

ВЛИЯНИЕ НА ТЕЛЕСНИЯ СЪСТАВ И РЕСПИРАТОРНАТА ФУНКЦИЯ ВЪРХУ ФИЗИОЛОГИЧНАТА АДАПТАЦИЯ КЪМ НАТОВАРВАНЕ

Доротея Йорданова^{1*}, Деян Любомиров², Николай Стефанов¹, Деница Чорева¹

¹Специалност „Медицина“, Факултет „Медицина“, Медицински университет „проф. д-р Параскев Стоянов“, гр. Варна

²Водноспасителна служба, Български Червен кръст, гр. Варна
yordanovadoroteya@gmail.com

Резюме: В съвременните условия на нарастваща необходимост от висококвалифицирани специалисти, способни да действат ефективно в извънредни и екстремни ситуации, водното спасяване се утвърждава като дейност, изискваща не само техническа подготовка, но и изключителна физиологична устойчивост. Физическата издръжливост, функционалната ефективност на сърдечно-съдовата и респираторната система, както и оптималният телесен състав са от съществено значение за способността на водния спасител да реагира адекватно, безопасно и навременно при интензивно физическо натоварване.

Настоящото изследване има за цел да оцени ролята на телесния състав и респираторните показатели в контекста на физиологичната адаптация към физическо натоварване при курсисти по водно спасяване. Използвани са антропометрични измервания, биоимпедансен анализ, спирометрични тестове, както и проследяване на сърдечната честота (HR) и вариабилността на сърдечната честота (HRV) по време на тренировъчна дейност.

Резултатите разкриват значителна междуиндивидуална вариабилност в измерените показатели. Отчетени са широки диапазони в телесна маса (52,0–141,3 кг), индекс на телесна маса (BMI: 20,1–49,5), телесни мазнини (18,4%–41,5%) и мускулна маса (20–45 кг). Спирометричните стойности също варират: FVC (3,1–4,0 л), FEV₁ (2,2–3,3 л), FEV₁/FVC (70,9%–86,8%). При повишено физическо натоварване се наблюдава увеличение на HR и намаление на HRV — признаци за активиране на симпатиковата нервна система.

Заклученията подчертават необходимостта от персонализиран подход в подготовката на водни спасители чрез редовен мониторинг на физиологични параметри и прилагане на високоинтензивни тренировъчни натоварвания. Това допринася за по-добра адаптация, ограничаване на риска от претоварване и повишаване на ефективността при реални спасителни действия.

Ключови думи: водно спасяване, биоимпеданс, спирометрия, сърдечна честота, физическо натоварване

THE IMPACT OF BODY COMPOSITION AND RESPIRATORY FUNCTION ON PHYSIOLOGICAL ADAPTATION TO PHYSICAL EXERTION

Doroteya Yordanova^{1*}, Deyan Lyubomirov², Nikolay Stefanov¹, Denitsa Choreva¹

¹Specialty “Medicine”, Faculty of Medicine, Medical University “Prof. Dr. Paraskev Stoyanov”,
Varna, Bulgaria

²Water Rescue Service, Bulgarian Red Cross, Varna, Bulgaria

yordanovadoroteya@gmail.com

Abstract: *In today's context of increasing demand for highly qualified professionals capable of operating in emergency and extreme conditions, water rescue stands out as an activity that requires not only technical skills but also exceptional physiological resilience. Physical endurance, the functional efficiency of the cardiovascular and respiratory systems, and an optimal body composition are essential for water rescuers to respond adequately, safely, and promptly during intense physical exertion.*

This study aims to evaluate the role of body composition and respiratory parameters in the physiological adaptation to physical exertion among water rescue trainees. The methodology includes anthropometric measurements, bioimpedance analysis, spirometry, and monitoring of heart rate (HR) and heart rate variability (HRV) during exercise.

The findings demonstrate considerable interindividual variability in the measured parameters. Body mass ranged from 52.0 to 141.3 kg, BMI from 20.1 to 49.5, body fat percentage from 18.4% to 41.5%, and muscle mass from 20 to 45 kg. Respiratory metrics also varied: FVC (3.1–4.0 L), FEV₁ (2.2–3.3 L), and FEV₁/FVC ratio (70.9%–86.8%). During exertion, an increase in HR and a decrease in HRV were observed, indicating sympathetic nervous system activation.

