

**SPORTCHILARNING ELEKTROMIOGRAFIK SIGNALLARINI RAQAMLI
QAYTA ISHLASH VA INFORMATIV XUSUSIYATLARINI AJRATISH
USULLARINI TADQIQ ETISH**

Ikromov Asilbek Sobir o'g'li

Qarshi shahar 3-son texnikum o'qituvchisi

asilbek7225118@gmail.com

Annotatsiya: *Ushbu tadqiqot ishida sportchilarning mushak faoliyatini baholashda qo'llaniladigan elektromiografik (EMG) signallarni raqamli qayta ishlash hamda ulardan informativ xususiyatlarni ajratib olish usullari tadqiq etiladi. EMG signallarini qayd etish jarayonida yuzaga keladigan shovqin va turli artefaktlarni kamaytirish, signallarni filtrlash, segmentlash va normallashtirish algoritmlariga alohida e'tibor qaratiladi. Shuningdek, vaqt sohasi, chastota sohasi hamda vaqt-chastota tahlili asosida EMG signallarining asosiy xususiyatlarini aniqlash usullari ko'rib chiqiladi.*

Kalit so'zlar: *elektromiografiya, EMG signal, sportchilar, mushak faolligi, biotibbiy signal, raqamli signalni qayta ishlash, signal filtrlash.*

Bugungi kunda sportchilarning jismoniy tayyorgarligi va funksional holatini zamonaviy axborot texnologiyalari asosida nazorat qilish sport tibbiyoti, biomexanika hamda raqamli signalni qayta ishlash sohalarining muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Sport mashg'ulotlari davomida mushaklarning faollashish darajasini, ularning zo'riqishi va charchash holatini to'g'ri baholash mashg'ulot samaradorligini oshirish bilan bir qatorda, ortiqcha jismoniy yuklama va jarohatlanish xavfini kamaytirish imkonini beradi. Shu sababli mushak faoliyati natijasida hosil bo'ladigan bioelektrik signallarni qayd etish va ularni tahlil qilishga asoslangan elektromiografiya usuli sport amaliyotida alohida ahamiyat kasb etmoqda. Elektromiografik signal — mushak tolalarining qo'zg'alishi va motor birliklarining faollashuvi natijasida yuzaga keladigan murakkab bioelektrik signal hisoblanadi. Yuzaki elektromiografiya usuli yordamida elektrodni teri yuzasiga joylashtirish orqali mushaklarning elektr faolligini noinvaziv tarzda qayd etish mumkin. Ushbu usul mashqlarni bajarish jarayonida mushaklarning ish faoliyatini kuzatish, turli mushak guruhlarining faollashish ketma-ketligini aniqlash va sportchining harakat texnikasini baholash imkonini beradi [1].

Biroq qayd qilingan elektromiografik signal to'g'ridan-to'g'ri tahlil qilish uchun har doim ham yetarli darajada sifatli bo'lavermaydi. Signal tarkibida elektr tarmog'i shovqini, elektrod va teri orasidagi kontaktga bog'liq xalaqitlar, harakat artefaktlari hamda boshqa mushaklarning elektr faolligi bilan bog'liq qo'shimcha komponentlar mavjud bo'lishi mumkin. Shuning uchun elektromiografik signallarni raqamli qayta ishlash jarayonida shovqinlarni kamaytirish, signalni filtrlash, segmentlarga ajratish, normallashtirish va kerakli informativ parametrlarni aniqlash muhim bosqich hisoblanadi [2].

Elektromiografik signallardan informativ xususiyatlarni ajratish mushaklarning funksional holatini yanada aniq baholashga imkon beradi. Bunda signalning vaqt sohasidagi amplituda ko'rsatkichlari, chastota spektri, energiyasi, o'rtacha va median chastotasi kabi parametrlar keng qo'llaniladi. Bundan tashqari, sport harakatlari vaqt davomida tez o'zgarib turishi sababli vaqt-chastota tahlili usullaridan foydalanish ham samarali natijalar beradi. Informativ xususiyatlarni to'g'ri tanlash signalni keyingi bosqichlarda tasniflash va sportchining holatini avtomatik baholash aniqligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi [3].

