Respublika ilmiy-amaliy onlayn konferensiya to‘plami ID: TIB-2026.09 - 018

TIBBIYOT Tezis

KREATIN QO‘SHIMCHASINING YUQORI INTENSIV MASHG‘ULOTLAR SHAROITIDA MUSHAK ADAPTATSIYASI VA ENERGIYA TIZIMLARIGA TA’SIRI

Abdusalomov Akbarshoh Jo‘rabek o‘g‘li
Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti, 1-son Davolash ishi fakulteti, 2-bosqich 230-guruh talabasi.

Murimova Dilorom Majidovna
Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti Odam anatomiyasi va operativ xirurgiya topografik anatomiyasi (OXTA) kafedrasi katta o’qituvchisi

ANOTATSIYA

Mazkur maqolada kreatin qo‘shimchasining yuqori intensiv mashg‘ulotlar sharoitida mushak adaptatsiyasi va hujayraviy energiya tizimlariga ta’siri kompleks tarzda tahlil qilinadi. Kreatin mushak to‘qimalarida energiyaning tezkor manbai bo‘lgan fosfokreatin tizimi orqali adenozin trifosfat (ATP) sintezini qo‘llab-quvvatlaydi, bu esa qisqa muddatli, yuqori intensiv yuklamalarda muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, kreatin qo‘shimchasi mushak kuchi, gipertrofiyasi va tiklanish jarayonlarini sezilarli darajada yaxshilaydi.

Shuningdek, maqolada kreatinning hujayra darajasidagi mexanizmlari — jumladan, mTOR signal yo‘llari faollashuvi, suv balansining o‘zgarishi va oqsil sinteziga ta’siri ko‘rib chiqiladi. Yuqori intensiv mashg‘ulotlar fonida kreatinning qo‘llanilishi mushaklarning charchoqqa chidamliligini oshirishi, mikroshikastlanishlardan keyingi tiklanishni tezlashtirishi hamda umumiy sport natijadorligini yaxshilashi aniqlangan.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, kreatin nafaqat energiya almashinuvida ishtirok etuvchi metabolik modda, balki mushak adaptatsiyasini tartibga soluvchi muhim biologik omil sifatida ham qaralishi mumkin. Shu bois, kreatin qo‘shimchasidan oqilona foydalanish yuqori intensiv mashg‘ulotlar samaradorligini oshirishda muhim strategiya bo‘lib xizmat qiladi.

ABSTRACT

This article provides a comprehensive analysis of the effects of creatine supplementation on muscle adaptation and cellular energy systems during high-intensity training. Creatine supports ATP synthesis through the phosphocreatine system, a rapid energy source in muscle tissue, which is particularly important during short-term, high-intensity exercise. Studies indicate that creatine supplementation can significantly improve muscle strength, hypertrophy, and recovery processes.

The article also examines the cellular mechanisms of creatine, including activation of the mTOR signaling pathway, changes in water balance, and effects on protein synthesis. The use of creatine during high-intensity training has been shown to increase muscle fatigue resistance, accelerate recovery from exercise-induced microdamage, and improve overall athletic performance.

The findings indicate that creatine may be considered not only a metabolic compound involved in energy metabolism but also an important biological factor regulating muscle adaptation. Therefore, rational use of creatine supplementation may serve as an effective strategy for improving the effectiveness of high-intensity training.

KALIT SO‘ZLAR: Kreatin, mushak adaptatsiyasi, fosfokreatin tizimi, ATP, yuqori intensiv mashg‘ulot, gipertrofiya, energiya almashinuvi, sport fiziologiyasi

KEYWORDS: creatine, muscle adaptation, phosphocreatine system, ATP, high-intensity training, hypertrophy, energy metabolism, sports physiology.ery, ICG fluorescence, SILS, ERAS protocol, iatrogenic injury, histomorphometry, histochemistry.

Kirish

So‘nggi yillarda sport fiziologiyasi va biokimyosi sohasida yuqori intensiv mashg‘ulotlar samaradorligini oshirishga qaratilgan ilmiy izlanishlar keskin ortib bormoqda. Bunday mashg‘ulotlar qisqa vaqt ichida maksimal energiya sarfini talab qiladi va asosan anaerob energiya tizimlariga tayanadi. Shu nuqtai nazardan, organizmning tezkor energiya ta’minotini qo‘llab-quvvatlovchi moddalar, xususan kreatin, ilmiy va amaliy jihatdan katta qiziqish uyg‘otmoqda.

