води до увеличаване нивата на реактивния кислород, а той от своя страна повишава неогенезата (заради повишен ангиопластин, капилярно изграждане и ендотелни стволони клетки); подобрява функциите на извънклетъчната матрица чрез пролиферация и миграция на фибробласти и повишена продукция на колаген; облекчава възпалението като влияе на възпалителната каскада и понижава отока (25). Като се има предвид тежката еволюция и резистентност към класическите лечения на хроничните язви, ползите на кислорода като адювантна терапия нарастват, тъй като той участва в различна степен в гореспо-

менатите процеси. Кислородът се изследва като хипербарен или топичен (локален) агент и се описват резултатите от приложението му (26).

Освен терапевтичните аспекти е наложително да се познават контраиндикациите за ХБО, възможните странични ефекти и условията от нея. От тях зависят основните характеристики на пациентите в експерименталните групи, възможността от прекъсване и грешки в интерпретацията на резултатите. За медицинските специалисти, работещи в звена по хипербарна медицина, за техниците в извънболничните звена и за всички професионалисти, третиращи хипербарен кислород, е важно да разпознават симптомите на евентуални компликации. Проучване на Eggleton (27) твърди в заключение, че ХБО има известна вече ефикасност като адювантна терапия, въпреки по-високата в сравнение с конвенционалното лечение цена. Относно финансовите разходи, свързани с терапията в барокамери има и други статии, които все пак опитват риска от по-големи разходи в бъдещето, свързани с класическите методи за лечение на хронични рани, които включват хирургични интервенции, системни и локални медикаменти, участие на професионалисти по здравни грижи, скъпоструващи превръзки и обувки, подиатри и т.н. Изследване на Health Quality Ontario (28) обобщава, че сигурността на ХБО като адювантна терапия е същата, както и на стандартната терапия самостоятелно, но липсват данни за определяне на финансовата рентабилност. В случая на България хипербарната терапия не се поема от НЗОК, а контингентът от нуждаещите се пациенти е предимно в пенсионна възраст, което е основен проблем за автофинансирането и значима предпоставка за отхвърлянето и незнанието относно този вид терапия. В литературата са открити други източници, предоставящи противоположни резултати, отъждествени с неубедителни заключения относно клиничните резултати на ХБО като допълваща терапия на пациенти с диабетно стъпало (29). Този факт потвърждава хипотезата за недоста-

тъчността на експерименталните рандомизирани проучвания, които да подчертаят положителни заключения.

Професионалистите по здравни грижи, в частност медицинските сестри, като част от мултидисциплинарен екип обгрижващ пациенти, получаващи ХБО, също са обект на проучвания, най-вече с няколко цели: стандартизация на грижите и дефиниране на планове за сестрински грижи. Медицинските сестри са отговорни за планирането на пациентите, попълването на съответната документация и формулирането на съответните сестрински диагнози като база за грижите, както и проверка на ороназалните маски, спешния шкаф и т.н. Медицинската сестра има обучителна роля в процеса и наблюдава появата на странични ефекти. Здравно-просветната дейност включва обучение на пациентите относно различни изисквания на сигурността по време на сесиите: за предпочитане са памучните дрехи, които не генерират електричество; да не се използват лосиони кремове; в камерата не се влиза с метални предмети и електронни устройства (30;33). Също така медицинската сестра обучава на техники за изравняване на налягането в средното ухо, като най-популярен е маньовъра на Valsalva (30). При наличието на катетър фиксиращи балони, последните трябва да се напълнят с течност (дестилирана вода или физиологичен серум); назогастралните сонди и се клампират, а други диспозитиви (дренове, тръби) остават отворени (30;33). Меди-

