

GHID DE MEDICINĂ SPORTIVĂ ȘI EDUCAȚIE FIZICĂ

Sub redacția:

**David Eastwood,
Dane Vishnubala**

Cuprins

Abrevieri	6
Medicină sportivă și educație fizică	11
Cuvânt înainte	13
Prefață	15
Despre editori	17
1. Cunoștințe de bază	19
2. Mersul și biomecanica	39
Privire de ansamblu asupra medicinei musculo-scheletice	52
3. Umărul și Cotul	57
4. Mâna și încheietura mâinii	77
5. Piciorul și glezna	99
6. Genunchiul și șoldul	125
7. Coloana vertebrală	149
8. Medicina sportivă și educația fizică în pediatrie	171
9. Sport de recuperare și pentru cei cu dizabilități	191
10. Sportul de elită	203
11. Cardiologie	223
12. Respirator	247
13. Endocrinologie	263
14. Reumatologie	281
15. Farmacologie clinică	301
16. Medicină de urgență	315
17. Asistența medicală primară	333
18. Activitatea fizică	351
19. Sănătatea populației și sănătatea publică	373
20. Aspecte psihosociale ale medicinei sportive și educației-fizice	389
21. Radiologie	407

David Eastwood, Mark Williams, Nick Grantham, John Nooan
și David Salam

CONTEXT

Răspunsul fiziologic al unei persoane la exercițiul fizic depinde de o serie de factori, inclusiv: tipul de exercițiu, vârsta, sexul, structura genetică și compoziția corporală a persoanei, precum și condițiile de mediu (zona geografică, climă și factori sociali). Acest capitol își propune să sublinieze unele dintre mecanismele și răspunsurile homeostatice implicate în exercițiul fizic.

ANATOMIE

Osul

Osul este un țesut rigid care formează scheletul. Metabolismul său (cunoscut sub numele de remodelare) este un ciclu continuu de creștere și resorbție care este influențat de hormoni, activitatea osteoclastică și osteoblastică. Osul joacă, de asemenea, un rol metabolic în gestionarea echilibrului calciului și fosfaților din organism (**Figura 1.2**).

Componentele cheie ale metabolismului osos includ:

- **Matricea osoasă:** aceasta este formată în mare parte din hidroxiapatită minerală (fosfat de calciu), precum și din material organic care este în principal collagen de tip 1.
- **Osteoclastele:** aceste celule multinucleate se atașează de os și induc resorbția matricei folosind enzime și ioni de hidrogen.
- **Osteoblastele:** depun collagen și minerale în spațiile create de osteoclaste.
- **Osteocitele:** acestea sunt cel mai frecvent tip de celule și se găsesc în matricea osoasă. Ele transmit semnale către alte osteocite pentru a indica stresul osos apărut ca urmare a forțelor mecanice.

O serie de hormoni pot afecta remodelarea oaselor și metabolismul calciului:

- **Hormonul paratiroidian (PTH):** acest hormon este secretat de principalele celule ale glandei paratiroide. El crește nivelul de calciu din sânge prin creșterea activității osteoclastelor. În schimb, nivelurile ridicate de calciu plasmatic sunt sesizate de glanda paratiroidă care inhibă producția de PTH. PTH acționează, de asemenea, asupra rinichilor prin stimularea

canalelor ionice, crescând reabsorbția calciului în sânge și eliberând calcitriol.

- *Calcitonina*: aceasta este eliberată de celulele tiroidiene C ca răspuns la nivelurile ridicate de calciu. Se leagă de osteoclaste pentru a inhiba resorbția și acționează asupra rinichilor pentru a determina eliminarea calciului în urină.
- *Vitamina D*: provenită fie din ingestie, fie sintetizată dintr-un precursor de colestero, prezența acesteia crește cantitatea de calciu absorbită în intestin. Este metabolizată în forma sa principală circulantă, Calcidiol [$25(\text{OH})\text{D}$], în ficat, iar apoi în forma sa hormonală, Calcitriol [$1,25(\text{OH})_2\text{D}$], în rinichi.