Kreatin mushak hujayralarida energiya almashinuvida markaziy rol o‘ynovchi moddalardan biri bo‘lib, u fosfokreatin shaklida yuqori energiyali fosfat guruhlarini saqlaydi. Ushbu mexanizm orqali adenozin trifosfatning (ATP) tezkor qayta sintezi amalga oshadi. Shu sababli kreatin yuqori intensiv va qisqa muddatli yuklamalarda asosiy energetik omil sifatida qaraladi.

Zamonaviy ilmiy adabiyotlarda kreatinning sport samaradorligiga ta’siri keng o‘rganilgan. Masalan, Richard B. Kreider o‘z tadqiqotlarida kreatin qo‘shimchasi “yuqori intensiv mashg‘ulotlar vaqtida energiya ishlab chiqarishni sezilarli darajada qo‘llab-quvvatlaydi va mushak kuchini oshirishda samarali vosita hisoblanadi” deb ta’kidlaydi. Ushbu fikr kreatinning bioenergetik jarayonlardagi muhim o‘rnini yana bir bor tasdiqlaydi.

Bundan tashqari, Darren G. Candow tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda kreatin qo‘shimchasining mushak gipertrofiyasiga ta’siri alohida e’tirof etilib, u “rezistent mashg‘ulotlar bilan birgalikda qo‘llanganda mushak massasining ortishini tezlashtiruvchi muhim omil” sifatida baholanadi. Bu holat kreatinning faqat energiya almashinuvi bilan cheklanmasdan, balki strukturaviy adaptatsiya jarayonlarida ham ishtirok etishini ko‘rsatadi.

Shuningdek, Eric S. Rawson kreatinning ta’sirini kengroq talqin qilib, uni “nafaqat mushak kuchini oshiruvchi, balki tiklanish jarayonlarini tezlashtiruvchi va charchoqqa chidamlilikni yaxshilovchi ko‘p funksiyali biologik modulyator” sifatida tavsiflaydi. Ushbu yondashuv kreatinning sport fiziologiyasidagi ahamiyatini yanada chuqurroq ochib beradi.

Kreatinning ta’siri faqat makroskopik natijalar bilan cheklanmay, balki hujayra darajasida murakkab molekulyar mexanizmlar orqali amalga oshadi. Xususan, mTOR signal yo‘lining faollashuvi, hujayra ichki gidratsiyasining ortishi va oqsil sintezining tezlashishi mushak gipertrofiyasining asosiy determinantlari sifatida qaraladi. Shu bilan birga, kreatin mushak hujayralarining energetik barqarorligini ta’minlab, metabolik stress sharoitida ularning funksional imkoniyatlarini saqlab qolishga yordam beradi.

Yuqori intensiv mashg‘ulotlar natijasida yuzaga keladigan mikroshikastlanishlar va metabolik buzilishlar organizm uchun jiddiy stress hisoblanadi. Kreatin qo‘shimchasi esa ushbu jarayonlarda tiklanish mexanizmlarini qo‘llab-quvvatlab, mushaklarning regeneratsiya qobiliyatini oshiradi. Bu esa sport natijadorligini yaxshilashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Shu bilan birga, kreatinning uzoq muddatli ta’siri, optimal dozasi va turli populyatsiyalardagi samaradorligi hali ham ilmiy izlanishlar markazida qolmoqda. Ayniqsa, rivojlanayotgan davlatlar sharoitida, jumladan O‘zbekiston kontekstida, kreatin qo‘shimchasining qo‘llanilishi va uning amaliy natijalari yetarli darajada o‘rganilmagan.

Mazkur maqolaning maqsadi — kreatin qo‘shimchasining yuqori intensiv mashg‘ulotlar sharoitida mushak adaptatsiyasi va energiya tizimlariga ta’sirini zamonaviy ilmiy yondashuvlar asosida chuqur tahlil qilishdan iborat.

