NAMANGAN DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI
"TA'LIM VA TARAQQIYOT" ILMIY-USLUBIY
JURNALI 2025-YIL 4-SON

13.00.00. – PEDAGOGIKA FANLARI
JOURNAL.NAMSPI.UZ
ISSN: 2992-9008; UDK: 37

UDK: 796.323:57.083.33

BASKETBOLCHILARNING VERTIKAL SAKRASH VAQTIDAGI OYOQ MUSHAKLARINING ISHLASH SAMARADORLIGINI AMPLITUDA KO'RSATKICHLARI ASOSIDA BAHOLASH

Mamajonov Dilshodbek Adxamovich
Turan International University dotsenti v.v.b.,
p.f.b.f.d. (PhD)
olimpia-1992@mail.ru, +998999760407
ORCID: 0000-0002-5769-8724

Annotatsiya: *Vertikal sakrash sportchilarning portlovchi kuchini, mushaklarning neyromuskulyar samaradorligini va charchashga chidamliligini baholashda muhim koʻrsatkich hisoblanadi. Elektromiografiya (sEMG) texnologiyasi mushaklarning bioelektrik faolligini invaziv boʻlmagan tarzda oʻlchash imkonini berib, sport va reabilitatsiya tadqiqotlarida keng qoʻllanmoqda. Ushbu tadqiqotda sakrash jarayonida son va boldir mushaklarining (Rectus Femoris, Gluteus Maximus, Gastrocnemius Medialis, Biceps Femoris Caput Longus) elektromiografik faolligi amplituda, variativlik va spektral koʻrsatkichlar asosida baholandi.*

Kalit soʻzlar: *elektromiografiya, vertikal sakrash, mushak faolligi, neyromuskulyar charchoq, portlovchi kuch, biomexanik tahlil*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МЫШЦ НОГ БАСКЕТБОЛИСТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРЫЖКА НА ОСНОВЕ АМПЛИТУДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Аннотация: *Вертикальный прыжок является важным показателем при оценке взрывной силы, нейромышечной эффективности и устойчивости к утомлению спортсменов. Технология электромиографии (sEMG) позволяет неинвазивно измерять биоэлектрическую активность мышц и широко используется в спортивных и реабилитационных исследованиях. В настоящем исследовании оценивалась электромиографическая активность мышц бедра и голени (Rectus Femoris, Gluteus Maximus, Gastrocnemius Medialis, Biceps Femoris Caput Longus) во время прыжка на основе амплитудных, вариативных и спектральных показателей.*

Ключевые слова: *электромиография, вертикальный прыжок, мышечная активность, нейромышечная усталость, взрывная сила, биомеханический анализ*

EVALUATION OF LOWER LIMB MUSCLE EFFICIENCY IN BASKETBALL PLAYERS DURING VERTICAL JUMP BASED ON AMPLITUDE INDICATORS

Abstract: *Vertical jump is an important indicator for assessing athletes' explosive power, neuromuscular efficiency, and resistance to fatigue. Surface electromyography (sEMG)* *technology enables non-invasive measurement of muscle bioelectrical activity and is widely used in sports and rehabilitation research. In this study, the electromyographic activity of the thigh and lower leg muscles (Rectus Femoris, Gluteus Maximus, Gastrocnemius Medialis, Biceps Femoris Caput Longus) was evaluated during the jump based on amplitude, variability, and spectral parameters.*

Keywords: *electromyography, vertical jump, muscle activity, neuromuscular fatigue, explosive strength, biomechanical analysis*

KIRISH

Vertikal sakrash sportda kuch, tezkorlik va portlovchi kuchni baholashning universal mezoni sifatida keng qoʻllaniladi. Tadqiqotlar shuni koʻrsatadiki, sakrash balandligi oyoq mushaklarining maksimal kuchni namoyon qilish qobiliyatini va neyromuskulyar tizimning samaradorligini aks ettiradi (Markovic & Mikulic, 2010). Shuningdek, bu test - oyoq mushaklarining portlovchi kuch darajasini oʻlchaydigan standart usul boʻlib, sportchilarning umumiy jismoniy tayyorgarligi va mushaklarning funksional salohiyatini koʻrsatuvchi muhim indikator sifatida ham e'tirof etiladi (Santos et al., 2022). Bundan tashqari, vertikal sakrash koʻplab sport turlarida - ayniqsa basketbol, voleybol va gandbol kabi oʻyinlarda - tezkorlik, tezkor kuch va sakrash qobiliyati bilan bevosita bogʻliq boʻlib, sport natijalarining ishonchli bashorat qilish mezoni sifatida qaraladi (Sheppard & Doyle, 2008). Tadqiqotlarda koʻrsatib oʻtilishicha, vertikal sakrash balandligi sportchining portlovchi kuch darajasi, tezkor-kuch sifati va plyometrik tayyorgarlik samaradorligini bevosita aks ettiradi (McMahon et al., 2018). Shu sababli, bu test nafaqat umumiy jismoniy tayyorgarlik koʻrsatkichlarini, balki musobaqaga tayyorgarlik darajasini, oʻyin faoliyatida yuqori samaradorlikka erishish imkoniyatini ham baholashda keng qoʻllanadi (Gathercole, Sporer & Stellingwerff, 2015).

Basketbolchilarda vertikal sakrash natijalari ularning oʻyin faoliyati bilan chambarchas bogʻliq. Xususan, countermovement jump (CMJ) testidan olingan kuch-vaqt koʻrsatkichlari (force-time parameters) oʻyinchilarning maydondagi oʻynagan vaqti va samaradorlik darajasi bilan sezilarli ijobiy bogʻliqlik (korrelyatsiya $r \approx 0{,}40$–$0{,}55$) koʻrsatgan (Cabarkapa va boshq., 2024). Shuningdek, tadqiqotlarda vertikal sakrash qobiliyati basketbolchilarning oʻyindagi pozitsiyasi bilan chambarchas bogʻliqligi koʻrsatilgan. Ya'ni, turli pozitsiyadagi oʻyinchilar orasida maksimal sakrash balandligi hamda antropometrik ko'rsatkichlarda sezilarli farqlar aniqlangan (Pehar et al. 2017).