цинската сестра влиза в ролята на обучител, изследовател и мениджър на процесите свързани с ХБО (31). Здравно-обучителната роля е от огромно значение за нормалното протичане на сесиите. Осведомеността на пациентите е обратнопропорционална на степента на тревогите и безпокойството, които могат да изпитат по време на терапията. Проучване на Abed Elmasch et al. (32) описва нуждата от обучителната роля на сестрата и различни техники за подобряване състоянието на пациентите преди, по време и след сесиите в барокамера. Не на последно място със сестринските грижи за съответните рани, ако терапията ги изисква, с последващо наблюдение и сестринска оценка на еволюцията на раната (33).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценката на влиянието на ХБО върху труднозарастващите рани е варираща, но клони към утвърждаването на хипербарния кислород като адювантна терапия на хронични лезии. Ролята на медицинската сестра за осъществяването на сесиите в барокамера е решаваща за правилното и безинцидентно протичане. Медицинската сестра като част от мултидисциплинарен екип приема ролята на наблюдател и оценител на еволютивното състояние на раните. Нужни са по-задълбочени проучвания в рамките и на двете направления: ефикасността на ХБО при лечението на хронични рани и участието на медицинската сестра в този процес.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Huchim O, Rivas-Sosa F, Rivera-Canul N, Mendez-Dominguez N. 350 años de la medicina hiperbárica: aspectos históricos, fisiopatogenicos y terapéuticos. *Gac Med Mex.*2017;153:938-945
2. Gill A, Bell GN. Hyperbaric oxygen: its uses, mechanism of action and outcomes. *QGM.*2004;97:385-395
3. Sociedad Española de Medicina Hiperbarica. Madrid: Dr. Vaquera, A. 2014. Historia de la medicina hiperbárica. Available: <http://www.semh.eu/la-medicina-hiperbarica/historia>
4. Wattle F. A history of hyperbaric medicine. In: Mathieu D. (eds). *Handbook on Hyperbaric medicine.* Springer. Dordrecht.2006, p 1-11
5. Haldane J. the relation of the action of carbonic oxide to oxygen tension. *J physiol.* 1895 jul 18; 18(3): 201-217
6. Bozov H, Aleksandrov V, Petrov N [Hyperbaric medicine- history and development] [in Bulgarian]. *Med.pregled.*2003;39(4):2-6
7. Tsankova K, Dimitrova M. Historical development of the hyperbaric oxygenation. *J of IMAB.*2021 apr-jun; 27(2):3772-3777

