

## ВЪЗМОЖНОСТИ НА ИНФОРМАЦИОННИТЕ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ В НЕВРОРЕХАБИЛИТАЦИЯТА ПРИ ПОСТ-КОВИД- СИНДРОМ (С ПРЕДСТАВЯНЕ НА КЛИНИЧНИ СЛУЧАИ)

Ивет Б. Колева<sup>1,2,3</sup>, Радослав Р. Йошинов<sup>4</sup>, Борислав Р. Йошинов<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Медицински Университет – София; Факултет „Обществено здраве“, Катедра  
„Кинезитерапия“; yvette@cc.bas.bg

<sup>2</sup> Национална кардиологична болница – София, Отделение „Кардиорехабилитация“

<sup>3</sup> Многопрофилна болница за продължително лечение и рехабилитация „Сердика“ –  
София, Отделение “Физикална и рехабилитационна медицина”; dr.yvette.5@gmail.com

<sup>4</sup> Висше училище по телекомуникации – София

<sup>5</sup> Медицински факултет на Софийски Университет

**Резюме:** В условията на COVID-19 пандемия, Физикалната медицина (ФМ) и рехабилитацията (Р) са изправени пред сериозни предизвикателства в целия свят, вкл. в нашата страна. Наблюдават се редица клинични проблеми – както по време на острата фаза, така и при Post-COVID синдром. В клиничната рехабилитационна практика работата ни е насочена предимно към post-COVID-пациенти с кардио-васкуларни, неврологични, невро-когнитивни и психични прояви.

*В последните години, наблюдаваме въвеждане на информационните и комуникационни технологии (ИКТ) във всяка област, вкл. в рехабилитацията, с тематични полета обучение, диагностика и терапия.*

*Неврорехабилитацията е интердисциплинарна област между неврология, неврохирургия, физикална и рехабилитационна медицина (ФРМ).*

*В клиничната рехабилитационна практика, ИКТ са полезни в диагностиката и терапията [1]. За диагностични цели, прилагаме ИКТ за електроневрография и електромиография, ексцитомоторна електродиагностика, стабилметрия. В областта на неврорехабилитацията, прилагаме ИКТ за трениране на движения чрез функционални електростимулации [1], трениране на движенията в долни крайници с Екзоскелет с Хибриден асистивен крайник (Hybrid Assistive Limb – HAL) [2,3]; трениране на движенията в горните крайници с помощта на виртуална компютър-базирана система (TYRO-system) [4], трениране на равновесието и походката с LOCOMAT [3].*

*За илюстрация представяме потенциала на съвременните ИКТ методи (роботизирана рехабилитация, екзоскелети, виртуална реалност, Локомат) при някои клинични случаи на пост-КОВИД-пациенти с вертебро-базиларна инсуфициенция, слединсултна хемипареза, болест на моторния неврон, Гилен-Баре синдром [1,5].*

**Ключови думи:** неврорехабилитация, пост-КОВИД-синдром, роботизирана рехабилитация, виртуална реалност

# POTENTIAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN NEUROREHABILITATION OF POST-COVID SYNDROME (WITH PRESENTATION OF CLINICAL CASES)

Ivet B. Koleva<sup>1,2,3</sup>, Radoslav R. Yoshinov<sup>4</sup>, Borislav R. Yoshinov<sup>5</sup>

1 Medical University of Sofia, Faculty “Public Health”, Department “Physiotherapy”;  
yvette@cc.bas.bg

2 National Heart Hospital – Sofia, Department “Cardiorehabilitation”

3 Multi-profile Hospital for longterm care and rehabilitation „Serdika“ – Sofia, Department  
“Physical and Rehabilitation Medicine”; dr.yvette.5@gmail.com

4 University of Telecommunications – Sofia

5 Sofia University, Medical Faculty

**Abstract:** In the environment of the actual COVID-19 pandemic, the challenges before the Physical Medicine and Rehabilitation are important. We observe many clinical problems – during the acute period and in Post-COVID syndrome. In clinical rehabilitation practice, our work is oriented principally to post-COVID-patients with cardio-vascular, neurological, neuro-cognitive and psychic disorders.

