

ANALIZA MIȘCĂRILOR ÎN TIMPUL LOCOMOȚIEI LA NIVELUL MEMBRULUI INFERIOR

Drd. ing. Alexandru Constantin TULICĂ¹, Prof.univ.dr.ing. Ileana- Constanța ROȘCA²

^{1,2} Universitatea „Transilvania” din Brașov, România

REZUMAT. Lucrarea prezintă informații despre biomecanica membrilor inferioare al corpului uman- ce reprezintă poziția bipedă- ortostatică, cum este definită, apoi se vor identifica tipurile de mișcări la nivelul membrilor inferioare; analiza biomecanicii articulației șoldului, genunchiului și gleznei. Totodată se vor identifica modele biomecanice ale articulațiilor membrilor inferioare.

Cuvinte cheie: articulații, mișcări, locomoție, biomecanică.

ABSTRACT. The paper presents information about the biomechanics of the lower limbs of the human body - which represents the bipedal-orthostatic position, as it is defined, then the types of movements at the level of the lower limbs will be identified; analysis of hip, knee and ankle joint biomechanics. At the same time, biomechanical models of the joints of the lower limbs will be identified.

Keywords: joints, movements, locomotion, biomechanics, lower limb.

1. INTRODUCERE

Biomecanica a fost definită ca fiind studiul mișcării ființelor vii folosind știința mecanicii (Hatze, 1974). Mecanica este o ramură a fizicii care se preocupă de descrierea mișcării și de modul în care forțele creează mișcarea. Forțele care acționează asupra ființelor vii pot crea mișcare, pot fi un stimul sănătos pentru creștere și dezvoltare sau pot suprasolicita țesuturi, provocând traumatisme.

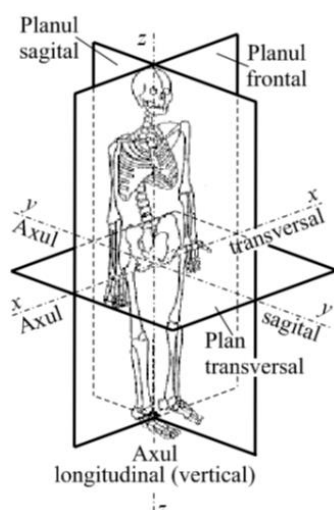
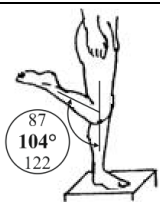
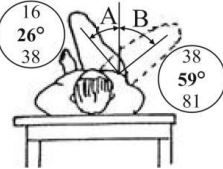
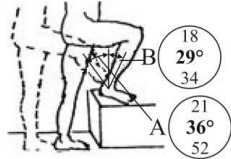
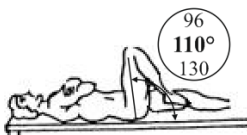


Fig. 1.1. Axe și planuri ale corpului uman [2].

Biomecanica oferă instrumente conceptuale și matematice care sunt necesare pentru înțelegerea modului în care se mișcă ființele vii și a modului în care profesioniștii din kinesiologie ar putea îmbunătăți mișcarea sau pot face mișcarea mai sigură. [1]

Poziția anatomică sau bipedă- ortostatică a corpului uman este definită ca fiind cea poziție pe vertical, membrele superioare ce atârnă pe lângă corp, privirea înainte, iar mâinile în supinație, de aici se poate preciza faptul că, organismul uman este un corp tridimensional, ce prezintă trei axe și trei planuri spațiale principale, prezentate în figura 1.1. [2]

La nivelul membrilor inferioare ale corpului uman se pot realiza următoarele mișcări, conform tabelului următor.

Nr. crt.	Mișcarea/segment	Reprezentare
1.	Flexia genunchiului	
2.	Adducția (A) și abducția (B) șoldului	
3.	Flexia (A) și extensia (B) gleznei;	
4.	Flexia șoldului	

2. BIOMECANICA ARTICULAȚIILOR MEMBRELOR INFERIOARE

Mișcările posibile ale articulației șoldului sunt flexia și extensia (figura 2.1) în jurul axei transversale, adducția și abducția (figura 2.2) în jurul axei anteroposterioare și rotația medială și laterală (figura 2.3) în jurul axei verticale. Cele trei axe se intersectează în centrul capului femural. Deoarece capul se află într-un unghi față de femur, toate mișcările implică o rotație comună a capului femoral. [3]

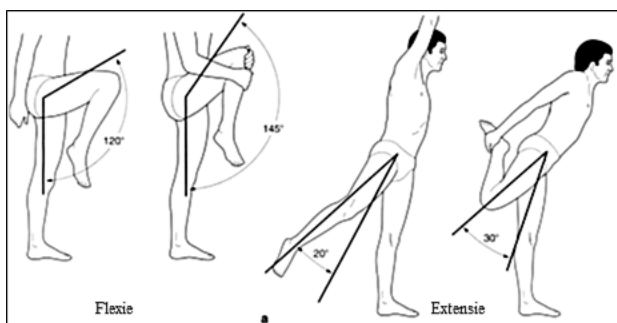


Fig. 2.1. Flexia și extensia articulației șoldului [3].

