

Determinarea diferențelor posturale dintre diferite ramuri sportive

Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnică Timișoara

în domeniul de doctorat Inginerie mecanică

autor Andrei Zoltan Farkaș

conducător științific Prof.univ.dr.ing. Inocențiu Maniu

luna Septembrie anul 2018

1. INTRODUCERE

Adaptarea umană la postura bipedă a fost o consecință a nevoii de a parcurge distanțe mai mari în urma schimbărilor climatice survenite acum câteva milioane de ani. Postura este influențată de relația cu mediul înconjurător, alimentație, activitățile zilnice, activitățile ocupaționale s.a.m.d.

Am prezentat nivelul activității fizice, acesta este o modalitate de a exprima numeric activitatea fizică zilnică a unei persoane și este utilizat pentru estimarea cheltuielilor totale de energie[12]. Nivelul activității fizice definit pentru un adult non-gravid, fără lactație, raportat la rata metabolică de bază definește cheltuielile totale de energie ale acelei persoane pe o perioadă de 24 de ore sau coeficientul de consum energetic[31].

Au existat două mari revoluții în evoluția culturii umane. Prima a fost revoluția agricolă care a dus la o creștere a sursei de hrană și a populației, însă a crescut și numărul de boli infecțioase datorită faptului că oamenii au început să traiască în orașe unde au fost înconjurați de gunoai și alte resturi. A doua a fost revoluția industrială și apariția științei moderne, cele două fiind interdependente una de alta și au dus la o mai mare creștere a sursei de hrană, o explozie a populației, odată cu care a crescut din nou numărul bolilor acesta scăzând după inventarea sistemului sanitar și a medicinei moderne.

Acum suntem în cea mai sănătoasă etapă din istoria umană din punct de vedere al numărului de decese legate de malnutriție și boli infecțioase cum ar fi ciuma, variola, însă au apărut și crescut decese legate de boli neinfecțioase cum ar fi cancerul, bolile cardiace, diabetul, alergiile, osteoporoza, obezitatea și alte boli a căror incidență este în creștere cum ar fi depresia, alzheimerul, miopia, degradarea dentară, afecțiunile musculo-scheletale[6] și altele [14].

Din punct de vedere al posturii, și al consumului energetic aceste revoluții în evoluția culturii umane au avut mari consecințe în dezvoltarea corpului omului modern. Din punct de vedere al nivelului activității fizice putem identifica 3 categorii de stiluri de viață în funcție de consumul energetic: sedentar, activ și super activ.

Cea de-a 3-a categorie, cea super activă, reprezintă grupul populațional de interes din această teză, și anume sportivii de performanță.

Sportul modern este o adevărată industrie în care sportivii de performanță pot fi foarte ușor catalogați ca angajați cu normă întreagă, în unele cazuri normă extinsă, având în vedere că stilul lor de viață de multe ori este foarte bine calculat, 24 ore din 24, pe perioade lungi de timp din punct de vedere al alimentației, antrenamentelor, recuperării fizice, psihologice, odihnă și toate aspectele vieții lor. Luând în considerare acest aspect și faptul că ei depășesc limitele funcționale ale organismului uman care reprezintă mii de ani de evoluție, putem presupune cu

ușurință că un corp uman angajat în practicarea unui sport de performanță este supus schimbărilor fenotipice. Plasticitatea fenotipică se referă la schimbările în comportamentul unui organism, morfologia și fiziologia sa datorită necesității adaptării la mediul unic [20]. În cazul nostru mediul unic este reprezentat de terenul/sala/infrastructura necesară practicării unei anumite ramuri sportive.

În cazul sportivilor de performanță toți acești factori sunt diferiți între diferite ramuri sportive, desigur alimentația este controlată în cazul tuturor sportivilor de performanță, însă marea diferență se regăsește în ceilalți factori: terenul/sală/infrastructura necesară practicării unei anumite ramuri sportive, diferite proceduri sportive s.a.m.d., ce duc la dezvoltarea specifică a memoriei musculare și a organismului sportivilor.