*During last years, we perceive introduction of information and communication technologies (ICT) in every field, including in rehabilitation, with thematic fields: education, diagnostic and treatment.*

*Neurorehabilitation is an interdisciplinary domain between neurology, neurosurgery, physical and rehabilitation medicine (PRM).*

*In clinical rehabilitation practice, ICT are useful in diagnostic and therapy [1]. For diagnostic goals, we apply ICT for electroneurgraphy and electromyography, excitomotor electrodiagnostic, stabilometry. In the domain of Neurorehabilitation, we use ICT for training of movements by functional electrical stimulations [1], training of movements of lower extremities with Exoskeleton with Hybrid Assistive Limb (HAL) [2,3]; training of movements of upper extremities with a virtual computer-based system (TYRO-system) [4], training of the balance and gait with LOCOMAT [3].*

*For illustration, we present the potential of contemporaneous ICT methods (robotic rehabilitation, exoskeletons, virtual reality, Locomat) in some clinical cases of post-COVID patients with vertebra-basilar insufficiency, post-stroke hemiparesis, motor-neuron disease, Guillain-Barre syndrome [1,5].*

**Keywords:** neurorehabilitation, post-COVID-syndrom, robotic rehabilitation, virtual reality

## 1. Въведение

В условията на COVID-19 пандемия, Физикалната медицина (ФМ) и рехабилитацията (Р) са изправени пред сериозни предизвикателства в целия свят, вкл. в нашата страна. Наблюдават се редица клинични проблеми – както по време на острата фаза, така и при Post-COVID синдром. В клиничната рехабилитационна практика работата ни е насочена предимно към post-COVID-пациенти с кардио-васкуларни, неврологични, невро-когнитивни и психични прояви. Настоящата публикация е насочена предимно към неврологичните проблеми, изискващи системна неврорехабилитация; като интердисциплинарна област между неврология, неврохирургия, физикална и рехабилитационна медицина (ФРМ).

## 2. Проблемът COVID-19 и пост-КОВИД синдром

В края на декември 2019 Китай съобщи за изолирането на нов патологичен вариант корона-вирус, наречен условно *COVID-19*; както и за причинени от него случаи на

тежък остър респираторен синдром - *Severe acute respiratory syndrome (SARS-CoV-2)*. През януари 2020 Световната здравна организация (СЗО) обяви извънредна ситуация в областта на общественото здраве, а през март 2020 СЗО ситуацията беше класифицирана като пандемия.

Пандемията от КОВИД-19 засегна в различна степен различните категории здравни работници в различните страни по света. В България пандемията имаше относително по-ограничени размери, но въпреки това тя натовари здравната система и (директно или индиректно) всички работещи в здравни заведения.

Нашият интерес към тази тематика беше обусловен от факта, че в немалък брой брой болници за продължително лечение и рехабилитация се наложи разкриването на КОВИД-отделения.