Sirt EMG (sEMG) texnologiyasi mushaklarning elektr faolligini invaziv bo'lmagan (teri ustiga yopishadigan elektrodlardan foydalaniladigan) usulda qayd etish imkonini beradi. Bu usul yordamida mushak tolalarining qisqarish jarayonidagi bioelektrik signallari aniqlanadi va u sport mashg'ulotlari, reabilitatsiya hamda biomexanik tadqiqotlarda keng qo'llanadi (De Luca, 1997; Merletti & Farina, 2016). Mushaklarning qisqarish jarayonida amplituda, variativlik va spektral ko'rsatkichlarni tahlil qilish orqali ularning faolligi va funksional holatini aniqlash mumkin (Makhkamov et al., 2024). Ushbu parametrlar yordamida mushak ishining intensivligi, neyromuskulyar boshqaruv darajasi hamda charchash jarayonlarining rivojlanishi haqida muhim ma'lumotlar olinadi (Dimitrov et al., 2006). sEMG tadqiqotlarida olingan natijalarni to'g'ri talqin qilish va turli tadqiqotlar o'rtasida qiyoslash imkoniyatini yaratish uchun metodologik standartlashtirish zarurdir. Shu bois, elektrodlardan foydalanish, joylashtirish va signalni qayta ishlash jarayonlarida SENIAM tavsiyalari asos qilib olinadi (Hermens et al., 1999). Ushbu standartlar tadqiqotlarda ishonchlilikni, qayta ishlab chiqariluvchanlikni va natijalarning xalqaro miqyosda solishtirilishini ta'minlaydi.

Tadqiqotlarda mushak faoliyatini baholashda bir nechta asosiy ko'rsatkichlardan foydalaniladi. Amplituda ko'rsatkichlari mushak faolligining intensivligi va kuchni namoyon qilish darajasini aniqlashga yordam beradi. Xususan, RMS (Root Mean Square) mushakning umumiy elektr faolligi va energiya sarfini ifodalasa, MAV (Mean Absolute Value) mushak faoliyatining umumiy darajasini ko'rsatadi (Chen va boshq., 2020). MAD (Mean Absolute Deviation) mushak signallarining o'zgaruvchanlik darajasini aks ettiradi (Castruita-López va boshq., 2025), WAMP (Wilson Amplitude) esa signal amplitudasi ma'lum chegaradan oshgan holatlar soni orqali mushak qisqarishidagi faol epizodlarni aniqlaydi (Phinyomark va boshq., 2012). Variativlik va murakkablik ko'rsatkichlari mushak faoliyatining barqarorligi va charchash jarayonlarini tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega. VAR (Variance) mushak faolligining beqarorlik darajasini, WL (Waveform Length) esa signal shaklining murakkabligini ko'rsatadi. SSC (Slope Sign Change) mushak faoliyatidagi tez oʻzgarishlar sonini aniqlasa, ZCR (Zero Crossing Rate) signalning nol chizigʻini kesib oʻtish chastotasini, ya'ni mushakning tezkorlik xususiyatini bildiradi (He va boshq., 2024; Toledo-Pérez va boshq., 2019). Spektral va chastotaviy koʻrsatkichlar mushak tolalarining turini va charchash dinamikasini aniqlash uchun qoʻllaniladi. MDF (Median Frequency) va MNF (Mean Frequency) mushaklarda tez yoki sekin qisqaruvchi tolalarning faolligini bildiradi (Chen va boshq., 2020). SC (Spectral Centroid) va SD (Spectral Dispersion) mushak signallaridagi asosiy chastotalarning taqsimoti va tarqoqligini ifodalaydi, BW (Bandwidth) esa mushak faolligining chastotaviy qamrovini oʻlchaydi (Hellara va boshq., 2024). SS (Spectral Slope) past va yuqori chastota komponentlari nisbatini koʻrsatsa, BPR (Band Power Ratio) energiyaning turli chastota diapazonlarida qanday taqsimlanganini bildiradi (Wei & Chowdhury, 2025).

Shu tarzda amplituda, variativlik va spektral koʻrsatkichlarning birgalikda tahlili mushaklarning funksional holatini, charchashga chidamliligini va neyromuskulyar boshqaruv darajasini aniq baholash imkonini beradi (Chang va boshq., 2016). Bu yondashuv vertikal sakrash jarayonida son va boldir mushaklarining portlovchi kuch, barqarorlik va charchash mexanizmlarini chuqur tahlil qilish uchun ilmiy asos boʻlib xizmat qiladi.

Sport mashgʻulotlari va reabilitatsiya tibbiyotida mushak charchashini oʻz vaqtida aniqlash alohida ahamiyat kasb etadi (Al-Ayyad et al., 2023). Charchash jarayonlarini kuzatish sportchilarda yuklama balansini optimallashtirish, ortiqcha zoʻriqishning oldini olish hamda jarohat xavfini kamaytirishda muhim rol oʻynaydi. Reabilitatsiya jarayonida esa mushaklarning tiklanish dinamikasini baholash va individual davolash dasturlarini samarali tuzishda qoʻllaniladi (Rampichini et al., 2020).

Vertikal sakrashda son mushaklari asosiy kuch manbai hisoblanadi. Quadriceps guruhi (rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis) tizzani kuchli ekstansiya qilish orqali depsinish fazasida asosiy rolni bajaradi va bu sakrash balandligiga bevosita ta'sir koʻrsatadi (Bobbert & van Soest, 2001). Gastrocnemius mushagi oyoq panjasini plantar fleksiyaga keltirib, depsinishning oxirida qoʻshimcha tezlik va quvvat beradi. Tibialis anterior esa antagonistik mushak sifatida muvozanatni ta'minlaydi va oyoq panjasining barqarorligini saqlaydi (Lees, Vanrenterghem & De Clercq, 2004). Shunday qilib, quadriceps mushaklari sakrashning asosiy kuch manbai bo'lsa, boldir mushaklari uni yakunlovchi va barqarorlashtiruvchi rol o'ynaydi. Son va boldir mushaklari o'rtasidagi bu hamkorlik vertikal sakrash samaradorligini belgilovchi muhim biomexanik omildir (Markovic & Mikulic, 2010). Ushbu mushaklar vertikal sakrashda portlovchi kuchni ta'minlash, harakat davomida muvozanatni saqlash va uzoq davom etuvchi yuklamalarda charchoqqa chidamlilikni oshirishda muhim ahamiyatga ega. Quadriceps va boldir mushaklarining bunday funksional roli sportchining samarali sakrash qobiliyatini va umumiy jismoniy tayyorgarligini belgilaydi (Markovic & Mikulic, 2010; Bobbert & van Soest, 2001).

