



TURLI INTENSIVLIKDAGI
JISMONIY YUKLAMALAR
TA'SIRIDA SPORTCHILARDA
KISLOTA-ISHQOR MUVOZANATI
MARKERLARINING (PH, LAKTAT,
BIKARBONAT)

DINAMIK TAHLILI



**Berdiyeva Dilnavoz
Toshkan qizi,**
Central Asian
University dotsenti



**Shaydullayeva
Zilola
Shapulatovna,**
O'zbekiston davlat
sport akademiyasi
o'qituvchisi,

Annotatsiya.

Mazkur tadqiqot turli intensivlikdagi jismoniy yuklamalar ta'sirida sportchilarda qon pH, laktat va bikarbonat ko'rsatkichlarining o'zgarishini baholashga qaratilgan. Tadqiqotda 19–25 yoshdagi 163 nafar sog'lom erkak ishtirokchi qatnashib, ular nazorat guruhi, og'ir atletikachilar, futbolchilar va muaytay sportchilari guruhlariga ajratildi. Sportchilarda ko'rsatkichlar mashg'ulotdan oldin va jismoniy yuklamadan keyin aniqlanib, nazorat guruhida faqat tinch holatda baholandi. Natijalar statistik va korrelyatsion tahlil asosida baholandi. Natijalar sportchilarning 65% dan ortig'ida jismoniy yuklamadan keyin metabolik atsidoz rivojlanganini ko'rsatdi. Eng katta o'zgarishlar og'ir atletikachilarda, undan keyin muaytay sportchilarida qayd etildi. pH pasayishi laktat oshishi bilan kuchli manfiy, bikarbonat kamayishi bilan esa kuchli musbat korrelyatsiyaga ega ekanligi aniqlandi ($p < 0,05$).

Kalit so'zlar:

jismoniy yuklama, kislota–ishqor muvozanati, qon pH, laktat, bikarbonat, metabolik atsidoz, sport fiziologiyasi, anaerob metabolizm, mineral almashinuv, korrelyatsion tahlil.

Аннотация.

Настоящее исследование направлено на оценку изменений показателей рН крови, лактата и бикарбоната у спортсменов под воздействием физических нагрузок различной интенсивности. В исследовании приняли участие 163 здоровых мужчины в возрасте 19–25 лет, которые были распределены на контрольную группу, группы тяжелоатлетов, футболистов и спортсменов по муайтай. У спортсменов показатели определялись до тренировки и после физической нагрузки, тогда как в контрольной группе оценка проводилась только в состоянии покоя. Полученные данные были проанализированы с использованием статистического и корреляционного анализа. Результаты показали, что более чем у 65% спортсменов после физической нагрузки развивались признаки метаболического ацидоза. Наиболее выраженные изменения наблюдались у тяжелоатлетов, далее — у спортсменов по муайтай. Установлено, что снижение рН имеет сильную отрицательную корреляцию с повышением уровня лактата и сильную положительную корреляцию со снижением концентрации бикарбоната ($p < 0,05$).

Ключевые слова:

физическая нагрузка, кислотно-щелочное равновесие, рН крови, лактат, бикарбонат, метаболический ацидоз, спортивная физиология, анаэробный метаболизм, минеральный обмен, корреляционный анализ.

Abstract.

This study aimed to evaluate changes in blood pH, lactate, and bicarbonate levels in athletes under physical

loads of varying intensity. A total of 163 healthy male participants aged 19–25 years were enrolled and divided into a control group, weightlifters, football players, and Muay Thai athletes. In athletes, parameters were assessed before training and after physical exercise, whereas in the control group measurements were performed only at rest. The obtained data were analyzed using statistical and correlation methods. The results demonstrated that more than 65% of athletes developed signs of metabolic acidosis after physical exercise. The most pronounced changes were observed in weightlifters, followed by Muay Thai athletes. A significant strong negative correlation was identified between the decrease in pH and the increase in lactate levels, while a strong positive correlation was observed between pH reduction and bicarbonate depletion ($p < 0.05$).

Key words:

physical exercise, acid-base balance, blood pH, lactate, bicarbonate, metabolic acidosis, sports physiology, anaerobic metabolism, mineral metabolism, correlation analysis.

