



Universitatea din Craiova
Facultatea de Educație Fizică și Sport

MASTER

Disciplina: Biomecanică

Curs II – ELEMENTE DE BIOMECANICĂ



2.1. Interdependența factorilor morfofuncționali

- ◆ La baza mișcărilor stau factorii morfofuncționali rezultați din mișcarea însăși și care nu sunt altceva decât organele aparatului locomotor (oase, arti-culații, mușchi) și organele sistemului nervos (receptori, nervii senzitivi, măduva spinării, encefal, nervii motori, plăcile motorii, sistemele gama).
- ◆ Organismul în mișcare trebuie privit ca un tot unitar, ca un întreg, mișcarea fiind rezultatul intrării în acțiune a tuturor factorilor morfofuncționali amintiți. Intrarea în acțiune a acestor factori și mecanismele lor sunt stereotipe și pot fi considerate ca niște principii.



2.2. Interdependența dintre organism și mediul extern

- ❖ Organismul în mișcare trebuie privit ca un tot, ca un întreg, în strânsă interdependență cu mediul în care se dezvoltă și se deplasează. Este cunoscută importanța factorilor externi asupra organismului uman, cum sunt: rezistența și elasticitatea solului, accelerația, gravitatea etc. De asemenea, mai amintim influența temperaturii scăzute a mediului înconjurător asupra obținerii unor bune rezultate, prin fenomenele de micșorare a excitabilității neuromusculare și de vasoconstricție pe care le provoacă, precum și influența scăderilor de presiune atmosferică asupra mișcărilor efectuate de piloți și cosmonauți.
- ❖ Exemplele pot fi nenumărate și ele arată, în mod clar, rolul pe care mediul îl are atât în procesele de dezvoltare, cât și asupra manifestării organismului și deci a factorilor morfofuncționali, care stau la baza exercițiilor fizice.



2.3. Rolul mișcărilor în structurarea corpului omenesc

Luându-se în considerare filogenia locomoției, mișcarea influențează corpul omenesc, structurându-l și formându-l apt să realizeze mișcări din ce în ce mai complicate. Structurile corpului omenesc sunt structuri funcționale, produse prin funcție, cu scopul de a crea funcții.

- ❖ **Funcția** poate fi definită (E. Repciuc) ca o acțiune, ca un proces complex, a cărei caracteristică generală este aceea de a se desfășura în timp, iar forma structurii funcționale, ca o stare complexă, a cărei caracteristică generală este aceea de a se desfășura în spațiu.
- ❖ **Locomoția**, mișcările segmentelor aparatului locomotor, exercițiile fizice reprezintă funcția aparatului locomotor, iar factorii morfofuncționali care îl alcătuiesc reprezintă forma lui.
- ❖ **Intercon condiționarea** dintre locomoție, ca funcție, și aparat locomotor, ca formă, este evidentă și reprezintă una dintre premisele de bază ale fundamentării științifice și ale importanței educației fizice.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



- ◆ *Forță, sistem de referință, direcție de mișcare, sens de mișcare, timp și unități de măsură*
- ◆ Sub forma cea mai simplistă, modul de acțiune a mișcărilor în structurarea funcțională a organelor și țesuturilor apare legat de intervenția unor cupluri de forțe: forțe de acțiune-forțe de reacțiune, forțe exterioare-forțe interioare etc.
- ◆ Se înțelege prin forță mărimea fizică care descrie cantitativ interacțiunea dintre un sistem care acționează și un alt sistem care reacționează. Forța reprezintă cauza care modifică sau tinde să modifice starea de repaus sau de mișcare a unui corp. Cu descrierea forțelor care produc mișcările locomotorii se ocupă ***biodinamica***.
- ◆ Studiul unei mișcări nu este însă posibil dacă nu se stabilesc convențional următoarele elemente de bază: sistemul de referință față de care se realizează mișcarea, direcția de mișcare, sensul de mișcare, timpul de execuție a mișcării (deci viteza și accelerația), precum și unitățile de măsură ale forțelor.



- ◆ **Mișcările corpului omenesc** sau ale segmentelor lui nu sunt ale unor puncte izolate, ci ale unor corpuri materiale cu o anumită formă geometrică, alcătuite dintr-un număr infinit de puncte. Aceasta face ca mișcările corpurilor să fie mișcări de translație sau de rotație. Când toate punctele se deplasează pe traiectorii paralele, mișcarea este de translație (fie ea rectilinie sau curbilinie), iar când punctele corpului se mișcă pe o circumferință în jurul unui ax, mișcarea este de rotație. În general, mișcările corpului omenesc sau ale segmentelor lui includ în ele fie mișcări de translație față de sol (ca la atacul cu floreta), fie mișcări de rotație ale întregului corp sau ale segmentelor lui în jurul diferitelor axe ale articulațiilor (ca la aruncarea cu discul).
- ◆ **Viteza și accelerația** sunt vectori și ca orice vectori sunt caracterizate de mărime, direcție și sens.
- ◆ **Accelerația (g)** îndreptată în sensul mișcării poartă denumirea de accelerație pozitivă (g -pozitivă) și mărește viteza mișcării (ca în căderea după o săritură la trambulină). Cea îndreptată în sens opus mișcării poartă denumirea de accelerație negativă sau accelerație de frânare (g -negativă) și micșorează viteza mișcării (ca în săriturile în sus la înălțime sau cu prăjina).



Unitățile de forță se raportează la masă și ele sunt următoarele:

- ◆ **DYN** = forța care accelerează o masă de un gram la un centimetru pe secundă la pătrat.
- ◆ **Newton** = forța care accelerează o masă de un kilogram la un metru pe secundă la pătrat.
- ◆ **Kilogram-forță** sau **kilogram-greutate** = forța cu care o masă de un kilogram-masă este atrasă spre centrul pământului.
- ◆ **Accelerația gravitației pământului** variază între 9,78 și 9,83 metri pe secundă în raport cu punctul de pe suprafața globului. Gravitația standard este considerată 9,80665 metri pe secundă, adică gravitația de la nivelul mării, la 45 grade latitudine nordică.
- ◆ **Kilopond** = forța care poate acționa în orice direcție cu o valoare de 9,80665 newtoni. Este echivalentă cu greutatea unui kilogram-masă aflată sub acțiunea standard a gravitației pământului.

Unitatea de forță	Masa \times accelerația
Dyn	= Gram \times cm/s ²
Newton	= Kg \times m/s ²
Kilogram-forță	} = Kg \times 9,80665 m/s ²
Kilogram-greutate	
Kilopond	



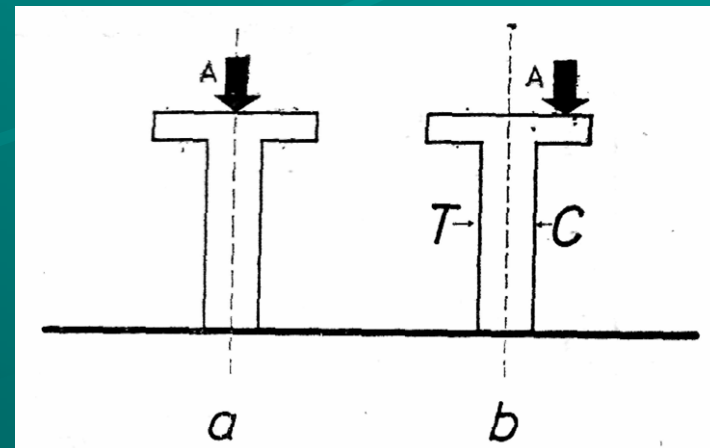
Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



- ◆ **Forțele de acțiune.** Exercițiile fizice acționează asupra țesuturilor prin declanșarea unor forțe mecanice exterioare, care pot fi de cinci tipuri: 1) forțe de compresiune; 2) forțe de încovoiere; 3) forțe de torsiune; 4) forțe de forfecare; 5) forțe de tracțiune.
- ◆ **Forțele de compresiune** tind să deformeze țesuturile, comprimându-le.
- ◆ **Forțele de încovoiere** tind să deformeze țesuturile, îndoindu-le.
- ◆ **Forțele de torsiune** tind să deformeze țesuturile, răsucindu-le.
- ◆ **Forțele de forfecare**, care rezultă din combinarea forțelor de compresiune, încovoiere și torsiune, tind să deformeze țesuturile, comprimându-le îndoindu-le și răsucindu-le, în același timp. Toate aceste patru tipuri de forțe mecanice exterioare (de compresiune, de încovoiere, de torsiune și de forfecare) rezultă, în special, din acțiunea forțelor gravitaționale (greutatea corpului, greutatea segmentelor, greutatea obiectelor sau aparatelor cu care se lucrează etc).
- ◆ **Forțele de tracțiune** tind să deformeze țesuturile, întinzându-le. Ele rezultă, în special, din acțiunea tonusului și contracțiilor diferitelor grupe musculare.
- ◆ **Forțele de reacțiune.** Orice material, deci și orice țesut asupra căruia acționează o forță stresantă oarecare (A), reacționează printr-o contraacțiune, deci printr-o forță de reacțiune ($Re A$), care este egală și de sens contrar cu forța de acțiune. Valoarea forțelor de reacțiune ($Re A$) se poate exprima în kg/cm^2 și este în funcție de următorii factori mai importanți: intensitatea forței de acțiune, natura materialului și elasticitatea materialului.

