

## **Curs 1**

### **Anatomia și fiziologia mușchiului striat. Tipuri de contracții musculare**

#### **1.1. Anatomia mușchilor scheletici**

Mușchii striati scheletici sunt componente ale aparatului locomotor care prin contracție produc lucru mecanic și/sau căldură la fel ca și celelalte categorii musculare; mușchii scheletici reprezintă partea activă a aparatului locomotor, spre deosebire de oase și articulații care constituie partea pasivă a acestui aparat; macroscopic, mușchiul striat este format dintr-un corp muscular, tendon și/sau aponevroză și dintr-o serie de elemente anatomice anexate acestora: fascii musculare, burse seroase, teci sinoviale, retinacule, trohlee musculare, vase sanguine și nervi.

#### **Clasificarea mușchilor scheletici**

Mușchii scheletici pot fi clasificați după mai multe criterii:

■ după forma corpului muscular:

- mușchi lungi, fusiformi care sunt specifici membrelor;
- mușchi lați, care participă la formarea pereților trunchiului (mușchii abdominali, mușchii superficiali ai spatelui, unii mușchi ai capului);
- mușchi scurți, de dimensiuni mici, cu dispoziție profundă (mușchii profunzi ai spatelui);
- mușchi orbiculari care sunt circulari și se găsesc în jurul unor orificii (orbicular al gurii, al ochiului etc.)

■ după numărul capetelor de origine pot fi:

- biceps (brahial, femural)
- triceps (brahial, sural)
- cvadriceps (femural)

■ după modul de orientare al fibrelor musculare față de tendon:

- fasciculele musculare au aceeași orientare cu cea a tendonului (mușchii lați abdominali);
- fasciculele musculare au o orientare oblică față de tendon (aspect întâlnit la majoritatea mușchilor); aceștia sunt denumiți mușchi penați (din cauza asemănării cu o pană); aceștia pot fi unipenați (atunci când fibrele musculare sunt situate unilateral față de tendon) sau bipenați (când fibrele sunt dispuse bilateral față de tendon);
- corpul muscular este întrerupt de un tendon intermediar sau de fâșii aponevrotice care împart mușchiul respectiv în mai multe segmente (mușchii omohioidian, drept abdominal)

■ după localizare, pot fi:

- mușchi superficiali (mușchii mimicii)
- mușchi profunzi (mușchii subfasciali)

■ după numărul articulațiilor peste care trec:

- mușchi uniarticulari (majoritatea mușchilor striati)
- mușchi biarticulari (mușchii croitor, drept femural)
- mușchi poliarticulari (mușchii flexori și extensori lungi ai degetelor)

Corpul muscular este partea contractilă a mușchiului, formată în mare parte din celule specifice (fibrele musculare striate sau miocitele); tendonul este partea necontractilă și inextensibilă (formată din țesut conjunctiv moale fibros) prin care corpul muscular se inseră pe oase (în majoritatea cazurilor), sau pe alte tipuri de țesuturi (pe piele se inseră mușchii peloși ai capului, pe membrane conjunctive interosoase se fixează unii mușchi ai antebrațului și ai gambei, pe fascii aponevrotice - unii mușchi ai trunchiului sau chiar pe tendoanele altor mușchi - mușchii lombricali). În cazurile în care un tendon are o arie de inserție largă, având un aspect lățit, este denumit aponevroză (în general, mușchii trunchiului prezintă astfel de zone). Tendoanele și aponevrozele sunt structuri albe, lucioase.

În mod convențional, locul în care unul din tendoanele mușchiului se fixează este considerat origine, iar celălalt, se numește inserție. Origine este considerat, în general, capătul mușchiului situat central față de celălalt sau cel care se constituie mai frecvent în punct fix în timpul contracțiilor respectivului mușchi; inserția este, deci, capătul asupra căruia se exercită de obicei forța de contracție, fiind, cel mai frecvent, extremitatea mobilă a mușchiului.

**Anexele mușchilor** sunt formațiuni auxiliare care au rolul de a proteja fibrele musculare și de a le favoriza acțiunile.