Adabiyotlar tahlili.

Organizmدا kislota-ishqor muvozanati fermentativ reaksiyalar, hujayra metabolizmi, nerv-mushak qo'zg'aluvchanligi va gemodinamik barqarorlik uchun muhim gomeostatik mexanizm hisoblanadi. Qon pH ning fiziologik diapazoni 7,35–7,45 oralig'ida saqlanadi va bu muvozanat asosan bikarbonat bufer tizimi, o'pka ventilyatsiyasi hamda buyrak ekskretor mexanizmlari orqali regulyatsiya qilinadi¹². Bikarbonat bufer tizimi vodorod ionlarini bog'lab, karbonat angidrid shaklida chiqarilishiga sharoit yaratadi, o'pka CO₂ ni tez chiqarish orqali respirator kompensatsiyani, buyraklar esa H⁺ sekretsiyasi va HCO₃⁻ reabsorbtsiyasi orqali uzoq muddatli regulyatsiyani ta'minlaydi³. So'nggi yillarda o'tkazilgan tadqiqotlar kislota-ishqor muvozanatining buzilishi mushak charchog'i, ish qobiliyatining pasayishi va tiklanish jarayonining sekinlashuvi bilan uzviy bog'liqligini ko'rsatgan⁴⁵. Yuqori intensiv jismoniy yuklamalarda energiya ta'minoti asosan anaerob glikoliz hisobiga amalga oshadi. Bu jarayonda glyukoza tez parchalanib, piruvat laktatga aylanadi va protonlar ajralib chiqadi, natijada hujayra ichki pH darajasi pasayadi⁶. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, og'ir atletika va jangovar sport turlarida mashg'ulotdan keyin qon laktat darajasi 6–12 mmol/L gacha, pH esa 7,25–7,30 gacha pasayishi mumkin⁷⁸. Uzoq davom etuvchi aerob yuklamalarda esa oksidlovchi fosforillanish ustunligi sa-

- 1 Boron, W. F., & Boulpaep, E. L. (2017). Medical physiology (3rd ed.). Elsevier
- 2 Brooks, G. A. (2009). Cell-cell and intracellular lactate shuttles. *Journal of Physiology*, 587(23), 5591–5600.
- 3 Brooks, G. A., Fahey, T. D., Baldwin, K. M., & White, T. P. (2019). *Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications* (5th ed.). McGraw-Hill
- 4 Carr, A. J., Hopkins, W. G., & Gore, C. J. (2011). Effects of acute alkalosis and acidosis on performance. *Sports Medicine*, 41(10), 801–814.
- 5 Edge, performance. *International Journal of Sports Medicine*, 27(9), 702–708.
- 6 Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts. *Sports Medicine*, 39(6), 469–490.
- 7 Ganong, W. F. (2018). *Review of medical physiology* (26th ed.). McGraw-Hill
- 8 Gladden, L. B. (2004). Lactate metabolism. *Journal of Physiology*, 558(1), 5–30.

