

## MODELĂRI STRUCTURALE PRIN MECANISME ARTICULATE A GLEZNEI PICIORULUI UMAN

Petre ALEXANDRU, Dorin DIACONESCU, Ionel ȘTEFAN

Universitatea Transilvania din Brașov

E-mail: alex.p@unitbv.ro

**Keywords:** human foot, ankle, articulated model

**Abstract:** On the ground of the bone structure's analyses of the human foot are being presented the movements permitted by the ankle's joint and are being proposed a series of equivalent mechanical models, actioned by linear actuators. The proposed models are composed from two bodies which materialise the foot and the shank, cylindrically, cardanic, respectively spherically articulated.

### 1. STRUCTURA OSOASĂ A PICIORULUI GLEZNEI

Cele 5 **degete** sunt în articulare cu 5 oase **metatarsiene**, primele trei dintre acestea fiind legate de 3 oase **cuneiforme**, iar ultimele două sunt legate la osul **cuboid** (fig. 1, a). Mergând spre călcâi, cele trei cuneiforme se prind de osul **navicular**, iar cuboidul de osul **calcaneu** [2]. În fine, ultimul os, care face legătura cu calcaneul și navicularul, este **talusul**, având o formă extrem de complexă, preluând direct sarcina (greutatea) de la **gambă** prin oasele **tibia** și **fibula**.

Maleolele tibiei-fibulei împreună cu trahleea talusului formează o articulație cu ax transversal (y), pentru realizarea mișcării de **flexie-extensie** (fig. 1,b).

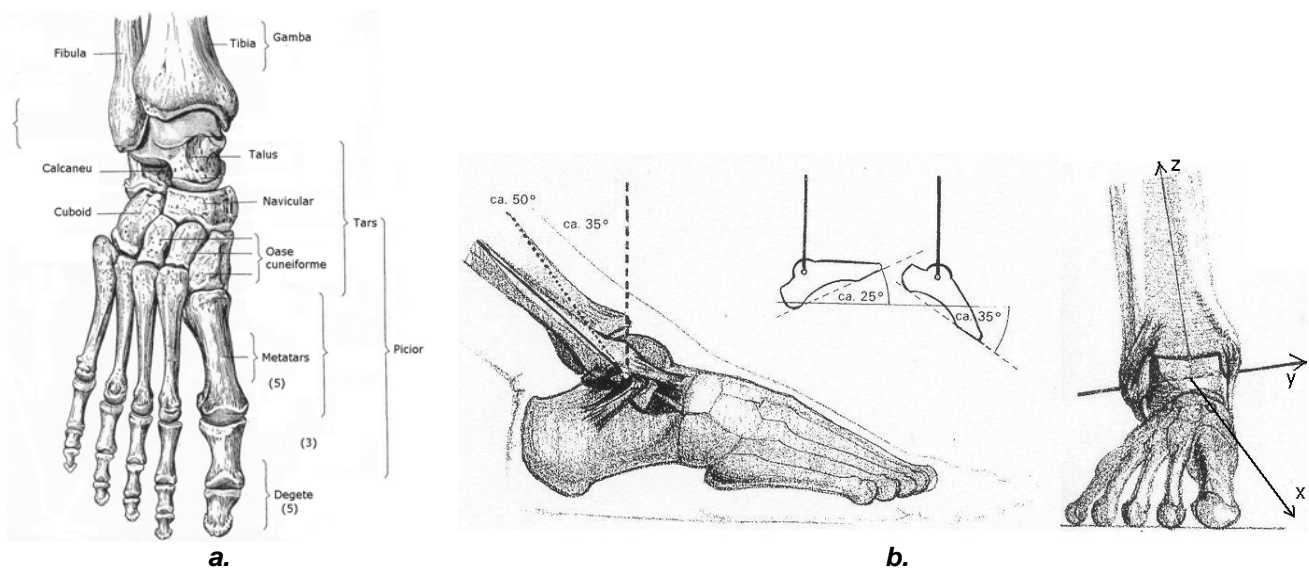


Fig. 1.

Între calcaneu-navicular (anterior) și calcaneu-talus (posterior) se formează o axă de rotație aproximativ longitudinală (x), pentru realizarea mișcării de **pronație-supinație**.