Avvalgi tadqiqotlarda asosan EMG signallarining amplituda yoki chastota ko'rsatkichlari alohida tahlil qilingan bo'lsa, ushbu tadqiqotda mushak faoliyati amplituda, variativlik va spektral parametrlar majmuasi asosida kompleks tarzda baholandi. Bunday yondashuv mushaklarning funksional holatini yanada chuqurroq tahlil qilish, charchash mexanizmlarini aniqroq aniqlash va neyromuskulyar boshqaruvdagi o'zgarishlarni ko'p omilli tahlil qilish imkonini beradi. Vertikal sakrash jarayonida son va boldir mushaklarining elektromiografik faoliyatini tahlil qilish sportchilarning tayyorgarlik darajasini chuqurroq baholash imkonini beradi. EMG orqali mushaklarning ishga tushish ketma-ketligi, faollik darajasi va o'zaro uyg'unligi aniqlanadi. Bu esa har bir mushakning sakrashdagi vazifasini, sportchining kuch qobiliyatini namoyon qilish samaradorligini, charchoqqa chidamliligini hamda harakat texnikasining sifatini individual tarzda baholashga imkon yaratadi. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi - vertikal sakrash jarayonida son va boldir mushaklarining elektromiografik faolligini amplituda, variativlik va spektral ko'rsatkichlar asosida tahlil qilish hamda ularning funksional rolini va o'zaro hamkorlik mexanizmini aniqlashdir.

METODLAR

Ishtirokchilar

Tadqiqotda basketbol bilan muntazam shugʻullanadigan 17 nafar erkak sportchi ishtirok etdi. Ularning oʻrtacha yoshi 16,82±2,48 ni, boʻyi 179,65±7,71 sm.ni, tana vazni esa 66,8±14,4 kg.ni, tana massa indeksi 20,54±3,2 ni tashkil etdi.

Table 1. Characteristics of the studied group

	Min	Max	Mean	Standard deviation
Age	15	18	16,24	1,2
Height	160	188	179,65	7,7
Weight	46,4	105	66,8	14,4
BMI	15,93	29,7	20,5	3,2

Ishtirokchilarning barchasi sogʻlom boʻlib, oyoq mushaklari va boʻgʻimlarida soʻnggi 6 oy davomida hech qanday jiddiy jarohat yoki klinik shikoyatlar kuzatilmagan. Tadqiqot boshlanishidan oldin barcha ishtirokchilarga tajriba shartlari va ehtimoliy xavf-xatarlar haqida batafsil maʼlumot berildi hamda ular ota-onalari (yoki qonuniy vakillari) bilan birgalikda yozma ravishda rozilik imzolashdi.

Ishtirokchilar oldindan tibbiy koʻrikdan oʻtkazildi va ularda yurak-qon tomir, asab yoki tayanch-harakat tizimi faoliyatida jiddiy cheklovlar aniqlanmadi. Barcha sportchilar muntazam mashgʻulotlar olib borgan boʻlib, ular tajribaga jismoniy jihatdan tayyor holatda jalb etildi.

Tadqiqotni tashkil etilishi

Tajriba jarayonida ishtirokchilarga standartlashtirilgan protokol asosida uch martadan vertikal sakrash (countermovement jump, CMJ) bajarish topshirildi. Har bir sakrashda mushaklarning depsinish (konsentrik), qoʻnish (eksentrik) va muvozanatni saqlash fazalaridagi bioelektrik faolligi qayd etildi. Sakrashlar orasida sportchilarga optimal tiklanish uchun qisqa muddatli dam olish (30 soniya) berildi. Ushbu yondashuv mushaklarning yuklamaga javob reaksiyalarini real sport sharoitlariga yaqin holatda baholash imkonini berdi.

Asbob-uskunalar va oʻlchovlar

Mushaklarning bioelektrik faolligini qayd etish uchun yuqori aniqlikka ega, yuklanishga chidamli sirt elektrodlariga ega simsiz elektromiografik tizim – FREEEMG (BTS Bioengineering, Italiya) qoʻllanildi. Ushbu tizim sport harakatlari vaqtida mushak faolligini real vaqtda qayd etish va yuqori sifatli signal olish imkonini beradi.

Elektrodlar SENIAM (Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles) xalqaro tavsiyalariga muvofiq mushaklar ustiga joylashtirildi. EMG signallari quyidagi asosiy mushaklardan yig‘ib olindi:

–Biceps Femoris Caput Longus (BFCL) – son orqa qismi, eksentrik nazorat va muvozanat uchun mas’ul mushak;

–Gastrocnemius Medialis (GM) – boldir mushagi, plantar-fleksiya va portlovchi depsinish uchun asosiy mushak;

–Gluteus Maximus (GMx) – sonning asosiy ekstensor mushagi, depsinish kuchini shakllantiruvchi mushak;

–Rectus Femoris (RF) – quadriceps tarkibidagi mushak, tizza ekstensiyasi va sonni oldinga ko‘tarishda faol ishtirok etuvchi mushak.

Signal namunaviy chastotasi 1000 Hz qilib belgilandi. Past chastotali shovqinlarni bartaraf etish uchun 20 Hz past chastota filtri, yuqori chastotali artefaktlarni yo‘qotish uchun 450 Hz yuqori chastota filtri qo‘llanildi. Elektr tarmog‘idan keluvchi shovqinlarni kamaytirish maqsadida 50 Hz notchi filtr o‘rnatildi.

Bunday sozlamalar mushaklarning funksional faolligini sport yuklamalari davomida yuqori aniqlikda qayd etish, shuningdek, ma’lumotlarning keyingi matematik-statistik tahlili uchun optimal sharoit yaratdi.

EMG ko‘rsatkichlari

Olingan elektromiografik signallarni qayta ishlash jarayonida mushak faoliyatining amplituda, variativlik, murakkablik hamda spektral-chastotaviy xususiyatlarini baholash uchun bir qator ko‘rsatkichlar hisoblab chiqildi.

Amplituda ko‘rsatkichlari

RMS (Root Mean Square) – mushak faolligi intensivligini aks ettiruvchi o‘rtacha kvadratik ildiz qiymati. U mushaklarning umumiy elektr faolligi va kuchning namoyon bo’lish potensialini ko‘rsatadi (Chang et al., 2016).

MAV (Mean Absolute Value) – mushak faolligining umumiy darajasini ifodalovchi o‘rtacha absolyut qiymat (Chen et al., 2020).

MAD (Mean Absolute Deviation) – mushak faolligi oʻzgaruvchanligini tavsiflovchi oʻrtacha absolyut ogʻish (Castruita-López et al., 2025).

WAMP (Wilson Amplitude) – signal amplitudasi belgilangan chegaradan oshgan hollarning soni boʻlib, mushak qisqarishidagi faollik epizodlarini ifodalaydi (Phinyomark et al., 2012; Castruita-López et al., 2025).

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Sakrash harakati basketbolda asosiy biomexanik elementlardan biri hisoblanadi. Ushbu jarayonda oyoq mushaklarining elektromiografik faolligini baholash, ularning portlovchi kuch, muvozanatni ta'minlash va qoʻnish mexanikasidagi rolini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Amplituda koʻrsatkichlari - RMS, MAV, MAD va WAMP - mushak tolalarining faollik darajasi, kuchning namoyon bo'lish salohiyati va neyromuskulyar boshqaruvning izchilligini tahlil qilish imkonini beradi.