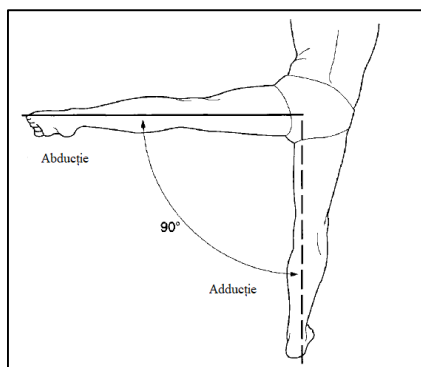


Fig. 2.2. Abducția și adducția șoldului [3].

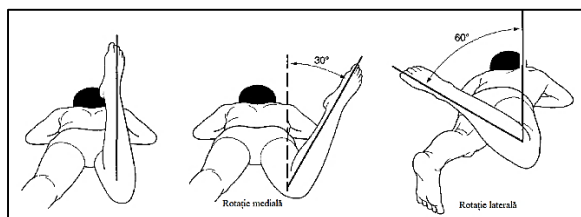


Fig. 2.3. Rotația articulației șoldului [3].

În modelul de poziție de sprijin pe un singur picior al lui Pauwels (Figura 2.4), el a presupus că F_R care acționează asupra capului femural este creat de greutatea parțială a corpului (F_{G5} = greutatea corpului minus greutatea piciorului) și forța mușchilor abductori (F_M). F_R acționează direct în centrul de rotație al articulației șoldului (HRC), care corespunde aproximativ cu centrul capului femural.

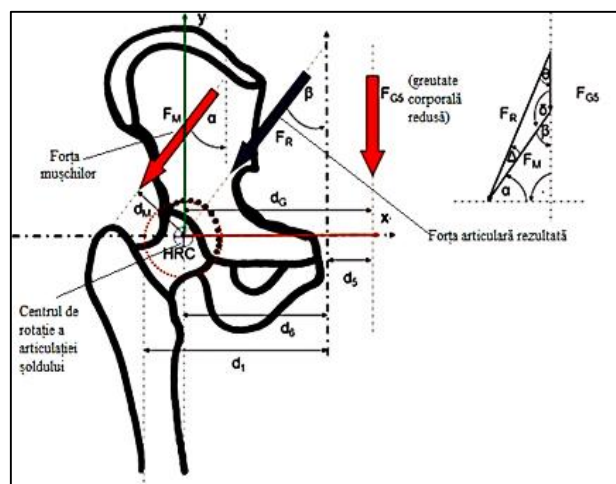


Fig. 2.4. Modelul Pauwels [4].

Pauwels a subliniat că un echilibru normal al șoldului este atins atunci când momentul greutății organismului F_{G5} este echilibrat de momentul forței abductoare F_M față de centrul de rotație HRC:

$$F_{G5} \cdot d_5 = F_M \cdot d_M \quad (2.1)$$

Direcția F_R este de-a lungul unei linii drepte care unește centrul de rotație al capului femural și punctele de intersecție ale liniilor de acțiune ale F_M și F_{G5} (figura 2.4). Modelul lui Pauwels se concentrează pe poziția cu un singur picior. Cu toate acestea, întrebările despre modelul lui Pauwels apar prin simplitatea sa și lipsa de date privind structurile anatomice 3D. Mărimea F_R depinde în esență de F_M , de greutatea parțială al corpului uman, F_{G5} și de lungimile brațelor respective. Pentru un corp uman normal într-o anumită postură statică în picioare, greutatea parțială, acționează prin brațul pârghiei d_5 . Dar forța mușchiului abductor, care acționează prin brațul pârghiei d_M , nu este fixă. Modelul lui Pauwels nu definește o poziție specifică pentru linia de acțiune a mușchiului abductor și este limitat la proiecțiile 2D ale unei situații anatomice 3D. [4]

În ceea ce privește mișcările genunchiului, trebuie luate în considerare două articulații separate: cea dintre femur și tibie, care este cea mai importantă, deoarece controlează membrul inferior și cea dintre rotulă și femur, cu rotula ce acționează ca un scripete pentru tendonul cvadricepsului, schimbându-și linia de acțiune.