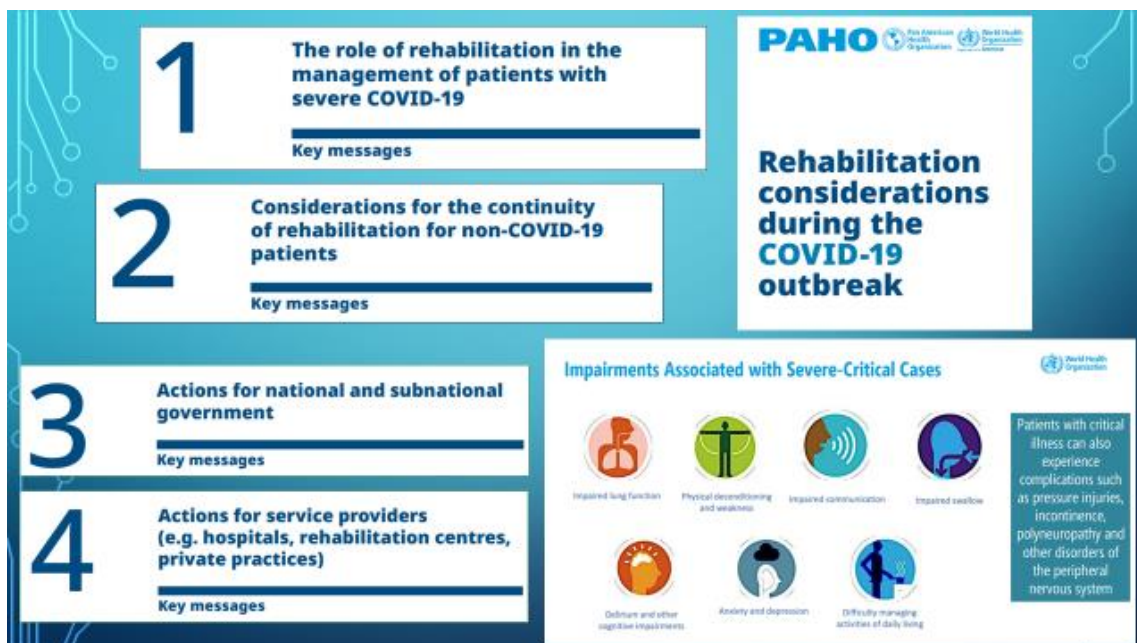
**Симптомите** при заразяване с COVID-19 са от дихателната, сърдечно-съдовата, невро-мускулната системи. Обособена група са неврологичните нарушения (от страна на централната, периферната и вегетативната нервна система); както и психичните (с нарушения на когнитивните функции, емоциите, паметта и т.н.). Пациентите развиват физическо декондициониране и мускулна слабост поради полиневромиопатия и артропатия, „възпалителна буря“ към мускулите с последваща атрофия, метаболитни промени /вкл.хипергликемия, малнуриция/, хиподинамия и инактивитетни хипотрофии. Особено чести прояви са: белодробни пневмонии, белодробен тромбемболизъм, коагулопатиите с дълбока венозна тромбоза; артериална хипертония; исхемична болест на сърцето; мозъчно-съдови инциденти; повишаване риска от усложнения от други заболявания.

Според тежестта, формите могат да бъдат безсимптомни, леки, средно-тежки и тежки, нуждаещи се от респиратор и интензивно лечение.

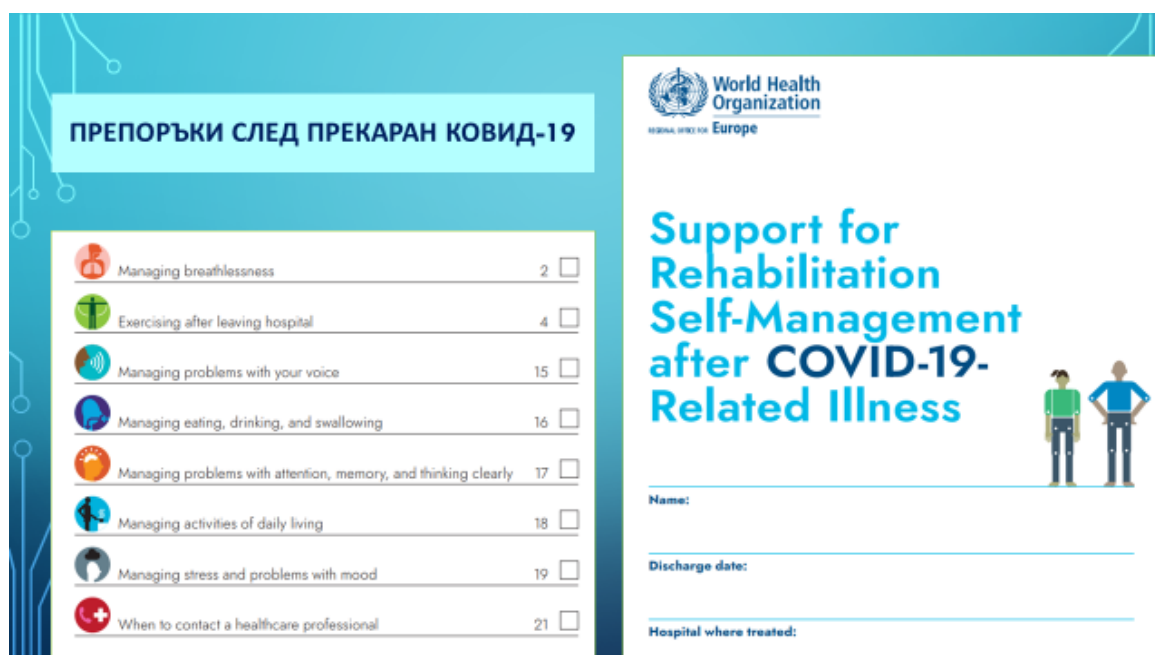
Най-честата симптоматика при *Post-COVID Syndrome* или т.нар. *long COVID-19* включват: затруднено дишане и кашлица; болки в ставите; болки в гърдите – поради SARS; тахикардия; полиневроартромиопатия с мускулни и ставни болки, главоболие; пост-травматичен стрес синдром (post-traumatic stress syndrome – PTSS); загуба на вкус и обоняние; мозъчна мъгла (brain fog) с нарушение на паметта, концентрацията и проблеми със съня, депресия и тревожност.