Mazkur tadqiqot davomida dastlab Biceps Femoris Caput Longus, Gastrocnemius Medialis, Gluteus Maximus va Rectus Femoris mushaklarining oʻng va chap oyoqdagi faolligini qiyosiy oʻrganish orqali sakrash mexanikasida mushaklarning differensial funksiyalarini aniqlashga qaratildi. Ushbu yondashuv sportchilarning portlovchi kuchini rivojlantirish, sakrovchanlikni oshirish va jarohatlarning oldini olishga yoʻnaltirilgan mashgʻulotlarni ilmiy asoslash uchun muhim ahamiyatga ega.

Son orqa qismidagi Biceps Femoris Caput Longus mushagi sakrashning ham depsinish, ham qoʻnish fazalarida muhim rol oʻynaydi. Olingan natijalarga ko'ra, oʻng oyoqda RMS va MAV qiymatlari ($\bar{x}$=0,068–0,077;89,5–97,3) yuqoriroq boʻlib, mushakning portlovchi kuchni nomoyon bo'lishiga faol jalb etilganini koʻrsatdi. MAD va WAMP yuqori dispersiya bilan tavsiflanib, mushak faolligining dinamik va oʻzgaruvchan xususiyatini aks ettirdi. Chap oyoqda esa RMS va MAV pastroq ($\bar{x}$=0,056–0,064;73,2–80,3), σ kichikroq boʻlib, mushakning qoʻnish fazasida barqarorlikni ta'minlashdagi funksiyasini koʻrsatdi. Biceps femoris oʻng oyoqda portlovchi kuchni namoyon bo'lishida, chapda esa muvozanatni saqlovchi vazifada ustunlik qiladi.

NAMANGAN DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI
"TA'LIM VA TARAQQIYOT" ILMIY-USLUBIY
JURNALI 2025-YIL 4-SON

13.00.00. – PEDAGOGIKA FANLARI
JOURNAL.NAMSPI.UZ
ISSN: 2992-9008; UDK: 37

Table 1. Sakrash jarayonida son va boldir mushaklarining elektromiografik amplituda ko'rsatkichlarining o'ng va chap oyoq bo'yicha qiyosiy tahlili (n=17)

Muscle	Right / Left	Jumps	RMS ($\bar{x}\pm\sigma$)	MAV ($\bar{x}\pm\sigma$)	MAD ($\bar{x}\pm\sigma$)	WAMP ($\bar{x}\pm\sigma$)
Biceps Femoris Caput Longus	Right	1	0,077±0,051	97,356±51,402	47,206±35,36	0,497±0,107
		2	0,068±0,026	89,512±32,775	40,318±17,718	0,473±0,090
		3	0,072±0,044	90,878±46,024	41,721±27,703	0,459±0,116
	Left	1	0,064±0,029	80,292±23,099	37,618±16,765	0,485±0,130
		2	0,056±0,021	73,252±17,499	33,944±12,479	0,492±0,141
		3	0,061±0,036	76,025±30,392	34,491±16,164	0,474±0,111
Gastrocne-mius Medialis	Right	1	0,093±0,041	113,648±42,782	46,297±21,809	0,556±0,116
		2	0,089±0,043	109,952±41,751	43,862±20,501	0,544±0,107
		3	0,085±0,039	103,746±39,521	40,997±22,349	0,519±0,136
	Left	1	0,086±0,033	107,119±29,227	45,962±20,331	0,559±0,138
		2	0,079±0,034	99,917±28,881	41,341±15,98	0,536±0,103
		3	0,082±0,037	101,155±36,197	41,068±23,42	0,516±0,139

Gluteus Maximus	Right	1	0,102±0,049	129,409±49,528	54,341±26,275	0,503±0,131
		2	0,097±0,043	124,24±42,127	49,782±18,643	0,492±0,077
		3	0,101±0,042	130,322±45,91	53,974±29,05	0,486±0,116
	Left	1	0,101±0,059	129,648±64,678	57,682±39,321	0,518±0,143
		2	0,086±0,039	114,2±51,229	49,1±27,055	0,492±0,131
		3	0,096±0,045	128,88±59,417	59,688±35,899	0,507±0,138
Rectus Femoris	Right	1	0,105±0,063	129,871±64,84	51,891±28,89	0,483±0,096
		2	0,103±0,065	130,921±70,205	54,965±30,961	0,496±0,108
		3	0,103±0,065	129,141±67,032	54,262±34,392	0,486±0,126
	Left	1	0,108±0,063	136,007±64,679	55,685±29,763	0,508±0,114
		2	0,097±0,055	122,193±55,265	50,479±23,625	0,484±0,102
		3	0,099±0,051	128,363±57,782	54,515±25,893	0,509±0,098

Asosiy plantar fleksor sifatida gastrocnemius mushagi sakrash balandligi va portlovchi kuchni ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Oʻng oyoqda RMS va MAV qiymatlari ($\bar{x}$=0,085–0,093; 103,7–113,6) yuqori boʻlib, mushakning depsinish paytida faol jalb etilganini koʻrsatdi. Chap oyoqda qiymatlar pastroq ($\bar{x}$=0,079–0,086; 99,9–107,1), biroq σ kichikroq boʻlgani mushak ishining izchil va barqaror ekanini bildirdi. WAMP koʻrsatkichlari (0,516–0,559) chap oyoqda nisbatan barqarorroq bo‘lib, mushakning qo‘nish va muvozanat saqlash vazifasini ta’minlaganini tasdiqladi. Gastrocnemius medialis ikki oyoqda ham kuchni namoyon bo’lishida faol, biroq chap oyoqda muvozanatni, o‘ngda esa portlovchi kuchni ko‘proq ta’minlaydi.