Mișcarea de pivotare (după axa z) nu este specifică gleznei, implicând și articulația genunchiului. Modelarea unei structuri biologice atât de complexe prin structuri mecanice [1] nu poate să fie decât aproximativă.

## 2. MODELE MECANICE ARTICULATE

Modelul mecanic va lua în considerare pentru articulația gleznei doar cele două corpuri, piciorul și gamba, considerate fiecare ca un întreg.

În acest ansamblu oricare din corpuri, piciorul sau gamba, se poate considera fix, celălalt primind mișcările după axa  $y$  și  $x$  (flexia, pronația).

Piciorul „0” se va considera fix, iar gamba 1 mobilă. Variantele de mobilizare cu motoreductoare direct în gleznă (fig. 2,a) nu prezintă interes pentru această lucrare. Se va considera antrenarea cu actuatori liniari, schema cea mai simplă pentru mișcarea de flexie-extensie fiind cea din figura 2,b, toate articulațiile putând fi de rotație (mobilitate  $f=1$ ), bineînțeles, având axele paralele.

Modelul cu actuator din schema **b** poate fi înlocuit cu motor electric (schema **c**) și șurub, rezultând 4 cuple ( $S_bFRR$ ) având suma mobilității  $\Sigma f_i = 5$ , mecanismul rezultat fiind de spațialitate  $S = 4$ , ca atare mobilitatea mecanismului  $M = \Sigma f_i - S = 5 - 4 = 1$ .

În cazul dispunerii unei articulații sferice la gleznă (fig. 2,d), sunt necesare arcuri de stabilizare în plan transversal, mecanismul fiind spațial  $S = 6$ , cu 4 cuple (STRS) și mobilitatea  $M = \Sigma f_i - S = 8 - 6 = 1_{\text{activ}} + 1_{\text{compliantă}}$ .

