

LABORATORY INDICES OF THE CAPACITY OF THE BLOOD TO TRANSPORT OXYGEN AT NORMAL AND HIGH ALTITUDE IN ATHLETES AND PEOPLE WITH HIGH LEVEL PHYSICAL ACTIVITY

Kostadin Kanalev

Medical University of Plovdiv, Department of Languages and Specialized Training, Physical education and Sport Section, Bulgaria, Kostadin.Kanalev@mu-plovdiv.bg

Krasimir Stoykov

Medical University of Plovdiv, Department of Languages and Specialized Training, Physical education and Sport Section, Bulgaria, Krasimir.Stoykov@mu-plovdiv.bg

Penka Angelova

Medical University of Plovdiv, faculty of Medicine, Physiology department, Bulgaria

Penka.Angelova@mu-plovdiv.bg

Abstract: A large number of medical specialists, teachers, coaches and various campaigns and organizations are appealing for increased physical activity among the population, especially young people and children. The reason for this is the high growth in the development of various chronic diseases due to irrational diets and greatly reduced physical activity. Increasing physical activity and regular sports training are effective prevention and prophylaxis for these diseases and their associated medical complications. The aim of the present study is to present the importance of laboratory indices of the capacity of the blood to carry oxygen in athletes and people with high level physical activity, at normal and high altitudes. To fulfill the purpose of the study, we examined current scientific data, medical textbooks, guides for healthcare professionals, and other sources of information on indicators of the blood's capacity to carry oxygen in athletes and active sportspeople, at normal and high altitudes. We divided the obtained results into two groups - indicators of the blood's capacity to carry oxygen and an increase in the blood's transport capacity during physical activity at normal and high altitudes. The number of erythrocytes increases as a result of physical activity, which is due to the inclusion in the general circulation of blood from the blood depots, where it has a higher content of blood cells. In addition, during intense physical work, blood plasma quickly passes into the intercellular spaces, the concentration of erythrocytes in the blood increases: false, or working erythrocytosis is observed. The main factor stimulating erythropoiesis is hypoxia, including staying and training at high altitudes. In the case of absolute and relative oxygen deficiency in the tissues, the hormone erythropoietin is secreted into the blood. It is synthesized in the kidneys (90%) and in the liver (10%). It reaches the red bone marrow of the flat and short tubular bones through the blood, where it stimulates the production and development of new red blood cells, which are released into the blood and increase its capacity to carry oxygen. Laboratory indicators of the blood's capacity to carry oxygen are essential for the high endurance of professional athletes and those who actively exercise for health. These include erythrocyte count, reticulocyte count, hemoglobin, iron, ferritin, transferrin, Vitamin B12, folic acid, etc. Increased blood's capacity to carry oxygen leads to increased athletic performance. To enhance athletic performance in elite athletes, as well as to stimulate the population, including youth and children, to increase their physical activity, it is necessary to monitor indices characterizing the capacity of the blood to carry oxygen. Staying and training at high altitudes has beneficial physiological and psychological effects, including increasing the number of red blood cells and the concentration of hemoglobin in the blood.

Keywords: erythropoiesis, erythrocytes, sport, altitude

ПОКАЗАТЕЛИ ЗА КАПАЦИТЕТА НА КРЪВТА ДА ПРЕНАСЯ КИСЛОРОД ПРИ НОРМАЛНА И ВИСОКА НАДМОРСКА ВИСОЧИНА ПРИ СПОРТИСТИ И АКТИВНО СПОРТУВАЩИ

Костадин Каналев

Медицински Университет Пловдив, Департамент за езиково и специализирано обучение, Секция по Физическо възпитание и спорт, България, Kostadin.Kanalev@mu-plovdiv.bg

Красимир Стойков

Медицински Университет Пловдив, Департамент за езиково и специализирано обучение, Секция по Физическо възпитание и спорт, България, Krasimir.Stoykov@mu-plovdiv.bg

Пенка Ангелова

Медицински Университет Пловдив, Медицински факултет, катедра по Физиология, България
Penka.Angelova@mu-plovdiv.bg