Fig. 2. 1 — Forțele de acțiune și de reacțiune. a — forța de acțiune A se suprapune axului coloanei; b — forța de acțiune (A) este excentrică, deci acționează paralel cu axul coloanei și declanșează forța de reacțiune și compresiune (C) pe o parte și forța de reacțiune de tracțiune (T) pe cealaltă parte a coloanei





- ◆ **Mecanostructurile.** Față de un material dat, forța de acțiune acționează deci în cuplu cu forțele de reacțiune. Aceasta face ca materialul sau țesutul supus forței să intre într-o stare specială denumită stare de tensiune, stare de eforturi unitare sau stare de stres. La aceasta contribuie, în afara forțelor mecanice exterioare care realizează intrarea țesutului în starea de tensiune maximală, și forțele mecanice interioare proprii țesutului (presiunea sanguină, pulsațiile, procesele metabolice, procesele de dezvoltare și restructurarea tisulară etc), care îl mențin continuu într-o stare de tensiune minimală.
- ◆ Starea de tensiune creată în țesuturi acționează în sensul structurării funcționale a acestora, conform cerințelor mecanice. Structurarea funcțională apare astfel ca un rezultat al adaptărilor, sub influența factorilor mecanici. Structurile tisulare pot fi deci considerate drept **mecanostructuri.**



2.4. Schema raporturilor de interdependență

Raporturile de interdependență dintre factorii morfofuncționali care execută mișcarea, sistemul nervos central ca pupitru de comandă al mișcării, organismul ca un tot unitar, mediul exterior și exercițiile fizice apar deosebit de complexe. Schematic, aceste raporturi pot fi prezentate în graficul din fig. 2. 2.

Organismul privit ca un tot unitar este alcătuit dintr-un număr de factori morfofuncționali, care contribuie la realizarea mișcărilor (căi nervoase, mușchi, oase, articulații). Interdependența funcțională a acestor factori este asigurată de sistemul nervos central, care îi controlează prin căile sensibilității proprioceptive și le dirijează acțiunile prin căile nervoase motorii.

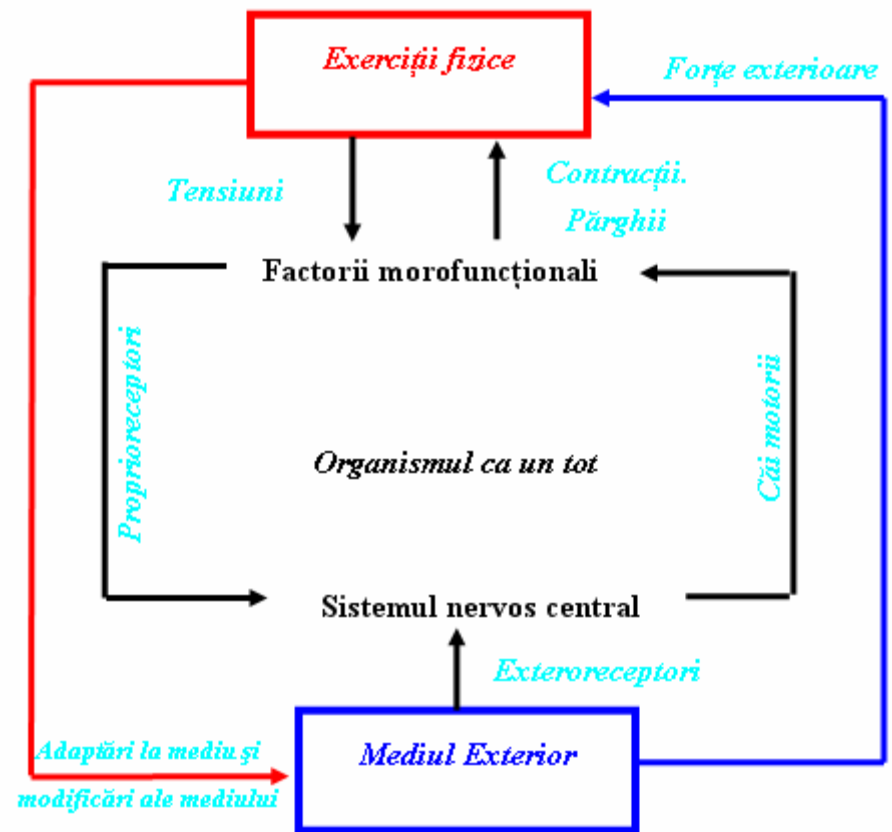


Fig. 2. 2 — Schema interrelațiilor dintre organism, mediu și exercițiile fizice.



2.5. Mecanismele generale ale locomotiei

2.5.1 Forțele interioare

- ◆ Ca orice organism viu, corpul omenesc este un transportor și un transformator de energie, sursa energetică a organismelor vii fiind asigurată de intervenția enzimelor, de desfășurarea continuă a proceselor metabolice ale glucidelor, lipidelor și proteinelor și de schimburile continue de sarcini electrice dintre suprafața corpului și mediu. Energia o dată produsă este utilizată sub formă termică, electrică, fizico-chimică și mecanică. Mișcarea sub forma exercițiului fizic utilizează și ea aceste forme de energie, care se manifestă ca **forțe interioare**.



Impulsul nervos

- ◆ Prima forță interioară care intervine în realizarea mișcării este impulsul nervos. Fără să intrăm în intimitatea proceselor neurobiologice moleculare vom prezenta schematic unele noțiuni elementare asupra naturii impulsurilor nervoase, a traiectelor sau arcurilor organice pe care se scurg acestea și a actelor neurofiziologice care rezultă.
- ◆ **Segmentul neural.** În ultimă instanță, mișcarea sau deprinderea motorie rezultă din înlănțuirea unor acte reflexe condiționate; este, prin urmare, un act reflex catenar perfecționat, în care sfârșitul unui reflex constituie stimulul reflexului următor.
- ◆ Mecanismele care stau la baza mișcărilor sunt deci de natură neuromusculară și sunt acte reflexe. Arcul cel mai elementar prin care se realizează mișcarea este format din: organele de simț (analizorii), căile de transmitere a sensibilității, centrul nervos, căile motorii și placa motorie musculară (fig. 2.3).

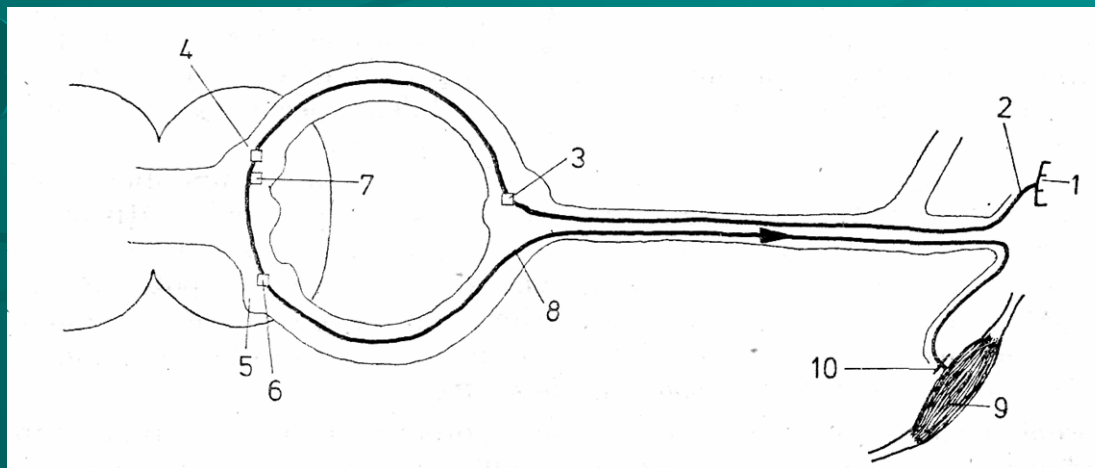


Fig. 2.3 — Schema unei mișcări reflexe. 1—receptor; 2 — filet senzitiv. 3 — ganglion spinal; 4 —corn posterior cu neuron senzitiv; 5 — corn anterior; 6— motoneuron (neuron alfa); 7 — neuron de asociație; 8 — filet motor; 9 — corp muscular efector; 10 — placă motorie.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



- ◆ Organele de simț sau analizorii.
- ◆ Analizorul reprezintă un sistem funcțional unitar, constituit dintr-un segment periferic, receptorul, un segment aferent, de conducere, și un segment central, scoarța cerebrală.
- ◆ După cum receptorii servesc sensibilitatea externă sau internă, primesc numele de exteroceptori sau interoceptori. Interoceptorii se pot împărți și ei în: visceroceptori, care semnalează impresiile provenite de la viscere și în proprioceptori, care semnalează impresiile provenite de la organele aparatului locomotor (Sherigton).
- ◆ Exteroceptorii se împart în: receptori de contact, cum sunt receptorii tactili sau gusta-tivi și în receptori la distanță (telereceptori), cum sunt ochii, urechea și organul mirosului.
- ◆ Receptorii la distanță oferă organismului posibilitatea de a reacționa înainte de a veni în contact direct cu agenții externi.
- ◆ Modul în care intră în acțiune un exteroceptor, luând ca exemplu un mecanoreceptor de tip Vater-Paccini, situat în tegumentul plantar, asupra căruia se exercită o presiune oarecare (fig. 2.4 A). Pe o secțiune schematică apare stratul epidermic superficial (1), corionul puternic vascularizat (2), care conține două arborizații nervoase (3) și mecanoreceptorul Vater-Paccini, alcătuit dintr-o serie de lame concentrice, înconjurat de o capsulă din care iese o fibră nervoasă (4). Dacă asupra tegumentului plantar se exercită o presiune (fig. 2.4 B) receptorul suferă o deformare mecanică, care se propagă de la o lamă concentrică la alta și care generează la locul terminației nervoase centrale un potențial de acțiune. Terminația nervoasă continuă să rămână și în interiorul receptorului, în parte acoperită de teaca mielinică cu strangulările Ranvier, și numai capătul ei rămâne descoperit (fig. 2.5). În repaus, terminația nervoasă prezintă o diferență de potențial între suprafața exterioară a membranei, care este încărcată pozitiv, și suprafața ei interioară, care este încărcată negativ (fig. 2.6). Stimulul de presiune modifică potențialul de repaus și îl transformă prin intermediul schimburilor de ioni și depolarizarea produsă într-un potențial de acțiune. Un stimul minor declanșează un potențial de acțiune de numai câțiva milivolți, care nu se transmite și la nivelul tecii mielinice a terminației nervoase (fig. 2.7), dar un stimul mai important determină o conducere „saltatorie” a potențialului de acțiune în lungul terminației nervoase mielinizate (fig. 2.8).



