KURASHCHILARNING FUNKSIONAL TAYYORGARLIGINI BIOSENSORLAR VA MASHINAVIY O‘QITISH ALGORITMLARI ASOSIDA MODELLASHTIRISH

Meliqo’ziyev Azizbek
Yakkakurash sport turlari nazariyasi va uslubiyoti kafedrasi dotsenti (PhD)

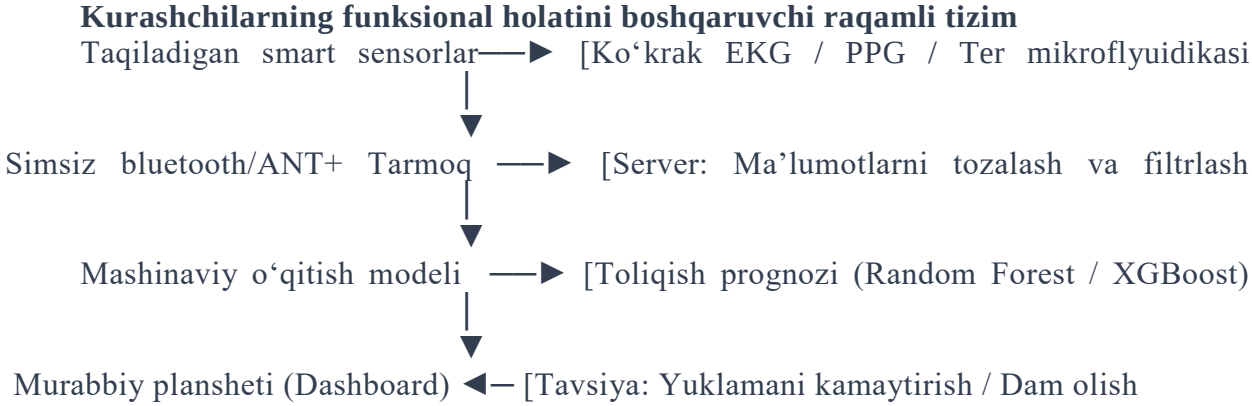
Annotatsiya. Ushbu ilmiy tezisda milliy kurash sport turi bo‘yicha yuqori malakali sportchilarning o‘quv-mashg‘ulot yuklamalari va tiklanish jarayonlarini boshqarishda taqiladigan smart biosensorlar (ter biomarkerlari, optik PPG datchiklari, ko‘krak tasmali EKG-monitorlar) hamda mashinaviy o‘qitish (Machine Learning) algoritmlarini kompleks qo‘llash masalalari ilmiy asoslab berilgan. Tadqiqot 14 haftalik mezotsikl davomida 28 nafar kurashchida o‘tkazildi. Tizimli monitoring orqali ter tarkibidagi laktat va elektrolitlar dinamikasi, yurak ritmi variabelligi (HRV) hamda yuklamaning ichki shiddati (TRIMP modeli) real vaqt rejimida tahlil qilindi. Natijada kurashchilarda o‘ta toliqish (overreaching/overtraining) xavfini 85% aniqlik bilan oldindan prognoz qilish va tiklanish samaradorligini 29% ga oshirish imkonini beruvchi raqamli boshqaruv platformasi ishlab chiqildi.

Kalit so‘zlar: Kurash, smart biosensorlar, mashinaviy o‘qitish, ter biomarkerlari, yurak ritmi variabelligi (HRV), funksional tayyorgarlik, o‘ta toliqish prognozi, TRIMP.