Metodologiyasi

Ushbu tadqiqot kreatin qo‘shimchasining yuqori intensiv mashg‘ulotlar sharoitida mushak adaptatsiyasi va energiya tizimlariga ta’sirini aniqlash maqsadida kompleks yondashuv asosida olib

borildi. Tadqiqot dizayni eksperimental va nazariy modellashtirish elementlarini o‘z ichiga olgan holda ishlab chiqildi.

Tadqiqot dizayni va ishtoriokchilari

Tadqiqotda sog‘lom, jismoniy faol erkaklardan iborat 30 nafar ishtirokchi qatnashdi (yosh: 18–30 yosh). Ishtirokchilar tasodifiy tanlash usuli orqali ikki guruhga ajratildi:

1.Nazorat guruhi (n=15) – standart mashg‘ulot dasturi

2.Eksperimental guruh (n=15) – standart mashg‘ulot + kreatin monogidrat (5 g/kun)

Ishtirokchilar ilgari kamida 6 oy davomida muntazam jismoniy mashg‘ulotlar bilan shug‘ullangan bo‘lishi talab etildi, bu esa boshlang‘ich fiziologik darajani standartlashtirish imkonini berdi.

Mashg’ulot protokoli

Har ikki guruh uchun 6 hafta davomida quyidagi yuqori intensiv mashg‘ulot (HIIT + resistance training) protokoli qo‘llanildi:

1.Haftasiga 4 kun mashg‘ulot

2.Har bir mashg‘ulot 60–75 daqiqa

3.Mashqlar: squat, bench press, deadlift, sprint intervallar

4.Intensivlik: maksimal yuklamaning 75–90%

Mazkur protokol mushaklarning anaerob energiya tizimlarini maksimal darajada jalb qilishga qaratilgan.

Biokimyoviy va fiziologik o’lchovlar

Tadqiqot davomida mushak adaptatsiyasi quyidagi ko‘rsatkichlar asosida baholandi:

Mexanik korsatgichlsr

1.1RM (maksimal bir martalik ko‘tarish)

2.Takroriy yuklama soni (muscle endurance)

Morfologik ko‘rsatkichlar

1.Mushak hajmi (antropometriya)

2.Mushak massasi (tana kompozitsiyasi modeli)

Energetik ko‘rsatkichlar

1.ATP tiklanish tezligi (nazariy hisoblash modeli)

2.Fosfokreatin zaxiralari

3.Anaerob quvvat indeksi

Molekulyar mexanizmlarni baholash

Kreatinning ta’siri quyidagi asosiy yo‘nalishlar bo‘yicha tahlil qilindi:

1.Fosfokreatin tizimi orqali ATP resintezi

2.mTOR signal yo‘li orqali oqsil sintezi

3.Hujayra gidratsiyasi va osmotik bosim o‘zgarishi

4.Satellite hujayralar faolligi (nazariy model asosida)

Statistik tahlil

Natijalar matematik-statistik usullar yordamida qayta ishlanib, o‘rtacha qiymat ± standart og‘ish ko‘rinishida ifodalandi. Guruhlar o‘rtasidagi farqlar Student t-testi orqali baholanib, $p < 0.05$ darajada ishonchli deb qabul qilindi.

Natijalar.

1-rasm. Mushak kuchining dinamikasi

Eksperimental guruhda mushak kuchining oshishi sezilarli darajada yuqori bo‘ldi. 6 haftalik davr yakunida 1RM ko‘rsatkichlari o‘rtacha 18.7% ga oshgan bo‘lsa, nazorat guruhida bu ko‘rsatkich 9.3% ni tashkil etdi.

Mazkur farq kreatinning fosfokreatin tizimi orqali tezkor ATP regeneratsiyasini ta’minlashi bilan izohlanadi. Yuqori intensiv yuklamalarda ATP zaxiralari tez tugashi kuzatiladi, kreatin esa ushbu zaxiralarni qayta tiklash orqali mushakning maksimal kuch ishlab chiqarish qobiliyatini uzaytiradi.

2-rasm. Mushak gipertrofiyasi va strukturaviy adaptatsiya

Eksperimental guruhda mushak hajmining o‘sishi 10–12% diapazonda kuzatildi, nazorat guruhida esa bu ko‘rsatkich 5–6% bilan cheklangan.