- **Fasciile musculare** sunt formațiuni conjunctive fibroase care învelesc un mușchi, un grup muscular sau toți mușchii unui segment corporal; rolurile acestor formațiuni sunt multiple: protejează mușchii pe care îi învelesc, sunt suprafețe de inserție pentru alți mușchi, favorizează alunecarea mușchilor în timpul contracției, favorizează circulația venoasă, delimitează, în situații patologice, colecțiile purulente sau sanguinolente.
- Septurile intermusculare sunt dependințe ale fasciilor musculare care se inseră pe oase și delimitează niște loje osteo-fibroase pentru grupele musculare.
- Retinaculele sunt zone îngroșate ale fasciilor, având formă de panglici; rolul lor este de a menține tendoanele în regiunile în care acestea își schimbă direcția (la nivelul mâinii și al piciorului); delimitează împreună cu oasele deasupra cărora trec, niște canale osteo-fibroase prin care trec tendoanele respective.
- Tecile sinoviale sunt formațiuni anexate tendoanelor care au rolul de a le favoriza alunecarea în interiorul canalelor osteo-fibroase; au formă cilindrică, înconjurând tendoanele și sunt formate din două foițe între care există un strat subțire de lichid care favorizează alunecarea.
- Bursele sinoviale sunt formațiuni situate la nivelul tendoanelor sau mușchilor în zonele în care aceștia sunt expuși frecvent la frecări sau diverse presiuni; rolul lor este acela de a proteja mușchii sau tendoanele de microtraumatisme repetate;

au aspectul unor „pernițe” ce conțin o cantitate mică de lichid sinovial; unele burse pot comunica cu o cavitate articulară apropiată.

- Trohleele musculare sunt inele fibroase prin care trec anumite tendoane, schimbându-și direcția.

Corpul mușchiului striat este format din celule specifice - fibrele musculare striate, din fibre conjunctive care solidarizează fibrele musculare, vase sanguine și nervi.

- Fibrele musculare striate sunt celule fusiforme, multinucleate, al căror substrat funcțional (care determină proprietatea de contractilitate) este reprezentat de organele specifice fibrelor musculare denumite miofibrile constituite din microfilamente contractile de natură proteică (actina și miozina); fibrele musculare dispun și de un număr mare de mitocondrii (fiind adaptate necesarului energetic crescut al acestui țesut), de un sistem dezvoltat de tubi longitudinali și transversali cu rol în contracția musculară; sarcoplasma - citoplasma celulei musculare, conține și rezerve energetice sub formă de ATP (acid adenozintrifosforic), glucoză, glicogen, acizi grași.

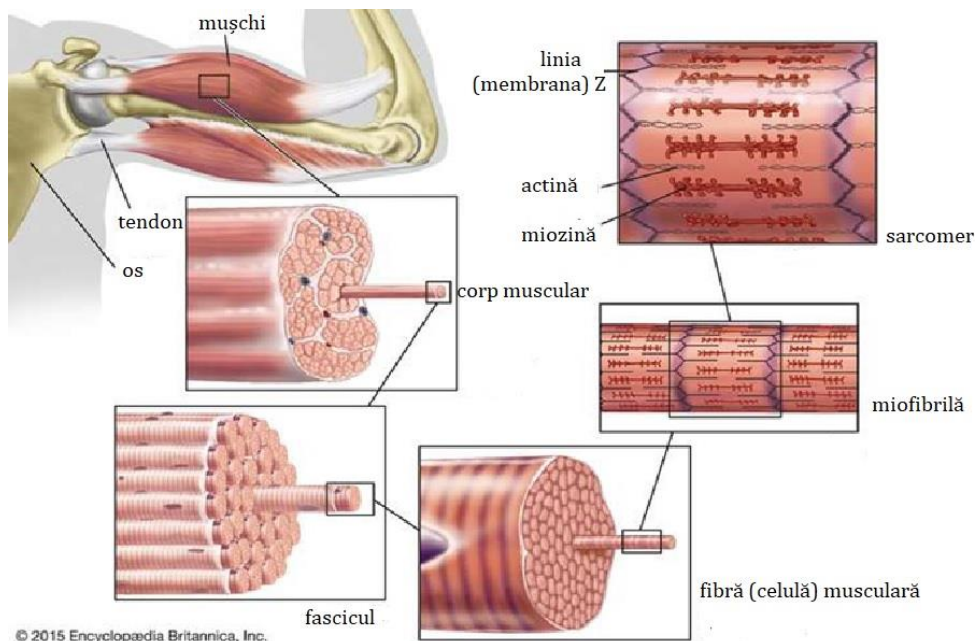


Figura 1. Organizarea macroscopică și microscopică a mușchiului striat (3)