Exercițiile fizice sunt în general considerate benefice pentru oase și pot fi o opțiune eficientă de management pentru osteoporoză sau osteopenie. Cel mai semnificativ răspuns osteogenic este obținut din activitatea cu impact crescut, respectiv intensitate crescută specifică exercițiului, în timp ce sporturile cu forțe de impact reduse – cum ar fi ciclismul – nu oferă de obicei prea multe beneficii. Un antrenament intens și de scurtă durată crește resorbția osoasă și, inițial, crește activitatea osteoclastică. Pe măsură ce are loc adaptarea, osteoblastele reglează formarea osoasă. Osoul este extrem de receptiv la aportul de nutrienți și o bună sănătate a oaselor necesită o disponibilitate adecvată de energie.

Capacitate de efort

- Scala Borg (evaluarea efortului perceput, EEP) 6–20
- Pragul lactatului
 - Lactat sanguin $\geq 4 \text{ mmol/L}$
 - Viteza indică performanța de duranță
- $\dot{V}O_2 \text{ max Q (CaO}_2\text{-CvO}_2\text{)}$
 - RSR (Raportul de schimb respirator) $>1,15$
 - EEP >17
 - Frecvența cardiacă până la 10 bpm față de maximum
 - Platoul $\leq 150 \text{ ml O}_2/\text{min}$

Nutriția

- Aportul zilnic de calorii trebuie calculat folosind:
 - Rata metabolică bazală
 - Vârsta
 - Sexul
 - Nivelul de activitate fizică

Bărbat peste 2500 de calorii

Femeie peste 2000 de calorii

Carbohidrați
2–12 g/kg/ziProteine
0,8–1,5 g/kg/ziGrăsimi
0,5–1,5 g/kg/zi**Sisteme energetice și randament**

1) ATP-PCR

ATP - 1

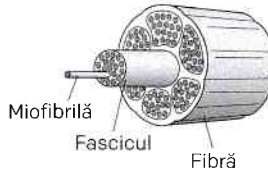


2) Glicoliză anaerobă

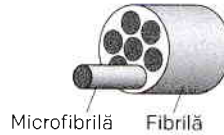
ATP - 2



3) Fosforilare oxidativă ATP

- Carbohidrați: 36–39
Grăsimi: >100 **Mușchi**

- Tipul 1a – $\uparrow$ mitocondrii
 $\uparrow$ oxidarea
- Tip 2a – $\uparrow$ oxidarea
 $\uparrow$ capacitatea glicolică
- Tip 2x/2b – $\downarrow$ oxidarea
 $\uparrow$ capacitatea glicolică

**Ligament**

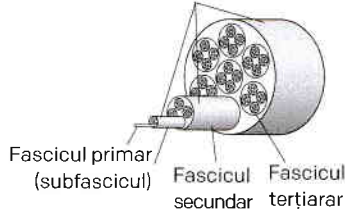
- Fibroblaste
- Colagen (tip I)
- Apă
- Elastină
- Lipide
- Proteoglicani

Cartilaj

- Apă
- Colagen (tip II)
- Proteoglicani
- Condrocite



Endotenon

**Tendon**

- Apă
- Colagen (tip I)