The conclusions highlight the importance of a personalized approach in training water rescuers through regular monitoring of physiological indicators and incorporation of high-intensity training. Such practices enhance adaptation, reduce the risk of overload, and improve performance in real-life rescue operations.

Keywords: water rescue, bioimpedance, spirometry, heart rate, physical exertion

Въведение

В съвременните условия на нарастваща необходимост от висококвалифицирани специалисти, способни да действат ефективно в извънредни и екстремни ситуации, водното спасяване се утвърждава като ключова дейност, изискваща не само техническа подготовка, но и изключителна физиологична устойчивост. Физическата издръжливост, функционалната ефективност на сърдечно-съдовата и респираторната система, както и оптималният телесен състав са от съществено значение за способността на водния спасител да реагира адекватно, безопасно и навременно при интензивно физическо натоварване. Именно тези комплексност и натовареност на дейността обуславят високата актуалност на научни изследвания, насочени към оценка на физиологичната адаптация към физическо усилие в контекста на спасителната практика.

Изследването прилага интердисциплинарен подход, интегриращ методологии от спортната медицина и физиологията. То предоставя надеждна основа за извеждане на обективна оценка на индивидуалната адаптивност на курсистите и спомага за формулиране на практически насоки за персонализиране на тренировъчния процес с цел повишаване на ефективността и безопасността на водноспасителната подготовка.

Цел и задачи

Целта на настоящото изследване е да се оцени влиянието на телесните и респираторните показатели върху физиологичната адаптация към физическо натоварване при курсисти по

водно спасяване. Чрез комплексна оценка на параметрите се цели оптимизиране на обучението, минимизиране на риска от претоварване и повишаване на безопасността при реални спасителни операции.

Материали и методи

Изследването е проведено в периода март – април 2025 г. сред курсисти, преминаващи обучение за водни спасители по сертификационна програма, акредитирана от Български Червен кръст. В изследването доброволно участваха 9 души от двата пола на възраст между 17 и 19 години, с различен първоначален статус на физическа подготовка. Преди започване на проучването участниците бяха подробно информирани относно целите, методологията и условията на изследването, включително етика на събирането на данни и конфиденциалност. Преди началото на тренировъчния цикъл предоставиха информация за двигателната си пригодност и здравословния си статус.

В хода на изследването са проведени антропометрични измервания, включващи телесна маса, ръст и индекс на телесната маса (BMI), както и измервания на специфични кожни гънки чрез калипер за оценка на подкожните мазнини. Допълнително е използван биоимпедансен анализ за определяне на състава на телесните тъкани, включително процент на телесни и висцерални мазнини и процент на мускулна маса, с цел по-задълбочена оценка на физическата кондиция на участниците.

За оценка на респираторната функция е проведен спирометричен тест, при който са измервани форсиран витален капацитет (FVC) и форсиран експираторен обем за 1 секунда (FEV₁), в съответствие с международните стандарти.

Физиологичният отговор на курсистите по време на физическо натоварване е проследен чрез регистриране на сърдечна честота (HR) и вариабилност на сърдечна фреквенция (HRV). Тези показатели са измервани в реални тренировъчни условия посредством специализирани водоустойчиви измервателни устройства, позволяващи наблюдение на физиологичните реакции в динамика. Успоредно с това бе воден тренировъчен протокол на упражненията и времетраенето.

Резултати

Анализът на данните показва ясно изразена хетерогенност в телесния състав и респираторните функции, което корелира с индивидуалния физиологичен отговор към физическо натоварване. Представените резултати са обобщени в Таблицы 1–5.

- Антропометрични и биоимпедансни показатели: Демонстрират значителен диапазон: телесната маса варира от 52.0 до 141.3 кг; BMI – от 20.1 до 49.5, а процент телесни мазнини – от 18.4% до 41.5%. Мускулната маса е в диапазон от 20,0 до 45,0 кг. Висцералните мазнини варират от 3 до 25 единици.