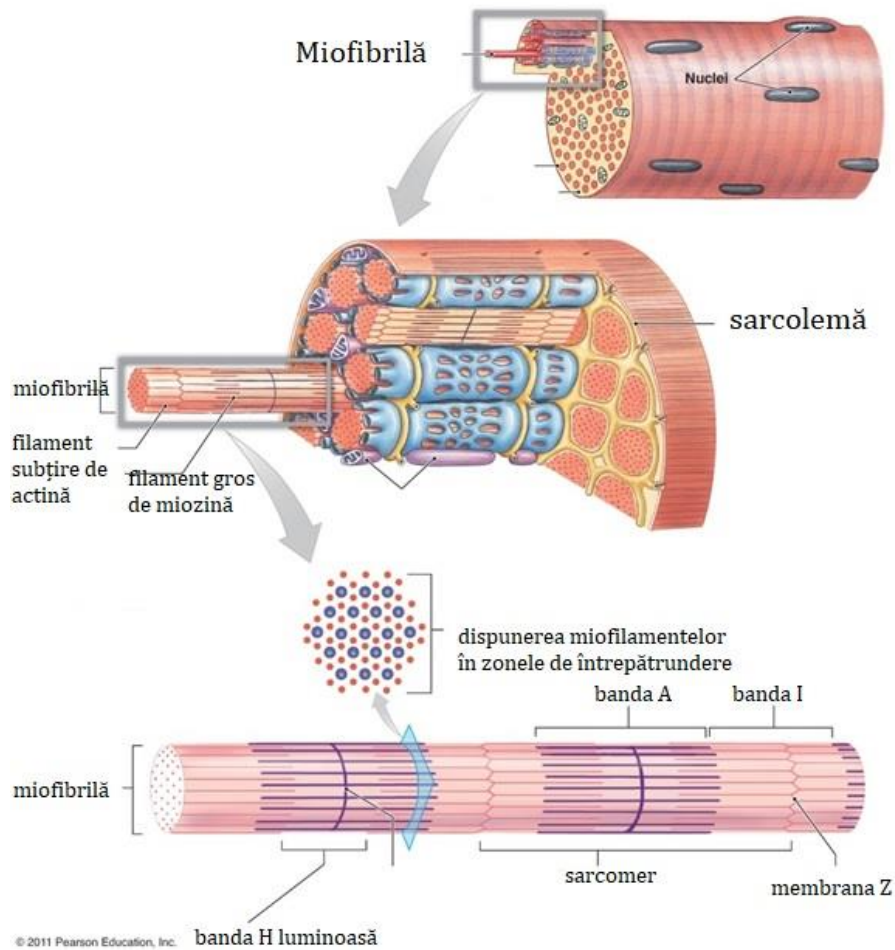


Figura 2. Structura microscopică a fibrei musculare striate (4)

- Fibrele conjunctive ale mușchiului reprezintă aproximativ 15% din masa acestuia, sunt de natură fibroasă și elastică și grupează fibrele musculare în fascicule primare, secundare și terțiare cu dimensiuni crescânde; astfel, fasciculele primare reunesc 10-30 de fibre musculare și sunt învelite de fibre conjunctive care alcătuiesc o fascie numită endomisium; mai multe asemenea fascicule mici sunt învelite de perimisium intern și formează fasciculele secundare, iar unirea mai multor fascicule secundare determină formarea unui fascicul terțiar al cărui înveliș conjunctiv se numește perimisium extern; mușchiul în totalitatea lui este acoperit de epimisium; toate aceste fascii asigură un suport rezistent și elastic fibrelor musculare, vaselor sanguine și filetelor nervoase aferente

mușchiului; de asemenea, favorizează alunecarea fibrelor musculare în timpul contracției musculare.

Tendonul, așa cum am menționat, este constituit din fibre colagene rezistente, inextensibile, în timp ce corpul muscular este o formațiune elastică și contractilă; datorită acestei diferențe între proprietățile celor două structuri, joncțiunea musculo-tendinoasă va fi foarte solicitată, aceasta fiind, frecvent, sediul unor leziuni (întinderi, rupturi) în timpul eforturilor intense.

- Vascularizația mușchiului este adaptată metabolismului acestui țesut, fiind foarte bine dezvoltată; arteria nutritivă a mușchiului este însoțită, în general de două vene și un nerv; vasele se ramifică cu o mare regularitate la nivelul mușchiului; într-un mm<sup>2</sup> de mușchi se vor găsi aproximativ 2000 de capilare; dintre acestea, aproximativ 10% sunt deschise în mușchiul în repaus (restul se deschid progresiv, pe măsură ce mușchiul se contractă). Limfaticile sunt rare și însoțesc vasele sanguine pe traiectul lor intramuscular.
- Vascularizația tendoanelor și aponevrozelor este mult mai redusă comparativ cu cea a corpului muscular; există tendoane mici care sunt chiar lipsite de vase sanguine, hrănindu-se prin difuziune de la nivelul structurilor anatomice învecinate.