babli laktat akkumulatsiyasi nisbatan cheklangan bo'ldi⁹. Ilmiy manbalarda laktat ishlab chiqarilishi bilan pH pasayishi o'rtasida kuchli teskari korrelyatsiya mavjudligi qayd etilgan^{10,11}. Zamonaviy konsepsiyalarda laktat faqat metabolik chiqindi emas, balki energetik va signal molekula sifatida ham baholanadi¹². Biroq yuqori intensiv yuklama sharoitida laktat va protonlarning tez to'planishi bufer tizimlarning zo'riqligiga olib keladi. Bikarbonat bufer tizimi metabolik atsidozni cheklashda asosiy mexanizm hisoblanadi¹³. Tadqiqotlar bikarbonat darajasining pasayishi mushak ish qobiliyatining kamayishi bilan bog'liqligini ko'rsatgan¹⁴. Ayrim klinik va sport tadqiqotlarida natriy bikarbonat qo'shimchalari yuqori intensiv mashqlarda ish samaradorligini oshirishi mumkinligi qayd etilgan, biroq noto'g'ri dozalanishi alkaloz va gastrointestinal nojo'ya ta'sirlarga olib kelishi mumkin¹⁵. Natriy, kaliy, magniy va kalsiy ionlari hujayra membrana potentsiali, fermentativ faollik va osmotik barqarorlikni ta'minlaydi¹⁶. Elektrolit disbalansi bikarbonat reabsorbtsiyasi va vodorod ionlari sekretsiyasiga bevosita ta'sir ko'rsatadi¹⁷. Terlash orqali natriy va magniy yo'qotilishi bufer tizimlar samaradorligini pasaytirishi, kaliy siljishi esa hujayra ichki atsidozni kuchaytirishi mumkin¹⁸. Kortizol, aldosteron, insulin va katexolaminlar suv-elektrolit balansini va energetik almashinuvni boshqaradi¹⁹. Aldosteron natriy reabsorbtsiyasini kuchaytirib, bikarbonat saqlanishiga bilvosita ta'sir ko'rsatadi, kortizol esa glukoneogenezni kuchaytiradi²⁰. Adabiyotlar tahlili jismoniy yuklama intensivligi kislota-ishqor muvozanatining buzilishida asosiy determinant ekanligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, mineral almashinuv va gormonal regulyatsiya ushbu jarayonni modulyatsiya qiluvchi muhim omillar hisoblanadi. Mavjud adabiyotlarda kompleks yondashuv yetarli emasligi ushbu dissertatsiyaning dolzarbligini asoslaydi.

Material va uslublar.

Ushbu tadqiqotga jami 163 nafar erkak ishtirokchi jalb qilindi, ular quyidagi to'rt guruhga bo'lindi: 42 nafar 2-3 yillik tajribaga ega bo'lgan qisqa muddatli, yuqori intensiv mashg'ulotlar olib boradigan og'ir atletikachilar, 45 nafar 2-3 yillik sport tajribasiga ega bo'lgan o'rta intensiv, uzoq muddatli mashg'ulotlar olib boradigan futbolchilar, 46 nafar 3 yillik tajribasiga ega bo'lgan o'rtacha intensive mashg'ulot olib boradigan muaytaychi sportchilar, 30 nafar sport bilan shug'ullanmaydigan nazorat guruhi vakil-

lari ishtirok etdi. Barcha ishtirokchilarning yoshi 19–25 yosh oralig'ida, sog'lom va surunkali kasalliklardan holi bo'lishi tadqiqotga qo'shilish shartlaridan biri bo'ldi.

Jismoniy yuklama protokoli

Har bir sportchi uchun o'z sport turiga mos standartlashtirilgan yuklama testi o'tkazildi:

A. Og'ir atletikachilar: maksimal og'irlikning 80% bilan 3 marotaba takrorlash (squat va deadlift).

B. Futbolchilar: 12 daqiqalik Cooper testi (aerob chidamlilik bahosi).

C. Muaytay sportchilari: 3 raund (har biri 3 daqiqali) sparring, 1 daqiqalik dam olish oralig'ida.

Qon namunasi venadan uch marotaba olindi: Yuklama oldidan, Darhol yuklamadan keyin, 30 daqiqalik tiklanish davrida. Ushbu qonda pH (qonning kislota-ishqor muvozanati), Laktat (anaerob metabolizm darajasi), Bikarbonat (HCO_3^-) (buffer tizimi faolligi) aniqlandi. O'lchovlar **AVL Compact 3B Blood Gas Analyzer** yordamida amalga oshirildi. Har bir tahlil uchun **2 ml venoz** qon ishlatildi. Ushbu bo'limda jismoniy yuklamaning intensivligi oshgani sari qon pH, laktat va bikarbonat darajalari o'rtasidagi fiziologik bog'liqlik aniqlanadi. Ma'lumotlar yordamida turli sport turlarida atsidoz darajasi, bufer tizimi samaradorligi va tiklanish tezligi baholanadi. Sportchi guruhlarida esa qon namunasi mashg'ulotdan oldin (bazal holat) hamda mashg'ulotdan keyin 5–7 daqiqa ichida olindi. Qon pH, laktat va bikarbonat miqdorlari avtomatlashtirilgan biokimyoviy analizator yordamida o'lchandi. Natijalar o'rtacha qiymat \pm standart og'ish ($M \pm SD$) ko'rinishida ifodalandi. Statistik tahlil bir yo'nalisli dispersion tahlil (ANOVA) va Bonferroni post-hoc testi asosida olib borildi, statistik ahamiyat darajasi $p < 0,05$ sifatida belgilandi.