Таблица 1. Антропометрични показатели по участници

Участник	Пол	Ръст (см)	Тегло (кг)	BMI	Торакс (см)	Торакс - издишан (см)	Талия (см)	Ханш (см)
№1	М	175	76.7	25.0	103	96	82	90
№2	М	177	87.8	28.0	108	102	86	98
№3	М	169	141.3	49.5	136	133	134	137
№4	Ж	161	52.0	20.1	93	90	68	84

№5	М	177	76.5	24.4	97	94	79	83
№6	Ж	168	66.3	23.5	99	95	74	99
№7	М	184	87.9	26.0	106	102	89	93
№8	М	182	80.4	24.3	102	96	82	91
№9	М	168	65.9	23.3	98	94	81	85

Таблица 2. Биоимпедансни показатели по участници

Участник	Мускулна маса (%)	Мазнини (%)	Висцерални мазнини	BMI
№1	34.9	22.8	6	25.0
№2	36.6	26.6	8	28.0
№3	45.0	41.5	25	49.5
№4	20.0	26.9	6	20.1
№5	33.0	21.9	9	24.4
№6	29.6	33.9	3	23.5
№7	35.7	25.5	6	26.0
№8	38.5	22.4	5	24.3
№9	39.6	18.4	5	23.3

- Спирометрични показатели: Форсираният витален капацитет (FVC) варира от 3,1 до 4,0 литра, а форсираният експираторен обем за 1 секунда (FEV1) – от 2,2 до 3,3 литра. Съотношението FEV₁/FVC е между 70,9% и 86,8%. При някои участници са регистрирани особености като алергична реакция към хлор, остри инфекции на горни дихателни пътища и анамнеза за скоро преминал бронхит.

Таблица 3. Респираторни показатели по участници

Участник	FVC (л)	FEV ₁ (л)	FEV ₁ /FVC (%)	Анамнеза	Интерпретация
№1	3.7	3.0	81.1	-	Нормална спирометрия
№2	4.0	3.3	82.5	-	Нормална спирометрия
№3	3.4	2.5	73.5	Алергия към хлор	Лека обструкция
№4	3.2	2.6	81.2	Остра хрема	Временна обструкция
№5	3.9	3.2	82.1	-	Нормална спирометрия
№6	3.6	3.1	86.1	-	Нормална спирометрия
№7	3.8	3.3	86.8	-	Нормална спирометрия
№8	3.5	3.0	85.7	-	Нормална спирометрия
№9	3.1	2.2	70.9	Преминал бронхит	Ограничение, остатъчен ефект

- Сърдечни физиологични реакции: Средната сърдечна честота (HRavg) по време на тренировка е между 102,4 и 140,7 bpm, а максималната (HRmax) достига до 190 bpm. Вариабилността на сърдечната честота (HRV) е в интервала от 16,5 до 22,0 ms.

Таблица 4. Сърдечни показатели по участници

Участник	Среден HR (bpm)	Макс. HR	HRV (ms)
№1	109.0	154	17.3
№2	121.4	164	22.0
№3	140.7	190	21.0
№4	111.4	161	16.5
№5	111.0	148	17.2
№6	133.9	176	16.7
№7	127.4	179	21.6
№8	102.4	176	21.6
№9	107.7	159	20.7

- Физиологичен отговор по упражнения: Участниците изпълниха последователно шест упражнения: замявка, плуване под вода (20 м), интервална стълбичка, извличане (20 м), трамбовка (1 минута) и разпускане. В хода на сесиите се наблюдава повишаване на средната HR и едновременно намаляване на HRV при по-интензивните задачи. Най-ниски HRV стойности се регистрират по време на трамбовка и извличане, докато в разпускането HRV нараства.

Таблица 5. Сърдечна реакция по тип упражнение

Упражнение	Интензивност	Среден HR	HRV след упражнение	Забележка
Замявка	Лека	108–115	Умерена	Стабилен старт за повечето участници
Под вода (20 м)	Средна	120–132	Спад в HRV	Повишено усилие при задържане на дъха
Интервална стълбичка	Висока	130–145	Силен спад на HRV	Кумулативно натоварване
Извличане (20 м)	Висока	140–165	Ниска HRV	Високо усилие и координация
Трамбовка (1 мин)	Много висока	145–175	Най-ниска HRV	Време на пиково симпатиково активиране
Разпускане	Лека	100–115	HRV се повишава	Добро възстановяване при адаптираните участници