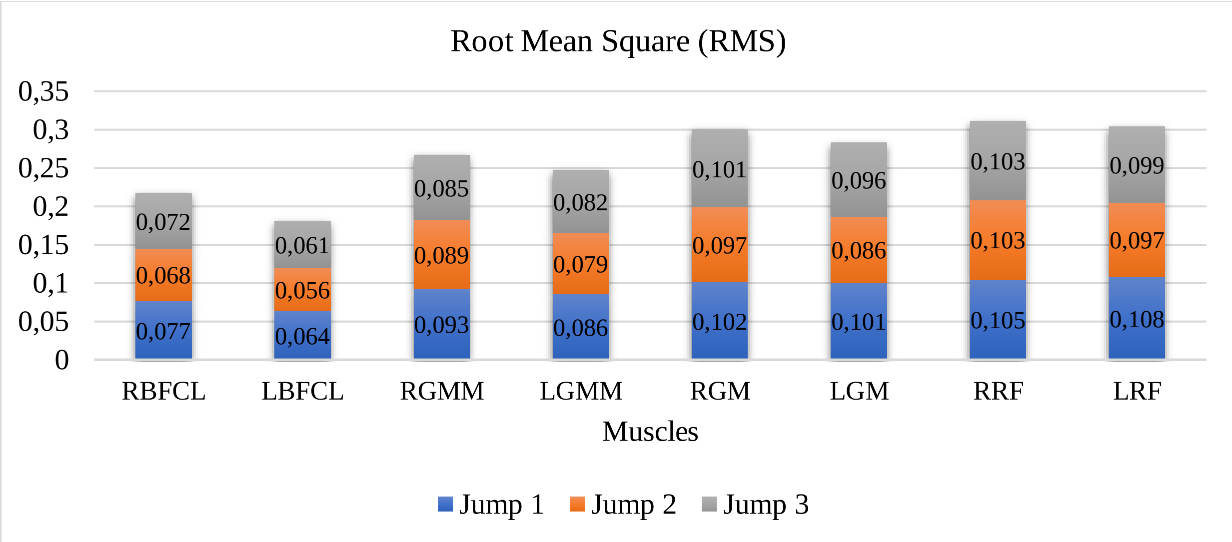

Figure 1. Oyoq mushaklarining uch martalik vertikal sakrashdagi elektromiografik faolligi (RMS) dinamikasi

Sonning asosiy ekstensor mushagi bo‘lgan gluteus maximus sakrashda depsinish fazasining hal qiluvchi elementi hisoblanadi. O‘ng oyoqda RMS va MAV yuqori ($\bar{x}$=0,097–0,102;124,2–130,3), mushakning maksimal kuchni namoyon qilishiga qaratilganini ko‘rsatdi. Chap oyoqda qiymatlar yaqin ($\bar{x}$=0,086–0,101;114,2–129,6), ammo σ keng diapazonda, bu mushak faolligining o‘zgaruvchanligini ko‘rsatadi. MAD va WAMP yuqori bo‘lib, mushakning portlovchi sakrashdagi asosiy harakat vazifasini tasdiqladi. Gluteus maximus ikki oyoqda ham portlovchi kuch namoyon bo’lishida asosiy mushak, o‘ngda faoliyat izchilroq, chapda esa nisbatan o‘zgaruvchanroq kechadi.

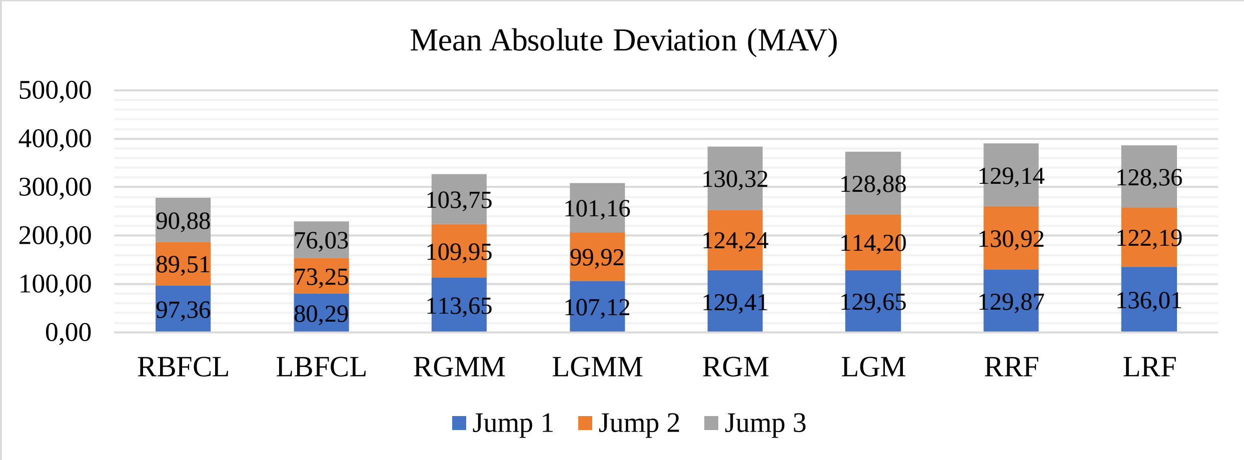

Figure 2. Oyoq mushaklarining uch martalik vertikal sakrashdagi elektromiografik faolligi (MAV) dinamikasi

Quadriceps tarkibidagi rectus femoris mushagi sakrash mexanikasida sonni oldinga ko'tarish va tizzani bukishda muhim rol o'ynaydi. O'ng oyoqda RMS va MAV qiymatlari ($\bar{x}$=0,103–0,105;129,1–130,9) juda yuqori bo'lib, mushakning harakat uchun zarur kuchni ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyatini ko'rsatdi. Chap oyoqda qiymatlar ham yuqori ($\bar{x}$=0,097–0,108;122,1–136,0), biroq σ kengroq bo'lgani mushak ishining beqarorligini bildiradi. MAD va WAMP yuqori bo'lib, mushakning depsinish va qo'nish fazalaridagi ikki tomonlama ishtirokini aks ettirdi. Rectus femoris mushagi ikki oyoqda ham yuqori darajada faol bo'lib, sakrash kuchining asosiy manbalaridan biri sifatida ishlaydi.