8. Boyle R. LXXXII. The solubility of radium emanation. Application oh Henry's law at low partial pressures. The London, Edinburgh and Dublin philosophical magazine and journal of science. 1911; 22:840-854
9. Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. *Diving Hyperb Med.* 2017 Mar; 47(1):24-32
10. Moon R (Editor). UHMS Hyperbaric Oxygen Therapy indications 14th edition. North Palm Beach, FL: Best Publishing Company. 2019.
11. Bozov H. [Naval medical manual] [in Bulgarian]. Sofia. Military Medical Academy. 2018:457-458
12. Eriksson E, Lin PY, Schultz GS, Martins-Green MM, Tanaka R, Weir D et al. Chronic wounds: treatment consensus. *Wound Rep Reg.* 2022; 30:156-171
13. Huang E, Heyboer 3d M, Savaser JD. Hyperbaric oxygen therapy for the management of chronic wounds: patient selection and perspective. *Chronic Wound care management and Research.* 2019; 27-37
14. Lalien RC, Akkerman I, van Hulst RA (2021). Hyperbaric oxygen therapy for venous leg ulcers: a 6 years retrospective study of results of a single center. *Front. Med.* 8:671678
15. Vinkel J, Rose Holm NF, Jacobsen JC, Hyldegaard O. effect of adding adjunctive hyperbaric oxygen therapy to standart wound care for diabetic foot ulcers: a protocol for a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. *BMJ Open* 2020;10: e031708
16. Hassan N, Rezian A, Jamal Al Deen A, Yakout R, Ibrahim H. Impact of Hyperbaric oxygen therapy and wound care on clinical outcomes for patients with diabetic foot ulcer. *IOSR-JNHS.* 2018; 7:28-38
17. Ennis WJ, Huang ET, Gordon H. Impact of hyperbaric oxygen on more advanced Wagner grades 3 and 4 diabetic foot ulcers: matching therapy to specific wound conditions. *Advances in wound care.* 2018; 7 (12):397-407
18. Salama SE, Edceb AE, Elbarbary AH, Abdelghany SE. Adjuvant hyperbaric oxygen therapy enhances healing of nonischemic diabetic foot ulcers compared with standart wound care alone. *The International Journal of Lower Extremity Wounds.* 2019; 8 (1): 75-80
19. Humar A, Shukla V, Prabhakar T, Srivastava D. Hyperbaric oxygen therapy as an adjuvant to standart therapy in the treatment of diabetic foot ulcers. *Journal of Anaesthesiology clinical Pharmacology.* 2020; 36 (2):213-218
20. Rahman M, Khan MRK, Ahmed T, Islam MSB, Nayeem R, Kalam MA. Hyperbaric oxygen therapy in non-healing wounds in a referral hospital of Bangladesh. *J Bangladesh Coll Phys Surg.* 2019; 37:109-118
21. Mallah SE, Fareed AEM, Al-Halim Ghaly OMA. Role of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of chronic ulcers of the foot in patients with type II diabetes mellitus. *Int Surg J.* 2019 Oct; 6 (10): 3492-3500
22. Dziągielewski P, Mikołajewska E, Goch A. results of hyperbaric oxygenation in chronic wound healing- preliminary findings. *Medical studies/Studia Medyczne.* 2016: 32 (3):179-183
23. Teguh DN, Raap RB, Koole A, Knippenber B, Smith C, Oomen J et al. hyperbaric oxygen therapy for nonhealing wounds: treatment result of a single center. *Wound Rep Reg.* 2021: 29: 254-260
24. Meireles de Andrade S, Viera Santos ICR. Hyperbaric oxygen therapy for wound care. *Rev Gaucha Enferm.* 2016 jun; 37 (2): e59257
25. Lam G, Fontaine R, Ross FL, Chin ES. Hyperbaric oxygen therapy. *Advances in skin and wound care.* 2017; 30 (4): 181-190
26. Rotaru M, Bereanu A, Beckert Ş. Updates of adjuvant treatment of chronic leg ulcers using oxygen therapy. *AMT.* 2015: 20 (1): 72-75
27. Eggleton P, Bishop AJ, Smerdon GR. Safety and efficacy of hyperbaric oxygen therapy in chronic wound management: current evidence. *Chronic Wound Care Management and Research.* 2015; 2: 81-93
28. Health Quality Ontario. Hyperbaric oxygen therapy for the treatment of diabetic foot ulcers: a health technology assessment. *Ont Health Technol Assess Ser [Internet].* 2017; 17 (5): 1 -142. Available: <http://www.hqontario.ca/Evidence-to-Improve-Care/Journal-Ontario-Health-Technology-Assessment-Series>
29. Santema KTB, Stoekenbroek RM, Koelemay MJW, Reekers JA, van Dortmont LMC, Oomen A et al. Hyperbaric oxygen therapy in the treatment of ischemic lower extremity ulcers in patients with Diabetes: results of DAMO2CLES Multicenter Randomized Clinical Trial. *Diabetes care.* 2018; 41: 112-119
30. Parra Moreno MD, Serrano Carmona JL (2014, noviembre). Oxygenoterapia hiperbárica. Cuidados de enfermería. Presentado: Cualisalud 2014-XI Reunion Internacional- I Congreso virtual de investigación cualitativa en salud. Available: <http://www.index-f.com/para/n20/084.php>
31. Gerlichova K, Mاتیšáková I, Poliakova N. the role of nurse in hyperbaric oxygen therapy. *University review.* 2014; 8 (1-2): 14-20
32. Abed EML, Mohammed MA, Ahmed HM, Ahmed GH. Nursing guidelines for patients with diabetic foot awareness about hyperbaric oxygen therapy. *Assiut Scientific Nursing Journal.* 2018; 6 (15); 86-94
33. Alemayehu Y, Kiwanuka F, Muhamaddi M, Imanipour M, Rad SA. Hyperbaric oxygen therapy: indications, benefits nursing management. *Int Jour of Caring Science.* 2019: 12 (1): 567-571

АДРЕС ЗА КОРЕСПОНДЕНЦИЯ:

e-mail: Vasilka.Kancheva@mu-plovdiv.bg

ISSN – 1314-5819

Предпечат и печат – Рекламна агенция „ЕВРИКА ЕООД“ – Елена Мануелян

0888 92 29 81

E-mail: ararat_ltd@abv.bg

На корицата: Авторска фотография на залива Ахтопол от проф. д-р Димитър Ставрев