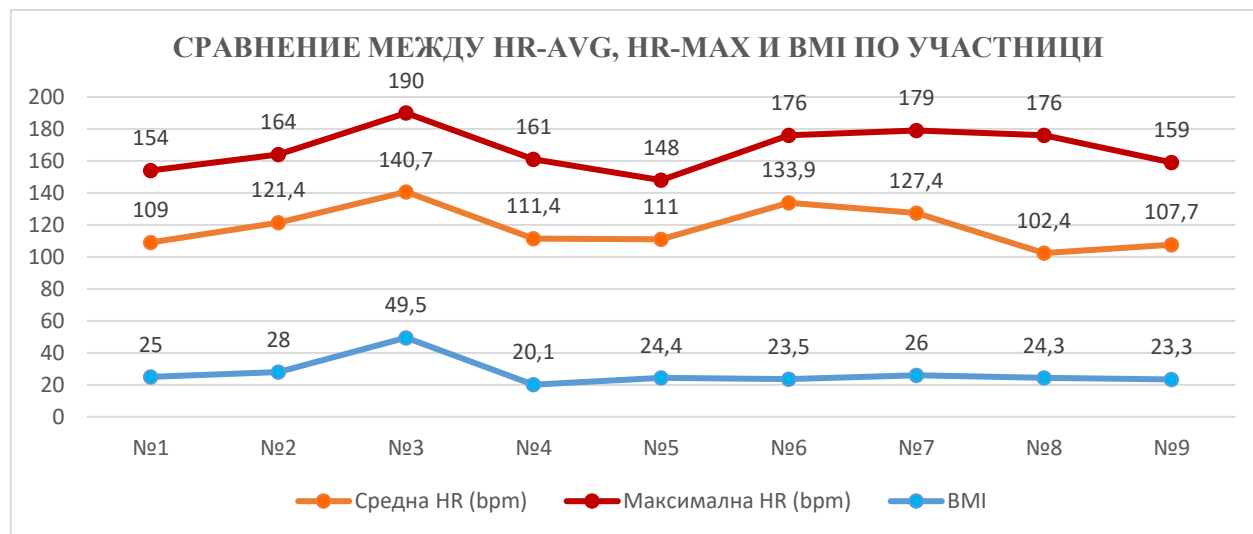
Обсъждане

Показателите на телесния състав, включително индекс на телесна маса (BMI), процент телесни мазнини и висцерална мазнина, демонстрират отчетливи зависимости със сърдечната честота (HR) и вариабилността на сърдечна дейност (HRV). При участниците с повишен BMI и значително количество мазнини се наблюдават едновременно повишени стойности на средна и максимална HR и понижена HRV — показател за симпатикова доминантност и ограничена парасимпатикова регулация (Фиг. 1). Най-ярък пример за това

е участник №3 (BMI = 49,5; % мазнини = 41,5; висцерална мазнина = 25), при когото HRavg достига 140,7 bpm, HRmax — 190 bpm, а HRV е 21,0 ms.

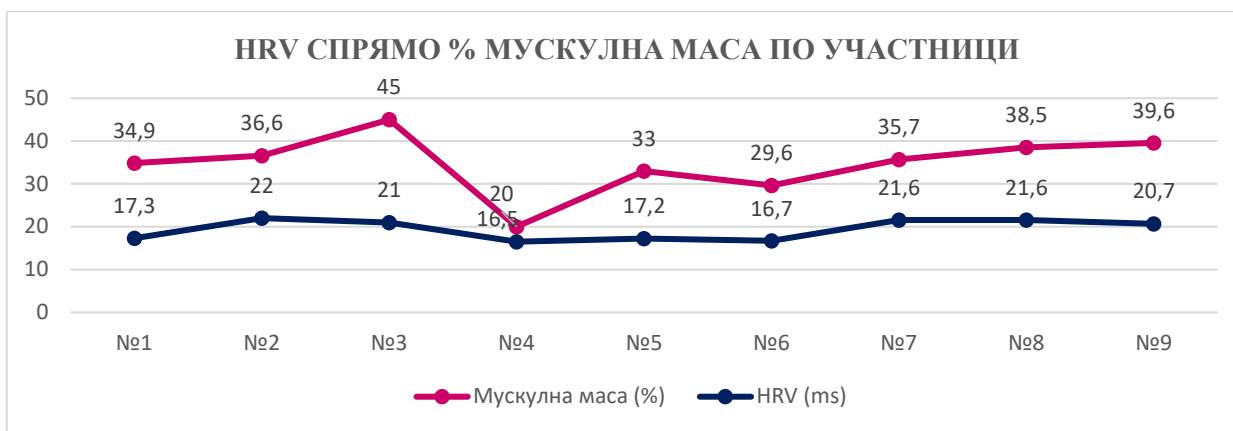
Обратно, участници с по-благоприятен телесен състав, като №9 (BMI = 23,3; % мазнини = 18,4; мускулна маса = 39,6 кг), демонстрират по-ниска HR (107,7 bpm) и съхранена HRV (20,7 ms), което свидетелства за добра вегетативна адаптация.