- Inervația mușchiului este asigurată, de obicei, de un singur nerv care se distribuie fibrelor musculare, receptorilor de la acest nivel și vaselor sanguine și limfatice corespunzătoare; nervul care deservește un mușchi este întotdeauna mixt, fiind format din fibre somatice motorii destinate inițierii și menținerii contracției musculare, fibre somatice senzitive cu rolul de a transmite ascendent impulsuri de la proprioceptori (receptori specifici aparatului locomotor) spre centrii nervoși medulari și supramedulari, fibre vegetative situate perivascular care reglează afluxul sanguin în funcție de necesitățile mușchiului (datorită acestor filete nervoase vegetative, debitul sanguin la nivelul mușchiului poate varia de la 4 ml sânge/minut/100 grame mușchi - în repaus, la 150ml/minut/100 grame mușchi - în contracție maximală).

Fibrele somatice motorii sunt de două categorii:

- fibre motorii  $\alpha$  (alfa) care sunt prelungiri ale motoneuronilor  $\alpha$  din coarnele anterioare medulare și se distribuie fibrelor musculare striate; sinapsa neuro-musculară, realizată între membrana fibrei musculare (sarcolema) și butonii terminali ai axonului neuronului motor se numește placă motorie; un neuron motor împreună cu fibrele musculare pe care acesta le inervează poartă numele de unitate motorie; cu cât o unitate motorie este mai mică, cu atât precizia și finețea mișcărilor realizate de mușchiul respectiv este mai mare (de exemplu, mușchii mâinii au unități motorii mai mici decât mușchii trunchiului sau ai coapsei);

- fibre motorii  $\gamma$  (gamma) care sunt prelungiri ale motoneuronilor  $\gamma$  din coarnele anterioare ale măduvei și se distribuie fusurilor neuro-musculare (receptorii specifici ai fibrelor musculare), contribuind la reglarea tonusului și motricității fibrelor musculare; participă indirect la contracția musculară.

- Inervația tendoanelor este similară vascularizației acestor structuri, fiind precară sau chiar absentă în tendoanele sau aponevrozele mici.

### Proprietățile mușchiului striat scheletic

- Excitabilitatea reprezintă capacitatea mușchiului de a răspunde printr-o manifestare specifică (prin contracție musculară) la acțiunea unor stimuli (impuls nervos, alți factori fizici, chimici).
- Conductibilitatea este proprietatea fibrelor musculare de a transmite impulsul de contracție de la nivelul plăcii motorii în toată masa musculară aferentă acelei fibre motorii.
- Elasticitatea reprezintă capacitatea mușchiului de a se întinde sub acțiunea unei forțe externe și de a reveni la dimensiunea inițială după ce forța a încetat.
- Contractilitatea este proprietatea specifică mușchiului, prin care acesta își modifică lungimea sau starea de tensiune sub acțiunea unor stimuli specifici.

Un mușchi acționează asupra tuturor punctelor sale de inserție, efectul contractil fiind în funcție de rezistența întâmpinată la nivelul inserției:

- dacă rezistențele sunt egale, mușchiul se scurtează prin ambele capete;
- dacă ambele inserții sunt fixate, atunci contracția este izometrică și nu se manifestă prin mișcare;
- în cazul unor rezistențe inegale, una din inserții este fixă, iar cealaltă mobilă; pentru același mușchi, cele două puncte se pot inversa în funcție de condițiile biomecanice din momentul respectiv.

### **1.2. Substratul morfofiziologic al contracției musculare**

Substratul contracțiilor musculare este constituit din niște sisteme energetice reprezentate de rezervele de acid adenzintrifosforic (ATP), de cele de creatinfosfat (CF), precum și de cele de glicogen, glucoză și acizi grași.

Aceste sisteme intră în acțiunea pe rind, asigurând energia necesară contracției musculare; utilizarea lor depinde de tipul de efort la care este supus organismul; acesta poate fi aerob sau anaerob (degradarea substratului energetic se poate desfășura în prezența sau în absența oxigenului).



Inițial, se degradează ATP-ul, furnizând energia necesară câtorva contracții (10"); refacerea acestuia este realizată prin desfacerea exergonică a moleculelor de CF, care pot asigura, astfel, energia necesară pentru 20-35" de efort; atunci când efortul continuă, energia provine din degradarea glicogenului, glucozei, a acizilor grași liberi sau atunci, când aceste substraturi glucidice și lipidice sunt epuizate, energia se poate obține și din degradarea proteică.