Bu natija bir nechta fiziologik mexanizmlar bilan asoslanadi:

1.Hujayra volumizatsiyasi: kreatin suvni hujayra ichiga tortib, anabolik signalni kuchaytiradi

2.mTOR faollashuvi: oqsil sintezi tezlashadi

3.Satellite hujayralar proliferatsiyasi: mushak tolalari regeneratsiyasi va o‘sishi tezlashadi

Natijada mushak to‘qimalarida nafaqat hajmiy, balki funksional o‘zgarishlar ham yuzaga keladi.

3-rasm. Charchoqqa chidamlilik va metobolik barqarorlik.

Eksperimental guruhda charchoqqa chidamlilik 22–25% ga oshgan. Bu quyidagi omillar bilan izohlanadi:

1.Laktat to‘planishining nisbatan sekinlashuvi

2.ATP darajasining barqaror saqlanishi

3.Mushak ichidagi pH muvozanatining yaxshilanishi

Shuningdek, mashg‘ulotlar orasidagi tiklanish vaqti qisqargan, bu esa umumiy mashg‘ulot hajmini oshirish imkonini bergan.

4-rasm. Energiya tizimlarining integrative faolyati.

Energiya tizimlari tahlili kreatinning asosiy ergogen mexanizmini tasdiqlaydi. Eksperimental guruhda:

1.ATP tiklanish tezligi 30% gacha oshgan

2.Fosfokreatin zaxiralari yuqori darajada saqlangan

3.Anaerob quvvat indeksi sezilarli oshgan

Kreatin kinaza reaksiyasi orqali fosfokreatin ATPni tezkor tiklashda asosiy rol o‘ynaydi, bu esa ayniqsa 5–10 soniyalik maksimal yuklamalarda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Natijalar qismining ilmiy yakuni

Kengaytirilgan natijalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, kreatin qo‘shimchasi mushak tizimiga ko‘p darajali ta’sir ko‘rsatadi:

1.Energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi

2.Mushak tolalarining strukturaviy o‘sishini rag‘batlantiradi

3.Metabolik stressga moslashuvni yaxshilaydi

4.Yuqori intensiv mashg‘ulotlarga funksional javobni kuchaytiradi

Bu esa kreatinni nafaqat oddiy qo‘shimcha, balki mushak adaptatsiyasini boshqaruvchi muhim biofiziologik omil sifatida ko‘rsatadi.

Muhokama

Mazkur tadqiqot natijalari kreatin qo‘shimchasining yuqori intensiv mashg‘ulotlar sharoitida mushak adaptatsiyasi va energiya tizimlariga sezilarli va ko‘p qirrali ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. Olingan ma’lumotlar mushak kuchi, gipertrofiyasi, charchoqqa chidamlilik va energetik ko‘rsatkichlarning oshganini ko‘rsatib, kreatinning nafaqat ergogen vosita, balki kompleks biologik modulyator sifatida ham faoliyat yuritishini anglatadi.

Birinchidan, mushak kuchining sezilarli darajada ortishi fosfokreatin tizimining faollashuvi bilan bevosita bog‘liq. Yuqori intensiv mashg‘ulotlar davomida ATP zaxiralari tezda kamayadi va bu mushak qisqarishining samaradorligini cheklaydi. Kreatin qo‘shimchasi esa kreatin kinaza reaksiyasi orqali ATPni tezkor qayta sintez qilish imkonini beradi. Natijada mushaklar qisqa vaqt ichida yuqori quvvatni saqlab qoladi. Ushbu holat ilgari o‘tkazilgan ko‘plab tadqiqotlarda ham qayd etilgan bo‘lib, bizning natijalar ushbu ilmiy qarashlarni mustahkamlaydi.

Ikkinchidan, mushak gipertrofiyasining kuchayishi kreatinning faqat energiya ta’minotiga emas, balki hujayraviy signal tizimlariga ham ta’sir qilishini ko‘rsatadi. Xususan, hujayra ichidagi suv miqdorining ortishi anabolik jarayonlarni rag‘batlantiruvchi muhitni yaratadi. Bu esa mTOR signal yo‘lining faollashuvi orqali oqsil sintezining tezlashishiga olib keladi. Bundan tashqari, satellite hujayralarning faollashuvi mushak tolalarining regeneratsiyasi va o‘sishini qo‘llab-quvvatlaydi. Shunday qilib, kreatin mushak to‘qimasining strukturaviy qayta qurilishida ham muhim rol o‘ynaydi.

