O‘QUV-MASHQ BOSQICHIDAGI BOKSCHI QIZLAR TAYYORGARLIGIDA IMU SENSORLI INTELLEKTUAL MONITORING TIZIMINING DIAGNOSTIK IMKONIYATLARI VA BIOMEXANIK SAMARADORLIGI

Xasanov Shoxjaxon G‘olibjon o‘g‘li
FarDU, jismoniy madaniyat va sport faoliyati fakulteti,
yakkakurash sport turlari nazariyasi va uslubiyoti kafedrasi dotsenti, p.f.f.d. (PhD)

Annotatsiya:Ushbu tezisda 11–14 yoshli bokschi qizlar tayyorgarligida IMU sensorli monitoring tizimining diagnostik imkoniyatlari tahlil qilingan. 9-o‘qli inertsial datchiklar yordamida zarbaning pik tezligi, kuchi, chap-o‘ng asimmetriyasi va kuchning rivojlanish tezligi (RFD) kabi kinetik ko‘rsatkichlar o‘lchangan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, sensorli texnologiya vizual baholashga nisbatan yuqori biomexanik aniqlikni ta'minlaydi, xususan, tajriba guruhida RFD ko‘rsatkichi 29,0% ga o‘sganligi va asimmetriya 10% dan past xavfsiz zonaga tushirilganligi qayd etilgan. Tizim sportchilarda jarohatlarning oldini olish va zarba samaradorligini obyektiv nazorat qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: IMU datchiklari, bokschi qizlar, tezkor-kuch sifati, biomexanik diagnostika, kuchning rivojlanish tezligi (RFD), zarba asimmetriyasi, Boxing Force ilovasi.

KIRISH. Dunyo miqyosida ayollar boksi so‘nggi o‘n yillikda faqatgina musobaqa geografiyasi kengaygan sport turi sifatida emas, balki alohida metodik va ilmiy-diagnostik talablar shakllanayotgan murakkab sport-pedagogik tizim sifatida namoyon bo‘lmoqda. Jahon sport amaliyotida, xususan, Xalqaro boks tashkiloti (World Boxing) tomonidan ayollar musobaqa toifalarining izchil kengaytirilishi va kelgusi Olimpiya o‘yinlarida to‘liq gender tengligi tamoyilining joriy etilishi ushbu sport turiga bo‘lgan ilmiy qiziqishni keskin kuchaytirdi. Zamonaviy boksning raqobat modeli texnik-taktik serharakatlik, distal bo‘laklarning zarba aniqligi va tananing proksimal bo‘g‘inlari orqali kuch uzatishni bir butun jarayon sifatida talab etadi. Boksda musobaqa faoliyati yuqori jadallikdagi, uzlukli xarakterga ega ko‘p komponentli faoliyat bo‘lib, zarbaning samaradorligi zarbalar sonining oddiy yig‘indisi emas, balki tayanch reaksiyasi, bo‘laklar orasidagi bir vaqtlilashuv, zarba chiqarish vaqti, quvvat namoyoni hamda zarba yo‘nalishining aniqligi bilan belgilanadi.

Ayniqsa, ko‘p yillik tayyorgarlik tizimida o‘quv-mashq bosqichi alohida o‘rin tutadi, chunki aynan shu bosqichda (11–14 yosh) sportchining asosiy jismoniy sifatlari, jumladan tezkor-kuch imkoniyatlari maqsadli shakllantiriladi. Biroq, mahalliy sport maktablari amaliyotida ko‘p uchraydigan metodik ziddiyatlardan biri shundaki, boksda tezkor-kuch tayyorgarligi ko‘p hollarda "tez ko‘p urish" bilan tenglashtiriladi va uning diagnostikasi asosan vizual kuzatuv yoki umumiy (bilvosita) testlar yordamida amalga oshiriladi. Bu esa zarbaning tezligi, kuchning rivojlanish tezligi (RFD), impulsi va zarba biomexanik sifatini real vaqt tartibida aniq o‘lchash imkonini bermaydi. Yuqoridagi muammolarni hal etish maqsadida, 11–14 yoshli bokschi qizlarning tezkor-kuch jismoniy sifatini rivojlantirish tizimida 9-o‘qli inertsial o‘lchov birligi (IMU) sensor moduli va mobil ilovaga asoslangan monitoring tizimini qo‘llash tadqiqotning asosiy maqsadi qilib belgilandi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Tadqiqotning amaliy eksperiment qismi 2023–2024 yillarda o‘zaro bog‘langan bosqichlarda Farg‘ona, Andijon va Namangan viloyatlaridagi sport maktablarida tashkil etildi. Tajribaga 11–14 yoshli jami 168 nafar bokschi qizlar jalb etilib, ular juftlashtirilgan-tabaqalashtirilgan tamoyil asosida nazorat guruhi (NG, n=84) va tajriba guruhiga (TG, n=84) ajratildi. Tadqiqot obyekti sifatida bokschi qizlarning tezkor-kuch jismoniy sifatini rivojlantirish jarayoni olingan bo‘lib, asosiy vosita sifatida 6 zonali rangli rezina qarshilik tizimiga ega jilet-trenajyor va unga integratsiya qilingan IMU sensorlar qabul qilindi.