Абстракт: Голям брой медицински специалисти, учители, треньори и различни кампании и организации апелират за повишаване на физическата активност на населението, особено на младите хора и на децата. Причина за това е високият ръст на развитието на различни хронични заболявания, поради нерационалния хранителен режим и силно намалената физическа активност. Повишаването на двигателната активност и редовните спортни тренировки са ефективна превенция и профилактика за тези болести и асоциираните с тях медицински усложнения. Целта на настоящото проучване е да представи значението на лабораторни показатели за капацитета на кръвта да пренася кислород при спортисти и активно спортуващи, на нормална и висока надморска височина. За да изпълним целта на проучването проучихме съвременни научни данни, медицински учебници, ръководства за здравни специалисти и други източници на информация за показатели за капацитета на кръвта да пренася кислород при спортисти и активно спортуващи, на нормална и висока надморска височина. Получените резултати разделихме в две групи - показатели за капацитета на кръвта да пренася кислород и повишаване на транспортния капацитет на кръвта при физическа активност на нормална и висока надморска височина. Броят на еритроцитите се увеличава в резултат от физическа активност, което се дължи на включването в общото кръвообращение на кръвта от кръвните депа, където е с по-високо съдържание на кръвни клетки. Освен това при интензивна физическа работа кръвната плазма преминава бързо в междуклетъчните пространства, концентрацията на еритроцити в кръвта се увеличава: наблюдава се лъжлива, или работна еритроцитоза. Основен фактор за стимулиране на еритропоезата е хипоксията, включително престоя и тренировки на висока надморска височина. При абсолютен и относителен дефицит на кислород в тъканите в кръвта се секретира хормонът еритропоетин. Той се синтезира в бъбреците (90%) и в черния дроб (10%). По кръвен път достига до червения костен мозък на плоските и късите тръбести кости, където стимулира производството и развитието на нови червени кръвни клетки, които се освобождават в кръвта и увеличават капацитета ѝ да пренася кислород. Лабораторните показатели за капацитета на кръвта да пренася кислород са от съществено значение за високата издръжливост на професионални спортисти и активно спортуващи за здраве. Такива са брой на еритроцитите, брой на ретикулоцитите, хемоглобин, желязо, феритин, трансферин, Витамин В12, фолиева киселина и др. Основен фактор за стимулиране на еритропоезата е хипоксията, включително престоя и тренировки на висока надморска височина. При абсолютен и относителен дефицит на кислород в тъканите процесът на производството и развитието на нови червени кръвни клетки се стимулира, което увеличава капацитета на кръвта да пренася кислород. Това води до повишаване на спортните постижения. За повишаване на спортните постижения при елитни спортисти, както и стимулиране за стимулиране на населението, включително младежите и децата, да повишат физическата си активност е необходимо мониторирането на показатели, характеризиращи капацитета на кръвта да пренася кислород. Престоят и тренировките на висока надморска височина оказват благоприятни физиологични и психологични ефекти, включително повишаване на броя на червените кръвни клетки и концентрацията на хемоглобин в кръвта.

Ключови думи: еритропоеза, еритроцити, спорт, надморска височина

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Голям брой медицински специалисти, учители, треньори и различни кампании и организации апелират за повишаване на физическата активност на населението, особено на младите хора и на децата (Powell-Wiley et al., 2022; Hall 2021; Kolhar et al., 2021; Kerr and Booth 2022; Silveira et al., 2022). Причина за това е високият ръст на развитието на различни хронични заболявания, поради нерационалния хранителен режим и силно намалената физическа активност. Повишаването на двигателната активност и редовните спортни тренировки са ефективна превенция и профилактика за тези болести и асоциираните с тях медицински усложнения. Примери за такива заболявания са сърдечно-съдови заболявания (Elagizi et al., 2020; Huang et al., 2022; Hall et al., 2020; Powell-Wiley et al., 2022), депресия (Puccinelli et al., 2021; Pearce et al., 2022; Singh et al., 2023), захарен диабет (Sh, 2022; Patton and Riddell, 2023; Albright, 2005) и др. Спортни стоки, квартални фитнес зали, работни места за лични треньори, любителски местни състезания както и големи международни първенства е индустрия за милиони (Orunbayev 2023; Jones and Hayduk 2020; Prophet 2020). Високите спортни постижения са не само гордост за елитните спортисти, но и радост и стимул за обществото да увеличава физическата си активност и времето за спортуване. В редица различни дисциплини отличното представяне зависи от максималната кислородна консумация на атлета (Бояджиев, 2012; Попова, 2014). Максималната кислородна консумация е интегрален показател, който зависи от състоянието на сърдечно-

съдовата система, дихателната система, възможностите на скелетните мускули да утилизират кислорода и транспортния капацитет на кръвта (Бояджиев 2012, Витанова и Гърчев, 2008). Мониторирането на показатели, характеризиращи капацитета на кръвта да пренася кислород, както и провеждането на спортни лагери на голяма надморска височина са методи, прилагани от професионални треньори. Лабораторните показатели за капацитета на кръвта да пренася кислород са от съществено значение за високата издръжливост на професионални спортисти и активно спортуващи за здраве. Такива показатели са брой на еритроцитите, брой на ретикулоцитите, хемоглобин, желязо, феритин, трансферин, Витамин B12, фолиева киселина и др (Денева, 2024).