Postura ergonomică este asigurată de integrarea centrală coerentă a reflexelor tonico-stactice și tonico-dinamice care stau la baza echilibrului și a multiplelor afecțiuni care condiționează orientarea corpului în spațiu, dintr-o morfostructură integrată și simetrică, o coordonare adecvată, o relație echilibrată de tensiune/lungime între perechile de mușchi antagoniști se crează o imagine exactă a corpului și o percepție chinestezică validă a funcțiilor sale.

Practicarea sporturilor de performanță duce la suprasolicitări musculo-scheletale care de multe ori au consecințe patologice, motiv pentru care este foarte importantă studierea diferențelor posturale dintre diferite ramuri sportive.

Teza de doctorat își propune determinarea diferențelor posturale dintre sportivi cu proveniențe din diferite ramuri sportive, care urmărește:

- studiul antropometric al sportivilor;
- determinarea obiectivă a geometriei spatelui cu ajutorul sistemului “Zebris”;
- determinarea posturală în poziție ortostatică;
- determinarea simetriilor/asimetriilor musculare survenite în urma activității sportive specifice ramurilor studiate;
- corelarea statistică a parametrilor specifici;
- analiza biomecanică a posturii cu software-ul “Anybody”.

Determinarea diferențelor posturale dintre diferite ramuri sportive are ca scop:

- monitorizarea activităților și performanțelor sportive;
- monitorizarea recuperării clinice a sportivilor accidentați;
- prevenția bolilor profesionale;
- eficientizarea selecției sportive.

Urmărirea posturii în sport are un rol important în prevenția bolilor cronice profesionale și oferă soluții în optimizarea activităților specifice, generând rezultate superioare ale tratamentelor, performanțelor, selecției și implicit a calității vieții la nivelul întregii comunități sportive de performanță cât și pentru amatori sau semi-profesioniști.

2. STADIUL ACTUAL ÎN DOMENIUL DE CERCETARE AL TEZEI

Deviațiile posturale au fost asociate cu diferite tipuri de dureri și disfuncții. Cu toate acestea, postura nu este un subiect ușor de studiat, în principal, deoarece evaluările posturale sunt încă imprecise din punct de vedere științific cum ar fi evaluările prin fotografiere; sau costisitoare cum ar fi imagistica prin rezonanță magnetică (RMN); în timp ce altele cum ar fi razele X implică probleme de iradiere a subiecților [3;21;23].

Există unele dovezi științifice ce leagă postura și problemele de echilibru cu boli ortopedice și reumatologice cum ar fi osteoartrita la genunchi, instabilitatea gleznelor, tensiuni la nivelul gâtului, și dureri de spate [25].

Printre cele mai comune metode de a evalua postura întâlnite în literatura de specialitate sunt platformele de forță pentru echilibru [8] precum și utilizarea de goniometre și înclinometre,

curbe flexibile, bandă de măsurat și fotografierea posturii în sine [7;9] Myers [19] afirmă că postura, în picioare sau așezat nemișcat nu există pentru că oamenii nu sunt niciodată în nemișcare. Cu alte cuvinte, oamenii sunt mereu în mișcare, de echilibrare și de adaptare. Nemișcarea, echilibrul și modele repetate ale mișcării de stabilizare sunt toate considerate ca fiind postură.

Jose Luis Pimentel do Rosario [22] în cele douăzeci și două de articole mai relevante a descris 11 tipuri de tehnologii, și anume, placa de forță, fotografia, echere, înclinometre și bandă, analiza 3D cu raze X, senzori, electromiografia, kinect, imagistică prin rezonanță magnetică, tomografie computerizată 4D, și prelevări în infraroșu.

Revizuiind literatura de specialitate am găsit numeroase metode de determinare posturală unele fiind mai rudimentare pe când altele folosesc tehnologii de ultimă generație. Toate metodele de determinare posturală prezentau atât avantaje cât și dezavantaje, unele fiind invazive, altele fiind scumpe, pe când unele neinvazive, cum ar fi plăcile de forță necesită cuplarea cu alte metode pentru a avea acuratețe.