Principalele mișcări care apar la articulația genunchiului sunt flexia și extensia (figura 2.5), împreună cu o cantitate limitată de rotație activă atunci când articulația este flexată. În consecință, se numește o articulație articulată modificată. Diferă de o articulație tip balama, de exemplu articulațiile interfalangiene, nu numai datorită rotației care are loc, ci și datorită faptului că axa în jurul căreia se produce mișcarea, împreună cu zona de contact dintre suprafețele articulare, se mișcă în timpul extensiei și flexiei înainte și înapoi; respectiv

ANALIZA MIȘCĂRILOR ÎN TIMPUL LOCOMOȚIEI LA NIVELUL MEMBRULUI INFERIOR

schimbarea poziției axei de rotație se datorează razei de curbură în continuă schimbare a condililor femurali. În plus, există o rotație pasivă însoțitoare a articulației spre sfârșitul extensiei. [3]

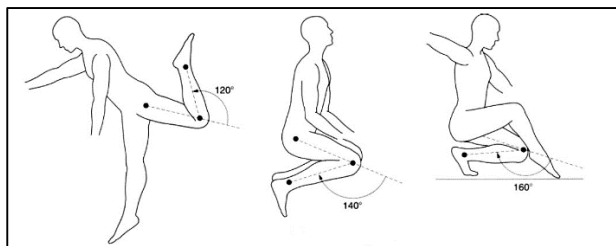


Fig. 2.5. Flexia și extensia articulației șoldului [3].

Mișcarea condililor femurali se realizează printr-o combinație de acțiuni de rulare și alunecare, raportul dintre rulare și alunecare schimbându-se în timpul flexiei și extensiei (figura 2.6). Începând cu extensia completă, condili femurali încep să se rostogolească fără a aluneca, iar apoi mișcarea de alunecare devine progresiv mai importantă, astfel încât spre sfârșitul flexiei, condili alunecă fără a se rostogoli. Există, totuși, diferențe între condili în ceea ce privește măsura acțiunii lor de rulare. Pentru condilul medial, rularea pură are loc numai în timpul 10-15° inițial de flexie, în timp ce pentru condilul lateral continuă până la 20° flexie. Acest 15-20° inițial de rulare corespunde intervalului normal de mișcare în timpul fazei de susținere a mersului, atunci când stabilitatea este principală. [3]

Modelul cu arc elastic bidimensional utilizat pentru a determina presiunea suprafeței articulare și tensiunea țesuturilor moi în articulația genunchiului se identifică în figura 2.8. Cartilajul de-a lungul suprafeței de contact a îmbinării a fost presupus a fi o serie de arcuri liniare. Atât grupurile de mușchi cvadriceps, cât și cei de la ischiori pot contracta în baza condițiilor asumate. Tensiunile ligamentului colateral medial (MCLF) și ale ligamentului colateral lateral (LCLF) sunt calculate pe baza orientării articulației și a locației forței gravitaționale a corpului superior în raport cu articulația genunchiului. [5]

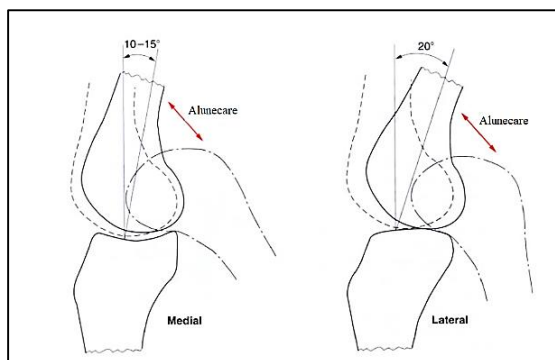


Fig. 2.6. Mișcarea condililor femurali [3].

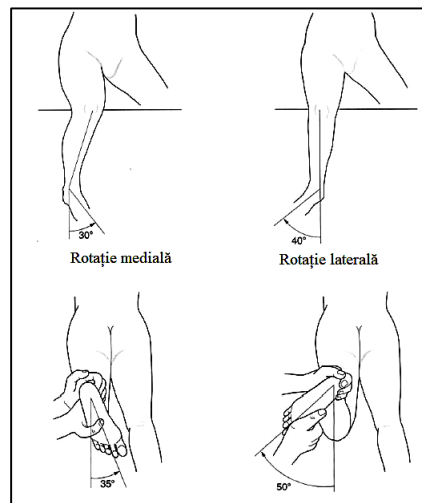


Fig. 2.7. Mișcarea de rotație axială [3].