Sensorli sport jihozi yagona instrumental majmua sifatida ishlab chiqilgan bo‘lib, jilet-trenajyorning har ikki bilak qismidagi cho‘ntaklarga simmetrik o‘rnatilgan 9-o‘qli inertsial o‘lchov birligi (IMU) sensor modulidan iborat bo‘ldi. Modul sifatida WitMotion BWT901CL turidagi sensor qo‘llanildi. Ushbu datchik o‘zining miniatur o‘lchamlari (51,3 × 36 × 15 mm) va yengil massasi (≈19 g) tufayli sportchining tabiiy harakat amplitudasiga hech qanday xalaqit bermadi. Qurilma sportchining qo‘l harakati paytida uch o‘q (X, Y, Z) bo‘yicha tezlanish va burchak tezligi qiymatlarining o‘zgarishini har 5 millisekund oralig‘ida raqamli ko‘rinishda qayd etdi. Olingan raqamli ma'lumotlar Bluetooth aloqasi orqali bevosita "Boxing Force" mobil ilovasiga uzatildi. Ilova qabul qilingan tezlanish qiymatlari asosida sport biomexanikasida qabul qilingan standart hisoblash tartiblari bo‘yicha quyidagi bevosita kinetik ko‘rsatkichlarni avtomatik aniqladi: pik tezlik (V_pik, m/s), pik kuch (F_pik, N), kuchning rivojlanish tezligi (RFD, N/s), chap-o‘ng asimmetriya indeksi (AI, %), charchoq ostida tezlik saqlanishi (TS, %) hamda zarba impulsi (J, N·s). Ushbu datchiklarning o‘lchov aniqligi laboratoriya etalonlari va kuch platformalari yordamida qiyosiy tekshirishdan o‘tkazilib, ishonchlilik mezonlari (ICC ≥ 0,85) doirasida tasdiqlandi. Eksperiment oldidan (2023-yil sentyabr) va yakunida (2024-yil may) standartlashtirilgan zarba seriyalari asosida (har bir qo‘l bilan 5 ta maksimal to‘g‘ri zarba va charchoqni o‘lchash uchun 8 ta zarbadan iborat seriya) barcha qizlar testdan o‘tkazildi. Olingan natijalarga SPSS dasturi yordamida Student t-mezoni, o‘rtacha arifmetik ($\bar{X}$) va variatsiya koeffitsiyenti (V%) orqali matematik-statistik ishlov berildi.

TADQIQOT NATIJALARI. Eksperiment yakuniga kelib (36 haftalik dasturdan so‘ng) IMU sensor moduli yordamida o‘lchangan instrumental ko‘rsatkichlar nazorat va tajriba guruhlari o‘rtasida keskin va yuqori ishonchlilikdagi ($p<0,001$) farqlarni namoyon etdi. Dastlabki bosqichda har ikki guruh o‘rtasida statistik jihatdan ishonchli farq yo‘q edi ($p>0,05$). Biroq, tajribadan keyin barcha biomexanik ko‘rsatkichlarda TG sportchilari sezilarli ustunlikka erishdilar.