În încercarea de a determina cât mai exact posturile specifice loturilor sportivilor studiați am folosit în combinație, după cum se sugerează și în literatură, mai multe metode și tehnologii neinvazive, aflate în dotarea Laboratorului de Ergoinginerie din cadrul Departamentului de Mecatronică.

3. INSTRUMENTE UTILIZATE ÎN SOLUȚIONAREA OBIECTIVELOR TEZEI

O biomecanică corectă a piciorului este responsabilă pentru menținerea posturii corpului și pentru distribuția simetrică a presiunii plantare [28]. Mai mult, exercită un efect important asupra controlului postural static (în ceea ce privește poziția ortostatică) și dynamic [13;18;29]. Mai mult decât atât, în conformitate cu Bricot [4], problemele posturale pot începe la nivelul picioarelor (ascendent: mers antalgic sau șchiopătat) sau la nivelul capului (descendent: ochii; sistemul vestibular, articulația temporomandibulară). Cu toate acestea, chiar și atunci când problema vine de la nivelul capului, picioarele sunt afectate, și de asemenea necesită tratament [4]. Principiul este de a cartografia presiunea suprafeței plantare, care, în mod indirect, indică anomaliile posturale importante [11;17].

Analiza baropodometrică computerizată înregistrează amprenta plantară și a forțelor de reacție cu solul. Această analiză permite determinarea procentului din greutatea susținută de fiecare picior și raportul de simetrie.

Baropodometrul este alcătuit dintr-o platformă de detectare cu o lungime de 160cm și 40cm lățime, conținând 25600 de senzori de presiune, alături de un sistem optoelectronic format dintr-o cameră video[30].

În cadrul analizei biometrice ortostatice, subiectul trebuie să stea pe placa de presiune și să rămână într-o poziție naturală relaxată timp de 5 secunde pentru a se determina examenul static, exprimat ca un calcul al mediei oscilațiilor subiectului.

Tehnologia baropodometrică este tot mai des folosită în alte specializări, cum ar fi științele sociale[5], psihologie [15;16], în ramuri medicale ca oftalmologia și neurologia, la pacienți cu dizabilități, hemipareze și patologii maxilofaciale [10], unde detectează diferite profile de distribuție a tensiunilor, utile programelor terapeutice și în cercetare[1;2].

Termografia este o tehnică noninvazivă, non contact care se încadrează în categoria metodelor de diagnostic pasiv, la care aparatul nu acționează deloc asupra subiectului, ci doar primește informații de la acesta. Termografia presupune preluarea imaginii termice a unui obiect sau a corpului uman și convertirea imaginii obținute în frecvențe din domeniul vizibil, pentru care ochiul prezintă sensibilitate spectrală. Imaginea care rezultă este digitală și necesită un echipament de preluare, prelucrare și stocare a informației.

Termografia computerizată este o metodă funcțională de diagnostic imagistic din familia EKG, EEG, EMG, care explorează termogeneza celulelor umane în condiții de sănătate

și boală. Imagistica cu raze infraroșii este utilizată de câteva decenii pentru a monitoriza distribuția temperaturii la suprafața corpului [24;27].

Aparatul termografic folosit este un aparat **FLIR B200** și prezintă o tehnică care sesizează și înregistrează pe film zonele calde și reci ale organismului prin metode de detectare a radiațiilor infraroșii care reacționează la circulația sanguină.

Principalele caracteristici tehnice ale acestui aparat sunt următoarele:

- rezoluție de 200X150 pixeli;
- 2X zoom digital;
- cameră digitală integrată;
- posibilitatea de a se face adnotații;
- ecran de tip “touch screen”;
- lentile infraroșii interschimbabile de 25° și opționale de 15° și 45° [33].