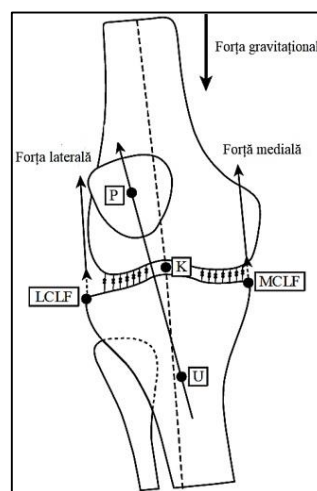


Fig.2.8. Modelul cu arc elastic bi-dimensional [5].

Mișcarea la nivelul articulației gleznei are loc în jurul unui nivel al axei transversale cu vârful maleolei laterale și ușor sub nivelul maleolei mediale. Strict vorbind, axa nu este orizontală, ci înclină ușor în jos și lateral, trecând prin suprafața laterală a astragalului chiar sub vârful triunghiului articular și prin suprafața medială la un nivel superior. De asemenea, axa se schimbă ușor în timpul mișcării, deoarece suprafața superioară a astragalului este eliptică mai degrabă decât arcul unui cerc.

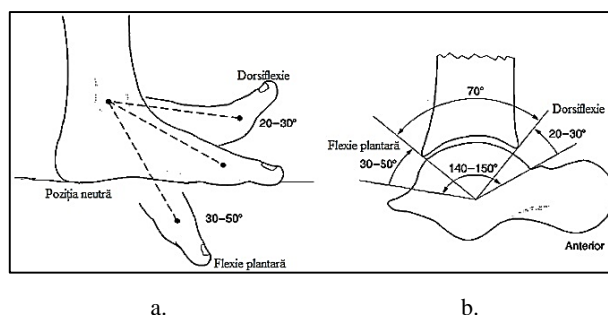


Fig. 2.9. Mișcări la nivelul articulației gleznei (a); parametrii geometrici (b). [3].

Mișcările posibile la articulația gleznei sunt dorsiflexia și flexia plantară a piciorului printr-un interval maxim care se apropie de 90°.

În poziția normală în picioare, piciorul face un unghi drept cu piciorul; aceasta este poziția neutră a articulației (Fig. 2.9., a). În dorsiflexie piciorul este tras în sus spre picior; flexia plantară este mișcarea în direcția opusă față de poziția neutră. Intervalele de dorsiflexie și plantarflexie sunt determinate în esență de profilurile suprafețelor articulare: dorsiflexie având un interval de 30°, iar plantarflexie un interval de 50°. Cu toate acestea, există variații individuale considerabile în ceea ce privește întinderea acestor mișcări (Fig. 2.9., b).

Pe lângă plantarflexia și dorsoflexia, se pot realiza alte patru tipuri de mișcări, anume abducția și adducția, supinația și pronția (Fig. 2.10).

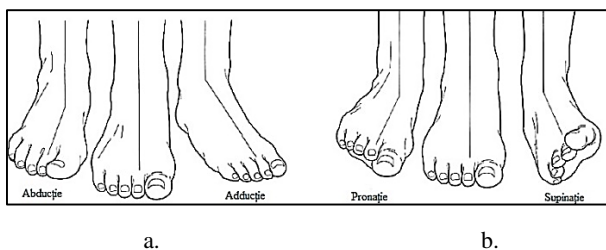


Fig. 2.10. Mișcări la nivelul articulației gleznei: abducție-adducție (a); pronție-supinație (b) [3].

Se poate realiza un model biomecanic simplu al piciorului și gleznei (figura 2.11), pentru deter-

3. CONCLUZII

Biomecanica este o disciplină complexă ce combină anatomia- fiziologia corpului uman cu mecanica acestuia.