Интересен е случаят на участник №6, който въпреки по-висок процент телесни мазнини (33,9%) и BMI в горната граница на нормалното телесно тегло (23,5), проявява добри стойности на HR и HRV. Това предполага наличие на компенсаторни механизми, вероятно свързани с по-добра кардиореспираторна тренираност, което от своя страна подчертава нуждата да се разглеждат показателите в контекст, а не изолирано.



Фиг 1. Сравнение между средна и максимална сърдечна честота (HR) и индекс на телесна маса (BMI)

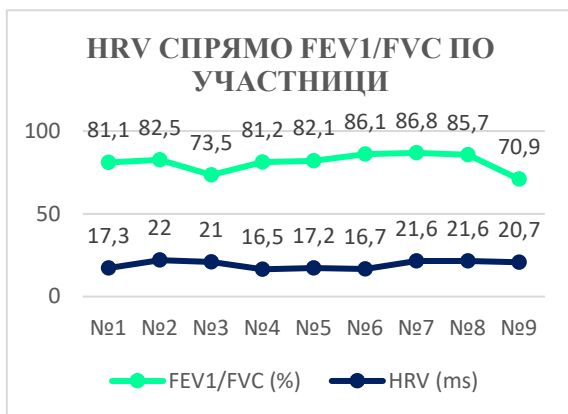
Връзката между мускулната маса и HRV също се откроява ясно – участници с висока мускулна маса, като №8 (38,5%) и №9 (39,6%), демонстрират запазена HRV дори при относително висока физическа активност. Това може да се обясни с подобрен митохондриален капацитет и по-добра периферна регулация на кръвния поток, характерна за добре тренирани индивиди. В контекста на адаптацията това е от значение, тъй като поддържането на висока HRV при натоварване е свързано с по-голяма устойчивост и по-бързо възстановяване.



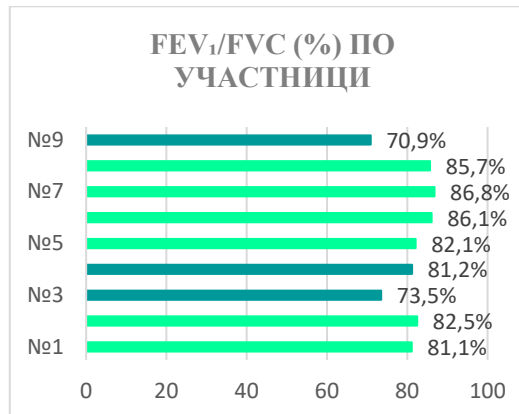
Фиг 2. Сравнение между HRV и процент мускулна маса по участници

Респираторната функция, представена чрез индекс на Тифно (FEV_1/FVC), показва зависимост с вариабилността на сърдечната честота (HRV), особено при участници с установени респираторни особености. Макар повечето курсисти да демонстрират нормални стойности на FVC , FEV_1 и FEV_1/FVC , при трима от тях се откриват отклонения, предполагащи временно или хронично нарушение в белодробната функция. Участник №3, с анамнеза за алергия към хлор, регистрира $FEV_1/FVC = 73,5\%$, съответстващо на лека обструкция. Подобен резултат се наблюдава и при участник №9, преболедувал бронхит, при когото съотношението е $70,9\%$. Независимо от респираторната ограниченост, HRV при №9 остава висока ($20,7$ ms), което предполага добра обща кондиция и адаптивност.