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport

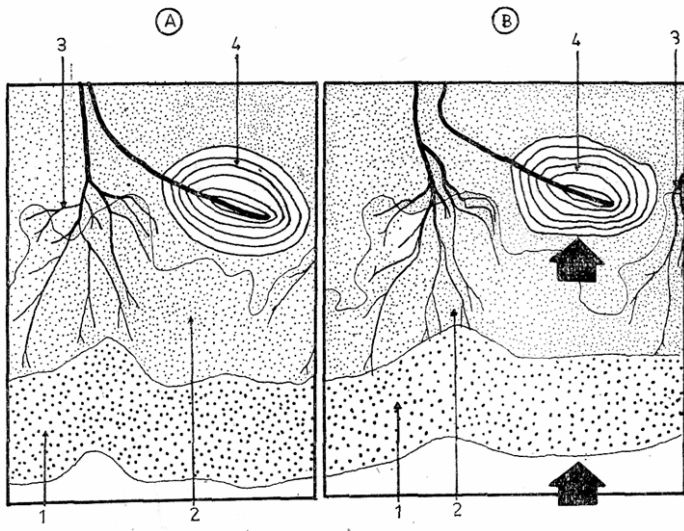


Fig. 2.4 — Mecanoreceptor cutanat Vater-Paccini în stare de repaus (A) și în activitate (B). Stimulul mecanic, reprezentat de săgeată, atrage deformarea receptorului (J. P. Schade).

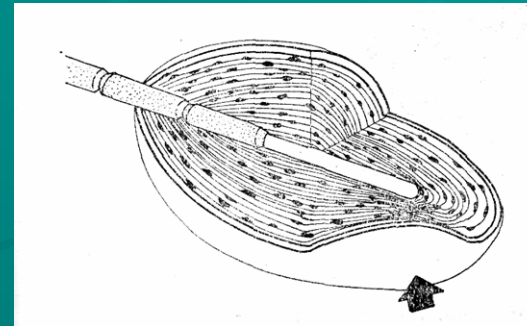


Fig. 2.5— Pe receptorul secționat se pot observa deformările lamelor concentrice (J. P. Schade).

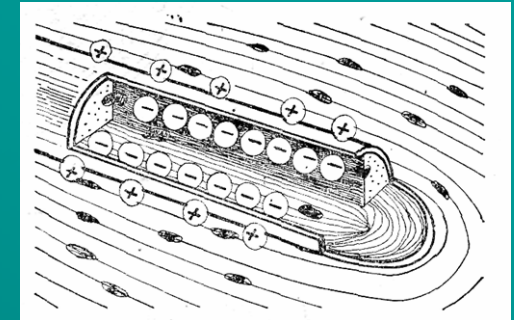


Fig. 2.6 — Potențialul de repaus al terminației nervoase din interiorul receptorului (P. J. Schade).

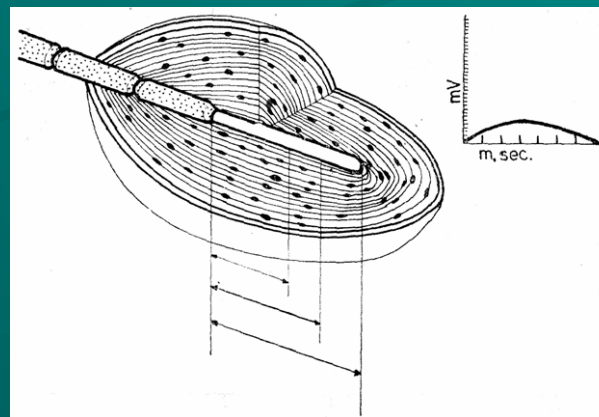


Fig. 2.7 — La un stimul mecanic, potențialul de acțiune se limitează la porțiunea terminală nemielinizată a fibrei nervoase. În colțul din dreapta sus se arată intensitatea acestui potențial în milivolți (J. P. Schade).

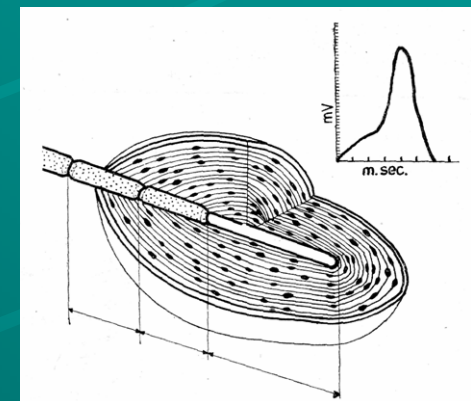


Fig. 2.8— La un stimul mecanic mai important, potențialul de acțiune se transmite „saltatoriu” în lungul teții mielinice, în colțul din dreapta sus se observă mărirea intensității (J. P. Schade).



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



- ◆ Receptorii amorsează depolarizarea fibrei prin intermediul potențialului lor generator. Potențialul lor generator nu se transmite, ci suferă numai o intensificare temporospațială, care invadează zonele adiacente ale cilindrului.
- ◆ Receptorii au o structură și o adaptabilitate diferite, în raport cu natura factorului care îi stimulează. Cele afirmate anterior sunt redată în tabelul următor.

Stimul	Modalitatea sensibilității	Structura receptorului	Adaptabilitatea receptorului
Mecanic	Presiune puternică	Terminații nervoase libere (A_1C)	Lentă
	Tracțiune	Corpusculi Timofeev Corpusculi Ruffini	Lentă Lentă
	Amploarea mișcării Direcția mișcării Unghiul articular	Fusuri musculare Corpusculi Golgi-Manzoni Corpusculi Vater-Paccini mici Corpusculi Ruffini	Lentă Lentă Rapidă Lentă
Temperatură	Căldură	Terminații nervoase libere (A_1C) Corpusculi Ruffini	Lentă Lentă
	Frig	Terminații nervoase libere (A_1C) Corpusculi Krause	Lentă Lentă
Mecanic maxim	Durere	Terminații nervoase libere (A_1C)	Lentă
Variații pH intraarticular	--	Corpusculi Vater-Paccini mici	Rapidă



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



- ◆ Baza materială a actului reflex este *arcul reflex* (fig. 2.9), alcătuit din cel puțin doi neuroni, unul senzitiv și unul motor. De obicei, între neuronul senzitiv și cel motor se interpun și neuroni de asociație (intercalări). Impresia periferică înregistrată de receptori parcurge prelungirile periferice ale neuronului senzitiv aflat în ganglionul spinal, apoi trece prin prelungirea centrală a neuronului senzitiv, care intră în substanța cenușie a coarzelor posterioare, unde se articulează cu un neuron de asociație și, prin intermediul acestuia, cu neuronul motor din coarzelor anterioare ale măduvei. Prin axonul neuronului motor se transmite comanda motorie la grupele musculare, care intră în contracție. Trebuie reținut însă faptul că excitația (fig. 6.30) produsă în receptorul musculotendinos (R) se transmite la măduva spinării prin fibra aferentă (a) care intră simultan în contact sinaptic cu cel puțin doi neuroni intercalări, dintre care unul obligatoriu inhibitor (N1) și altul obligatoriu excitator (N2). Prin acest mecanism concomitent, motoneuronul M1, care inervează grupul mușchilor extensori (s2), intră în inhibiție, iar motoneuronul M2, care inervează grupul mușchilor flexori (s2), intră în excitație, realizându-se astfel acțiunea antagonistă a grupelor musculare. Impulsul produce deci concomitent o excitație a flexorilor și o inhibiție a extensorilor.

- ◆ *Rolul cerebelului* (creierul mic) este deosebit de important în activitatea musculară. Dacă la un animal de experiență se produc leziuni ale cerebelului, contracțiile lui musculare se realizează mai slab (*aste-nie*), mușchii își pierd tonusul (*atonie*) și mișcările nu se mai execută ordonat, ci haotic (*astēzie*). În urma acestor leziuni apare o gravă incoordonare musculară (*ataxie cerebeloasă*).

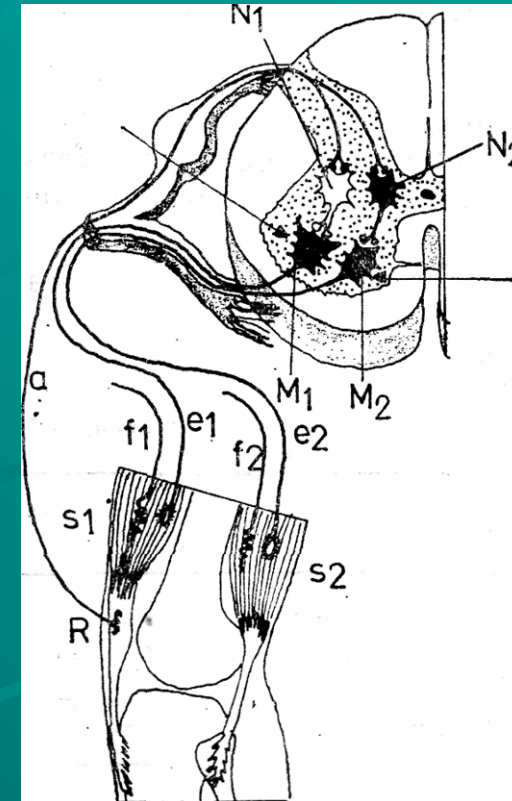


Fig. 2.9 — Transmiterea impulsului nervos în cadrul unui act reflex, f1 și f2 reprezintă fusurile neuro-musculare, iar e1 și e2, fibrele nervoase aferente care conduc excitația motorie la cele două grupe musculare antagoniste.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



- ◆ Executarea mișcărilor este posibilă prin intrarea în funcție a analizorilor, descriindu-se chiar în scoarța cerebrală, și anume în circumvoluția frontală ascendentă (prerolandică), existența unor așa-zisi centri motori, deci analizori motorii (fig. 2.10).
- ◆ La om, prima observație a rolului motor al scoarței cerebrale aparține lui R. Doyle și datează din 1667. Acest autor a descris cazul unui accidentat cu o fractură a bazei craniului cu înfundare, care a prezentat paralizii și tulburări de sensibilitate ale membrilor superior și inferior de partea opusă; aceste tulburări au dispărut după operație, prin care a fost înlăturată com-presiunea. Numeroși autori au studiat, în continuare, relațiile dintre scoarță și motricitate, ajungându-se să se realizeze o hartă a centrilor motori corticali.
- ◆ Schematic, se poate afirma că acești centri sunt așezați într-o ordine răs-turnată, în treimea superioară a circumvoluției se găsesc centrii membrului inferior și ai perineului, în treimea mijlocie se găsesc centrii membrului superior, abdomenului și toracelui, iar în treimea inferioară se găsesc centrii gâtului și laringelui.