Zarba kinetikasining asosiy ko‘rsatkichi bo‘lgan Pik tezlik (V_pik) ko‘rsatkichi tajriba guruhida dastlabki 5,95±0,09 m/s dan tajriba oxiriga kelib 7,42±0,08 m/s gacha o‘sdi ($t=8,82$; $p<0,001$). Bu o‘sish +24,7% ni tashkil etdi. Nazorat guruhida esa ushbu ko‘rsatkich atigi +3,9% ga o‘sib, 6,18±0,09 m/s darajasida to‘xtadi. Xuddi shunday dinamika Pik kuch (F_pik) ko‘rsatkichida ham kuzatildi: TG sportchilarida maksimal zarba kuchi 332,8±4,1 N ni tashkil etgan bo‘lsa, NG sportchilarida bu ko‘rsatkich 267,2±4,3 N da qoldi ($t=8,75$; $p<0,001$). TG dagi absolyut o‘sish +30,8% ga teng bo‘ldi. Ayniqsa, tezkor-kuch sifatining eng ishonchli fiziologik va biomexanik belgisi bo‘lgan Kuchning rivojlanish tezligi (RFD — Rate of Force Development) dinamikasida ulkan tafovut qayd etildi. Boksda zarba kontakti atigi 50–100 millisekund davom etgani uchun, mutlaq kuchdan ko‘ra mushak kuchining ana shu qisqa muddatda qanchalik tez namoyon bo‘lishi muhimroqdir. Tajriba guruhida RFD ko‘rsatkichi 1875±29,1 N/s dan 2418±28,2 N/s gacha o‘sdi (+29,0%). Nazorat guruhida esa bu ko‘rsatkich 1932±29,5 N/s ni tashkil etdi ($t=8,42$; $p<0,001$). Shuningdek, IMU datchiklari har ikki qo‘lga mustaqil taqilgani sababli, Chap-o‘ng asimmetriya indeksi (AI) aniq o‘lchandi. Boksda asimmetriya texnik repertuarni toraytiruvchi salbiy omil hisoblanadi. Tajriba guruhida AI ko‘rsatkichi dastlabki 14,9% dan 9,8±0,28% gacha pasaydi (yaxshilandi), nazorat guruhida esa asimmetriya 14,2±0,32% yuqori darajada saqlanib qoldi ($t=7,28$; $p<0,001$). Takroriy maksimal zarbalar orqali o‘lchanadigan "Charchoq ostida tezlik saqlanishi" (TS) ko‘rsatkichi TG da 87,6±0,75% gacha yetdi (NG da 80,1±0,82%), ya'ni tajriba guruhidagi qizlar seriya oxirida tezlikni deyarli yo‘qotmasdan harakat qila oldilar.

MUHOKAMA VA XULOSA. Tadqiqot doirasida olingan empirik ma'lumotlar bokschi qizlarda tezkor-kuch jismoniy sifatini an'anaviy vizual baholash usullarining bugungi kunda yetarli emasligini to‘liq tasdiqlaydi. IMU sensor moduli va "Boxing Force" mobil ilovasi nafaqat o‘lchov vositasi, balki tayyorgarlikning ichki mexanizmlarini (kuchning rivojlanish tezligi, impulslar o‘zgarishi, asimmetriya) ochib beruvchi chuqur diagnostik apparat ekanligini ko‘rsatdi.

Xalqaro adabiyotlar (masalan, M. Maffiuletti va boshqalar tadqiqoti) shuni ta'kidlaydiki, eksploziv harakatlarning markaziy ko‘rsatkichi RFD hisoblanadi. Tajriba guruhidagi RFD ko‘rsatkichining +29,0% lik o‘sishi shuni ko‘rsatadiki, qizlarda jilet-trenajyor qarshiligi ostida motor birliklarining safarbar etilish vaqti qisqargan va nerv-mushak tizimi zarbani juda qisqa muddatda maksimal kuchlanish bilan yetkazib berishga moslashgan. Datchiklarning ikki qo‘lga mustaqil taqilishi tufayli chap va o‘ng qo‘llar o‘rtasidagi nomutanosiblikni o‘z vaqtida aniqlab, tuzatish imkoniyati yaratildi (asimmetriya <10% xavfsiz zonaga tushirildi

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Xalmuxamedov R.D., Shin V.N., Tajibaev S.S., Rajabov G‘.Q. Boks: darslik. — Toshkent: MUMTOZ SO‘Z, 2018. — 384 b.

2. Chaabène H., Tabben M., Mkaouer B. et al. Amateur boxing: physical and physiological attributes // Sports Medicine. — 2015. — Vol. 45, № 3. — P. 337–352.

3. Maffiuletti N.A., Aagaard P., Blazevich A.J. et al. Rate of force development: physiological and methodological considerations // European Journal of Applied Physiology. — 2016. — Vol. 116. — P. 1091–1116.