Aparatul FLIR B200 măsoară temperaturi de la -20° la +120°. Camera digitală integrată (de 1,3 Mpixeli) permite observarea și inspectarea mai rapidă și mai ușoară, și în plus prezintă sistemul “picture in picture” care permite suprapunerea stratului infraroșu peste imaginea vizuală. Zonele intens evidențiate în roșu reprezintă regiunile în care temperatura este mai ridicată, adică zonele de contractură musculară, iar regiunile reprezentate în culori mai reci: albastru, verde, reprezintă regiunile în care temperatura corpului este mai scăzută.

Sistemul de examinare a coloanei vertebrale **Zebri CMS-HS** și programul aferent **Winspace** [32] determină coordonatele spațiale ale proceselor spinoase ale vertebrelor.

Sistemul constă din:

- centura lombară care emite impulsuri de ultrasunete;
- un stativ format din trei microfoane cu ultrasunete pentru a verifica mișcările coloanei vertebrale;
- un pointer cu două emițătoare de ultrasunete;

Emițătoare trimit impulsuri de ultrasunete la intervale regulate, care sunt înregistrate de microfoane (frecvența de măsurare este de 100 Hz).

Software-ul de măsurare **WINSPINE** înregistrează și stochează coordonatele spațiale ale microfoanelor, iar coordonatele spațiale ale proceselor spinoase sunt calculate din acestea generând un raport care oferă informații cu privire la poziționarea conturului spatelui pe plan sagital, frontal și pe plan orizontal.

Alți parametri de ieșire sunt: cifoza coloanei vertebrale toracice, lordoza coloanei vertebrale lombare, înclinarea părții superioare a corpului, unghiul sacral, oblicitățile pelvine și ale umerilor, scolioza laterală, mobilitatea bazinului și a coloanei vertebrale; parametrii similari metodei Cobb [26].

4. DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A DIFERENȚELOR POSTURALE PE RAMURI SPORTIVE

Determinările au fost efectuate pe trei loturi sportive (12 baschetbaliști, 13 voleibaliști și 9 fotbaliști), ce reprezentau Timișoara în prima ligă națională.

Toți sportivii examinați erau apti fizic, având vizitele medicale la zi în momentul prelevării datelor.

Datorită lotului redus de fotbaliști am eliminat din subiecții celorlalte două sporturi aleator câțiva sportivi cât și pe unii ce erau formați pe anumite posturi specifice (pivoți în cazul baschetbaliștilor și libero în cazul voleibaliștilor), pentru a ajunge la un număr egal de subiecți și toți având membrul îndemânatic pe partea dreaptă.

Mijloacele experimentale de investigare posturală utilizate au fost: baropodometrul electronic (placă de forță) în urma căruia am obținut 29 de parametri pentru fiecare dintre cei 27 de sportivi analizați (783 valori), sistemul cu ultrasunete „Zebri” în urma căruia am obținut 23 de parametri pentru fiecare sportiv (621 valori) iar cu aparatul termografic FLIR B200 am

prelevat capturi termografice pe sportivi după efectuarea antrenamentului specific ramurii sportive, fotografiile termice de pe care am analizat 28 de arii musculare (din vedere frontală și posterioară) pentru fiecare dintre cei 27 de sportivi pentru care am analizat temperaturile medii (756 valori).

Pentru valorile celor 49 de parametri obținuți în urma determinării posturale ortostatice cu cele două aparate am efectuat un test pentru coeficientul de corelație Pearson (PCC) sau corelația bivariată statistică folosind software-ul SPSS de la IBM, pentru a determina care dintre parametrii celor două aparate de determinare posturală prezintă o corelare directă.

După ampla analiză statistică am selectat acei parametri ce s-au încadrat în valoarea coeficientului Pearson $>0,05$ și i-am comparat grafic și statistic pe cele trei ramuri sportive.

Pentru valorile obținute în urma prelucrării fotografiilor termice am efectuat cu același software (SPSS) un test „T independent” pentru determinarea temperaturilor grupelor musculare.