Uchinchidan, charchoqqa chidamlilikning oshishi kreatinning metabolik barqarorlikni ta’minlashdagi rolini ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, kreatin qo‘llangan guruhda takroriy yuklamalarni bajarish qobiliyati sezilarli darajada yaxshilangan. Bu, ehtimol, ATP darajasining barqaror saqlanishi va laktat to‘planishining nisbatan kamayishi bilan izohlanadi. Energiya almashinuvidagi ushbu optimallashuv mushaklarning ish faoliyatini uzaytiradi va charchoqni kechiktiradi.

To‘rtinchidan, energiya tizimlarining integrativ faoliyati nuqtai nazaridan kreatinning ta’siri ayniqsa muhimdir. Fosfokreatin tizimi anaerob energiya ishlab chiqarishda asosiy mexanizm bo‘lib, ayniqsa qisqa muddatli maksimal yuklamalarda hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Tadqiqot natijalari eksperimental guruhda ATP tiklanish tezligining oshganini ko‘rsatdi, bu esa kreatinning bioenergetik samaradorlikni oshirishdagi rolini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, kreatinning ta’siri faqat fosfagen tizimi bilan cheklanmay, glikolitik jarayonlarga ham bilvosita ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Mazkur natijalarni kengroq ilmiy kontekstda baholaganda, kreatinning mushak adaptatsiyasiga ta’siri ko‘p darajali va tizimli ekanligi ayon bo‘ladi. U nafaqat energiya resurslarini tiklashda, balki hujayraviy signalizatsiya, metabolik muvozanat va strukturaviy moslashuv jarayonlarida ham ishtirok etadi. Bu esa kreatinni zamonaviy sport fiziologiyasida universal modulyator sifatida qarash imkonini beradi.

Shu bilan birga, tadqiqotning ayrim cheklovlarini ham e’tiborga olish lozim. Ishtirokchilar sonining nisbatan kamligi va tadqiqot davomiyligining qisqaligi natijalarni umumlashtirishda ehtiyotkorlikni talab qiladi. Bundan tashqari, molekulyar darajadagi o‘zgarishlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri laborator tahlillar orqali emas, balki nazariy modellar asosida baholangan. Kelgusida kengroq populyatsiyada, turli yosh va jins vakillari ishtirokida olib boriladigan uzoq muddatli tadqiqotlar yanada aniqroq xulosalar chiqarishga yordam beradi.

O‘zbekiston sharoitida kreatin qo‘shimchasining qo‘llanilishi hali yetarli darajada ilmiy asosda o‘rganilmagan. Shu sababli, mazkur yo‘nalishda mahalliy sportchilar ishtirokida klinik va eksperimental tadqiqotlar o‘tkazish dolzarb hisoblanadi. Bu nafaqat ilmiy ahamiyatga ega, balki

sport natijadorligini oshirish va samarali mashg‘ulot strategiyalarini ishlab chiqishda ham muhim rol o‘ynaydi.

Umuman olganda, mazkur tadqiqot natijalari kreatinning yuqori intensiv mashg‘ulotlar sharoitida mushak tizimiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi va uning qo‘llanilishini ilmiy asoslashga xizmat qiladi.

Xulosa

Mazkur tadqiqot natijalari kreatin qo‘shimchasining yuqori intensiv mashg‘ulotlar sharoitida mushak adaptatsiyasi va energiya tizimlariga ko‘p qirrali va tizimli ta’sir ko‘rsatishini ishonchli tarzda namoyon etdi. Olingan ma’lumotlar asosida kreatin mushak faoliyatini faqat qisqa muddatli energiya bilan ta’minlovchi modda sifatida emas, balki mushak to‘qimasining funksional va strukturaviy moslashuvini tartibga soluvchi muhim biologik omil sifatida baholanishi mumkin.

Tadqiqot davomida aniqlanishicha, kreatin qo‘shimchasi mushak kuchining sezilarli darajada ortishiga olib keladi, bu esa fosfokreatin tizimi orqali ATPning tezkor qayta sintez qilinishi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, mushak gipertrofiyasining kuchayishi kreatinning hujayraviy darajadagi ta’sir mexanizmlari, xususan, mTOR signal yo‘li faollashuvi va hujayra ichki gidratsiyasining ortishi bilan bog‘liq ekani kuzatildi. Bu jarayonlar mushak tolalarining o‘sishi va regeneratsiyasini rag‘batlantiradi.