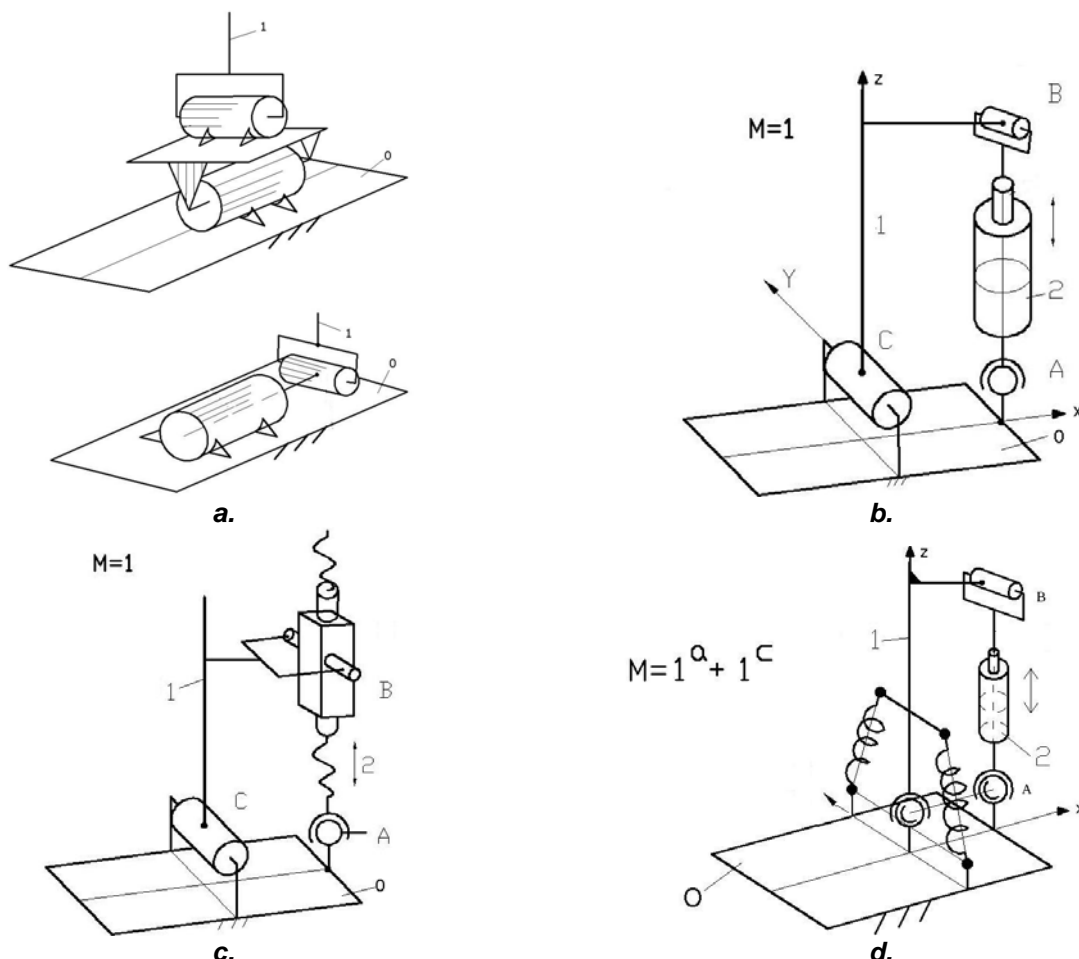


Fig. 2

Structurile cu două mobilități active, adică două surse motoare, producând atât rotația după axa  $y$  (flexia-extensia), cât și după axa  $x$  (pronația-supinația), cu două conture  $k = 2$ , patru cuple sferice, două de translație și una de rotație, având în totalitate

mobilitatea  $\Sigma f_i = 15$ , sunt date în figura 3,a, rezultând deci  $M = \Sigma f_i - kS = 15 - 2 \cdot 6 = 3 = 2^a + 1^p$ .

Dacă în schema **a** cilindrul 2 produce flexia, iar cilindrul 3 – pronția, în schema **b** acționările egale produc flexia, iar acționările inegale produc atât flexia cât și pronția, mobilitatea fiind  $M = \Sigma f_i - kS = 16 - 2 \cdot 6 = 4 = 2^a + 2^p$ .

Schemele echivalente sunt cele din figura 3,c,d, la care mobilitățile rezultate sunt  $M = 2^a + 1^p$ .

Pentru schemele propuse din figura 3,e,f, gamba este dispusă lateral, astfel că relația dintre cele două acționări produc flexia și pronția.