Figura 1.1 Prezentare generală ilustrată a capitolului

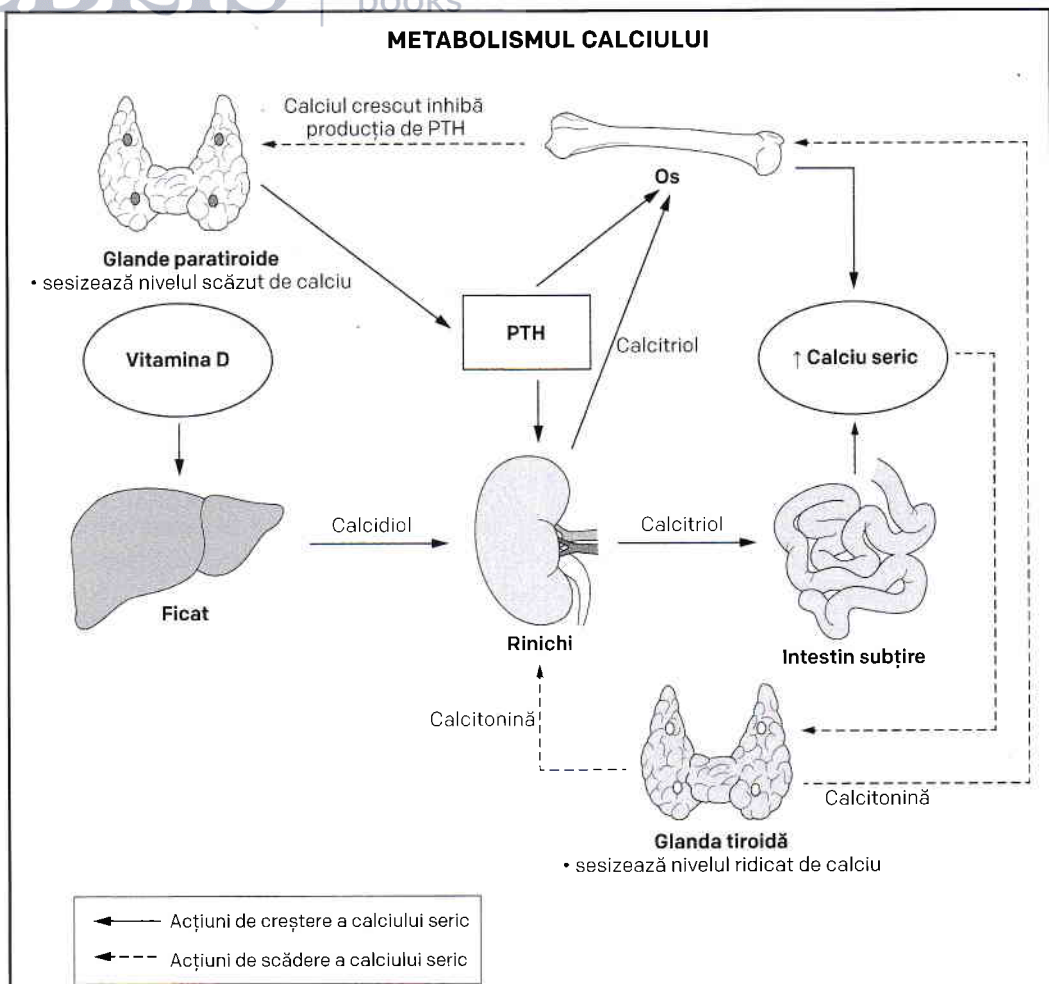


Figura 1.2 Metabolismul calciului

Tendonul

Acesta este țesutul de tranziție care conectează osul și mușchiul. El transferă energia mecanică, generată de contracția musculară, către os, generând astfel mișcare. Tendonul este format în principal din apă și collagen de tip I. Aceste molecule se grupează pentru a forma fibrile, care se grupează în continuare

pentru a forma fibre. Un număr de fibrilele sunt grupate într-un fascicul primar și o serie de fascicule primare într-un fascicul secundar. Endotenonul este țesutul conjunctiv care acoperă fasciculele de collagen, inclusiv fibrele și fasciculele primare și secundare, permițându-le să gliseze între ele și oferind un sprijin suplimentar. Tendoanele sunt foarte bine structurate, ceea ce permite o rezistență crescută pentru a susține sarcina mecanică.

Tendoanele sunt supuse multor forme de leziuni, printre care tendinopatia. Fiziopatologia acestei leziuni este încă dezbătută, dar tendoanele nu reușesc să se refacă, rezultând fibre de collagen dezorganizate de tip I și III, creștere capilară excesivă și fibroblaste rotunjite distribuite neuniform în țesut. Se produce o creștere a raportului dintre collagenul de tip III și cel de tip I, care are proprietăți biomecanice mai slabe. Pot contribui de asemenea mai mulți factori de risc intrinseci (inclusiv vârsta și nutriția), precum și factorii de risc extrinseci (cum ar fi modificări ale sarcinii mecanice și tehnica necorespunzătoare de antrenament).

Leziunile acute tendinoase și musculo-tendinoase necesită mai mult timp ca să se vindece în comparație cu leziunile miofasciale. Etapele vindecării tendonului includ hemostaza (trombocitele declanșează cascada de coagulare pe o perioadă de aproximativ 15 minute), inflamația (când fibroblastele produc collagen de tip III timp de aproximativ 7 zile), proliferarea (modelarea țesuturilor în aproximativ 7–21 de zile) și remodelarea (collagenul de tip III este înlocuit cu collagen de tip I, ceea ce poate dura până la 18 luni).

Ligament

Acesta este țesutul de tranziție care leagă oasele între ele. Ligamentele oferă suport structural, limitează mișcarea excesivă și contribuie la propriocepția articulară prin mecanoreceptori și terminațiile nervoase libere. Principalii constituenți ai ligamentelor sunt celulele fibroblaste, collagenul de tip I, apa, elastina, lipidele și proteoglicanii. În comparație cu tendoanele, ligamentele conțin în general mai puțin collagen și sunt mai puțin organizate în structura lor.