Най-честите **неврологични усложнения**, които изискват неврорехабилитация, биха могли да бъдат разделени на остри и хронични. **Острите** включват *исхемичен тип мозъчно-съдови инциденти, възпалителни и дегенеративни заболявания на ЦНС и ПНС*: остър дисеминиран енцефаломиелит, остър хеморагичен левкоенцефалит, Гилен-Баре синдром и хронични демиелиниращи полиневропатии, пристъпи на множествена склероза, невродегенерация (Parkinson, Alzheimer). **Хроничните** са *когнитивни нарушения, синдром на пост-интензивното лечение (post-intensive care syndrome - PICS); тревожност, депресивитет; мозъчна мъгла (brain fog)*.

В рехабилитацията (вкл.неврорехабилитацията) на пациентите с COVID-19 и пост-КОВИД-синдром следваме обобщените препоръки на ПанАмериканската здравна организация (Pan American Health Organization – PAHO) и на Световната Здравна Организация (СЗО / World Health Organization – WHO), обобщени в официален документ („Rehabilitation considerations during the COVID-19 outbreak“), представен на фигура 1. След прекаран КОВИД-19 се прилагат конкретните препоръки на Европейския клон на СЗО (фигура 2), както и някои примерни упражнения и дейности, препоръчани от World Physiotherapy (фигура 3).



Фиг.1. Препоръки за рехабилитация на РАНО & WHO



Фиг.2. Препоръки за рехабилитация на Европейския клон на СЗО за пациенти след прекаран КОВИД-19



Фиг.3. Препоръки за рехабилитация на World Physiotherapy

### 3. Информационни и комуникационни технологии в областта на рехабилитацията

В последните години, наблюдаваме въвеждане на информационните и комуникационни технологии (ИКТ) във всяка област, вкл. в рехабилитацията, с тематични полета обучение, диагностика и терапия.

В клиничната рехабилитационна практика, ИКТ са полезни в диагностиката и терапията [1]. За диагностични цели, прилагаме ИКТ за електроневрография и електромиография, ексцитомоторна електродиагностика, стабилметрия. В областта на неврорехабилитацията, прилагаме ИКТ за трениране на движения чрез функционални електростимулации [1], трениране на движенията в долни крайници с Екзоскелет с Хибриден асистивен крайник (Hybrid Assistive Limb – HAL) [2,3]; трениране на движенията в горните крайници с помощта на виртуална компютър-базирана система (TYRO-system) [4], трениране на равновесието и походката с LOCOMAT [3]. В условията на КОВИД-пандемията се разви изключително бързо и телерехабилитацията: лекарски и рехабилитационни он-лайн консултации, провеждане на процедури с инструкции и контрол; а така също и дистанционното обучение на пациента и на персонала.