Se observă că valorile medii ale:

- parametrilor antropometrici obținuți (cap.4.1): greutatea, înălțimea (talie), mărimea la pantofi, lungimea coloanei vertebrale și lungimea segmentului vertebral lombar, înregistrează valori cu tendință crescătoare pornind de la fotbaliști spre baschetbaliști. Corelarea statistică liniară este pozitivă, exceptând lungimea toracică liniar negativă față de lungimea lombară;
- rotația pelviană/umăr, oblicitatea pelviană și oblicitatea pelviană/umăr (cap.4.2) prezintă diferențe între cele trei sporturi, la fotbal și baschet înregistrându-se valori asemănătoare, iar voleiul are valori mai mici; torsiunea pelviană are valoarea cea mai mică la baschet și de peste două ori mai mare la fotbal; cea mai pronunțată corelare pozitivă s-a observat între oblicitatea pelviană cu cea pelviană/umăr;
- diferențele de înălțime pelviană și de înălțime a umerilor la subiecții de la volei și baschet înregistrează valori mai mari pe partea stângă; la fotbal valorile înregistrate au o pondere ușor dominantă pe partea stângă; diferența de înălțime pelviană stânga are corelare liniară pozitivă medie cu rotația pelviană/umăr, deformarea scolioțică stânga, înclinarea laterală dreapta și unghiul sacral; diferența de înălțime pelviană dreapta prezintă o corelare liniară pozitivă medie cu oblicitatea pelviană/umăr și cu oblicitatea pelviană, și o corelare foarte slabă cu unghiul piciorului stâng; diferența de înălțime la nivelul umărului drept are o corelare liniară negativă medie față de oblicitatea pelviană și umărul stâng pentru toate ramurile sportive;
- cele mai mici distanțe medii ale omoplaților față de planul frontal au fost înregistrate la volei cu valori mai mari pentru omoplatul drept; la fotbal și baschet distanțele medii au fost mai mari la omoplatul stâng; s-a observat o corelare directă liniar pozitivă puternică stânga/dreapta; pentru partea dreaptă s-au observat corelări slabe cu oblicitatea pelviană/umăr și cu oblicitatea pelviană; diferențele medii ale distanțelor dintre omoplați sunt din nou mai mici la volei și au o corelare liniar negativă medie cu deformarea scolioțică dreapta; parametri legați de poziția omoplaților nu au nici o corelare cu talia sportivilor;
- cifoza toracică se încadrează în limitele normale la toate sporturile cu observația că la volei sunt la limita superioară; lordoza lombară este la limita normală inferioară pentru fotbal și baschet; voleibaliștii depășesc cu-3 grade intervalul valorilor normale, curbura având o ușoară tendință spre lordoză „plată”; unghiului sacral la baschetbaliști și voleibaliști se află în intervalul normal antropometric, la fotbaliști depășind intervalul cu aproape 4° spre „plată”; cifoza toracică este liniar pozitivă în corelare cu lungimile zonelor lombare și toracice, și liniar negativă față de lungimea totală a coloanei și de deformarea scolioțică dreapta; lordoza lombară față de unghiul sacral și lungimea regiunii lombare înregistrează valori liniar pozitive iar față de lungimea coloanei și lungimea toracică, valori negative; cifoza și lordoza au corelări cu lungimile zonelor aferente lor; unghiul sacral pare a fi corelat liniar negativ cu lungimea coloanei, liniar pozitiv cu lordoza lombară și nu are nici o corelare cu cifoza toracică; unghiul sacral este mai mare la fotbaliști, valoarea acestuia scăzând pe măsură ce mărimile antropometrice medii ale sportivilor cresc; toate valorile unghiulare ale coloanei vertebrale se

corelează cu lungimea coloanei la toate ramurile sportive;