Natijalar va ularning muhokamasi.

Jismoniy yuklama vaqtida mushaklarda anaerob glikoliz jarayonining faollashuvi natijasida piruvatning laktatga aylanishi kuchayadi va bu qon hamda to'qimalarda vodorod ionlari (H^+) konsentratsiyasining ortishiga olib keladi. Natijada organizmda vaqtinchalik metabolik atsidoz holati yuzaga keladi. Qon pH ko'rsatkichining pasayishi mushak qisqaruvchanligi, fermentativ faoliyat va

9 Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2021). Textbook of medical physiology (14th ed.). Elsevier.

10 Lindinger, M. I., & Heigenhauser, G. J. F. (2008). Acid-base regulation in exercise. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 86(3), 135–148.

11 McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). Exercise physiology (8th ed.). Lippincott Williams & Wilkins

12 Palmer, B. F., & Clegg, D. J. (2016). Electrolyte disturbances. *New England Journal of Medicine*, 374(6), 548–559.

13 Powers, S. K., & Howley, E. T. (2020). Exercise physiology (11th ed.). McGraw-Hill.

14 Robergs, R. A., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology*, 287(3), R502–R516.

15 Sahlin, K. (2014). Muscle energetics during intense exercise. *Acta Physiologica*, 210(2), 303–312.

16 Sawka, M. N., Cheuvront, S. N., & Carter, R. (2005). Human water needs. *Nutrition Reviews*, 63(6), S30–S39.

17 Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (1997). Sweat collection in humans. *Journal of Applied Physiology*, 82(1), 336–341.

18 Zhang, Y., Zhang, H., & Li, X. (2021). AI-based physiological modeling. *Computational Biology and Medicine*, 135, 104558.

19 Raja, R., Nguyen, T., & Lee, S. (2020). AI in sports analytics. *IEEE Access*, 8, 168599–168617.

20 Kotsiantis, S. B., Zaharakis, I. D., & Pintelas, P. E. (2007). Machine learning review. *Artificial Intelligence Review*, 26(3), 159–190.

ionlar transportining fiziologik muvozanatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli sportchilarda kislota ishqor muvozanati o'zgarib turadi bu esa jiddiy patologik holatlarga sabab bo'ladi. Shu sababli sport bilan shug'ullanuvchi va sport bilan shug'ullanmagan ishtirokchilar orasida pH darajasi, bikarbonat va laktat darajasi tahlil qilindi.

Nazorat guruhida qon pH ($7,38 \pm 0,03$), laktat ($1,2 \pm 0,3$ mmol/L) va bikarbonat ($24,4 \pm 1,2$ mmol/L) ko'rsatkichlari fiziologik norma chegarasida saqlanib, metabolik barqarorlikni namoyon etdi. Bu holat jismoniy yuklama bo'limganda kislota–ishqor muvozanati bufer tizimlar tomonidan samarali nazorat qilinishini tasdiqlaydi. Sportchi guruhlarida mashg'ulotdan oldingi bazal ko'rsatkichlar nazorat guruhi bilan statistik jihatdan sezilarli farq ko'rsatmadi ($p > 0,05$), bu sportchilarda adaptatsiyalangan fiziologik muvozanat mavjudligini anglatadi. Biroq jismoniy mashg'ulotdan keyin barcha sportchi guruhlarida metabolik siljishlar aniqlandi.