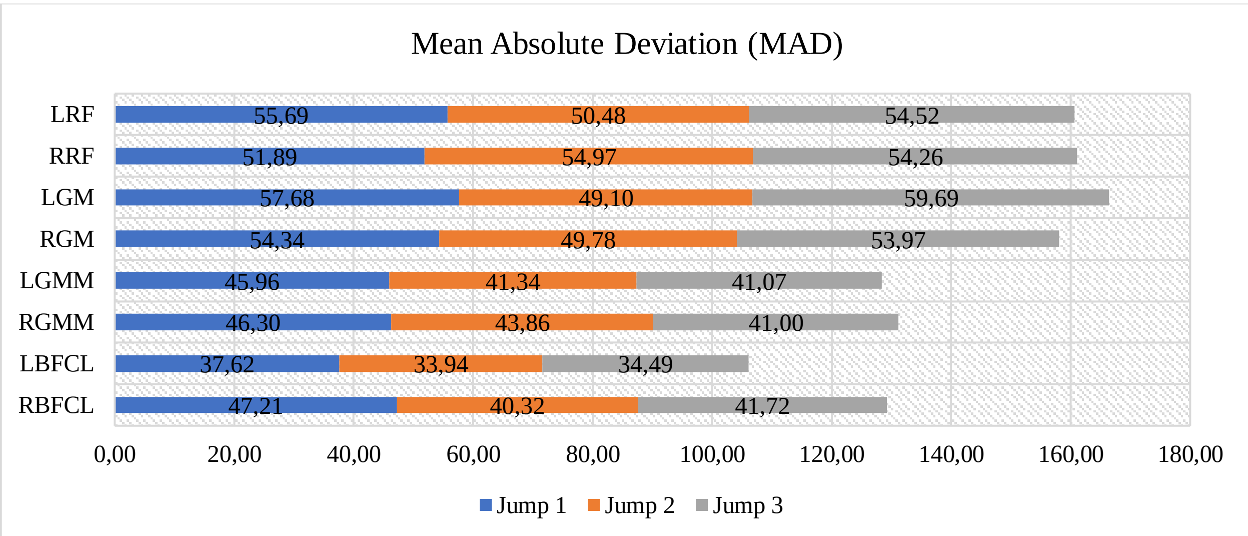

Figure 3. Oyoq mushaklarining uch martalik vertikal sakrashdagi elektromiografik faolligi (MAD) dinamikasi

Biceps Femoris Caput Longus mushagida o‘ng oyoq RMS va MAV ko‘rsatkichlari yuqori ($\bar{x}$=0,068–0,077;89,5–97,3), bu mushakning harakat uchun zarur kuchni ta’minlashga faol jalb etilganini ko‘rsatadi. Chap oyoqda qiymatlar pastroq ($\bar{x}$=0,056–0,064;73,2–80,3), ammo σ kichikroq bo‘lgani mushak faoliyatining barqaror kechishini bildiradi. Gastrocnemius Medialis mushagida o‘ng oyoqda RMS va MAV yuqori ($\bar{x}$=0,085–0,093;103,7–113,6), bu mushakning depsinishdagi asosiy rolini tasdiqlaydi. Chap oyoqda qiymatlar biroz pastroq ($\bar{x}$=0,079–0,086;99,9–107,1), lekin WAMP ko‘rsatkichlari (0,516–0,559) barqarorroq bo‘lib, qo‘nish va muvozanat funksiyasini kuchaytiradi. Gluteus Maximus mushagida o‘ng oyoq RMS va MAV yuqori ($\bar{x}$=0,097–0,102;124,2–130,3), bu mushakning harakat uchun zarur portlovchi kuchni ta’minlashga maksimal jalb qilinganini ko‘rsatadi. Chap oyoqda qiymatlar yaqin ($\bar{x}$=0,086–0,101;114,2–129,6), biroq σ kengroq bo‘lib, mushak faolligining o‘zgaruvchanligini bildiradi. Rectus Femoris mushagida o‘ng oyoqda RMS va MAV juda yuqori ($\bar{x}$=0,103–0,105;129,1–130,9), chap oyoqda esa deyarli teng qiymatlar ($\bar{x}$=0,097–0,108;122,1–136,0), biroq σ kengroq bo‘lgani mushak ishining beqarorligini ko‘rsatadi. Xulosa qilib aytganda, Biceps femoris o‘ng oyoqda harakat uchun zarur portlovchi kuchni ta’minlashda, chap oyoqda muvozanat jarayonida faolroq. Gastrocnemius medialis ham o‘ngda portlovchi kuchni, chapda barqarorlikni ta’minlaydi. Gluteus maximus ikki oyoqda ham harakat uchun zarur kuchni ta’minlashda yetakchi, lekin o‘ngda izchilroq, chapda esa o‘zgaruvchanroq faoliyat ko‘rsatadi. Rectus femoris esa ikki tomonda ham yuqori darajada faol bo‘lib, sakrash kuchining asosiy manbalaridan biri hisoblanadi. Natijalarning bunday ko’rinishining sababi tajriba-sinov ishlariga jalb qilingan sportchilarning o’ngaqay ekanligi bo’lishi mumkin.

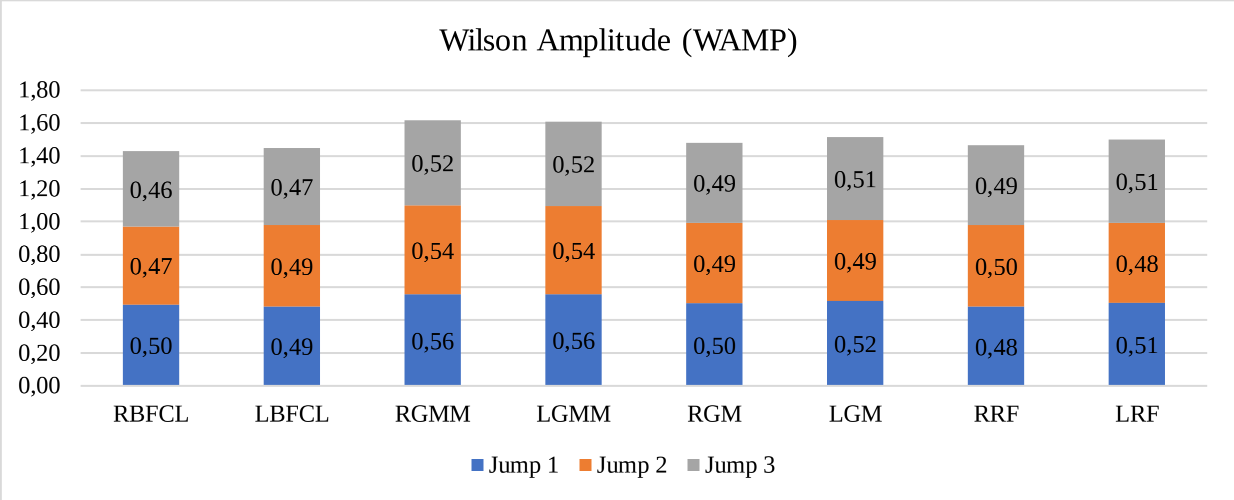

Figure 4. Oyoq mushaklarining uch martalik vertikal sakrashdagi elektromiografik faolligi (WAMP) dinamikasi