### 4. ИКТ в неврорехабилитацията на пост-КОВИД-пациенти

За илюстрация представяме потенциала на съвременните ИКТ методи (роботизирана рехабилитация, екзоскелети, виртуална реалност, Локомат) при някои клинични случаи на пост-КОВИД-пациенти с вертебро-базиларна инсуфициенция, слединсултна хемипареза, болест на моторния неврон, Гилен-Баре синдром с долна вяла парепареза [1,5].

На фигура 4 представяме стабилметрично изследване на пациент с вертебро-базиларна недостатъчност, с количествена оценка на биомеханичния постурален индекс, траекториите и осцилациите на центъра на тежестта при отворени и затворени очи. Изследването подпомага правилното структуриране на рехабилитационния комплекс, вкл. тренирането на равновесието.



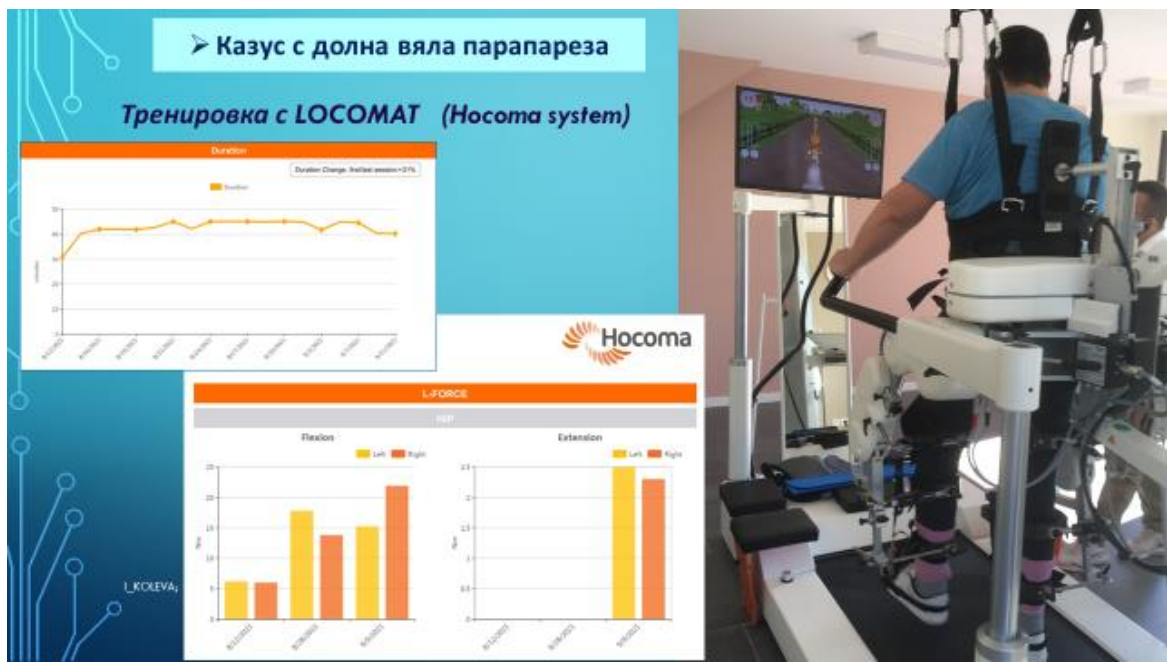
**Фиг.4.** Стабилметрия при вертебро-базиларна недостатъчност

На фигура 5 представяме тренировка с Екзоскелет на 50-годишна пациентка с левостранна слединсултна хемипареза, изразен спастицитет, двигателни функции в стадий III-IV по класификацията на Brunnstrom, с левостранна повърхностна хемипареза и псевдо-булбарен синдром. Пациентката проведе курс едномесечен курс неврореабилитация /НР/, включващ: кинезитерапия, ерготерапия, електростимулации за екстензорите на стъпалата, роботизирана рехабилитация с Екзоскелет.



**Фиг.5.** Роботизирана НР с Екзоскелет на пациентка със слединсултна хемипареза

На фигура 6 представяме Локомат-тренировката на 43-годишен пациент с долна вяла парализация, провел НР с електростимулации на екстензорите на стъпала и флексори на пръсти на долни крайници; компреси с морска луга, Локомат. Представени са и автоматично регистрираните от апарата резултати на същия болен за увеличаване продължителността на активната тренировка и нарастване силата на мускулите флексори и екстензори на тазо-бедрените стави.