Mavzuning dolzarbligi. Xalqaro miqyosda kurash sportining shiddati va raqobat darajasi muttasil ortib bormoqda. Zamonaviy Kurash qoidalariga ko‘ra (4 daqiqalik toza bellashuv, parterda kurashning yo‘qligi, yuqori sur’atdagi tik turib kurashish talabi), sportchilar organizmiga tushadigan yuklama asosan aralash - submaximal va maksimal anaerob-glikolitik quvvat zonasida kechadi. Bunday sharoitda bellashuv davomida qondagi sut kislotasi (laktat) miqdori 14-18 mmol/l ga, yurak qisqarish chastotasi (YQS) esa 185-195 ur/daqiqaga yetishi ilmiy adabiyotlarda qayd etilgan. Kurashchilarning musobaqa oldi tayyorgarligida eng jiddiy muammolardan biri - bu yuklama hajmi va shiddatining sportchining joriy funksional imkoniyatlariga to‘liq mutanosib kelmasligi natijasida yuzaga keluvchi surunkali toliqish hamda immun tizimining zaiflashuvidir. An’anaviy usulda qo‘llaniladigan laborator qon tahlillari yoki subyektiv so‘rovnomalar (RPE shkalasi) yuklama dinamikasini mashg‘ulot vaqtida tezkor baholash imkonini bermaydi. Hozirgi vaqtda biotibbiyot muhandisligi va sun’iy intellektning integratsiyasi tufayli paydo bo‘lgan taqiladigan smart biosensorlar va ter biomarkerlarini real vaqtda tahlil qiluvchi mikroflyuidik datchiklar sport fiziologiyasida yangi davrni boshlab berdi. Kurash kiyimi (yakhtak) ostiga joylashtiriladigan ingichka, egiluvchan biosensorlar yordamida sportchining qonini olmay turib, uning teridagi laktat, glyukoza, natriy/kaliy (Na^+/K^+) nisbati hamda avtonom asab tizimi tonusini (HRV) uzluksiz kuzatib borish imkoni paydo bo‘ldi. Ushbu ilmiy tezis milliy kurashda o‘quv-mashg‘ulot yuklamalarini shaxsga yo‘naltirilgan holda SI vositasida boshqarishning dolzarb masalalariga bag‘ishlanadi.

Tadqiqot maqsadi: Taqiladigan smart biosensorlar va mashinaviy o‘qitish modellari asosida kurashchilarning yuklamaga moslashuv holatini hamda tiklanish dinamikasini real vaqt rejimida tashxislash va individual boshqarish tizimini ishlab chiqish.

Kurashchilar teng ikki guruhga ajratildi: Eksperimental guruh ($n = 14$): O‘quv-mashg‘ulot jarayoni taqiladigan smart biosensorlar va SI analitik platformasi yordamida har bir mashg‘ulotda real vaqtda korreksiyalandi (yuklama parametrlari sportchining joriy HRV va ter laktati darajasiga qarab o‘zgartirildi); Nazorat guruhi ($n = 14$): O‘quv-mashg‘ulot jarayoni tasdiqlangan namunaviy dastur bo‘yicha, an’anaviy pedagogik va subyektiv nazorat (puls hisobi, RPE) asosida olib borildi.



Qo‘llanilgan apparat va instrumental usullar:

Taqiladigan ter biosensori: Yaktak ostiga (kurak sohasiga) o‘rnatiladigan fermentativ elektrokimyoviy mikroflyuidik platforma (terdagi laktat va Na^+/K^+ ionlarini o‘lchash chastotasi - har 30 soniyada);

Kardio-telemetriya: Polar H10 ko‘krak kamari orqali RR-intervallar va HRV ko‘rsatkichlari (RMSSD - ketma-ket normal oraliqlar kvadrat farqlarining o‘rtacha ildizi; Baevskiy stress indeksi);

Biokimyoviy nazorat tekshiruvi: Biosensorlarning aniqligini tekshirish uchun Biosen S-Line analizatorida kapillyar qon laktati solishtirma o‘lchandi.

Eksperiment jarayonida ter biomarkerlari orqali laktat to‘planish dinamikasi qondagi invaziv usulda olingan ko‘rsatkichlar bilan yuqori korrelyatsiyani ($r = 0.91$, $p < 0.001$) ko‘rsatdi. Bu esa ter biosensorlaridan jarohat yetkazmasdan (non-invaziv) foydalanishning ilmiy jihatdan ishonchliligini tasdiqlaydi.