S-au identificat tipuri de mișcări la nivelul membrului inferior, anume la articulația genunchiului, șoldului sau gleznei, s-au adus în prim-plan modele biomecanice, anume modelul Pauwels de la nivelul articulației șoldului, ce precizează că un echilibru normal al șoldului este atins atunci când momentul greutatei organismului este echilibrat de momentul forței abductoare față de centrul de rotație; modelul arc elastic al articulației genunchiului ce este utilizat pentru a determina presiunea suprafeței articulare și tensiunea țesuturilor moi sau modelul biomecanic al articulației gleznei ce poate oferi estimări realiste, dar generalizate, ale mărimii forțelor care acționează asupra complexului articulației gleznei.

minarea forțelor care acționează asupra articulației gleznei. Deci F_{at} este forța tendonului lui Ahile, F_j este forța de contact comun și F_{gr} forța de reacție la sol. Unghiurile α și γ reprezintă unghiurile vectorilor de forță cu direcția axei y date. [6]

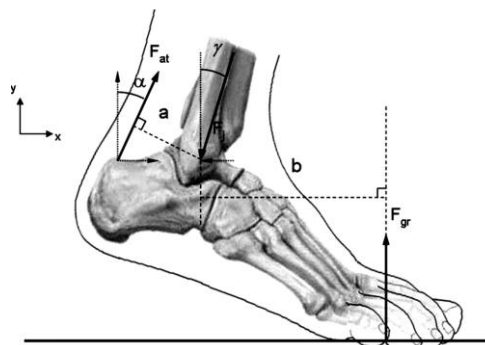


Fig. 2.11. Forțele articulației gleznei [6].

Modelele biomecanice simple ale gleznei și piciorului pot oferi estimări realiste, dar generalizate, ale mărimii forțelor care acționează asupra complexului articulației gleznei. Aceste modele utilizează o diagramă a corpului liber (figura 2.11), care include doar câteva dintre toate structurile portante. Modelul din figura anterioară, de exemplu, reprezintă sfârșitul fazei de poziție în timpul mersului sau faza de poziție în urcarea scârilor. Sunt incluse forța de reacție la sol F_{gr} , forța în articulația TCJ (articulația talocrurală) F_j și forțele din tendonul lui Ahile F_{at} . [6]

BIBLIOGRAFIE

- [1] Duane Knudson, *Fundamentals of Biomechanics*, Second Edition, (2007), Springer
- [2] Ileana Constanța Roșca, Ionel Șerban, *Fundamente de biomecanică* (2015), Editura Universității Transilvania Brașov
- [3] Nigel Palastanga, Derek Field, Roger Soames, *Anatomy And Human Movement - Structure And Function*, FOURTH EDITION, (2002), Butterworth Heinemann
- [4] Jörg Eschweiler, Sascha Gravius, Koroush Kabir, *Application and evaluation of biomechanical models and scores for the planning of total hip arthroplasty* (2012), DOI: 10.1177/0954411912445261.
- [5] Bernard F. Morrey, Daniel J. Berry, Kai-Nan An, Harold B. Kitaoka, Mark W. Pagnano, *Joint replacement arthroplasty*, Volume II: Basic Science, Hip, Knee, and Ankle (2011), LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, a WOLTERS KLUWER business
- [6] Roeland P. Kleipool, Leendert Blankevoort, *The relation between geometry and function of the ankle joint complex: a biomechanical review* (2010), DOI 10.1007/s00167-010-1088-2

Despre autori

Drd. ing. **Alexandru- Constantin TULICĂ**
Universitatea Transilvania, Brașov, România

Tulică Alexandru- Constantin este absolvent al facultății “Design de Prods și Mediu” (promoția 2018- șef de promoție), specializarea Inginerie Medicală, implicit ciclul de master, din cadrul aceleși facultăți, specializarea “Sisteme mecatronice în Industrie și Medicină”. Este inginer din anul 2018, în cadrul instituției “ S.C. Dentalmed Tehnocom S.R.L.” din Brașov, cu specializarea în domeniul sinterizării, mentenanța dispozitivelor din cadrul acestei instituții. A participat la 3 sesiuni de comunicări științifice, una din ele finalizând cu premiul I. A participat de altfel la AFCO, “Absolvenți în fața companiilor”, ediția 2018, unde a luat premiul I la secțiunea Medicină, Inginerie Medicală, Educație Fizică și Sporturi Montane. În prezent este doctorand în cadrul Universității Transilvania, domeniul de studii Inginerie Mecanică, activitatea sa fiind reflectată prin articole publicate, la diverse jurnale și a participat la conferințe, din țară, cât și din afară.

E-mail: alexandrutulica@yahoo.com

alexandrutulica23@gmail.com

alexandru.tulica@unitbv.ro

Prof. univ. dr. ing. **Ileana- Constanța ROȘCA**
Universitatea „Transilvania” din Brașov, Brașov, România

Absolventă a Universității „Transilvania“ din Brașov. Din anul 2000, este profesor la Universitatea „Transilvania“ din Brașov și are competențe în domeniile: Metrologie; Modelarea biosistemelor și metode moderne de măsurare; Biomecanică, proteze și orteze; Ombroscopie optică și tratament statistic de imagine.