Изключително важен извод от анализа е, че участници с респираторни ограничения ($FEV_1/FVC < 75\%$) демонстрират тенденция към повишена HR и намалена HRV, независимо от телесния състав. Това подчертава автономното значение на белодробната функция за кардиореспираторната адаптация, особено в контекста на водноспасителни дейности, където хипоксията и внезапната смяна на усилие са чести.



Фиг 3. Сравнение на вариабилност на сърдечна фреквенция (HRV) и индекс на Тифно (FEV_1/FVC) по участници



Фиг 4. Сравнение на FEV_1/FVC (%) с акцент към участниците с изразена респираторна обструкция

На базата на съвкупността от резултатите могат да бъдат разграничени три основни физиологични профила сред курсистите: адаптивен, компрометиран и скрито уязвим. Първият се характеризира с нисък процент телесни мазнини, висока мускулна маса,

нормална HRV и респираторна функция – профил, подходящ за по-интензивни тренировки. Вторият включва лица с висок BMI, висцерални мазнини и понижена HRV – при тях е необходим индивидуализиран тренировъчен режим с контролирана интензивност. Третият профил – скрито уязвимите – включва лица с нормален BMI, но с респираторни или вегетативни отклонения (напр. ниска HRV или FEV₁/FVC), при които външният телесен профил не отразява адекватно адаптационния капацитет.

Таблица 6. Основни физиологични профили сред курсистите

Профил	Характеристики	Подход
Адаптивен	Нисък % мазнини, добра мускулатура, нормална HRV	Интензивни тренировки
Скрит риск	Нормален BMI, но ниска HRV или FEV ₁	Необходим мониторинг
Компрометиран	Висок BMI, висцерални мазнини, ниска HRV	Индивидуализиран подход, намалена интензивност

Изводи

Физиологичната адаптация към физическо натоварване е основополагащ компонент за ефективността и безопасността на водните спасители. Проведеното изследване разкрива значими взаимовръзки между телесния състав, респираторната функция и сърдечния отговор при натоварване, които обуславят индивидуалните адаптационни възможности на курсистите. Установените корелации между индекс на телесна маса (BMI), максимална сърдечна честота (HR_{max}), вариабилност на сърдечна фреквенция (HRV) и индекс на Тифно (FEV₁/FVC) демонстрират, че дори при видимо сходни външни характеристики, курсистите могат да притежават различен капацитет за адаптация и възстановяване. Именно тази хетерогенност определя необходимостта от персонализиран подход в подготовката. Данните ясно разграничават рискови физиологични профили, при които наднормено тегло и ограничена белодробна функция водят до засилена симпатикова активация и по-ниска вариабилност, в контраст с участници, характеризирани се с балансирани морфо-функционални параметри и добра вегетативна регулация.

Функционалната реакция към различни тренировъчни натоварвания допълнително потвърждава валидността на тези наблюдения. Упражненията с висока интензивност се открояват като особено полезни за провокиране на индивидуален физиологичен отговор и оценка на границите на адаптацията. Те следва да бъдат включени в структурата на тренировъчните протоколи не само като средство за натоварване, но и като диагностичен инструмент.

В този контекст се очертава ясна нужда от:

- редовно изследване на биоимпедансни и спирометрични показатели;
- динамично проследяване на HR и HRV в реална тренировъчна среда;
- въвеждане на високоинтензивни функционални тестове;
- изграждане на тренировъчни модели, адаптирани към физиологичните особености на всеки курсист.

Само чрез подобна целенасочена, научно обоснована практика може да се гарантира висока функционална устойчивост, намаляване на риска от претоварване и оптимална подготовка за изпълнение на реални спасителни задачи, където физиологичната компетентност е решаващ фактор за успех и безопасност.

Библиография

1. Ставрев, Д. (2010). *Физиологични основи на спортната тренировка и адаптацията към натоварвания*. София: Университетско издателство.
2. Стоянов, С., Изов, Н., Мазнев, И., & Тодоров, Х. (2008). *Водно спасяване в плувни басейни и водни паркове*. София: Тип-топ прес. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
3. American College of Sports Medicine. (2017). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*.
4. Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR and HRV measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5, 73.
5. McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. (2015). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
6. WHO. (2010). *Global Recommendations on Physical Activity for Health*.
7. Wilmore, J.H., Costill, D.L., Kenney, W.L. (2008). *Physiology of Sport and Exercise*. Human Kinetics.