În eforturile intense, de scurtă durată, degradarea acestor substanțe organice se desfășoară în anaerobioză (în absența oxigenului); degradarea glucozei în absența oxigenului (glicoliza) determină formarea de acid lactic; o parte din acidul lactic este transportat la ficat, unde resintetizează glucoza (care redevine, astfel, substrat energetic), iar o mare parte rămâne în mușchi, unde, după terminarea efortului, este metabolizat complet, prin intrarea în ciclul Krebs, până la obținerea de dioxid de carbon, apă și energie. Urmărind tabelul 2, se poate constata faptul că eforturile de scurtă durată (până la 35"), sunt eforturi predominant anaerobe; dacă nu se ajunge la formarea de acid lactic (rezervele energetice fiind reprezentate doar de moleculele de ATP și CF), efortul anaerob este alactacid, iar dacă durata efortului depășește 10" (până la 35") și energia necesară contracțiilor musculare provine și din alte substraturi glucidice, efortul respectiv determină producerea de acid lactic și este, deci, un efort anaerob lacticid.

Eforturile de anduranță scurtă (STE- short time effort) cu durata de 35"-120", sunt eforturi în care crește proporția de degradare aerobă a glicogenului sau a altor substraturi energetice; la efortul fizic de anduranță medie (MTE- medium time effort: 2-10 minute) sau de anduranță lungă (LTE I-IV, long time effort: mai lungi de 10 minute) crește proporțional cu durata efortului și procentul de degradare aerobă a diverselor substraturi energetice, scad rezervele de glicogen muscular și, odată cu începerea utilizării proteinelor ca substrat energetic, se produc și unii compuși azotați care sunt eliminați pe cale renală (uree, creatinină, acid uric). În tabelul 2 pot fi urmărite și principalele cauze care limitează efortul fizic, prin instalarea oboselii musculare.

### **Acidul adenozintrifosforic (ATP)**

Energia necesară contracției musculare este asigurată de ATP; deoarece mușchiul conține cantități limitate de ATP, există mecanisme care sintetizează noi molecule de

ATP, astfel încât contracția musculară să poată continua. Pe lângă rolul fundamental în contracție, ATP-ul controlează și relaxarea musculară, precum și pompa de  $\text{Ca}^{2+}$ .

Molecula de ATP este compusă dintr-un rest nucleotidic (adenozina) care este legat de două grupări fosfat prin două legături macroergice (care au înmagazinată o mare cantitate de energie). Această energie este eliberată atunci când legăturile fosfat macroergice se desfac prin reacții de hidroliză catalizate de o enzimă hidrolitică.



Prođușii finali ai acestei reacții nu sunt eliminați, ci se pot recombina (prin reacții endergonice) formând noi molecule de ATP; resinteza ATP și, implicit refacerea legăturilor fosfat-macroergice din ADP necesită, deci, prezența unor enzime și a unor noi surse de energie.

Când ATP-ul prezent în fibrele musculare este diminuat, organismul (fibra musculară, mai precis) recurge la trei procese de resinteză; acestea sunt prezentate schematic în figura 2 de la pagina 17 și sunt:

■ Hidroliza creatinfosfatului (CF) - modalitatea cea mai rapidă de a obține energia necesară refacerii ATP-ului; substratul acestei căi este o reacție hidrolitică care transferă energia necesară refacerii ATP.



■ Glicoliza utilizează glucoza ca substrat al reacțiilor sale și reprezintă sursa majoritară de energie pentru resinteza ATP; glucoza este furnizată mușchiului de capilarele care irigă mușchiul sau de descompunerea, prin hidroliză, a rezervelor musculare de glicogen.

Glicoliza este procesul de degradare a glucozei și are ca produși finali acidul piruvic și două noi molecule de ATP.

În absența oxigenului, acidul piruvic se transformă în acid lactic, care este produsul final al acestei căi de degradare anaerobă a glucozei; acidul lactic se acumulează în mușchi, fiind principala cauză a oboselii musculare.