- înclinarea totală a trunchiului este spre partea frontală la toate ramurile sportive, voleiul înregistrând valoarea maximă și are o corelare slabă doar cu unghiul picioarelor; în cazul înclinării laterale avem valori medii mai mari pe partea stângă decât pe dreapta la toate loturile de sportivi, cele mai mici observându-se în cazul fotbaliștilor; aceasta prezintă corelări liniare pozitive cu rotația pelviană/umăr și o puternică corelare liniară pozitivă a înclinării drepte cu diferența de înălțime pelviană stânga;
- deformarea scoliotică stânga/dreapta este similară la fotbal și volei; la baschet ponderea este pe partea stângă cu o valoare semnificativ mai mare; deformarea scoliotică dreapta are o corelare medie, negativă, cu cifoza toracică la fel și față de diferența distanței dintre omoplați; deformarea scoliotică stângă prezintă o corelare pozitivă medie cu diferența înălțimii pelviene stânga și o slabă corelare cu înclinarea laterală dreapta;
- suprafeța plantară (cap.4.3) creștere în raport cu mărimile antropometrice, raportul fiind mai mare între baschet și volei decât între volei și fotbal;
- presiunile maxime nu au corelare cu mărimile antropometrice, cele mai mari fiind la baschet și volei ele având valori foarte apropiate; corelările suprafeței plantare sunt negativ medii cu presiunile medii, maxime plantare și cu deformarea scoliotică dreapta; comparativ cu cifoza toracică are o corelare slabă liniar pozitivă; presiunea maximă și medie se corelează slab cu unghiul sacral și lungimea coloanei, cu lordoza lombară corelându-se mediu negativ.
- unghiul CoF pentru toate cele trei ramuri sportive se încadrează pozitiv în intervalul normal de referință, neavând nici o corelare cu valorile unghiulare date de sistemul Zebris; unghiul picioarelor se corelează ușor negativ cu diferența înălțimii umărului stâng și înclinarea totală a trunchiului și prezintă o corelare liniar negativă cu unghiul piciorului drept și pozitivă cu unghiul axelor piciorului stâng și drept;
- suprafețele și presiunile plantare sunt distribuite cantitativ mai mult pe partea posterioară la toate cele trei sporturi; suprafețele au o pondere mai
- mare pe dreapta la toate ramurile, iar presiunile valori mai mari la volei cât și o pondere pe partea stânga a suprafeței; suprafața plantară frontală a piciorului drept se corelează liniar negativ cu deformarea scoliotică dreaptă, cea posterioară se corelează liniar pozitiv cu cifoza toracică; suprafețele totale ale piciorului stâng/drept se corelează cu lordoza lombară, cea stângă înregistrând o valoare liniar negativă medie și cea dreaptă aceeași valoare însă pozitivă; aceeași corelare se observă și cu unghiul sacral; presiunea plantară absolută, posterioară dreapta se corelează cu torsiunea pelviană liniar pozitiv mediu; presiunile plantare totale relative se corelează cu torsiunea pelviană și suprafața plantară cu lordoza lombară și unghiul sacral;
- unghiul piciorului este considerabil mai mare la fotbaliști pentru ambele picioare față de celelalte două ramuri sportive; toate ramurile sportive au valori mai mari la piciorul dominant; axa picioarelor este mai mare în cazul tuturor sporturilor la piciorul dominant, în special la voleibaliști; unghiul piciorului stâng raportat la cel al piciorului drept are corelare directă pozitivă medie; tot piciorul stâng se corelează cu torsiunea pelviană și moderată cu unghiul sacral, ambele corelări fiind pozitive; unghiul piciorului stâng și drept se corelează cu înălțimea taliei, liniar negativ peste medie; unghiul piciorului drept mai are corelare pozitiv medie cu lordoza lombară și liniar negativă cu presiunea plantară posterioară și unghiul axei piciorului drept; pentru unghiurile axelor picioarelor la cel stâng, am găsit o corelare negativă puternică cu suprafața lui frontală și o corelare pozitivă medie cu suprafața lui totală și cu oblicitatea pelviană /umăr; la piciorul drept avem corelare liniar pozitivă medie cu lungimea toracică și corelări liniar negative medii cu lungimea lombară și nivelul lordozei lombare.