Biceps Femoris Caput Longus mushagida oʻng oyoqda 1-sakrashda RMS va MAV eng yuqori ($\bar{x}$=0,077;97,3) darajada qayd etilib, keyingi sakrashlarda pasayish ($\bar{x}$=0,068–0,072;89,5–90,8) kuzatildi, bu mushakning portlovchi kuch namoyon qilishida tez charchashini koʻrsatadi. Chap oyoqda RMS ($\bar{x}$=0,064→0,061) va MAV ($\bar{x}$=80,3→76,0) qiymatlari biroz kamaygan boʻlsa-da, σ kichikroq boʻlgani mushakning nisbatan barqaror faoliyatini koʻrsatadi. Gastrocnemius Medialis mushagida oʻng oyoqda MAV 1-sakrashda $\bar{x}$=113,6, 3-sakrashda esa $\bar{x}$=103,7 gacha pasaydi, RMS esa $\bar{x}$=0,093→0,085 oraligʻida kamayadi. Chap oyoqda MAV 1-sakrashda $\bar{x}$=107,1, 3-sakrashda $\bar{x}$=101,1 boʻlib, pasayish kuzatilgan, biroq bu jarayon oʻng tomondagidek keskin emas. Gluteus Maximus mushagida oʻng oyoqda MAV deyarli oʻzgarmagan ($\bar{x}$=129,4→130,3), RMS ham barqaror ($\bar{x}$=0,102→0,101) saqlanib, harakat uchun zarur kuchni ta'minlashning izchil davom etishini koʻrsatdi. Chap oyoqda MAV $\bar{x}$=129,6→128,9 boʻlib, pasayish juda kichik, σ esa kengroq diapazonda, bu mushak faoliyatining biroz oʻzgaruvchanligini bildiradi. Rectus Femoris mushagida oʻng oyoqda MAV ($\bar{x}$=129,8–130,9) va RMS ($\bar{x}$=0,103–0,105) yuqori darajada barqaror saqlangan. Chap oyoqda MAV 1-sakrashda $\bar{x}$=136,0, 3-sakrashda $\bar{x}$=128,3 gacha pasaygan, biroq umumiy daraja yuqori boʻlib qolmoqda, faqat σ kengroq boʻlgani beqarorlikni koʻrsatadi. Biceps femoris va gastrocnemius medialis mushaklari, ayniqsa oʻng oyoqda, harakat uchun zarur kuchni ta'minlashda tezroq charchashga moyil. Gluteus maximus va rectus femoris mushaklari esa uch sakrash davomida barqaror faoliyatni saqlab, charchash belgilarini deyarli namoyon qilmadi. Umuman, chap oyoq mushaklari barqarorlikni, oʻng oyoq mushaklari esa portlovchi kuchni koʻproq ta'minlashi aniqlandi.

XULOSA

Ushbu tadqiqot natijalari vertikal sakrashda son va boldir mushaklarining elektromiografik faolligi murakkab, ammo muvofiqlashtirilgan mexanizm orqali amalga oshishini koʻrsatdi. Amplituda, variativlik va spektral koʻrsatkichlarning integratsiyalashgan tahlili mushaklarning funksional ixtisoslashuvi, charchashga chidamliligi va harakatni boshqarishdagi neyromuskulyar moslashuv xususiyatlarini ochib berdi. Vertikal sakrash jarayonida son va boldir mushaklarining elektromiografik tahlili ularning funksional rollari, charchashga javob reaksiyasi va propulsiv kuch ishlab chiqarishdagi ierarxik tuzilishini aniqlash imkonini berdi. Tadqiqot natijalari mushaklar faoliyati oʻrtasida aniq farqlar mavjudligini va har bir mushakning oʻziga xos biomekanik vazifasi borligini koʻrsatdi.

Rectus Femoris (RF) va Gluteus Maximus (GMx) mushaklari sakrashning depsinish fazasida asosiy propulsiv kuch manbai sifatida faoliyat yuritadi. Ularning amplituda (RMS, MAV) va spektral (MDF, MNF) koʻrsatkichlari uch marotaba sakrash davomida deyarli oʻzgarmay, yuqori barqarorlikni saqlagan. Bu mushaklarning charchashga chidamli, energiya ishlab chiqarish samaradorligi yuqori va barqaror motor boshqaruvga ega tizimlar ekanini koʻrsatadi. Biceps Femoris Caput Longus (BFCL) va Gastrocnemius Medialis (GM) mushaklarida esa amplituda va chastotaviy koʻrsatkichlarning pasayishi mushak charchashining fiziologik belgilarini aks ettirdi. MDF va MNF chastotalarining past yoʻnalishga siljishi bu mushaklarda tez qisqaruvchi tolalar faoliyatining kamayishi bilan bogʻliq boʻlib, ularning charchashga nisbatan sezuvchanligini ifodalaydi. Variativlik tahlili mushaklarning neyromuskulyar boshqaruvdagi farqlarini aniqladi: RF va GMx mushaklarida murakkablik koʻrsatkichlari (VAR, WL, SSC, ZCR) charchashga qaramay barqaror saqlangan, bu esa ularning koordinatsion moslashuvchanligini bildiradi. Aksincha, BFCL va GM mushaklarida murakkablikning pasayishi harakat nazorati soddalashganini koʻrsatdi.

ADABIYOTLAR ROʻYXATI

1. Al-Ayyad, M., Owida, H. A., De Fazio, R., Al-Naami, B., & Visconti, P. (2023). Electromyography Monitoring Systems in Rehabilitation: A Review of Clinical Applications, Wearable Devices and Signal Acquisition Methodologies. Electronics, 12(7), 1520. https://doi.org/10.3390/electronics12071520
2. Arampatzis, A., Schade, F., Walsh, M., & Brüggemann, G. P. (2001). Influence of leg stiffness and its effect on myodynamic jumping performance. Journal of electromyography and kinesiology, 11(5), 355-364. https://doi.org/10.1016/s1050-6411(01)00009-8
3. Beretta-Piccoli, M., Cescon, C., & D'Antona, G. (2021). Evaluation of performance fatigability through surface EMG in health and muscle disease: state of the art. Arab Journal of Basic and Applied Sciences, 28(1), 21-40. https://doi.org/10.1080/25765299.2020.1862985
4. Bobbert, M. F. (2001). Why do people jump the way they do?. Exercise and sport sciences reviews, 29(3), 95-102.
5. Bobbert, M. F., & Richard Casius, L. J. (2011). Spring-like leg behaviour, musculoskeletal mechanics and control in maximum and submaximum height human hopping. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 366(1570), 1516-1529. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0348
6. Cabarkapa, D., Cabarkapa, D. V., Aleksic, J., Scott, A. A., & Fry, A. C. (2024). Relationship between vertical jump performance and playing time and efficiency in professional male basketball players. Frontiers in Sports and Active Living, 6, 1399399. https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1399399
7. Castruita-López, J. F., Aviles, M., Toledo-Pérez, D. C., Macías-Socarrás, I., & Rodríguez-Reséndiz, J. (2025). Electromyography Signals in Embedded Systems: A Review of Processing and Classification Techniques. Biomimetics, 10(3), 166. https://doi.org/10.3390/biomimetics10030166
8. Chang, J., Chablat, D., Bennis, F., Ma, L. (2016). Estimating the EMG Response Exclusively to Fatigue During Sustained Static Maximum Voluntary Contraction. In: Goonetilleke, R., Karwowski, W. (eds) Advances in Physical Ergonomics and Human Factors. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 489. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41694-6_4
9. Chen, C.-K., Lin, S.-L., Wang, T.-C., Lin, Y.-J., & Wu, C.-L. (2020). Lower-Limb Electromyography Signal Analysis of Distinct Muscle Fitness Norms under Graded Exercise Intensity. Electronics, 9(12), 2147. https://doi.org/10.3390/electronics9122147
10. De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. Journal of applied biomechanics, 13(2), 135-163. https://doi.org/10.1123/jab.13.2.135
11. Dimitrov, G. V., Arabadzhiev, T. I., Mileva, K. N., Bowtell, J. L., Crichton, N., & Dimitrova, N. A. (2006). Muscle fatigue during dynamic contractions assessed by new spectral indices. Medicine and science in sports and exercise, 38(11), 1971–1979. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000233794.31659.6d