O lezare a ligamentului poate provoca entorse sau rupturi. Entorsele pot fi de mai multe grade (gradul I: întinderea ligamentului cu ruptură microscopică, dar nu macroscopică; gradul II: ruptura parțială a ligamentului și gradul III: ruptură completă). Managementul acestor leziuni va depinde de localizarea, severitatea și nevoile individuale ale pacientului. De ex., un sportiv tânăr, cu o ruptură de ligament încrucișat anterior poate necesita intervenții chirurgicale.

Etapele vindecării ligamentelor includ inflamația (un aflux de celule inflamatorii, neutrofile și producția de collagen de tip III, de obicei în decurs de 7 zile), proliferarea (collagenul de tip III este înlocuit cu tipul I în aproximativ 7–21 de zile), remodelarea și maturarea (care poate dura până la 18 luni). Ligamentele extra-articulare au în general o capacitate mai mare de vindecare.

Cartilajul articular

Cartilajul articular sau hialin acționează inhibând frecarea și distribuind sarcina între articulații. Există și alte forme de cartilaj, inclusiv cartilajul fibroelastic (sau meniscal) și fibrocartilajul, care se regăsesc în inserțiile osoase ale tendonului și ligamentului.

Cartilajul articular este avascular și este întreținut de os și de lichidul sinovial superficial. Conține apă, collagen (mai ales tip II), proteoglicani și condrocite. Conținutul de apă tinde să scadă odată cu îmbătrânirea, dar crește în cazul artrozei, datorită creșterii permeabilității tisulare.

Lezarea poate provoca o fractură intraarticulară. În acest caz în procesul de vindecare se produc collagen de tip I și fibrocartilaj, care este mai puțin rezistent și poate predispune la artroză. Artroza este o boală

degenerativă care se caracterizează printr-o pierdere progresivă a cartilajului articular. În acest proces, conținutul de apă crește, proteoglicanii scad și colagenul devine mai puțin organizat. În cele din urmă, apar modificări și la nivelul capsulei articulare și a osului.

Mușchiul

Mușchiul este un țesut moale și este de obicei clasificat în mușchi neted, scheletic și cardiac. Mușchiul scheletic este striat și constituie între 30–40% din masa corpului uman. Când este stimulat, mușchiul se contractă pentru a produce mișcare.

Unitatea funcțională contractilă a mușchiului este sarcomerul – acesta este format din filamente de proteine de actină și miozină. Aceste filamente alcătuiesc miofibrilele, care sunt grupate în fibre. Endomisiul acoperă fibrele pentru a forma un fascicul, iar aceste fascicule sunt înconjurate de perimisiu pentru a se grupa în mușchi.

În timpul contracției musculare, locurile de legare ale actinei sunt expuse de ioni de calciu, astfel se leagă miozina, precum se leagă și ATP – sursa necesară de energie. Acest lucru facilitează cursa încrucișată a miozinei și actinei, generând contracția unității sarcomerului.

Mușchiul scheletic constă din diferite tipuri de fibre, dependente de proteina lanțului greu de miozină (MyHC) pe care o exprimă: o fibră de tip 1 cu contracție lentă și una de tip 2 cu contracție rapidă, clasificate în continuare în 2a, 2b și 2x.

Deși 2b și 2x sunt uneori folosite interschimbabil, fibrele de tip 2b nu sunt exprimate la mamifere mari (oameni), ci apar la mamifere mai mici, cum ar fi șoarecii.

- *Fibre de tip 1 (fibre cu contracție lentă)*: Acestea conțin un număr mare de mitocondrii și o irigație sanguină bogată. Prin urmare sunt puternic oxidative și au o capacitate glicolitică scăzută, ceea ce înseamnă că nu obosec așa ușor, dar generează în general forță mai redusă. Sunt folosite în activități contractile de lungă durată, cum ar fi sporturile de duranță.
- *Fibre de tip 2a (fibre oxidative cu contracție rapidă)*: aceste fibre sunt rezistente la oboseală deoarece sunt foarte oxidative, dar au capacitate glicolitică ridicată. Au un număr mare de mitocondrii. Ele sunt utilizate în activități precum ridicarea repetată de greutăți, unde este nevoie de efort continuu.
- *Fibre de tip 2x (fibre glicolitice cu contracție rapidă)*: aceste fibre sunt puțin oxidative și au capacitate glicolitică ridicată. Ele obosec foarte ușor și sunt folosite pentru exerciții de mare intensitate precum sprintul. De obicei au un număr scăzut de mitocondrii.