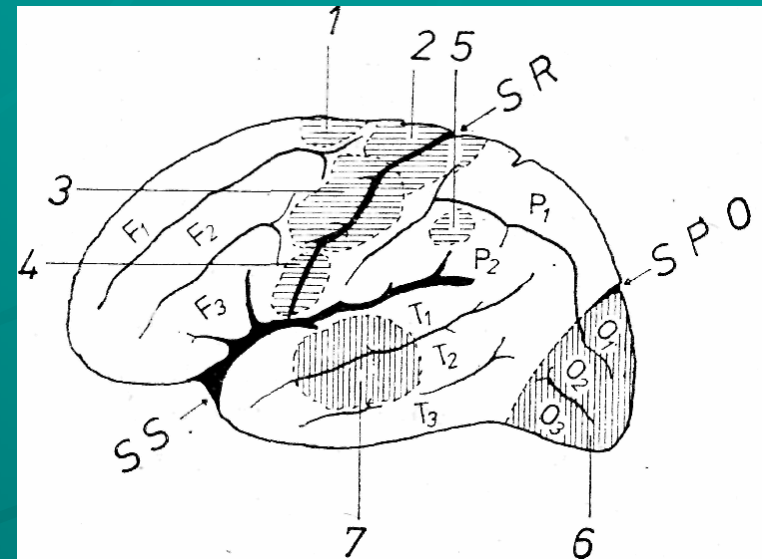


Fig. 2.10 — Fața externă a emisferelor cerebrale.
1 — centrul mișcărilor capului, mușchilor cefii și gâtului; 2 — centrul mișcărilor membrilor inferioare; 3 — centrul mișcărilor membrilor superioare; 4 — centrul mișcărilor mușchilor viscerocraniului, limbii și laringelui; 5 — centrul senzitivomotor al mușchilor urechii și pleoapei; 6 — centrul receptor vizual; 7 — centrul senzitiv auditiv; SS — scizura Sylvius; SR — scizura Rolando, SPO — scizura perpendiculară externă, F1, F2, F3 — circumvoluții frontale; P1, P2 — circumvoluții parietale; T1, T2, T3, — circumvoluții temporale; O1, O2, O3, — circumvoluții occipitale.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



- ◆ **1. Sistemul piramidal.** Clasic, se consideră că incitația motorie pleacă din circumvoluția prerolandică, în care se găsesc celulele Betz, cilindrul acestor celule alcătuind *fasciculele piramidale*. Fiecare fascicul piramidal, unul din partea dreaptă și celălalt din partea stângă, străbate părțile superioare ale encefalului și în bulb se împarte în câte două fascicule secundare: *fasciculul piramidal încrucișat* și *fasciculul piramidal direct Turck*.
- ◆ Fasciculul piramidal încrucișat se încrucișează în bulb (de unde și numele lui) și descinde în cornul anterior al măduvei, de partea opusă. Fasciculul piramidal așa-zis direct nu se încrucișează în bulb, ci în comisura albă a măduvei, deci el este, în fond, tot încrucișat. Denumirea de fascicul piramidal direct provine de la faptul că nu se încrucișează în bulb, ci mai jos. Pe măsură ce fasciculul descinde, numărul de fibre scade și dimensiunea, de asemenea. Fibrele terminale ale fasciculelor piramidale iau contact cu neuronii motori din coarnele anterioare ale măduvei.
- ◆ **2. Sistemul extrapiramidal.** În afara sistemului piramidal, un rol la fel de important în desfășurarea fenomenelor musculare revine și sistemului extrapiramidal, constituit din toate formațiunile de substanță cenușie din interiorul creierului, cu excepția talamusului.
- ◆ Sistemul piramidal conduce impulsurile motorii care dirijează așa-zisele mișcări voluntare. Sistemul extrapiramidal este regulator al tonusului și al mișcărilor așa-zise involuntare și automate. El conduce adaptarea tonică a mușchilor la diversele atitudini impuse de reacțiile noastre în procesele de acomodare la condițiile lumii exterioare, comandă anumite acte reflexe (închiderea pleoapelor, deglutiția, masticția, mimica) și unele acte automatizate prin repetare (mersul pe jos, alergarea, mersul pe bicicletă, aruncarea, săritura etc). Sistemul extrapiramidal contribuie la „menținerea armoniei motrice” (Rinbaud).
- ◆ Fibrele terminale ale sistemului extrapiramidal iau contact tot cu neuronii motori din coarnele anterioare ale măduvei.
- ◆ **3. Buclele gama.** În coarnele anterioare ale măduvei, în afara motoneuronilor alfa există și alți neuroni motori, denumiți *motoneuronii gama*, aflați în legătură cu fusurile neuromusculare prin așa numitele bucle gama (fig. 2.11). Prin contracția capetelor contractile, porțiunea mijlocie receptoare a fusurilor neuromusculare este pusă în tensiune și această stare este transmisă motoneuronilor alfa pe căile sensibilității proprioceptive. Activitatea motoneuronilor gama și a buclelor gama contribuie astfel la mărirea reactivității motoneuronilor alfa.
- ◆ Buclele gama sunt interesate în toate activitățile motorii, fie ele tonice sau fazice. Motoneuronul gama, ca și buclele gama, sunt astfel influențate de căile corticoreticulo-spinale (reticulobulbară, reticuloprotuberanțială), de căile striatocorticale și de căile cerebeloreticulospinale.
- ◆ Prin modificarea activității buclelor gama se asigură reglarea sensibilității la întindere a fusurilor neuromusculare, deci se reglează reflexul miostatic, care reprezintă suportul tonusului postural (fig. 2.12).
- ◆ În mișcările voluntare, activitatea gama precede totdeauna activitatea alfa (Granit, 1952). Sistemul piramidal acționează într-un moment asupra motoneuronului gama, ceea ce atrage o mărire a reactivității motoneuronului alfa și în alt moment acționează direct asupra motoneuronului alfa, producând activitatea motorie.
- ◆ **4. Calea finală comună** (motoneuronul alfa). În neuronii motori ai coarnelor anterioare ale măduvei iau sfârșit nu numai fibrele terminale ale sistemului piramidal și ale sistemului extrapiramidal, ci și cele ale *fasciculului rubrospinal* (din nucleii roșii ai pedunculului cerebral), ale *fasciculului cerebelos descendent* (din cerebel), ale *fasciculului vestibulospinal* (din nucleii bulbului în legătură cu nervul vestibular al urechii) precum și alte fascicule. De aceea, neuronul motor al coarnelor anterioare sau motoneuronul alfa a fost denumit de Sherrington „calea finală comună”.
- ◆ Motoneuronul alfa are un diametru de 100 μm. Atât corpul lui, cât și dendritele, intră în contact sinaptic cu mii de terminații axonice (fig. 2.13), sinapsele fiind de două tipuri, fie excitatorii, fie inhibitorii.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport

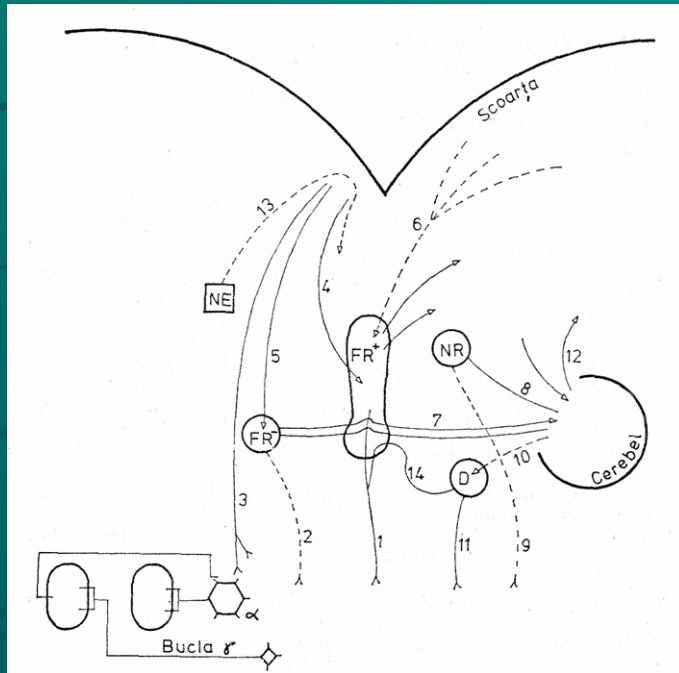


Fig. 2.11 — Schema funcțională complexă a buclei gama: γ -motoneuron-gama; α -motoneuron-alfa.
 NE — corpul striat NR — nucleu roșu; D — nucleu Deiters; FR — formațiuni reticulare facilitatoare; FR- — formațiuni reticulare inhibitoare. Linile continui arată căile facilitatoare. Linile între-rupte arată căile inhibitoare; 1 — cale reticulo-protuberanțială; 2 — cale reticulobulbară; 3 — cale piramidală; 4, 5 și 6 — căi optico-reticulare; 7 — căi cerebello-reticulocerebeloase; 8 — cale cerebello-rubrică; 9 — cale rubrospinală; 10 — cale cerebrovestibulară; 11 — cale vestibulospinală; 12 — cale cerebello-cortico-cerebeloasă; 13 — cale striatocorticală; 14 — cale vestibulo-reticulospinală.