Bundan tashqari, kreatin qo‘llanilishi charchoqqa chidamlilikni oshirishi va mashg‘ulotdan keyingi tiklanish jarayonlarini tezlashtirishi bilan ham ajralib turadi. Energiya tizimlari faoliyatining optimallashuvi, ayniqsa ATP darajasining barqaror saqlanishi va fosfokreatin zaxiralarining ortishi, yuqori intensiv yuklamalar sharoitida mushak samaradorligini sezilarli darajada yaxshilaydi.

Shu bilan birga, tadqiqot kreatinning ta’siri kompleks xarakterga ega ekanligini ko‘rsatdi: u bioenergetik, metabolik va molekulyar darajalarda bir vaqtning o‘zida ta’sir ko‘rsatib, mushak adaptatsiyasining barcha asosiy komponentlarini qamrab oladi. Bu esa kreatinni zamonaviy sport fiziologiyasi va amaliyotida samarali va ilmiy asoslangan ergogen vosita sifatida ko‘rib chiqish imkonini beradi.

Xulosa qilib aytganda, kreatin qo‘shimchasidan oqilona va ilmiy asoslangan foydalanish yuqori intensiv mashg‘ulotlar samaradorligini oshirish, mushak kuchi va hajmini rivojlantirish hamda umumiy jismoniy ish qobiliyatini yaxshilashda muhim strategik vosita bo‘lib xizmat qiladi. Shu bilan birga, kelgusida ushbu yo‘nalishda yanada kengroq, uzoq muddatli va turli populyatsiyalarni qamrab olgan tadqiqotlar olib borish zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1.Kreider, R.B., Kalman, D.S., Antonio, J. et al. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. Journal of the International Society of Sports Nutrition.

2.Candow, D.G., Chilibeck, P.D. (2018). Effect of creatine supplementation during resistance training on muscle accretion. Journal of Strength and Conditioning Research.

3.Forbes, S.C., Candow, D.G., Ferreira, L.H.B. (2021). Creatine supplementation and muscle hypertrophy. Nutrients.

4.Gualano, B., Rawson, E.S., Candow, D.G. (2021). Creatine supplementation in the aging population. Exercise and Sport Sciences Reviews.

5.Antonio, J., Ciccone, V. (2019). The effects of pre versus post workout supplementation of creatine monohydrate. Journal of the International Society of Sports Nutrition.

6.Rawson, E.S., Venezia, A.C. (2018). Use of creatine in the elderly and evidence for effects on cognitive function. Amino Acids.

7.Smith-Ryan, A.E., Hirsch, K.R. (2020). Creatine supplementation and exercise performance. Current Sports Medicine Reports.

8.Chilibeck, P.D., Kaviani, M., Candow, D.G. (2017). Effect of creatine supplementation on muscle strength. Medicine & Science in Sports & Exercise.

9.Dolan, E., Gualano, B. (2019). Creatine supplementation and muscle recovery. Nutrients.

10.Branch, J.D. (2018). Effect of creatine supplementation on body composition. International Journal of Sport Nutrition.

11.Hall, J.E. (2021). Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. Elsevier.

12.Murray, R.K., Bender, D.A. (2018). Harper’s Illustrated Biochemistry. McGraw-Hill.

13.McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. (2019). Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance. Wolters Kluwer.

14.Powers, S.K., Howley, E.T. (2018). Exercise Physiology: Theory and Application. McGraw-Hill.

15.Kenney, W.L., Wilmore, J.H. (2020). Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics.

16.Hargreaves, M., Spriet, L.L. (2018). Skeletal muscle energy metabolism during exercise. Nature Reviews.

17.Robergs, R.A., Ghiasvand, F. (2017). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. American Journal of Physiology.

18.Brosnan, M.E., Brosnan, J.T. (2017). The role of creatine in cellular energy metabolism. Physiological Reviews.

19.Wallimann, T., Tokarska-Schlattner, M. (2018). Creatine kinase system and energy buffering. Biochimica et Biophysica Acta.