3.1.jadval. Og'ir atletika, futbol va muaytay sportchilarida tinch holat va jismoniy yuklamadan keyin qonning kislota–ishqor muvozanati ko'rsatkichlari (pH, laktat, bikarbonat)ning solishtirma tahlili * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; $M \pm m$; $n=9$

Guruh	Qon pH	Laktat (mmol/L)	Bikarbonat (mmol/L)
Nazorat (tinch holat)	$7,38 \pm 0,03$	$1,2 \pm 0,3$	$24,4 \pm 1,2$
Og'ir atletika (tinch holat)	$7,36 \pm 0,04$	$1,5 \pm 0,4$	$24,1 \pm 1,1$
Og'ir atletika (mashg'ulotdan keyin)	$7,28 \pm 0,05$	$9,1 \pm 1,8$	$18,9 \pm 1,7$
Futbol (tinch holat)	$7,37 \pm 0,03$	$1,4 \pm 0,3$	$24,3 \pm 1,0$
Futbol (mashg'ulotdan keyin)	$7,32 \pm 0,04$	$6,4 \pm 1,3$	$20,9 \pm 1,5$
Muaytay (tinch holat)	$7,35 \pm 0,04$	$1,6 \pm 0,4$	$23,8 \pm 1,2$
Muaytay (mashg'ulotdan keyin)	$7,30 \pm 0,04$	$7,8 \pm 1,5$	$19,8 \pm 1,6$

Nazorat guruhida aniqlangan qon pH ($7,38 \pm 0,03$), laktat konsentratsiyasi ($1,2 \pm 0,3$ mmol/L) hamda bikarbonat darajasi ($24,4 \pm 1,2$ mmol/L) sog'lom yoshdagi shaxslar uchun belgilangan fiziologik referens intervalga (pH $7,35-7,45$; laktat $0,8-2,0$ mmol/L; HCO_3^- $22-26$ mmol/L) to'liq mos kelib, organizmda kislota–ishqor muvozanati bikarbonat bufer tizimi, o'pka ventilyatsiyasi va buyrak ekskretor mexanizmlari orqali samarali regulyatsiya

qilinayotganini ko'rsatadi. Ushbu ko'rsatkichlar metabolik barqarorlik va homeostazning saqlanganligini aks ettirib, mazkur tadqiqotda solishtirma (referens) baza sifatida qabul qilindi (3.1. jadval).

Og'ir atletika bilan shug'ullanuvchi sportchilarda jismoniy yuklamadan keyin qon pH $7,28 \pm 0,05$ gacha pasayib, nazorat guruhiga nisbatan absolyut hisobda $0,10$ birlikka, nisbiy ifodada esa $1,36\%$ ga kamaydi. Mazkur qiymat fiziologik normaning quyi chegarasidan sezilarli darajada past bo'lib, klinik jihatdan ahamiyatli metabolik atsidoz shakllanayotganini ko'rsatadi. Shu bilan bir vaqtda, laktat konsentratsiyasi $9,1 \pm 1,8$ mmol/L ni tashkil etib, nazorat guruhiga nisbatan $7,9$ mmol/L yoki 658% ga oshdi, bu anaerob glikolizning maksimal darajada faollashganini va piruvatning laktatga aylanishi ustunligini tasdiqlaydi. Bikarbonat miqdorining $18,9 \pm 1,7$ mmol/L gacha kamayishi esa nazoratga nisbatan $5,5$ mmol/L yoki $22,5\%$ lik pasayish bilan xarakterlanib, bufer zaxiralarning intensiv sarflanayotganini ko'rsatadi. Ushbu uchala parametrlarning parallel siljishi og'ir atletikachilarda yuqori intensiv, qisqa davomli yuklamalar fonida kislota hosil bo'lish tezligi uning neytrallanish tezligidan ustun kelayotganini, ya'ni metabolik kompensatsiya mexanizmlarining funksional chegaraga yaqinlashayotganini bildiradi.

3.1. jadvalda ko'rinib turibdiki muaytay sportchilarida ham mashg'ulotdan keyingi davrda qon pH $7,30 \pm 0,04$ gacha pasayib, nazoratga nisbatan $0,08$ birlikka yoki $1,08\%$ ga kamaydi, bu esa normaning quyi chegarasidan past bo'lgan subkompensatsiyalangan atsidoz holatini ko'rsatadi. Laktat miqdori $7,8 \pm 1,5$ mmol/L ga yetib, nazorat ko'rsatkichidan $6,6$ mmol/L yoki 550% ga yuqori bo'ldi. Bikarbonat darajasi esa $19,8 \pm 1,6$ mmol/L ni tashkil etib, nazoratga nisbatan $4,6$ mmol/L yoki $18,9\%$ ga kamaydi. Ushbu ko'rsatkichlar muaytay sportida yuqori intensiv zarba yuklamalari, qisqa dam olish intervallari hamda simpatoadrenal tizimning kuchli faollashuvi natijasida anaerob metabolizm ustun kelishini va bufer tizimlarning tezkor zo'riqishini patofiziologik jihatdan asoslaydi.