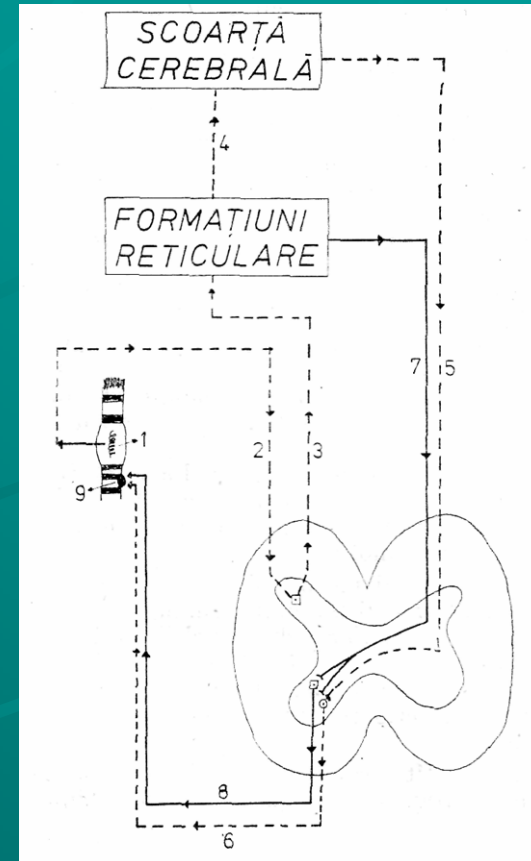


Fig. 2.12 — Schema simplificată a circuitelor gama. □ — motoneuron gama; ■ — motoneuron alfa; 1 — fus neuromuscular; 2 — buclă gama; 3 — cale spinoreticulară; 4 — cale reticulocorticală; 5 — cale piramidală; 6 — nerv rahidian; 7 — cale extrapiramidală; 8 — nerv rahidian și 9 — placa motorie.



Universitatea din Craiova
Facultatea de Educație Fizică și Sport

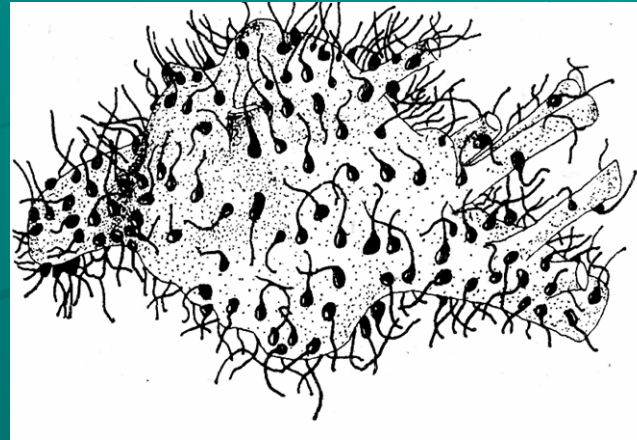


Fig. 2.13 — Motoneuron spinal alfa acoperit de butoni sinaptici excitatori și inhibitori.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



- ◆ **5. Modul de acțiune a plăcilor motorii.** În repaus, în plăcile motorii, ca și în lungul traseelor nervoase, există un potențial de repaus. Suprafața exterioară a plăcii este electropozitivă față de interiorul plăcii, iar pe suprafața membranei, acetilcolina se găsește sub formă inactivă, legată de o proteină. Sub influența influxului nervos, acetilcolina se eliberează de legătura pe care o are cu proteinele, ceea ce atrage o permeabilizare a membranei, o nouă distribuție a ionilor și, ca urmare, apariția unei unde de negativitate și a contracției musculare.
- ◆ După trecerea influxului nervos, acetilcolina este inactivată de colinesterază, fiind descompusă în colină și acid acetic. Sub influența acetilazei, colina se recombina cu acidul acetic, refăcându-se acetilcolina, care se leagă iarăși de proteină, revenind la forma inactivă. Placa motorie, refăcându-și stratul dublu de ioni, revine la starea de repaus; excitată, declanșează contracția musculară.
- ◆ **6. Timpul de reacție.** Reacția motorie, în urma unei impresii periferice care a fost recepționată de scoarță, mai are loc decât după un anumit timp, care poartă numele de timp de reacție și care variază de la individ la individ. În medie, se consideră că timpul de reacție este de 1/7 s pentru tact, 1/7 s pentru miros și 1/5 s pentru vedere.
- ◆ În tabelul următor se redă succint nervii mai importanți care pornesc de la plexurile nervoase, mușchii pe care îi inervează și mișcările principale care rezultă din excitarea acestor mușchi.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



Mușchii inervați de plexul sacrat

<i>Nervul</i>	<i>Mușchii</i>	<i>Acțiunea</i>
Sciatic mare	Biceps crural Semitendinos Semimembranos	Flexia gambei și extensia coapsei
Sciatic popliteu extern	Tibial anterior Extensor comun degete Extensor propriu al halucelui Lung peronier lateral Scurt peronier lateral Pedios	Flexia și adducția piciorului Flexia piciorului și extensia degetelor Flexia și adducția degetelor și extensia halucelui Extensia piciorului, susținător al bolții plantare Extensia și abducția piciorului Extensia și adducția falangei I
Tibial posterior	Triceps sural Flexor comun degete Lung flexor propriu al halucelui Tibial posterior Abductor al halucelui Scurt flexor plantar Abductor al degetelui mic Lombricali	Extensia piciorului Flexia degetelor și extensia piciorului Flexia degetelui mare Extensia și adducția piciorului Abducția degetelui mare Flexor al falangelor Abductor al degetelor Flexor falanga I



◆ Contractia musculară

- ◆ A doua forță interioară care intervine în realizarea mișcării, ca o reacție caracteristică la stimulul impulsurilor nervoase motorii, este forța de contracție musculară.
- ◆ **Tonusul muscular.** Activitatea de bază, fără de care nici o altă activitate musculară nu ar fi posibilă, se manifestă sub forma tonusului muscular, adică acea „stare specială de semicontrație pe care mușchiul o prezintă și în repaus și care îi conservă relieful”.
- ◆ **Mecanismul schematic al contracției musculare.** Tonusul muscular conferă mușchiului proprietatea fundamentală de a se contracta, ca urmare a impulsurilor nervoase. Rezultatul întregii activități nervoase în ceea ce privește mișcarea este contracția musculară. Toată diversitatea infinită a manifestărilor externe ale activității cerebrale poate fi privită, în ultimă instanță, ca un singur fenomen, acela al mișcării musculare (Secenov). Văzut din acest punct de vedere, mușchiul scheletal „reprezintă mijlocul prin care organismul reacționează față de mediul ambiant extern” (J. V. Woodbury, 1960).



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



- ◆ **Unitatea motorie.** Mușchiul striat funcționează prin jocul coordonat al unităților motorii. O unitate motorie este ansamblul format de un motoneuron alfa din cornul anterior al măduvei și cele 120–180 de fibre musculare, pe care le inervează (Sherrington). La aceasta se adaugă întreaga rețea vasculară care irigă întreaga unitate motorie.
- ◆ **Numărul fibrelor musculare** dependente de un motoneuron alfa variază în raport cu grosimea mușchilor. La mușchii mari, cum sunt fesierii, fiecare neuron motor inervează 165–180 de fibre, pe când la mușchii degetelor un neuron motor inervează mult mai puține fibre.
- ◆ **1. Secțiunea fiziologică a mușchiului.** Forța musculară trebuie pusă, în primul rând, în raport cu numărul fibrelor musculare. Cantitatea de fibre musculare poate fi redată prin calcularea suprafeței secțiunii transversale a corpului muscular, acolo unde corpul muscular este cel mai dezvoltat. Din această cauză, secțiunea transversală a primit și denumirea de *secțiune fiziologică*. Cunoscându-se că un cm² de secțiune poate exercita la om o forță de tracțiune de 5–8 kg, s-a ajuns să se stabilească, plecându-se de la studiile clasice făcute de Strasser și Altechuler asupra secțiunilor transversale, forța probabilă de tracțiune, exprimată în kilograme. Pentru o parte din mușchii piciorului, această forță ar fi, de exemplu, cea redată în tabelul următor.

Mușchii	Secțiunea transversală în cm ²	Forța în kg
Triceps sural	82	420
Flexor comun al degetelor	4	20
Flexor comun al halucelui	8	40
Tibial posterior	17,25	86,25
Peronier scurt	2,6	11,20
Peronier lung	7	35
Tibial anterior	4	20
Extensor comun al degetelor	3,75	18,75
Extensor propriu al halucelui	8	40



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



- 2. **Lungimea fibrelor musculare.** Înălțimea la care un mușchi poate să ridice o anumită greutate este în raport direct cu lungimea fibrelor, posibilitatea de scurtare fiind proporțională cu acestea. Mușchii cu fibre paralele și lungi au deci o amplitudine mai mare de mișcare și sunt, de aceea, mușchi de viteză, dar au o forță mai mică. Mușchii peniformi sunt mușchi de forță, deoarece un mare număr de fibre se prind pe tendon și din cauza oblicității inserțiilor acestora, forța lor de contracție este mai bine utilizată. S-a încercat, de aceea, să se determine travaliul muscular înmulțindu-se greutatea deplasată cu dis-tanța (înălțimea) la care s-a făcut deplasarea, conform binecunoscutei formule: **$T = G \times I$**

în care: T = travaliul; G = greutatea deplasată; I = înălțimea atinsă.

Combinarea secțiunii fiziologice cu lungimea fibrelor. Deoarece determinarea forței musculare cu ajutorul secțiunii fiziologice sau al lungimii fibrelor, luate izolat, nu dă rezultate concludente, s-a apelat la o formulă care să cuprindă ambele date.

În această formulă, forța musculară (F), exprimată în kgxm, este egală cu suprafața în cm^3 a secțiunii fiziologice (SF) înmulțită cu scurtarea (S) a fibrelor musculare în timpul contracției, exprimată în metri și înmulțită cu 10: **$F = SF \times S \times 10$**

Iată, de exemplu, care este forța musculară a unora dintre flexorii și extensorii genunchiului, determinată de R. Fick cu ajutorul acestei formule (tabelul următor).