■ Ciclul Krebs și fosforilarea oxidativă au loc în prezența oxigenului; acesta este pus la dispoziția fibrei musculare din două surse: una este circulația sanguină (prin capilarele care irigă fibrele musculare), iar cealaltă este reprezentată de mioglobină (o proteină musculară care are proprietatea de a fixa oxigenul). În prezența oxigenului are loc degradarea aerobă a glucozei; acidul piruvic, rezultat din glicoliză, este transformat în acetil-coenzima A; aceasta din urmă ajunge în mitoconrile fibrei musculare și intră în ciclul Krebs (sau al acizilor tricarboxilici); energia rezultată din aceste reacții este transferată, printr-un proces de fosforilare oxidativă, și determină formarea unor noi molecule de ATP. Producții finali ai degradării aerobe a glucozei sunt  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  și 36 de noi molecule ATP. În concluzie, degradarea unei molecule de glucoză, pe această cale, determină formarea a 38 de legături fosfat-macroergice. Lipidele (în special, acizii grași) și proteinele pot fi folosite, de asemenea, pentru obținerea de energie necesară resintezei ATP. După încetarea contracției, mușchiul își reface rezervele energetice utilizate în timpul activității; procesele care au loc sunt legate, în principal, de plata „datoriei de oxigen” care s-a creat în timpul contracției.

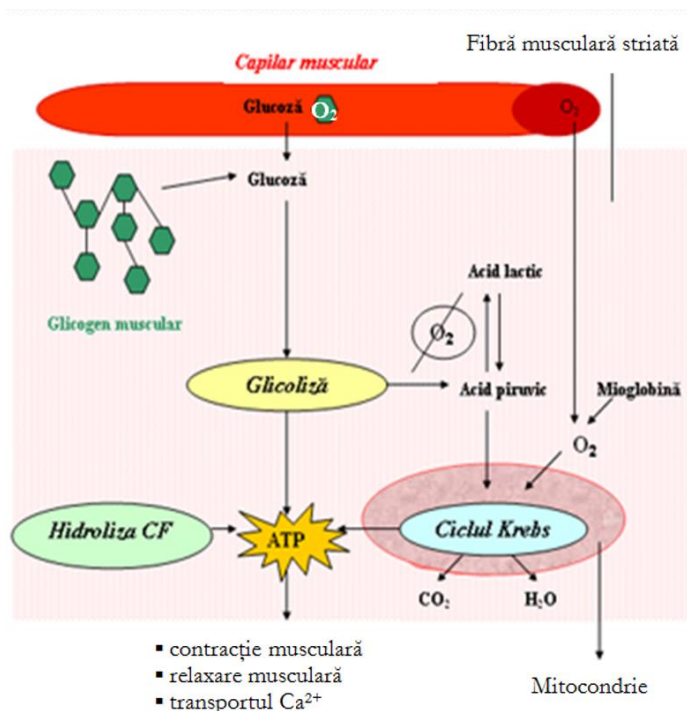


Figura 3. Schema suportului energetic al contracției musculare

SISTEMUL FUNCȚIONAL	Unitate de măsură	ANAEROB		STE 35"-120"	MTE 2-10 min.	LTEI 10-35 min.	LTEII 35-90 min.	LTEIII 90-360 min.	LTEIV >360 min.
		alactacid 1-10"	lactacid 10-35"						
Circulația coronariană	FC b/min	190-210	200-220	185-200	190-210	180-190	175-190	150-180	120-170
Consumul de O <sub>2</sub>	% din VO <sub>2</sub> max	100%	100%	100%	95-100%	90-95%	80-95%	60-90%	50-60%
Schimbările energetice	Relație aerob anaerob	1 99	3 97	20 80	60 40	70 30	80 20	95 5	99 1
Consumul energetic	KJ/min KJ total	- 30-120	- 120-380	250 380-450	190 460-1680	120 1680-3150	105 3150-9660	80 9660-27000	75 >27000
Scăderea glicogenului muscular	% glicogen muscular	1 0,5	2-3 0,5	10 0,5	30	40	60	80	95
Lipoliza	AGL mmol/l	46	814	18	0,5	0,8	1	2	2,5
Glicoliza	Lactat mmol/l				20	14	8	4	2
Proteinoliza	acid uric, uree, creatinină	-	-	-	±	+	++	+++	++++
Cauze majore de oboseală musculară		Depleție de CF		Depleție de CF Acumulare de protoni	Acumulare de protoni și de NH <sub>3</sub>	Depleție de de peroxizi glicogen	Depleție de glicogen și acumulare		

Tabel 1. Sisteme energetice și funcționale în timpul efortului fizic (2)

(STE – short time effort, MTE – medium time effort, LTE – long time effort)