2. ЦЕЛ

Целта на настоящото проучване е да представи значението на лабораторни показатели за капацитета на кръвта да пренася кислород при спортисти и активно спортуващи, на нормална и висока надморска височина.

3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

За да изпълним целта на проучването проучихме съвременни научни данни, медицински учебници, ръководства за здравни специалисти и други източници на информация за показатели за капацитета на кръвта да пренася кислород при спортисти и активно спортуващи, на нормална и висока надморска височина. Получените резултати разделихме в две групи - показатели за капацитета на кръвта да пренася кислород и повишаване на транспортния капацитет на кръвта при физическа активност на нормална и висока надморска височина (Гаврийски и кол., 1998; Alkhalidy et al., 2022; Siebenmann et al., 2023; Stembergel and Ainslie, 2024).

4. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Лабораторните показатели за капацитета на кръвта да пренася кислород са от съществено значение за високата издръжливост на професионални спортисти и активно спортуващи за здраве. Такива показатели са брой на еритроцитите, брой на ретикулоцитите, хемоглобин, желязо, феритин, трансферин, Витамин B12, фолиева киселина и др.

Еритроцитите (червените кръвни клетки) са най-разпространените формени елементи в периферната кръв и основната им функция е да пренасят кислорода и въглеродния диоксид. Те отговарят за 98% от транспорта на кислорода от белите дробове до всички клетки, под формата на оксигемоглобин. Останалите 2% кислород достигат тъканите под формата на газ, разтворен в кръвната плазма. Ретикулоцитите са млади еритроцити. Нормално броят им в периферна кръв е около два промила от общия брой еритроцити (според някои източници от 2 до 18 %, Витанова и Гърчев, 2008). Ретикулоцитите се променят до зрели еритроцити след около два дни. При здрави хора броят на ретикулоцитите в периферна кръв нараства временно след кръвозагуба (Аврамова, 2023; Boyadjiev, 2023; Денева, 2024). Хемоглобинът съставлява 90 – 95% от сухото тегло на червените кръвни клетки. Молекулната му маса е 64 458 далтона. Изграден е от 4 субединици. Всяка субединица е изградена от глобуларна полипептидна верига (глобулин) с молекулно тегло около 16 000 далтона и хем (феропроtopорфин), ковалентно свързан с глобулина. Хемът е пигмент съдържащ двувалентен железен атом (Fe^{2+}). Той придава червения цвят на кръвта. Четири хем групи са свързани с четирите полипептидни вериги, по една за всяка субединица. Кислородът се свързва с железния атом на хема, като един атом желязо свързва една молекула кислород (O_2). Една молекула хемоглобин пренася общо четири молекули кислород (осем кислородни атома), (Аврамова, 2023; Попова, 2014; Витанова и Гърчев, 2008). Връзката между хема и кислорода е нетрайна и обратима. Общото количество на желязото в организма е 4-5 грама. Около 65% от него е в хемоглобина. Желязото участва в синтеза на миоглобина (пигмент, който свързва кислорода в червените мускулни влакна). Желязото участва и в някои ензими като цитохромоксидаза, пероксидаза, каталаза и др. Феритинът е желязосъдържащ белтък, който се намира в клетките на черния дроб и имунната система. Той складира неактивното желязо в организма и го освобождава при нужда. Трансферинът се отнася до гликопротеините на кръвната плазма, които пренасят желязото до черния дроб, далака и костния мозък. Нивата на човешкия трансферин могат да помогнат при определянето на причините за медицински състояния като анемия, както и в оценката на чернодробната функция (Денева, 2024; Витанова и Гърчев, 2008). Източници на Витамин B12 (Цианкобаламин) са само продукти с животински произход – месо, яйца, млечни, черен дроб и др. Изпълнява съществена роля в синтеза на ДНК, еритропоезата, транспорта на фолиевата киселина, синтеза на мастни киселини, важен е и за миелиновите обвивки на периферните нерви. Признаци на недостиг са нарушения в походката и равновесието, забавена рефлексна дейност, загуба на памет и слух, дезориентация, тежка депресия,

пернициозна анемия и др. Не са описани сериозни токсични ефекти (Денева, 2024; Витанова и Гърчев, 2008). Приемът на Витамин В9 (Фолиева киселина) е задължителен през първите три месеца на бременността, защото намалява честотата на дефектите на невралната тръба и предна коремна стена. Съдържа се в зелените листа на зеленчуците, месо, черен дроб, цвекло, броколи, боб и др. Той е коензим в синтеза на ДНК, РНК и някои аминокиселини, има значение за еритропоезата, растежа, развитието, репродукцията, имунитета. Хиповитаминозата може да се прояви с мегалобластна анемия, забавяне на растежа, депресия, проблеми с концентрацията, слуха, паметта и др (Аврамова, 2023; Попова, 2014; Витанова и Гърчев, 2008).