Grupa	Denumirea mușchiului	Scurtare (în cm)	Secțiune fiziologică (în cm^2)	Travaliu (în kgm)
Flexori	Biceps femural	0,053	17,37	10,248
	Semimembranos	0,064	26,38	16,683
	Semitendinos	0,134	7,27	13,242
	Drept intern	0,075	4,11	3,082
	Croitor	0,070	3,17	2,319
Total:				45,574
Extensori	Vast intern și extern	0,080	148,30	118,640
	Drept femural	0,081	28,89	23,400
	Tensor fascia lata	0,010	7,56	0,756
Total:				142,796



- ◆ **4. Greutatea uscată a corpului muscular.** Pentru a se obține o valoare mai apropiată de dimensiunile reale (pe trei dimensiuni) ale mușchilor, ale căror forme foarte neregulate nu permit calcularea matematică a volumului lor, s-a apelat la o altă soluție, și anume la determinarea greutății lor uscate. Pentru aceasta se izolează mușchiul, se extirpă, i se secționează tendoanele și se deshidratează. După cum se știe, 70—75% din țesutul muscular este reprezentat de apă, care trebuie eliminată din calcule. Greutatea uscată a corpului muscular ar reprezenta deci o valoare mai apropiată de dimensiunile-volumetrică funcționale, ale mușchiului. Adăugată celorlalte două caracteristici morfo-funcționale, adică secțiunii fiziologice și lungimii fibrelor, greutatea uscată a mușchiului poate arunca asupra forței musculare o lumină mai apropiată de realitate.
- ◆ Tabelul următor redă valorile pentru flexorii șoldului (după H. Schumacher).

Denumirea	Secțiunea fiziologică [cm ²]	Lungimea fibrelor [cm]	Greutatea uscată [g]
Psoas	8,9	7,7	14,3
Iliac	10,2	10,5	22,5
Drept anterior	15,5	6,1	29,1
Croitor	4,1	42,2	24,4
Tensor <i>fascia lata</i>	3,7	10,5	9,7
Total:			100



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



- ◆ **Sincronizarea acțiunilor musculare.** În executarea unei mișcări nu intervine numai mușchiul care execută mișcarea (*mușchiul agonist*), ci și alte grupe musculare. Trebuie deosebite următoarele grupe musculare participante:
 - ◆ 1. *Motorul primar* este mușchiul sau grupul muscular care efectuează mișcarea (agonistul).
 - ◆ 2. *Antagonistul* este mușchiul sau grupul muscular care controlează efectuarea continuă și gradată a mișcării. De exemplu: dacă se contractă bicepsul brahial cu scopul de a se flexa antebrațul pe braț, în același timp se contractă și tricepsul brahial, care moderează mișcarea (legea Sherrington).
 - ◆ 3. *Mușchii de fixare* susțin segmentul în poziția cea mai utilă și conferă astfel forță mișcării. O aruncare, de exemplu, nu se poate executa numai cu mușchii flexori ai antebrațului, ci și cu fixarea cötului și a umărului în poziția cea mai convenabilă.
 - ◆ 4. *Mușchii neutralizatori* sunt antagoniștii care suprimă mișcarea secundară a motorului principal. Ei intervin după terminarea mișcării.
- ◆ În afară de aceste grupe musculare mai intervine și un alt factor de mare importanță, care complică acțiunile musculare. Mobilitatea nu se bazează pe contracții musculare izolate, ci pe o serie de acțiuni armonice sincronizate ale unui lanț de grupe musculare.
- ◆ Ținând cont de participarea variată a tuturor grupelor musculare din punctul de vedere al momentului intervenției, al intensității de acțiune și al rolului jucat, W. P. Bowen a propus următoarea clasificare a mișcărilor:
 - ◆ 1. *Mișcări de tensiune slabă* (scrisul, mișcări de finețe, mișcări de îndemânare).
 - ◆ 2. *Mișcări de tensiune rapidă* (mișcări de forță).
 - ◆ 3. *Mișcări balistice* (aruncări, loviri etc).
 - ◆ 4. *Mișcări de oscilație* (pendulări).
- ◆ Dar acțiunea grupelor musculare nu este posibilă fără participarea și a pârghiilor osoase.



2.5.3. Forțele exterioare

- ◆ Forța gravitațională Reprezintă cea mai importantă forță exterioară, care acționează asupra mișcărilor. De altfel, aproape toate celelalte forțe exterioare care intervin în decursul mișcărilor emană sau decurg din forța gravitațională.

În condiții normale, forța gravitațională atrage continuu spre sol corpul și segmentele acestuia, care nu pot scăpa acțiunii legilor gravitației universale. În tot cursul evoluției filogenetice a mișcărilor, forța gravitațională a fost unul din factorii importanți care au contribuit la desăvârșirea mișcărilor. S-ar putea afirma că *mișcarea este o formă răzvrătită a materiei vii față de gravitație, care tinde să imobilizeze corpurile la sol.*

- ◆ Greutatea corpului și greutatea segmentelor

- ◆ *Deși sunt efecte ale gravitației, nu trebuie confundate cu aceasta. Indiferent care ar fi poziția corpului, greutatea acționează totdeauna vertical, de sus în jos asupra centrului de greutate al corpului sau segmentului.*

- ◆ *Valoarea acestei forțe exterioare este legată de volumul, lungimea, densitatea segmentului care, se deplasează sau de numărul segmentelor angajate în mișcare. Practic se poate considera deci că valoarea cu care intervine această forță exterioară este legată de masa segmentului care se mișcă.*

$$\text{Masa} = \text{volumul} \times \text{densitatea}$$



◆ Presiunea atmosferică

- ◆ Indirect este tot o forță de acțiune a forței gravitaționale. Ea apasă asupra corpului cu o intensitate variabilă în raport direct cu viteza de deplasare. Asupra corpului ome-nesc acționează, în repaus, o presiune atmosferică de peste 20 000 kg. Calculul se poate face înmulțind presiunea barometrică (P) cu densitatea mercurului (D) și suprafața corpului omenesc (S), care este de aproximativ 2 m² $F = P \text{ (în cm)} \times D \times S \text{ (în cm}^2\text{)}$ deci:

$$F = 76 \times 13,6 \times 20\ 000 = 20\ 672 \text{ kg}$$

- ◆ Presiunea atmosferică joacă un rol deosebit de important în menținerea în contact a suprafețelor articulare. Exemplul clasic îl oferă articulația coxofemurală, care are o suprafață (S) de 16 cm². Cum cavitatea articulară reprezintă un spațiu virtual și este vidă, presiunea atmosferică acționează asupra ei cu o valoare de 16,537 kg, deoarece:

$$F = 76 \times 13,6 \times 16 = 16,537 \text{ kg.}$$



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



◆ Rezistența mediului

- ◆ Exercițiile fizice se pot practica fie în aer liber, fie în apă. Segmentele corpului omenesc sau corpul omenesc în întregime trebuie să învingă rezistența opusă de acestea. În calculul rezistenței intră următorii factori:

- ◆ $R = K \times S \times V^2 \times \sin \alpha$

- ◆ în care R = rezistența de învins, exprimată în kilograme;

- ◆ K = coeficientul de rezistență stabilit în raport cu forma corpurilor și densitatea mediului; S = suprafața celei mai mari secțiuni a corpului care se deplasează în mediu, considerată în raport cu axa de progresie;

- ◆ V = viteza în metri pe secundă; $\sin \alpha$ = sinusul unghiular de atac (α), adică al unghiului de înclinație pe orizontală.

- ◆ Pentru un om care se deplasează în aer, K = 0,079 (coeficientul rămâne valabil până la o viteză de 42 m/sec), iar S = 0,75 m². Se presupune că omul merge la pas cu o viteză de 1,5 m/sec, (deci 5,4 km/oră) și unghiul de înclinație a corpului pe orizontală este de 90° (deci $\alpha = 90^\circ$; $\sin \alpha = 1$). Calculul rezistenței întâmpinate din partea aerului ne arată că:

$$R = 0,079 \times 0,75 \times 52 \times 1 = 0,133 \text{ kg}$$

- ◆ Dacă omul are de înfruntat un vânt de 6 m/sec, (deci 21,6 km/oră) va fi împins înapoi:

$$R = 0,079 \times 0,75 \times 62 \times 1 = 2,133 \text{ kg}$$

- ◆ iar dacă are de înfruntat un uragan de 40 m/sec, (deci 144 km/oră), poate fi ridicat în aer. Pentru a face față acestor situații, omul se apleacă înainte, micșorând astfel unghiul de atac (α) și valorile $\sin \alpha$ și deci ale rezistenței de învins.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



Pentru un înotător, valorile formulei calculului rezistenței se schimbă.

$K = 73$ (pentru apa de mare), iar S este variabil, în raport cu stilurile adoptate și cu corectitudinea execuției, fiind cuprins între $0,035 \text{ m}^2$ și $0,14 \text{ m}^2$. La un bun înotător de craul, care parcurge 100 m în 60 sec. (în mare), $K = 73$, $S = 0,035$ (oferă deci o suprafață minimă), $V = 1,66 \text{ m/sec.}$, iar $\alpha = 1$ (corpul este întins la orizontală).

$$\text{Deci: } R = 73 \times 0,35 \times 1,66 \text{ m}^2 \times 1 = 7,040 \text{ kg.}$$

Dacă înotătorul nu are o tehnică corectă și oferă o suprafață mai mare, se presupune $0,10 \text{ m}^2$, și în plus luptă contra unui curent de $1,66 \text{ m/sec.}$, pentru a putea să rămână pe loc împotriva curentului trebuie să învingă o rezistență de $20,155 \text{ kg.}$

$$R = 73 \times 0,10 \times 1,662 \times 1 = 20,155 \text{ kg.}$$

Concluzia practică ce se poate deduce din aceste calcule este că rezistența mediului în care se practică exercițiile fizice poate fi diminuată prin micșorarea suprafeței de secțiune (valoarea s) și a unghiului de atac (α).

Folosirea formulei pentru calcularea rezistenței motivează și eficacitatea stilului de înot „fluture” (papillon), față de clasicul „brasse”.