Insonning har qanday ixtiyoriy harakati markaziy asab tizimidan mushaklarga uzatiladigan nerv impulslari ta'sirida amalga oshadi. Nerv impulsi mushak tolalariga yetib kelganda ularning membranasida elektr potensialining o'zgarishi yuz beradi. Ko'plab mushak tolalarida sodir bo'ladigan ushbu elektr jarayonlarining umumiy natijasi elektromiografik signal sifatida qayd qilinadi. Yuzaki elektromiografiyada signalni qayd qilish uchun odatda teri yuzasiga maxsus elektrodlar o'rnatiladi. Elektrodning mushakka nisbatan joylashuvi, ular orasidagi masofa, teri qarshiligi va o'lchash qurilmasining texnik parametrlari olingan signal sifatiga bevosita ta'sir qiladi. Shu sababli EMG signalini qayd etishda elektrodning standart talablar asosida joylashtirish muhimdir. Elektrodlar noto'g'ri joylashtirilganda olingan signal boshqa mushaklardan keluvchi elektr faolligi bilan aralashib ketishi mumkin [1].

Sportchilarda EMG signalini qayd qilishning muhim afzalligi shundaki, mushaklarning real mashq bajarish jarayonidagi faoliyatini kuzatish mumkin. Masalan, yugurish, sakrash, velosiped haydash, og'ir atletika yoki boshqa sport mashqlarida qaysi mushaklarning ko'proq faollashayotganini EMG amplitudasi yordamida aniqlash mumkin.

Qayd etilgan elektromiografik signal turli xildagi shovqinlar bilan buzilishi mumkin. Shuning uchun EMG signallarini tahlil qilishdan oldin dastlabki qayta ishlash bosqichi amalga oshiriladi. Ushbu bosqichning asosiy vazifasi signal tarkibidagi foydali ma'lumotlarni saqlagan holda keraksiz komponentlarni kamaytirishdan iborat. EMG signalini raqamli qayta ishlashda analog signal avvalo analog-raqamli o'zgartirgich yordamida diskret ko'rinishga keltiriladi. Diskretlash chastotasini to'g'ri tanlash signalning asosiy chastota komponentlarini yo'qotmasdan raqamlashtirish imkonini beradi. Zamonaviy sEMG tadqiqotlarida signalni olish, filtrlash va chastotaviy tahlil qilish parametrlarini to'g'ri tanlash natijalarning ishonchliligi uchun muhim shart hisoblanadi [2].

Signalni tozalash uchun raqamli filtrlardan foydalanish mumkin. Past chastotali harakat artefaktlarini kamaytirishda yuqori chastotani o'tkazuvchi filtr, yuqori chastotali shovqinlarni cheklashda esa past chastotani o'tkazuvchi filtr qo'llaniladi. Elektr ta'minoti tarmog'ining 50 Hz chastotadagi xalaqitlarini kamaytirish uchun zarur holatlarda tor polosali notch-filtrdan foydalanish mumkin.

Dastlabki qayta ishlashning yana bir bosqichi signalni to'g'rilash hisoblanadi. EMG signalining musbat va manfiy qiymatlari mavjudligi sababli uning modul qiymati olinadi. Shundan so'ng silliqlash yoki RMS hisoblash orqali mushak faolligining umumiy darajasini kuzatish mumkin.

Elektromiografik signallarni tahlil qilishda vaqt sohasidagi parametrlar hisoblash jihatidan sodda bo'lgani uchun keng qo'llaniladi. Eng ko'p ishlatiladigan parametrlar qatoriga o'rtacha absolyut qiymat, RMS, integral EMG, dispersiya, signal energiyasi va nol orqali o'tishlar sonini kiritish mumkin. RMS, ya'ni o'rtacha kvadratik qiymat mushaklarning faollashish darajasini baholash uchun qo'llaniladigan muhim ko'rsatkich hisoblanadi:

$$RMS = \sqrt{(1/N \cdot \sum x^2(i))}$$

bu yerda $x(i)$ — EMG signalining namunasi, N esa tahlil qilinayotgan namunalar sonidir.

RMS qiymati ortishi ko'p hollarda mushakning yuqori darajada faollashayotganini ko'rsatadi. Integral elektromiografiya — iEMG esa ma'lum vaqt oralig'idagi signal amplitudalarining yig'indisini tavsiflab, bajarilgan mushak ishining umumiy darajasini baholashda qo'llaniladi. Sport fiziologiyasiga oid tadqiqotlarda RMS va iEMG ko'rsatkichlari mushak faolligi intensivligi bilan bog'liq ko'rsatkichlar sifatida keng ishlatiladi [4].

Vaqt sohasidagi xususiyatlarning asosiy afzalligi ularni real vaqt rejimida hisoblash uchun katta hisoblash quvvati talab qilmasligidir. Shu sababli bunday parametrlar portativ monitoring tizimlari hamda sportchilarning mashg'ulotlarini tezkor tahlil qilish qurilmalarida qo'llash uchun qulay hisoblanadi.