12. Gathercole, R., Sporer, B., & Stellingwerff, T. (2015). Countermovement jump performance with increased training loads in elite female rugby athletes. International journal of sports medicine, 36(09), 722-728. https://doi.org/10.1055/s-0035-1547262
13. González-Izal, M., Malanda, A., Navarro-Amézqueta, I., Gorostiaga, E. M., Mallor, F., Ibañez, J., & Izquierdo, M. (2010). EMG spectral indices and muscle power fatigue during dynamic contractions. Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology, 20(2), 233–240. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.03.011
14. He, H., Wu, X., Li, N., Jiang, Y., He, J., & Jiang, N. (2024). Multi-channel EMG manifestations of upper-extremity muscle coordination imbalance among community-dwelling sarcopenic seniors. BioMedical Engineering OnLine, 23(1), 115. https://doi.org/10.1186/s12938-024-01310-3
15. Hellara, H., Barioul, R., Sahnoun, S., Fakhfakh, A., & Kanoun, O. (2024). Comparative Study of sEMG Feature Evaluation Methods Based on the Hand Gesture Classification Performance. Sensors, 24(11), 3638, pp. 1-25. https://doi.org/10.3390/s24113638
16. Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. Journal of electromyography and Kinesiology, 10(5), 361-374. https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4
17. Lees, A., Vanrenterghem, J., & De Clercq, D. (2004). Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. Journal of biomechanics, 37(12), 1929-1940. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.02.021
18. Makhkamov, B., Shukurov, K., Kakhkharov, A. L., Kholdorov, S., & Mamajonov, D. (2024, April). Analysis of Fatigue Characteristics in Muscle Groups Using the FREEEMG 1000. In International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (pp. 91-102). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-4780-1_7
19. Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. Sports medicine, 40(10), 859-895. https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000
20. Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. Sports medicine, 40(10), 859-895. https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000
21. McMahon, J. J., Jones, P. A., Suchomel, T. J., Lake, J., & Comfort, P. (2018). Influence of the reactive strength index modified on force–and power–time curves. International journal of sports physiology and performance, 13(2), 220-227. https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0056
22. Merletti, R., & Farina, D. (Eds.). (2016). Surface electromyography: physiology, engineering, and applications. John Wiley & Sons.
23. Pandy, M. G., & Zajac, F. E. (1991). Optimal muscular coordination strategies for jumping. Journal of biomechanics, 24(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/0021-9290(91)90321-D
24. Pehar, M., Sekulic, D., Sisic, N., Spasic, M., Uljevic, O., Krolo, A., ... & Sattler, T. (2017). Evaluation of different jumping tests in defining position-specific and performance-

level differences in high level basketball players. Biology of sport, 34(3), 263-272. https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.67122

25. Phinyomark, A., N. Khushaba, R., & Scheme, E. (2018). Feature Extraction and Selection for Myoelectric Control Based on Wearable EMG Sensors. Sensors, 18(5), 1615. https://doi.org/10.3390/s18051615

26. Phinyomark, A., Phukpattaranont, P., & Limsakul, C. (2012). Feature reduction and selection for EMG signal classification. Expert Systems with Applications, 39(8), 7420–7431. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.102

27. Puce, L. et al. (2021). Surface Electromyography Spectral Parameters for the Study of Muscle Fatigue in Swimming. Frontiers in sports and active living, 3. https://doi.org/10.3389/fspor.2021.644765

28. Rampichini, S., Vieira, T. M., Castiglioni, P., & Merati, G. (2020). Complexity analysis of surface electromyography for assessing the myoelectric manifestation of muscle fatigue: A review. Entropy, 22(5), 529. https://doi.org/10.3390/e22050529

29. Santos, C. A. F., Amirato, G. R., Jacinto, A. F., Pedrosa, A. V., Caldo-Silva, A., Sampaio, A. R., Pimenta, N., Santos, J. M. B., Pochini, A., & Bachi, A. L. L. (2022). Vertical Jump Tests: A Safe Instrument to Improve the Accuracy of the Functional Capacity Assessment in Robust Older Women. Healthcare (Basel, Switzerland), 10(2), 323. https://doi.org/10.3390/healthcare10020323

30. Sheppard, J. M., & Doyle, T. L. (2008). Increasing compliance to instructions in the squat jump. The Journal of Strength & Conditioning Research, 22(2), 648-651. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816602d4

31. Sun, J., Liu, G., Sun, Y., Lin, K., Zhou, Z., & Cai, J. (2022). Application of Surface Electromyography in Exercise Fatigue: A Review. Frontiers in systems neuroscience, 16, 893275. https://doi.org/10.3389/fnsys.2022.893275

32. Toledo-Pérez, D. C., Rodríguez-Reséndiz, J., Gómez-Loenzo, R. A., & Jauregui-Correa, J. C. (2019). Support Vector Machine-Based EMG Signal Classification Techniques: A Review. Applied Sciences, 9(20), 4402. https://doi.org/10.3390/app9204402

33. Van der Kruk, E., & Reijne, M. M. (2018). Accuracy of human motion capture systems for sport applications; state-of-the-art review. European journal of sport science, 18(6), 806-819. https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1463397

34. Watanabe, K., & Yoshida, T. (2022). Effect of arm position on spatial distribution of upper trapezius muscle activity during simulated car driving. International journal of occupational safety and ergonomics, 28(3), 1766-1772. https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1929700

35. Wei, L. H., & Chowdhury, S. K. (2025). An electromyography-based multi-muscle fatigue model to investigate operational task performance. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 1–17. https://doi.org/10.1080/10255842.2025.2510369

36. Wong, J. D., Bobbert, M. F., van Soest, A. J., Gribble, P. L., & Kistemaker, D. A. (2016). Optimizing the distribution of leg muscles for vertical jumping. PloS one, 11(2), e0150019. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150019