În clasicul stil „brasse”, forța de propulsie pe care o dă lovitura de foarfecă a membrilor inferioare este mult scăzută de mărimea suprafețelor frenatoare oferite de fețele lor laterale, suprafețe care însumate se ridică la aproximativ $0,14 \text{ m}^2$. Aceste suprafețe nu se opun însă decât o jumătate din timp înaintării, deci vom considera că oferă numai o valoare de $0,07 \text{ m}^2$. Deci la un înotător, care înaintează în apă de mare ($K = 73$) cu o viteză de 1 m/sec. ($V = 12$) rezultă:

$$R = 73 \times 0,07 \times 12 \times 1 = 5,11 \text{ kg.}$$

Cum forța de propulsie pe care o dă lovitura de foarfecă a membrilor inferioare este de aproximativ 10 kg , mai mult de jumătate este anulată de însăși rezistența pe care membrele inferioare o opun la înaintare, înotătorul nemaiputând folosi decât $4,89 \text{ kg}$ din forța de propulsie teoretică. Pentru a înainta cu o viteză de $1,5 \text{ m/sec.}$, înotătorul are nevoie de o forță de propulsie de $11,49 \text{ kg}$, deoarece:

$$R = 73 \times 0,07 \times 1,52 \times 1 = 11,49 \text{ kg}$$

Cele $1,49 \text{ kg}$ suplimentare care depășesc cele 10 kg oferite de membrele inferioare trebuie suplimentate printr-un efort intensiv al brațelor, ceea ce a impus introducerea mișcării de „fluture” a membrilor superioare, deoarece la acea etapă, vechiul regulament impunea menținerea mișcării de foarfecă a picioarelor. Ulterior, această ultimă mișcare nemaifiind compatibilă cu mărirea vitezei, s-a introdus stilul „fluture” actual, cu renunțarea la forfecarea membrilor inferioare.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



◆ Inerția

Este forța care tinde să prelungească și să susțină o situație dată. Datorită intervenției inerției, un corp aflat în repaus tinde să rămână în repaus (*inerția de imobilitate*), iar un corp aflat în mișcare tinde să se deplaseze în continuare (*legea vitezei câștigate*).

În momentul începerii unei mișcări, forțele interioare trebuie să învingă inerția de imobilitate și invers, în momentul terminării unei mișcări, forțele interioare trebuie să învingă inerția de mișcare câștigată.

◆ Forța de reacție a suprafeței de sprijin

Când corpul se găsește în aer, ca în plină săritură, forțele gravitaționale acționează în mod egal asupra tuturor segmentelor lui, pe care le trage în jos, dar când corpul se află susținut pe o suprafață oarecare de sprijin, apare și o forță de reacție egală și de sens opus.

Când corpul este imobil apare o *forță de reacție statică* a suprafeței de sprijin, reacția statică (R_s) fiind egală cu greutatea statică a corpului (G_s):

$$R_s = G_s$$

Când corpul se află în mișcare, la greutatea lui adăugându-se și forța de inerție, datorită intervenției accelerației se dezvoltă o *forță de reacție dinamică* a suprafeței de sprijin. În cazul în care subiectul este împins în sus spre verticală, ca în sărituri, reacția dinamică (R_d) va fi egală cu greutatea statică a corpului (G_s) plus forța de inerție (F_j):

$$R_d = G_s + F_j$$

În cazul în care subiectul se lasă în jos spre verticală, ca într-o mișcare de genuflexie, reacția dinamică (R_d) va fi egală cu greutatea statică a corpului minus forța de inerție (F_j), deoarece accelerația se îndreaptă spre baza de sprijin:

$$R_d = G_s - F_j$$



◆ Forța de frecare

Într-o serie de exerciții fizice (schi, patinaj etc), corpul alunecă pe suprafața de sprijin, ceea ce atrage apariția forței de frecare (F), care este proporțională cu greutatea corpului (G) și coeficientul de frecare (K):

$$F = G \times K$$

Coeficientul de frecare (K) este variabil, în funcție de caracteristicile de alunecare ale suprafețelor aflate în contact. Astfel, pentru schiurile care nu sunt unse cu ceară și care alunecă pe zăpadă $K = 0,06$, dar pentru cele unse cu ceară, $K = 0,02$, deci este mult micșorat.

◆ Rezistențele exterioare diverse

Sunt reprezentate de toate obiectele asupra cărora intervine corpul ome-nesc (unelte de lucru, haltere, aparate, greutăți de transportat, obiecte care se aruncă etc.) și acționează asupra corpului din direcțiile cele mai variate. Toate forțele exterioare care intervin în executarea mișcărilor trebuie învinse de forțe interioare. Acestea trebuie să fie egale sau superioare ca intensitate și să acționeze în direcție identică, dar în sens invers cu forțele exte-rioare (legea repartizării forțelor).



2.5.4. Principii generale de anatomie funcțională și biomecanică

Anatomia funcțională și biomecanica aparatului locomotor sunt discipline care fac parte din științele exacte. Formularea trebuie însă înțeleasă într-un sens mai larg decât în cazul celorlalte științe, corpul omenesc, ca orice organism viu, dispunând de posibilități complexe de comportare biomecanică și adaptare funcțională, posibilități ce nu pot fi integral interpretate matematic. Totuși, pentru studiul anatomofuncțional și biomecanic al diverselor mișcări sunt indispensabile unele jaloane cu aplicabilitate mai largă, deci unele precizări cu caracter mai general, care pot fi ridicate, convențional, la rangul de „principii generale”. Enunțarea acestora va ușura munca celor interesați de analiza mișcărilor din punct de vedere anatomofuncțional și biomecanic.

1. *Orice mișcare începe fie prin stabilizarea în poziție favorabilă, fie prin mobilizarea centrului de greutate principal al corpului.* Exemplu: lovirea cu pumnul. Pentru a se putea realiza această mișcare, centrul de greutate se stabilizează prin intrarea în acțiune a centurii musculare a trunchiului din imediata apropiere a centrului de greutate principal al corpului. Un alt exemplu îl constituie pornirea din ortostatism în mers. Pentru a se putea învinge inerția statică și pentru a putea face primul pas, centrul de greutate este mobilizat pe direcția de deplasare. Trunchiul este aplecat înainte prin intervenția psoasului iliac și a mușchilor abdominali. Celelalte mișcări prin care se realizează mersul încep numai după ce proiecția centrului de greutate s-a deplasat înainte.
2. *Pornind de la centura musculară a centrului de greutate, acțiunea mobilizatoare a segmentelor se realizează sub forma unei pete de ulei, de la centru spre periferie.* Exemplu: din poziția stând, ridicarea brațelor lateral. În acest caz, lanțurile musculare intră în acțiune în următoarea ordine: centura musculară a trunchiului stabilizează centrul de greutate principal; mușchii centurii scapulare stabilizează centura la trunchi și încep să o ridice; mușchii abductori ai brațului abduc brațul; mușchii extensori ai antebrațului mențin antebrațul extins; mușchii extensori ai mâinii și degetelor mențin mâna și degetele extinse; mușchii lombricali și interosoși mențin degetele apropiate; mușchiul adductor al policelui menține policele lipit de marginea radială a mâinii.
3. *Când membrele superioare sau inferioare acționează ca lanțuri cine-matice deschise, deci cu extremitatea periferică liberă, mușchii care intră în acțiune își iau punct fix de inserție pe capetele lor centrale și acționează asupra segmentelor prin capetele lor periferice.* Exemplu: din poziția stând, ridicarea brațelor oblic în sus. Pentru realizarea acestei mișcări, mușchii centurii scapulare își iau punct fix pe coloană și trag centura înăuntru și în sus; mușchii abductori ai brațului iau punct fix pe centura scapulară și duc brațele în abducție; mușchii extensori ai antebrațului iau punct fix pe braț și mențin antebrațul în extensie; mușchii extensori ai mâinii și ai degetelor iau punct fix pe antebraț și mențin extensia acestor ultime segmente.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



4. Când membrele superioare sau inferioare acționează ca lanțuri cinematice, închise, deci prin extremitățile lor periferice sunt sprijinite sau fixate pe o bază oarecare de susținere, mușchii care intră în acțiune își iau punct fix pe capetele lor periferice. Exemplu: din poziția stând, îndoirea genunchilor. Pentru efectuarea acestui exercițiu, mușchii extensori ai piciorului pe gambă (tricepsul sural, în special) își iau punct fix pe picior, pentru a nu lăsa gamba să se prăbușească pe picior; extensorii gambei pe coapsă (cvadricepsul, în special) își iau punct fix pe gambă, pentru a nu lăsa coapsa să se prăbușească pe gambă; extensorii coapsei pe bazin (ischiogambierii, în special) își iau punct fix pe gambă, pentru a nu lăsa bazinul să se prăbușească pe coapsă.
5. Când membrele acționează ca lanțuri cinematice deschise, grupele musculare agoniste se contractă izotonic și mișcarea rezultă prin apropierea capetelor musculare de inserție. Exemplu: lovirea mingii cu piciorul. Exercițiul rezultă din următoarele mișcări concomitente: flexia coapsei pe bazin, extensia gambei pe coapsă și flexia dorsală a piciorului. Grupele musculare agoniste iau punct fix pe capetele lor centrale și se contractă izotonic, apropiindu-și capetele de inserție.
6. Când membrele acționează ca lanțuri cinematice închise, grupele musculare agoniste se contractă izotonic sau izometric succesiv sau sub ambele forme. Exemplu de contracție izotonică: din poziția atârnat, îndoirea brațelor. Exercițiul rezultă din următoarele mișcări concomitente: flexia brațelor pe antebrate și aducția brațelor. Grupele musculare agoniste iau punct fix pe capetele lor periferice și se contractă izotonic, apropiindu-și capetele de inserție.
Exemplu de contracție izometrică: din poziția atârnat cu brațele îndoite, întinderea brațelor. Exercițiul rezultă din următoarele mișcări concomitente: extensia brațelor pe antebrate și abducția brațelor. Grupele musculare agoniste iau punct fix pe capetele lor periferice și se contractă izometric, depărtându-și capetele de inserție.
Exemplu de contracție succesivă: în alergarea de viteză, atacul solului cu piciorul și apoi extensia piciorului pe gambă. În atacul solului, ante-piciorul ia contact cu solul, iar tricepsul sural, contractându-se izometric, controlează apropierea călcâiului de sol, în faza următoare, de extensie a piciorului pe gambă, antepiciorul continuă să fie sprijinit pe sol, dar tricepsul sural se contractă izotonic, apropiindu-și capetele de inserție, pentru a fi posibilă extensia și deci propulsia corpului înainte.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



7. *Viteza de execuție a mișcărilor este dependentă de raportul invers proporțional dintre intensitatea de acțiune a agoniștilor și antagoniștilor.* Exemplu: din poziția stând cu brațele lateral, cu palmele în sus, îndoirea coatelor la 90° (fig. 2.14a).