În urma analizei asimetriei/simetriei musculare prin termografie (cap.4.4), am constatat că la nivelul tuturor grupelor musculare analizate avem asimetrii musculare atât pe partea stângă cât și pe dreapta la toate sporturile. În cazul multor grupe am înregistrat și subiecți cu valori simetrice. Între ramurile sportive am înregistrat o pondere diferită la nivelul tuturor grupelor musculare, exceptând la grupa extensorilor unde toate ramurile au avut aceeași pondere

stânga/dreapta și la nivelul gambelor unde cei de la volei cu cei de la baschet au prezentat o pondere identică predominantă pe partea stângă.

Ca și pondere totală fotbalistii au înregistrat asimetrie predominant spre partea stângă. Voleiul în schimb a înregistrat dominanță spre partea dreaptă. Baschetbaliștii au înregistrat cea mai mare asimetrie spre partea stângă dintre cele trei ramuri.

5. ANALIZA BIOMECHANICĂ A POSTURII

În prima parte a capitolului 5 am prezentat noțiuni generale de biomecanică statică și dinamică.

În cadrul analizelor biomecanice se observă că centrul de masă (cap.5.7) la toți cei trei subiecți este pe partea stângă a corpului în plan sagital, acesta deplasându-se o dată cu creșterea taliei lor față de axă. Tot în strânsă legătură cu înălțimea, centrul de greutate urcă pe axa Y, această creștere neraportându-se direct la înălțimea sportivilor. Fotbaliștii au înregistrat un raport între înălțimea centrului de greutate și înălțime mai mic decât la celelalte sporturi.

Ponderea majoritară pe partea stânga a coordonatelor obținute în urma determinării centrului de masă a unui reprezentant de înălțime și greutate medie pentru fiecare ramură sportivă validează datele obținute în capitolele anterioare.

După efectuarea simulării dinamice inverse (cap.5.8) se observă că la nivelul mușchiului „quadratus lumborum” modelul de referință AnyBody are valori similare stânga/dreapta, ușor mai mari pe partea stângă. Toți sportivii au înregistrat valori semnificativ mai mari pe partea stângă a grupei musculare, gradual mai mari de la fotbal spre baschet. Pentru grupa „multifidi” modelul are valori egale stânga/dreapta, sportivii având valori mai mari pe partea dreaptă din nou gradual mai mari de la fotbal spre baschet. Grupa „erector spinae” are aceleași tendințe ca și grupa „multifidi” cu observația că toate sporturile înregistrează valori sub modelul de referință.

La nivelul grupelor brațelor, bicepsii și extensorii, au aceeași tendințe. Modelul de referință are valori similare stânga/dreapta, pe când toate sporturile au valori mai mari pe dreapta, acestea crescând gradual de la fotbal spre baschet. Similar grupelor brațelor se comportă și grupa bicepsilor femurali cu observația că în afară de baschet celelalte sporturi au valori sub modelul de referință.

Mușchii gambelor modelului de referință au înregistrat valori mai mari decât la toate sporturile, ușor mai mari pe partea dreaptă. Fotbalul și voleiul au valori tot ușor mai mari pe partea dreaptă pe când în cazul baschetului s-au înregistrat valori identice stânga/dreapta.

La cvadricepsii am înregistrat valori atât pentru piciorul stâng cât și pentru piciorul drept la toți sportivii și pentru modelul AnyBody. Însă în cazul jucătorilor de baschet și al modelului AnyBody, pe ambele picioare valorile sunt nesemnificative în comparație cu valorile obținute pentru piciorul drept al jucătorilor de fotbal și volei. Acestea sunt foarte mari în comparație cu valorile de la piciorului lor stâng sau oricare dintre picioarele baschetbalistului și modelului de referință, celelalte valori fiind extrem de mici.

Prin modelare/simulare s-a evidențiat teoria catenelor musculare încrucișate conform căreia în timpul ciclului de mers și pentru menținerea echilibrului postural distribuția încărcărilor parcurge un ciclu de la grupele musculare superioare din partea dreaptă a trunchiului spre cele din partea inferioară stânga și invers.