Гаврийски и кол. (1998) доказват, че броят на еритроцитите се увеличава в резултат от физическа активност, което се дължи на включването в общото кръвообращение на кръвта от кръвните депа, където е с по-високо съдържание на кръвни клетки. Освен това при интензивна физическа работа кръвната плазма преминава бързо в междуклетъчните пространства, концентрацията на еритроцити в кръвта се увеличава: наблюдава се лъжлива, или работна еритроцитоза (Гаврийски и кол., 1998).

Основен фактор за стимулиране на еритропоезата е хипоксията, включително престоя и тренировки на висока надморска височина (Alkhalidy et al., 2022; Siebenmann et al., 2023; Stembridge and Ainslie, 2024). При абсолютен и относителен дефицит на кислород в тъканите в кръвта се секретира хормонът еритропоетин. Той се синтезира в бъбреците (90%) и в черния дроб (10%). По кръвен път достига до червения костен мозък на плоските и късите тръбести кости, където стимулира производството и развитието на нови червени кръвни клетки, които се освобождават в кръвта и увеличават капацитета ѝ да пренася кислород (Аврамова, 2023; Попова, 2014; Бояджиев, 2012). Важни фактори за нормалното протичане на еритропоезата са нормалните концентрации на желязото, витамин В12, фолиевата киселина, тестостерона и др.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лабораторните показатели за капацитета на кръвта да пренася кислород са от съществено значение за високата издръжливост на професионални спортисти и активно спортуващи за здраве. Такива показатели са брой на еритроцитите, брой на ретикулоцитите, хемоглобин, желязо, феритин, трансферин, Витамин В12, фолиева киселина и др. Броят на еритроцитите се увеличава в резултат от физическа активност, което се дължи на включването в общото кръвообращение на кръвта от кръвните депа, където е с по-високо съдържание на кръвни клетки. Освен това при интензивна физическа работа кръвната плазма преминава бързо в междуклетъчните пространства, концентрацията на еритроцити в кръвта се увеличава: наблюдава се лъжлива, или работна еритроцитоза. Основен фактор за стимулиране на еритропоезата е хипоксията, включително престоя и тренировки на висока надморска височина. При абсолютен и относителен дефицит на кислород в тъканите процесът на производството и развитието на нови червени кръвни клетки се стимулира, което увеличава капацитета на кръвта да пренася кислород. Това води до повишаване на спортните постижения.

6. ПРЕПОРЪКИ

За повишаване на спортните постижения при елитни спортисти, както и стимулиране за стимулиране на населението, включително младежите и децата, да повишат физическата си активност е необходимо мониторирането на показатели, характеризиращи капацитета на кръвта да пренася кислород. Престоят и тренировките на висока надморска височина оказват благоприятни физиологични и психологични ефекти, включително повишаване на броя на червените кръвни клетки и концентрацията на хемоглобина в кръвта.

ЛИТЕРАТУРА

Albright, A. (2005) Moving Ahead With Physical Activity. *Diabetes Spectr*; 18 (2): 86–87.

<https://doi.org/10.2337/diaspect.18.2.86>

Alkhalidy, H. Y., Awan, Z. A., Abouzaid, A. A., Elbahaey, H. M., Al Amoudi, S. M., Shehata, S. F., & Saboor, M. (2022). Effect of Altitude on Hemoglobin and Red Blood Cell Indices in Adults in Different Regions of Saudi Arabia. *International Journal of General Medicine*, 15, 3559–3565. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S358139>

Boyadjiev N. et al. (2023). *Medical Physiology. Seminar Manual. A practical course for medical students. Fifth Revised Edition.* Aqua Graphics.

Elagizi, A., Kachur, S., Carbone, S. et al. (2020) A Review of Obesity, Physical Activity, and Cardiovascular disease. *Curr Obes Rep* 9, 571–581. <https://doi.org/10.1007/s13679-020-00403-z>

Hall, G., Laddu, D. R., Phillips, S. A., Lavie, C. J., & Arena, R. (2021). A tale of two pandemics: How will COVID 19 and global trends in physical inactivity and sedentary behavior affect one another?. *Progress in cardiovascular diseases*, 64, 108–110. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2020.04.005>.