Răspunsul neuromuscular la efort

Când un mușchi este recrutat și utilizat, acesta se adaptează progresiv la sarcină și fibrele se pot hipertrofia. Exercițiile fizice stresează sistemul musculo-scheletic, iar microtraumatismele stimulează un proces de reparare din partea celulelor, inclusiv celulele miosatelite.

Diferitele tipuri de antrenament fizic vor stimula prezența diferitelor tipuri de fibre musculare. Recrutarea fibrelor musculare este determinată de principiul mărimii, care prevede că unitățile motorii cu fibre mai mici sunt recrutate mai întâi, urmate de fibre mai mari pe măsură ce este necesară

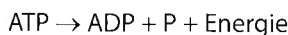
mai multă forță. Antrenamentul de forță determină forțe concentrice și excentrice mari, care, la rândul lor, „supraîncărcă” mușchiul, provocând sinteza proteinelor, hipertrofia fibrelor musculare și o preferință față de fibrele de tip II.

Antrenamentul de duranță, cum ar fi alergarea pe distanțe lungi, crește prezența mitocondriilor, ceea ce crește disponibilitatea schimbului de gaze și face fibrele musculare de tip I mai abundente.

FIZIOLOGIA EFORTULUI FIZIC

Metabolismul celular

Adenozin trifosfatul (ATP) este sursa de energie necesară mușchilor scheletici. Este format din adenozină și trei grupări fosfat. Desfacerea legăturii terminale de fosfat din această moleculă eliberează această energie. Această reacție are loc prin adăugarea de apă (hidroliză) și implicarea enzimei ATP-ază. Deoarece celulele stochează o cantitate limitată din această energie, este necesară resintetizarea. O grupare fosfat este adăugată la adenozin difosfat (ADP) – un proces numit fosforilare – pentru a reface ATP.



Căi de producere a energiei

ATP-PCr

Pe lângă stocarea unei cantități mici de ATP liber, celulele conțin fosfocreatină (PCr). Enzima creatinkinază acționează asupra PCr pentru a separa o moleculă de fosfat (P)

de creatină. Energia eliberată în acest proces poate fi folosită pentru a adăuga această moleculă de fosfat liber la ADP pentru a forma ATP. Aceasta este o formă de metabolism la nivel de substrat. Nu necesită oxigen, dar rezervele sunt limitate, iar combinația de ATP liber și PCr poate furniza energie doar până la 15 secunde într-un sprint complet. Un volum mare de fibre musculare cu contracție rapidă cu creatinină adecvată, precum și un antrenament personalizat, pot influența producția acestui sistem energetic.

GLICOLIZA ANAEROBĂ

Acest proces se bazează pe producția de ATP din descompunerea glucozei printr-o cale care implică enzimele glicolitice (Figura 1.3). Glucoza provine din aportul de carbohidrați sau din depozitele de glicogen. Glicogenul este stocat în ficat și mușchi. Când este necesar, este descompus în glucoză 1-fosfat în hepatocite și miocite, înainte de a intra în calea glicolizei. La începutul acestui proces, glucoza sau glicogenul sunt mai întâi transformate în glucoză-6-fosfat. Această etapă costă 1 moleculă de ATP atunci când glucoza este convertită. Apoi are loc un proces de 10–12 reacții, rezultând acid piruvic. Există un câștig net de 2 molecule de ATP pentru fiecare moleculă de glucoză. Dacă acest proces începe cu glicogen, există un câștig net de 3 molecule de ATP.

Acidul piruvic poate fi redus de lactat dehidrogenază pentru a produce acid lactic. Acidul lactic la sfârșitul acestui proces se disociază pentru a produce o sare (lactat) și un ion de hidrogen. Acești ioni trebuie tamponați, altfel aciditatea va inhiba activitatea celulară. Lactatul poate fi metabolizat aerob de către alte țesuturi. Acest sistem energetic, alături de ATP-PCr, este sistemul principal pentru exerciții scurte și intense, cum ar fi un sprint de 400 m.