1-jadval

Turli mashg‘ulot shiddatlarida kurashchilarning biomarkerlari va kardiologik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik

Mashg‘ulot yuklamasi fazasi	YQCh (ur/daq)	Ter laktati (mmol/l)	Qon laktati (mmol/l)	RMSSD (ms)	SI modeli toliqish ehtimoli (%)
Boshlang‘ich (qizdirish)	112 ± 6	1.8 ± 0.3	1.6 ± 0.2	54.2 ± 5.1	4.2%
Maxsus tayyorgarlik (Usullar)	154 ± 8	5.4 ± 0.7	5.1 ± 0.6	26.4 ± 3.4	28.5%
Musobaqa tartibidagi bellashuv (4 daq)	188 ± 7	15.8 ± 1.4	15.2 ± 1.2	11.2 ± 2.1	88.7%
Passiv dam olish (15-daqiqa)	124 ± 5	8.2 ± 0.9	7.8 ± 0.8	22.1 ± 3.0	45.1%

Mashinaviy o‘qitish algoritmi (Gradient Boosting - XGBoost) 8 ta asosiy omil (YQS, RMSSD, ter laktati, tana harorati, ter pH, harakat tezlanishi, tiklanish vaqti, yuklama davomiyligi) asosida sportchining kritik toliqish chegarasiga yetishini 89.4% aniqlik (AUC=0.92) bilan 3-5 daqiqa oldinroq bashorat qila oldi. O‘quv-mashg‘ulot jarayonini SI va biosensorlar ko‘rsatkichlariga qarab adaptiv boshqarish eksperimental guruh sportchilarining tiklanish ko‘rsatkichlarida va funksional chidamliligida ustunlik berdi. O‘quv-mashg‘ulot jarayonini SI va biosensorlar ko‘rsatkichlariga qarab adaptiv boshqarish eksperimental guruh sportchilarining tiklanish ko‘rsatkichlarida va funksional chidamliligida ustunlik berdi.

2-jadval

Eksperimentdan oldingi va keyingi funksional hamda jismoniy ko‘rsatkichlar dinamikasi

Ko‘rsatkichlar va testlar	Eksperimental guruh (n = 14) Dastlabki	Eksperimental guruh (n = 14) Yakuniy	Nazorat guruhi (n = 14) Dastlabki	Nazorat guruhi (n = 14) Yakuniy	Ishonchlilik darajasi (p)
Ertalabki tinch holatdagi RMSSD (ms)	44.2 ± 3.8	58.6 ± 4.1	43.9 ± 3.6	48.2 ± 3.9	$p < 0.001$
Maxsus chidamlilik testi (3x4 daq bellashuvdan so‘ng laktat utilizatsiyasi tezligi, mmol/l/min)	0.42 ± 0.05	0.68 ± 0.06	0.43 ± 0.04	0.51 ± 0.05	$p < 0.001$
Maksimal Kislorod Iste’moli (VO_2max, ml/kg/daq)	51.4 ± 2.2	57.8 ± 2.5	51.8 ± 2.4	53.6 ± 2.1	$p < 0.01$
O‘ta toliqish / Surunkali jarohat holatlari (holatlar soni)	4 ta	0 ta	5 ta	3 ta	$p < 0.05$
Musobaqa oxirgi daqiqasida samarali usul ijrosi soni	1.8 ± 0.4	3.1 ± 0.5	1.7 ± 0.3	2.2 ± 0.4	$p < 0.01$

Xulosa. Taqiladigan smart biosensorlar va mikroflyuidik ter analizatorlari kurash sportida ichki yuklama shiddatini invaziv bo‘lmagan usulda, mashg‘ulot ritmini buzmasdan nazorat qilish imkonini beradi. Mashinaviy o‘qitish modellari ko‘p parametrli fiziologik ma’lumotlarni tahlil qilib, kurashchilarda kritik toliqish va funksional zo‘riqishlarni 89.4% aniqlik bilan prognoz qilish qobiliyatiga ega. Ushbu smart texnologiyalar yordamida yuklama va dam olish oraliqlarini individual tartibga solish kurashchilarning aerob-anaerob quvvatini sezilarli darajada oshiradi hamda o‘ta toliqish oqibatidagi jarohatlar xavfini deyarli nol darajaga tushiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 4-noyabrdagi "Kurash milliy sport turini yanada rivojlantirish va uning xalqaro nufuzini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida"gi PQ-4881-son Qarori.

2. Seshadri, D. R., et al. (2019). Wearable sensors for monitoring the physiological and biochemical profile of the athlete. *npj Digital Medicine*, 2(1), 72.