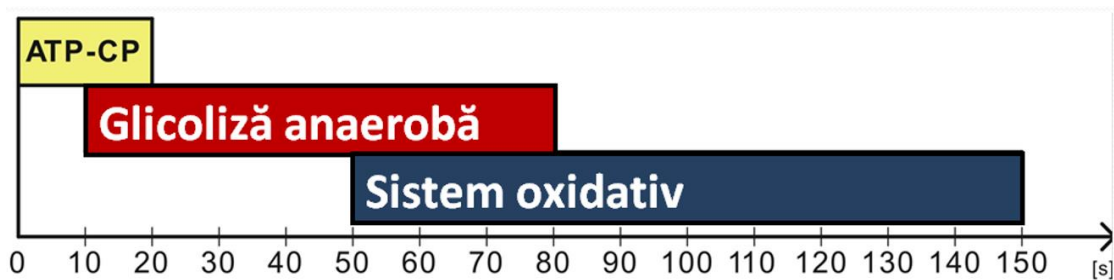


Figura 3. Succesiunea sistemelor în furnizarea energiei necesare contracției musculare

## **Tipuri de fibre musculare striate**

În organismul nostru există o mare varietate de contracții musculare (în ceea ce privește durata, viteza și amplitudinea scurtării fibrelor); în mușchii scheletici există două tipuri de fibre musculare care au forme și aspecte diferite și utilizează căi diferite de resinteză a ATP-ului.

**Fibrele musculare roșii (lente sau de tip I)** au contracții lente și prelungite și sunt rezistente la oboseală. Predomină în mușchii posturali ai trunchiului și gâtului.

- Destinate mișcărilor lente (musculatura posturală)
- Au mai multe mitocondrii, mioglobină și un aport sanguin mai mare (culoarea roșie)
- Capetele filamentelor de miozină sunt echipate pentru hidroliza mai rapidă și mai eficientă a ATP
- „Obosesc” mai greu (datorită acidului lactic produs)
- Au un conținut scăzut de glicogen;
- Au un diametru mai mic decât fibrele albe (aproximativ 50%)

Pentru resinteza ATP, aceste fibre utilizează ciclul Krebs și fosforilarea oxidativă; aportul crescut de oxigen și mitocondriile, prezente în număr crescut, susțin aceste procese biochimice; fiind sărace în glicogen, aceste fibre utilizează predominant acizii grași ca și combustibil preferențial (aceștia se degradează până în acetil-coenzima A și intră, apoi, în ciclul Krebs). Mușchii formați în principal din fibre musculare roșii sunt specifici activităților care presupun o rezistență crescută și contracții îndelungate (sporturi de anduranță).

## **Fibrele musculare albe (rapide sau de tip II)**

- au diametru relativ mare;
- sunt deschise la culoare, datorită cantității reduse de mioglobină;
- sunt deservite de un număr redus de capilare;
- au puține mitocondrii;
- au rezerve mari de glicogen;

- energia este obținută, în principal, prin glicoliză.

Deoarece fibrele albe au puțină mioglobină și o vascularizație redusă, aportul de oxigen este scăzut, ceea ce reduce considerabil posibilitatea de degradare aerobă a glucozei. Mușchii care dețin în majoritate fibre musculare albe sunt utilizați predominant în activitățile care necesită dezvoltarea unei forțe musculare rapid, pentru o durată scurtă.

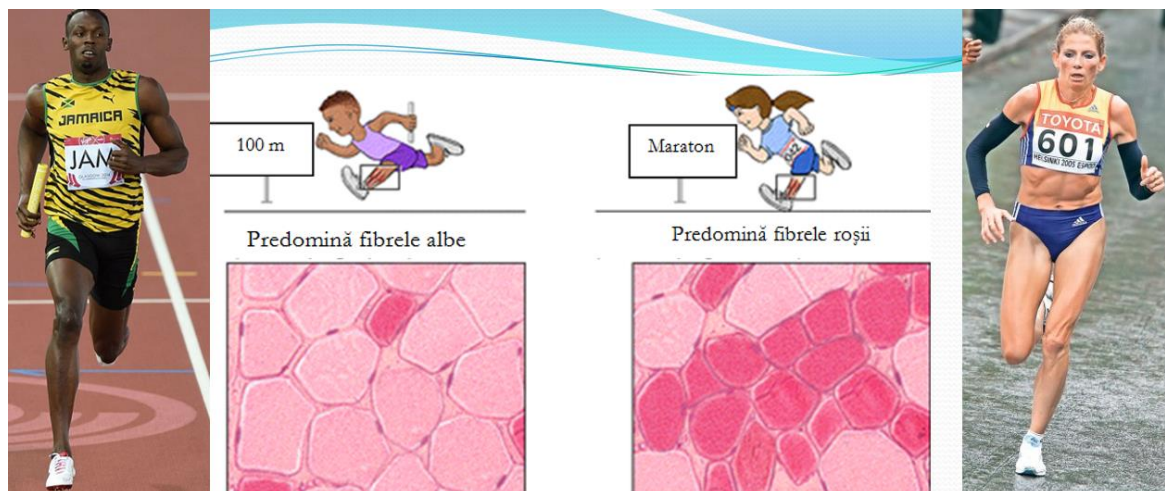
Fibrele de tip II B - fibrele musculare intermediare - sunt rezistente la oboseală și au contracții mai rapide decât fibrele roșii.