**Фиг.6.** Роботизирана НР с Локомат на пациент с долна вяла парепареза

На следващата фигура 7 е показана Локомат-тренировка на 58-годишна пациентка, развила болест на моторния неврон около месец след прекаран КОВИД. При нас тя постъпи с вече оформена долна централна парепареза, спастицитет +, периферна пареза в горни крайници. Представяме и някои от резултатите от измерването на обема на движение в големите стави на долните крайници преди началото и около месец след началото на Локомат-роботизираната рехабилитация с виртуална реалност.



**Фиг.7.** Роботизирана НР с Локомат на пациентка с болест на моторния неврон

### 5. Обсъждане и заключение

От много години изследователите обсъждат капацитета на възрастния мозък да се приспособява към променящите се условия на външната и вътрешната среда.

Невропластичността е способността на нервната система да се реорганизира и да развива нови невронни връзки – с цел адаптиране към нови ситуации и евентуални

увреди [6]. Мозъчната реорганизация се осъществява чрез механизми, в основата на които е т.нар. *axonal sprouting* (аксонално израстване, покълване, поникване), при който здрави аксони на неувредени неврони прорастват и възстановяват невронните връзки и мрежи, които са били увредени. Тези здрави неврони могат се свържат с други неувредени нервни клетки, формирайки нови пътища за осъществяване на необходимата функция [7]. Т.е. мозъчната активност, свързана с определена функция, може да бъде трансферирана към друга локализация, при което се променя както сивото вещество, а синапсите могат да бъдат усилены или отслабени във времето.

Физиологичната значимост на мозъчната пластичност се състои в оптимизиране на невроналните мрежи през онтогенезата и филогенезата, а така също и физиологично обучение и преобучение, както се случва след мозъчна увреда [8].

Описани са различни видове невропластичност – на сивото и на бялото мозъчно вещество, кортикална и подкорова, спонтанна или зависима от активността [9]. Именно последният вид е важен за неврорехабилитацията. Редица изследователи считат, че тази зависима от активността невропластичност е в пряка зависимост от интензитета на физическото натоварване, интелектуалното натоварване, диетата, начина на живот, както и от придружаващите неврологични заболявания и метаболитни дисфункции (особено Алцхаймер, Паркинсон, травми на главния мозък; наднормено тегло и обезитет, инсулинова резистентност) [10,11].

Редица неврорехабилитационни методи имат потенциала да възстановяват мозъчните функции и да подбудят формирането на нови връзки и пътища, респективно да стимулират мозъчната реорганизация и адаптацията към „новата“ ситуация (поява на увреден локус в мозъчната тъкан), т.е. да подпомогнат функционалното възстановяване чрез потенциация на невропластичност, индуцирана и зависима от активността:

- *От областта на кинезитерапията:* Огледална терапия (*mirror box therapy*); Бимануални и бипедални упражнения (трениране на увредения и здравия крайник, доминантен и недоминантен); Регулярна физическа активност (повтаряне на упражнения с лека до умерена интензивност / натоварване) [12,13];
- *От областта на ерготерапията:* Обучение на човека с увреждане чрез проблемно-ориентирани дейности (специфични задачи); Арт-терапия, музикотерапия; релаксиращи техники [13];
- *От областта на преформирани фактори:* транскраниална магнитна стимулация и транскраниална електро-стимулация (чрез прав ток) [14].

В клиничната неврорехабилитационна практика тези методи са насочени към пациенти със слединсултна хемипареза, множествена склероза, травми на главния и гръбначния мозък, както и към пациенти след неврохирургични интервенции по повод мозъчни тумори или руптурирали церебрални аневризми [13].

На практика прилагането на концепцията за невропластичност в процеса на неврорехабилитация при използването на съвременните информационни технологии значително стимулира функционалното възстановяване на пациентите.