Pentru realizarea exercițiului intervin ca agoniști mușchii flexori ai antebrăului pe braț (în special brahialul anterior și bicepsul brahial), care se contractă izotonic. Concomitent, intervin însă și mușchii antagoniști, deci extensorii antebrăului pe braț (în special tricepsul brahial și anconeul), care se contractă izometric. În lipsa acțiunii antagoniștilor, mișcarea s-ar executa necoordonat și brusc.

Pentru realizarea rapidă a exercițiului, flexorii se contractă puternic, iar extensorii cu o intensitate mai scăzută, în timp ce pentru realizarea încetă a mișcării, flexorii se contractă mai puțin intens, iar extensorii opun o rezistență mai mare. Cu cât viteza de execuție este mai mare, deci intervenția agoniștilor este mai mare, cu atât intervenția antagoniștilor pe parcursul amplitudinii de mișcare este mai mică.

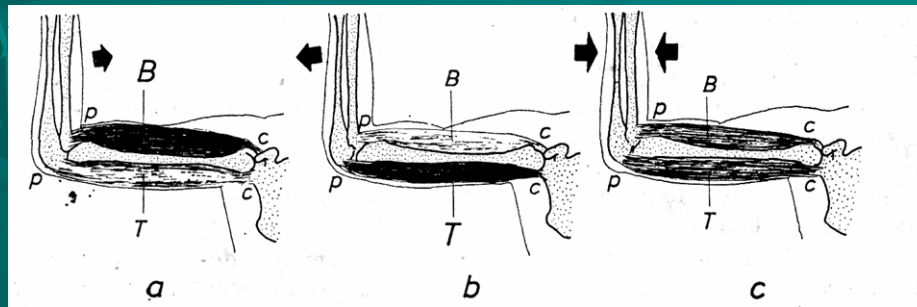


Fig. 2.14 - Flexiunea coatelor la 90° , din poziția stând, cu membrele su-perioare întinse lateral, cu palmele în sus. a — agoniștii (B) își iau punctele fixe pe capetele centrale (c), se contractă izotonic și acționează asupra capetelor periferice (p), în timp ce antagoniștii (T) se contractă izometric, controlând mișcarea; b — când se ajunge la 90° , antagoniștii (T) devin neutralizatori; c — menținerea la verticală a antebrăului se realizează prin egalizarea intensității de travaliu static dintre foștii antagoniști și foștii agoniști, ce devin împreună stabilizatori.



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



8. *La sfârșitul mișcării, mușchii antagoniști se transformă în mușchi neutralizatori. Cu cât viteza de execuție este mai mare, cu atât intervenția antagoniștilor la sfârșitul mișcării este mai intensă.* Exemplu: ca și cel de la principiul 7 (fig. 2.14 b). Când cotul ajunge la o flexie de 90° , mușchii extensori intensificându-și acțiunea opresc excursia antebrăului în această poziție.
9. *Mentținerea poziției se realizează prin egalizarea intensității de acțiune a agoniștilor și antagoniștilor și intrarea tuturor lanțurilor musculare în condiții de travaliu static.* Exemplu: ca la principiile 7 și 8 (fig. 2.14 c). Antebrăul ajuns în poziția de flexie la 90° pe braț este menținut la verticală prin egalizarea intensității de acțiune a flexorilor și extensorilor antebrăului pe braț.
10. *Folosirea acțiunii forțelor exterioare (și în special a forțelor gravitaționale) inversează rolul grupelor musculare.* Exemplu: din poziția stând, îndoirea genunchilor. Exercițiul se realizează din următoarele mișcări concomitente: flexia dorsală a gambelor pe picioare, flexia coapselor pe gambe și flexia bazinului pe coapse. Este de necrezut că exercițiul se realizează prin intrarea în acțiune a lanțului triplei flexii a membrilor inferioare. În realitate însă, exercițiul este controlat și gradat de lanțul triplei extensii, deci de extensorii piciorului pe gambă, ai gambei pe coapsă și ai coapsei pe bazin. Toți acești mușchi se contractă izometric și nu lasă segmentele membrilor inferioare să se prăbușească unele pe celelalte sub influența forțelor gravitaționale. Deși este vorba de o mișcare de triplă flexie, agoniștii sunt deci reprezentați de grupele musculare ale lanțului triplei extensii, iar flexorii devin antagoniști.
11. *În unele situații, folosirea forțelor exterioare (și în special a forțelor gravitaționale) inversează rolul grupelor musculare numai după ce acestea au declanșat mișcarea.* Exemplu: din poziția stând, aplecarea trunchiului înainte. Mișcarea este inițiată de mușchii abdominali și de flexorii coapsei pe bazin, care acționează ca agoniști. În această fază a exercițiului, mușchii șanțurilor vertebrale și extensorii coapsei pe bazin acționează ca antagoniști. După ce trunchiul a părăsit poziția de echilibru, tinde — sub acțiunea forțelor gravitaționale — să se prăbușească înainte.

Pentru ca mișcarea să se poată executa coordonat, controlul ei este preluat de mușchii șanțurilor vertebrale și de extensorii coapsei pe bazin. Deși este vorba de o mișcare de flexie a trunchiului, după ce aceasta a fost inițiată de mușchii flexori, care s-au contractat izotonic, ea este continuată și controlată de extensori, care se contractă izometric. Un alt exemplu: din poziția stând, aplecarea trunchiului înapoi. Mecanismul este exact invers, mișcarea fiind inițiată de extensorii care se contractă izotonic și apoi continuată de mușchii abdominali și de psoas iliaci, care se contractă izometric.



12. *În cadrul acțiunilor lanțurilor cinematice închise, pârghiile osteoarticulare acționează, în general, ca pârghii de sprijin, deci ca pârghii de gradul I. Exemplu: comportarea pârghiei articulației cotului în poziția stând pe mâini. Forța reprezentată de inserția olecraniană a tricepsului brahial se găsește în afară. Sprijinul, reprezentat de contactul dintre extremitățile articulare numerale și radiocubitale, se găsește la mijloc. Rezistența, reprezentată de proiecția centrului de greutate, cade la interior. Deci, FSR — pârghie de gradul I.*
13. *În cadrul acțiunilor lanțurilor cinematice deschise, pârghiile osteoarticulare acționează, în general, ca pârghii de viteză, deci ca pârghii de gradul al III-lea. Exemplu: comportarea aceleiași pârghii a articulației cotului la aruncarea greutății.*
- Prin flectarea excesivă a cotului, forța, reprezentată de inserția olecraniană a tricepsului brahial, este plasată între punctul de sprijin osos humerocubitoradial și între rezistența reprezentată de greutatea de aruncat și greutatea proprie a antebrațului și mâinii. Deci, SFR — pârghie de gradul al III-lea.*



Universitatea din Craiova

Facultatea de Educație Fizică și Sport



14. *Perfecționarea se atinge prin realizarea mișcărilor cu maximum de eficiență, folosindu-se la minimum forțele interioare și la maximum forțele exterioare. Astfel interpretată, perfecționarea exercițiilor fizice apare ca o formă superioară a adaptabilității organismului omenesc la mediu.* Exemplu: în alergare, pendularea înainte a gambei membrului inferior anterior. Deși mișcarea reprezintă o extensie incompletă a gambei pe coapsă, ea nu se realizează prin intrarea în contracție izotonică a mușchilor extensori, ci prin inerție (ca un pendul), deci prin folosirea unei forțe exterioare. Grupele musculare care intervin sunt reprezentate de mușchii flexori ai gambei pe coapsă, respectiv de mușchii ischiogambieri, care la sfârșitul mișcării se contractă izometric, oprind pendularea gambei. Un alt exemplu îl consti-tuie aruncarea mingii la handbal. Pentru ca forța cu care mingea este trasă la poartă să fie cât mai mare, este fo-losită și traiectoria centrului de greu-tate al corpului (fig. 2.15).

De asemenea, aruncarea discului sau a ciocanului. Forța exterioară folosită la maximum în aceste exer-ciții este forța centrifugă.

Bineînțele că utilizarea la ma-ximum a forțelor exterioare presu-pune o coroborare perfectă a acestora cu forțele motorii interioare și se ba-zează, în ultimă instanță, pe un grad înalt de dezvoltare a proceselor de coordonare.

Cunoscând bine aceste „principii”, orice antrenor, profesor de educație fizică, recuperator sau specialist în ergometrie, cu un oarecare bagaj de cunoștințe de anatomie funcțională și biomecanică, poate să treacă la studiul diverselor mișcări care îi in-teresează, în scopul perfecționării lor.



Universitatea din Craiova
Facultatea de Educație Fizică și Sport

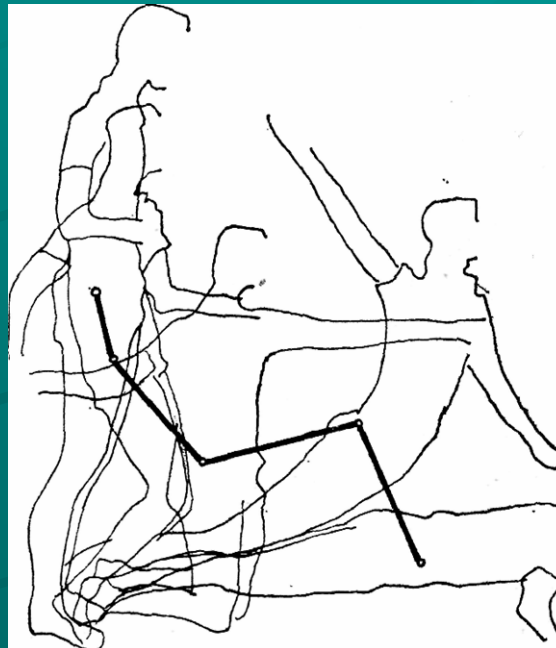


Fig. 2.15 - Traiectoria centrului de greutate in aruncarea mingii la poarta din plonjon, la jocul de handbal.