Futbolchilar guruhida mashg'ulotdan keyingi metabolik siljishlar nisbatan mo'tadil xarakterga ega bo'ldi. Qon pH $7,32 \pm 0,04$ ni tashkil etib, nazoratga nisbatan $0,06$ birlikka yoki $0,81\%$ ga pasaydi, bu qiymat normaning quyi chegarasiga yaqinlashgan subklinik atsidoz holatini aks ettiradi. Laktat darajasi $6,4 \pm 1,3$ mmol/L ga ko'tarilib, nazorat ko'rsatkichidan $5,2$ mmol/L yoki 433% ga yuqori bo'ldi. Bikarbonat konsentratsiyasi $20,9 \pm 1,5$ mmol/L ni tashkil etib, nazoratga nisbatan $3,5$ mmol/L yoki $14,3\%$ ga kamaydi. Futbol yuklamalarining uzoq davom etuvchi va aralash aerob–anaerob xarakteri metabolik mahsulotlarning asta-sekin akkumulatsiyalanishiga olib keladi, bir-oq aerob oksidlanishning saqlanib qolishi tufayli atsidoz chuqurligi nisbatan cheklangan bo'ladi.

Sport turlari o'rtasida metabolik siljishlarning darajasi quyidagi ketma-ketlikda namoyon bo'ldi: og'ir atletika > muaytay > futbol. Ushbu gradient sport faoliyatining bioenergetik profili bilan bevosita bog'liq bo'lib, qisqa muddatli maksimal quvvat talab qilinadigan mashqlarda ana-



erob glikolizning ustunligi vodorod ionlari ishlab chiqarilishini keskin oshiradi, natijada bikarbonat bufer tizimi tezroq zo'riqadi va pH pasayishi chuqurlashadi. Nazorat guruhida ko'rsatkichlarning barqaror saqlanishi jismoniy yuklama metabolik homeostazni buzuvchi asosiy determinant omil ekanligini isbotlaydi.

Xulosalar.

Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, jismoniy yuklama intensivligi sportchilarda kislota-ishqor muvozanatining buzilish darajasini belgilovchi asosiy omil hisoblanadi. Yuqori intensiv yuklamalar fonida qon pH ning pasayishi, laktat darajasining keskin oshishi va bikarbonat tampon zaxiralarining kamayishi metabolik atsidoz rivojlanishini yaqqol namoyon etdi. Ayniqsa, qisqa muddatli, maksimal quvvat talab qilinadigan sport turlarida metabolik siljishlar chuqurroq ifodalandi, holbuki uzoq davom etuvchi aralash yuklamalarda kompensator mexanizmlar

nisbatan samaraliroq saqlanib qoldi. Korrelyatsion tahlil pH bilan laktat o'rtasida kuchli manfiy, pH bilan bikarbonat o'rtasida esa kuchli musbat bog'liqlik mavjudligini tasdiqladi, bu metabolik atsidozning patofiziologik asosini miqdoriy jihatdan isbotlaydi. Tiklanish davrida ushbu ko'rsatkichlarning qisman normallasuvi organizmning kompensator imkoniyatlarini namoyon qilgan bo'lsa-da, ayrim sport turlarida metabolik yukning rezidual ta'siri saqlanib qoldi. Olingan natijalar sportchilarda metabolik riskni individual baholash, tiklanish jarayonlarini optimallashtirish va shaxsiylashtirilgan ovqatlanish strategiyalarini ishlab chiqishda kislota-ishqor muvozanati biomarkerlarining muhim prognostik ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, aniqlangan metabolik siljishlarning mineral almashinuv bilan uzviy bog'liqligi keyingi tadqiqotlar uchun muhim ilmiy asos yaratadi.