EMG signalining chastota tarkibini o'rganish mushaklarning fiziologik holati haqida vaqt sohasidagi ko'rsatkichlarga nisbatan qo'shimcha ma'lumot beradi. Signalni vaqt sohasidan chastota sohasiga o'tkazishda Furye almashtirishidan foydalaniladi. Amaliy hisoblashlarda ko'pincha tezkor Furye almashtirishi — FFT algoritmi qo'llaniladi. FFT orqali signalning quvvat spektral zichligi aniqlanadi. Ushbu spektrdan o'rtacha chastota va median chastota kabi informativ parametrlarni hisoblash mumkin. Median chastota spektr energiyasini ikki teng qismga ajratuvchi chastota qiymatidir.

Mushak uzoq vaqt yoki yuqori yuklama ostida ishlaganda uning fiziologik holatida o'zgarishlar sodir bo'ladi. Mushak charchashi ortishi bilan EMG spektrining pastroq chastotalar tomon siljishi kuzatilishi mumkin. Shu sababli median chastota va o'rtacha chastota mushak charchashini miqdoriy baholashda keng foydalaniladigan ko'rsatkichlar hisoblanadi [5]. Sportchi mashg'ulot davomida charchab borganda signal amplitudasi va chastotaviy ko'rsatkichlar o'zgarishi mumkin. Bunday o'zgarishlarni muntazam kuzatish sportchiga berilayotgan yuklamaning uning fiziologik imkoniyatlariga qanchalik mos kelishini baholash imkonini beradi.

Oddiy Furye tahlilining asosiy cheklovi signalning chastota tarkibi qaysi vaqt momentida o'zgarganini bevosita ko'rsatib bera olmasligidir. Sport mashqlarida EMG signallari ko'pincha nostatsionar xarakterga ega bo'lgani sababli vaqt-chastota tahlili muhim ahamiyatga ega. Bunda qisqa vaqtli Furye almashtirishi (STFT) va veyvlet almashtirishi kabi usullardan foydalanish mumkin. STFT usulida signal qisqa vaqtli segmentlarga ajratilib, har bir segment uchun alohida chastota spektri hisoblanadi. Natijada signalning chastota tarkibi vaqt davomida qanday o'zgarayotganini kuzatish mumkin.

Veyvlet almashtirishi esa yuqori va past chastotali komponentlarni turli vaqt aniqligida tahlil qilish imkonini beradi. Shu sababli keskin va qisqa muddatli mushak faollashuvlari mavjud bo'lgan sport harakatlarini o'rganishda ushbu yondashuv istiqbolli hisoblanadi.

Sportchilar uchun avtomatlashtirilgan monitoring tizimini yaratishda RMS, MAV, iEMG, median chastota, o'rtacha chastota va signal energiyasi kabi xususiyatlardan kompleks foydalanish maqsadga muvofiq. Bunday yondashuv mushakning faqat faollik darajasini emas, balki charchash va funksional holatini ham baholash imkonini beradi.

ADABIYOTLAR:

1. Merletti R., Parker P. Electromyography: Physiology, Engineering, and Noninvasive Applications. Wiley-IEEE Press, 2004. Elektromiografiyaning fiziologik asoslari, sirt EMG signalini qayd qilish va qo'llash masalalari yoritilgan.

2. Merletti R., Hermens H.J. "Detection and Conditioning of the Surface EMG Signal." In: Electromyography: Physiology, Engineering, and Noninvasive Applications. Wiley, 2004. EMG elektrodlarini joylashtirish, shovqin, filtrlash, diskretlash va A/R o'zgartirish masalalari bayon qilingan.

3. Phinyomark A., Phukpattaranont P., Limsakul C. "Feature reduction and selection for EMG signal classification." Expert Systems with Applications, 2012, Vol. 39, No. 8, pp. 7420–7431. DOI: 10.1016/j.eswa.2012.01.102. Tadqiqotda EMG signallarining vaqt va chastota sohasidagi 37 ta xususiyati ko'rib chiqilgan.

4. Application of Surface Electromyography in Exercise Fatigue: A Review. Frontiers in Systems Neuroscience, 2022. Tadqiqotda RMS va iEMG ko'rsatkichlaridan mushak faolligini, MF va MDF parametrlaridan esa mushak charchashini baholashda foydalanish imkoniyatlari tahlil qilingan.

5. Muceli S., Merletti R. "Tutorial. Frequency analysis of the surface EMG signal: Best practices." Journal of Electromyography and Kinesiology, 2024. DOI: 10.1016/j.jelekin.2024.102937. Ishda sEMG signallarini filtrlash, Furye tahlili, spektr, median va o'rtacha chastota hamda mushak charchashi ko'rsatkichlarini aniqlashning zamonaviy yondashuvlari bayon qilingan.