В заключение бихме подчертали, че въвеждането на съвременните информационни и комуникационни технологии в неврорехабилитацията е важно за ускоряване на възстановителния процес, трениране на невропластичността и за подобряване качеството на живот на пациентите.

## Библиография

1. Koleva I. Clinical neurorehabilitation. A Monograph. E-book. – Sofia: Publishing house “SIMEL PRESS”, 2019, 678 pages. ISBN: 978-619-183-085-5



2. Barbeau H. Locomotor Training in Neurorehabilitation: Emerging Rehabilitation Concepts. - Neurorehabilitation and Neural Repair, vol. 17, 2003, № 1, pp. 1-11.
3. Huang V., Krakauer J. Robotic Neurorehabilitation: a computational motor learning perspective. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 6:5, 2009, pp 1-13.
4. Holden M.K., Dyar Th. Virtual Environment Training: A New Tool for Neurorehabilitation. Department of Brain and Cognitive Sciences, MIT, Cambridge, Massachusetts, vol. 26, 2002, № 2, pp 62-71.
5. Koleva I, Yoshinov R, Yoshinov B. Physical Analgesia. Edited by prof. Ivet Koleva. - Saint-Denis (France): Connaissances et Savoirs - Sciences Sante, 2018, 146 pp. Monograph. ISBN 978-2-7539-0598-6
6. Shaffer J. Neuroplasticity and Clinical Practice: Building Brain Power for Health. *Frontiers in psychology* vol. 7 1118. 26 Jul. 2016, doi:10.3389/fpsyg.2016.01118
7. Moore D, Loprinzi PD. Exercise influences episodic memory via changes in hippocampal neurocircuitry and long-term potentiation, *European Journal of Neuroscience*, 10.1111/ejn.14728, **0**, 0, (2020).
8. Kramer AF, Erickson KI. Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends Cogn Sci.* 2007 Aug;11(8):342-8. doi: 10.1016/j.tics.2007.06.009. Epub 2007 Jul 12. PMID: 17629545.
9. Phillips C. Lifestyle Modulators of Neuroplasticity: How Physical Activity, Mental Engagement, and Diet Promote Cognitive Health during Aging. *Neural Plast.* 2017;2017:3589271. doi: 10.1155/2017/3589271. Epub 2017 Jun 12. PMID: 28695017; PMCID: PMC5485368.
10. Vaynman S, Gomez-Pinilla F. Revenge of the "sit": how lifestyle impacts neuronal and cognitive health through molecular systems that interface energy metabolism with neuronal plasticity. *J Neurosci Res.* 2006 Sep;84(4):699-715. doi: 10.1002/jnr.20979. PMID: 16862541.
11. Farooqui AA. Insulin resistance, dementia, and depression, *Insulin Resistance as a Risk Factor in Visceral and Neurological Disorders*, 10.1016/B978-0-12-819603-8.00008-0, (349-384), (2020).
12. De Oliveira Bristot VJ, De Bem Alves AC, Cardoso LR, Da Luz Scheffer D, Aguiar AS. The Role of PGC-1 $\alpha$ /UCP2 Signaling in the Beneficial Effects of Physical Exercise on the Brain, *Frontiers in Neuroscience*, 10.3389/fnins.2019.00292, **13**, (2019).
13. Колева И. Комплексни неврорехабилитационни алгоритми за функционално възстановяване и подобряване самостоятелността в ежедневния живот при социално-значими инвалидизиращи неврологични заболявания. Автореферат на дисертационен труд, представен за присъждане на научна степен "Доктор на медицинските науки". *Научна специалност „Физиотерапия и рехабилитация”, Код 03.01.58. Официални рецензенти: проф. д-р Йорданка Гачева, дмн; проф. д-р Иван Миланов, дмн; проф. д-р Иван Топузов, дм, дпн.* - София – Плевен (ВАК), 2008-2009.
14. Ya-Wen Yang, Wen-Xiu Pan, Qing Xie, Combined effect of repetitive transcranial magnetic stimulation and physical exercise on cortical plasticity, *Neural Regeneration Research*, 10.4103/1673-5374.282239, **15**, 11, (1986), (2020).