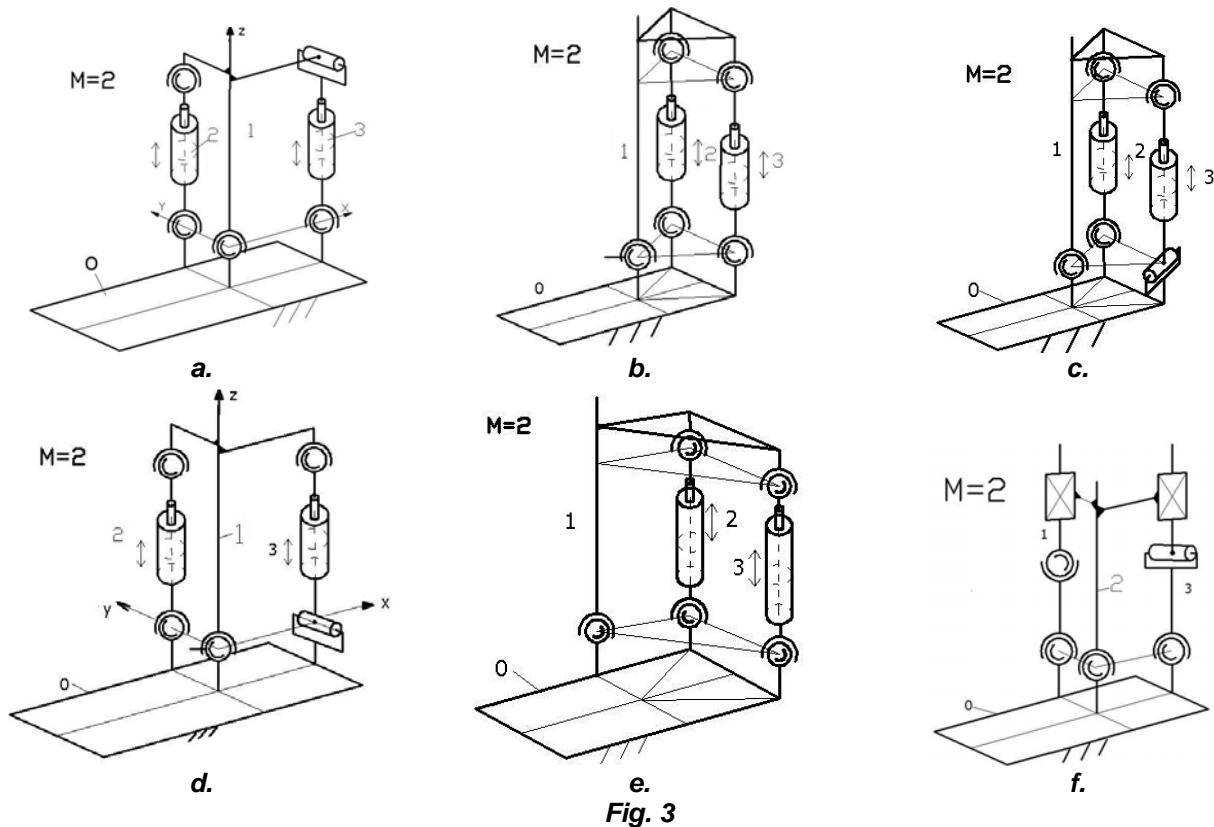


Fig. 3

Modelul din figura 4,a înlocuiește articulațiile sferice prin unele cardanice, astfel că schema dispune de 10 cuple (2S2T6R) având  $\Sigma f_i = 14$ , rezultând  $M = \Sigma f_i - kS = 14 - 2 \cdot 6 = 2$ .

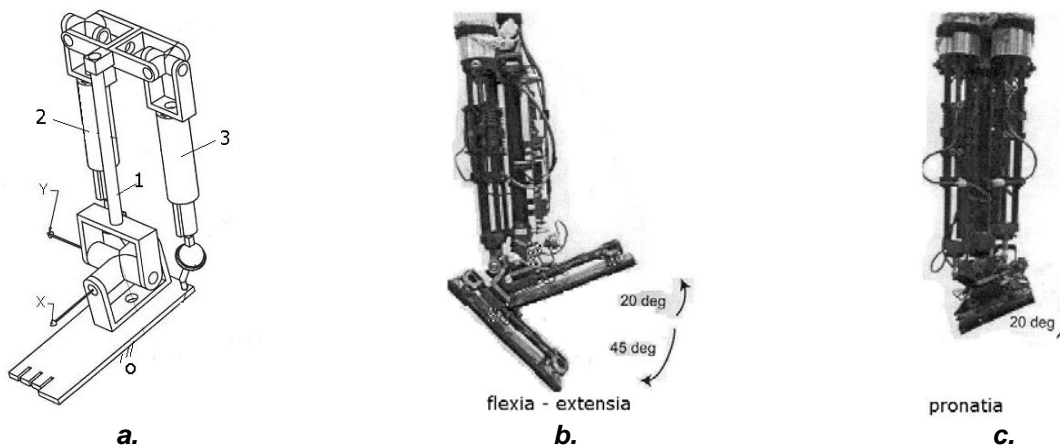


Fig. 4.

Mișcările piciorului robotului biped, în extensie, flexie și pronație, comandate de actuatori liniari sunt evidențiate în figura 4,b,c. Evident schema din figura 4,a este echivalentă schemei 3,b, articulațiile cardanice – mai tehnologice – înlocuind articulațiile sferice.

### **3. CONCLUZII**

Modelele mecanice articulate comandate de actuatori liniari, propuse prin prezenta lucrare, pot fi aplicate la modelarea gleznei și a mișcărilor piciorului uman, optimizarea cinematico-constructivă urmând să decidă variantele viabile.

### **BIBLIOGRAFIE**

1. Alexandru, P., Diaconescu, D., Ștefan, I. *Modelarea prin angrenaje a articulației gleznei piciorului uman*. Conferința Internațională TMCR'07, Chișinău, 2007.
2. Alexandru, P., Ștefan, I., Enescu, M. *Modelarea cinematică a structurilor articulate echivalente gleznei piciorului uman*. Conferință IMT'07 Universitatea din Oradea, 2007.
3. Ranga, V., Șeicaru, T., Alexe, F. *Anatomia omului*. Ed. Medicală, București, 1962.