Hall, K.S., Hyde, E.T., Bassett, D.R. et al. (2020) Systematic review of the prospective association of daily step

- counts with risk of mortality, cardiovascular disease, and dysglycemia. *Int J Behav Nutr Phys Act* 17, 78. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-00978-9>
- Huang, B., Duncan, M.J., Cistulli, P.A., et al. (2022) Sleep and physical activity in relation to all-cause, cardiovascular disease and cancer mortality risk. *British Journal of Sports Medicine*; 56:718-724.
- Jones, P., Ratten, V. & Hayduk, T. Sport, fitness, and lifestyle entrepreneurship. (2020). *Int Entrep Manag J* 16, 783-793 <https://doi.org/10.1007/s11365-020-00666-x>
- Kerr, N. and Booth, F. (2022). Contributions of physical inactivity and sedentary behavior to metabolic and endocrine diseases. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 33, 12, 817 – 827.
- Kolhar, M., Kazi, R. N. A., Alameen A. (2021). Effect of social media use on learning, social interactions, and sleep duration among university students. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28, 4, 2216-2222. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.01.010>
- Orunbayev, A. (2023). GLOBALIZATION AND SPORTS INDUSTRY. *American Journal Of Social Sciences And Humanity Research*, 3(11), 164–182. <https://doi.org/10.37547/ajsshr/Volume03Issue11-18>
- Patton, S. and Riddell, M. (2023) Current Trends and Strategies for Exercise in Diabetes. *Diabetes Spectr*; 36 (2):100–103. <https://doi.org/10.2337/dsi22-0019>
- Pearce, M., Garcia, L., Abbas, A., et al. (2022) Association Between Physical Activity and Risk of Depression: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Psychiatry*;79(6):550–559. doi:10.1001/jamapsychiatry.2022.0609
- Powell-Wiley, Baumer, Y., Baah, F. O., et al. (2022). Social Determinants of Cardiovascular Disease. *Circulation Research*, 130 (5). <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.319811>.
- Propheter, G. (2020) The effect of a new sports facility on property development: Evidence from building permits and a localized synthetic control. *Journal of Regional Analysis and Policy*, 50 (1), 67 – 50. <https://ageconsearch.umn.edu/record/339942>
- Puccinelli, P.J., da Costa, T.S., Seffrin, A. et al. (2021) Reduced level of physical activity during COVID-19 pandemic is associated with depression and anxiety levels: an internet-based survey. *BMC Public Health*, 21, 425. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-10470-z>
- Sh., K. D. (2022). Comparative Characteristics and Prevention of Diabetes Mellitus. *Central Asian Journal of Medical and Natural Science*, 3(2), 448-451. <https://doi.org/10.17605/cajmns.v3i2.693>
- Siebenmann Christoph, Johanna Roche, Maja Schlittler, Lydia L Simpson, Mike Stembridge (2023) Regulation of haemoglobin concentration at high altitude. *The Journal of Physiology*, <https://doi.org/10.1113/JP284578>
- Silveira, E., Mendonça, C.R., Delpino, F., Souza, G. V. E., de Souza Rosa, L. P., de Oliveira, C., Noll, M. (2022). Sedentary behavior, physical inactivity, abdominal obesity and obesity in adults and older adults: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition ESPEN*, 50, 63-73.
- Singh, B., Olds, T., Curtis, R., et al. (2023) Effectiveness of physical activity interventions for improving depression, anxiety and distress: an overview of systematic reviews. *British Journal of Sports Medicine*, 2023;57:1203-1209.
- Stembridge, M., & Ainslie, P. N. (2024). Hypoxia 2023: physiological mechanisms of adaptation. *Journal of Physiology*, 602(21), 5405-5407. <https://doi.org/10.1113/JP287287>
- Аврамова, Т. (2023). Основи на Физиологията на човека. Второ основно преработено и допълнено издание. Медицинско издателство АРСО, София.
- Бояджиев, Н. (2012). Мускулна работа и адаптация на организма към физическо натоварване. Аква Графикс. Витанова и Гърчев, et al. (2008) Медицинско издателство АРСО, София.
- Гаврийски В., Стефанова Д., Киселнова Е., Бичев К. (1998) Физиология на човека с физиология на порта част II. София: Издателство "Нови знания", стр. 567.
- Денева, Т. (2024) Клинична лаборатория. Лакс бук.
- Димитрова, Д. (2018). СПОРТНА МЕДИЦИНА. Учебник за студенти от НСА „В. Левски“. София
- Попова, Е. (2014). Физиология на човешкия организъм. Учебник за студенти по специалността Медицинска сестра“ и „Акушерка“. Медицинско издателство АРСО.