Mușchii scheletici conțin atât fibre musculare albe cât și roșii, dar în proporții diferite; există, bineînțeles, și variații individuale în ceea ce privește repartitia acestora într-un mușchi scheletic.

La unii oameni predomină un anumit tip de fibre musculare striate, caracter determinat genetic și care condiționează performanțele sportive; se spune că „sprinterii și maratonistii sunt înnașcuți și nu făcuți”.

La sportivii care participă la probe de viteză, mușchii implicați în activitatea respectivă au un număr considerabil mai mare de fibre albe, în timp ce la sportivii care execută probe de anduranță, predomină fibrele musculare roșii.

La sprinteri, capabili de efort susținut, dar de scurtă durată, predomină fibrele albe (60%), pe când la maratonisti, capabili de eforturi susținute.



*Figura 4. Proporția fibrelor musculare albe și roșii în funcție de tipul de efort*

## **Tipuri de contracții musculare**

După Davis (1984), se definesc 3 categorii de contracții musculare:

- **Contracția musculară izometrică** în care mușchiul își păstrează lungimea, forța dezvoltată fiind egală cu rezistența opusă; exemplul cel mai simplu este acela de menținere a unui obiect într-o anumită poziție fără a-l mișca.
- **Contracția musculară izotonică** permite mușchiului să-și mențină starea de tensiune, deși acesta își modifică lungimea; apare atunci când forța maximală dezvoltată de mușchi depășește încărcarea acestuia; poate fi concentrică sau excentrică;
  - Contracția musculară concentrică este un tip de contracție musculară în care mușchiul se scurtează generând forță musculară; această forță este suficientă pentru a învinge rezistența; în timpul unei astfel de contracții, mușchiul se contractă pe principiul alunecării miofilamentelor. Aceste contracții produc mișcare, prin scurtarea mușchiului respectiv.
  - Contracția musculară excentrică presupune existența unei contracții în care forța dezvoltată de mușchi este insuficientă pentru a învinge rezistența externă și fibrele musculare se alungesc în timpul contracției; acest tip de contracție este utilizat pentru decelerarea unei părți a corpului sau a unui obiect sau pentru descărcarea lentă a unei sarcini (contrarezistențe). Aceste tipuri de contracții apar involuntar, atunci când mușchiul încearcă să ridice o greutate mult mai mare comparativ cu forța dezvoltată de acesta sau, voluntar, atunci când mușchiul încetinește o anumită mișcare; mecanismul fiziologic al acestor tipuri de contracții este mult mai puțin cunoscut decât cel al celor concentrice, deși se cunoaște faptul că există anumite proteine musculare care sunt implicate (dezmina, titina și proteinele liniilor Z).
- **Contracția musculară izokinetică** în care viteza de contracție rămâne constantă, în timp ce forța dezvoltată își modifică valoarea. Aceste tipuri de contracție apar relativ rar în organism.

Contracțiile în care mușchiul își păstrează constantă forța sau/și viteza se întâlnesc relativ rar comparativ cu alte tipuri de contracții, dar aceste variante sunt necesare înțelegerii proprietăților contracției musculare.

#### **Bibliografie selectivă**

1. Frontera, W.R. (2010) - DeLisa's Physical Medicine & Rehabilitation: Principles and Practice, 5th Ed., Lippincott, Williams and Wilkins;
2. Drăgan, I. (2002). Medicina sportivă. Ed. Medicală, București, 360.
3. <https://www.britannica.com/science/skeletal-muscle> (figura 1)
4. <https://www.anatomynote.com/wp-content/uploads/2019/08/12436/Muscle-fiber-structure-anatomy.jpg> (figura 2)
5. Oravițan, M. (2003). Ghid de anatomie - Aparatul locomotor. Editura Mirton.
6. Sbenghe, T., Berteanu, M., Săvulescu S.E. (2019). Kinetologie profilactică, terapeutică și de recuperare. Editura Medicală;
7. Drăgan, I. (2002). Medicina sportivă. Editura Medicală;