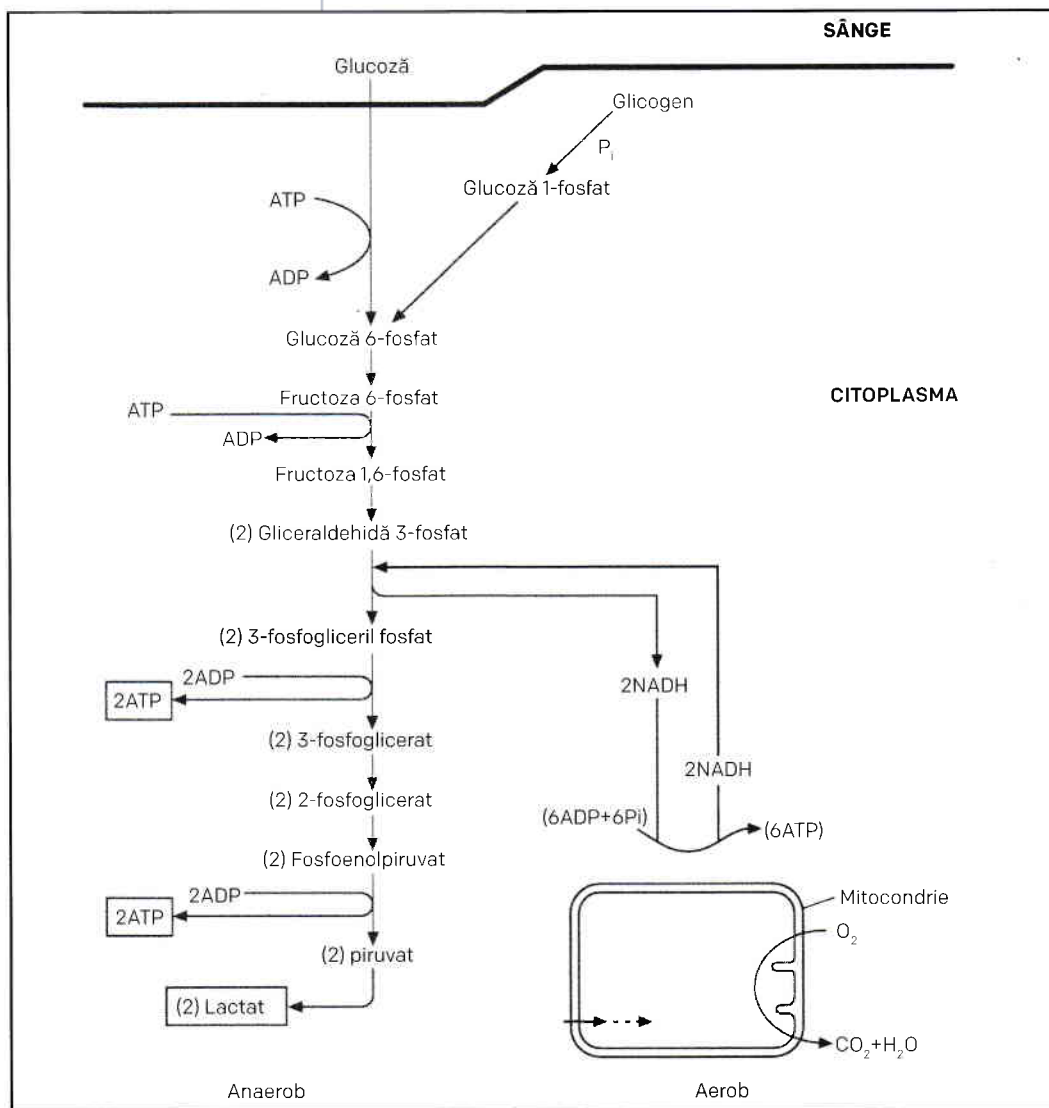


Figura 1.3 Privire de ansamblu asupra glicolizei și gluconeogenezei.

Sursa: Sagiv și Sagiv, 2020

FOSFORILARE OXIDATIVĂ

Exercițiile prelungite necesită o cantitate mai mare de energie. Acest proces are loc în organele celulare numite mitocondrii și

este inițiat mai lent (Figura 1.4). Producția oxidativă de ATP implică glicoliza aerobă, ciclul Krebs și lanțul de transport de electroni. În același proces glicolitic explicat mai sus pentru glicoliza anaerobă, acidul piruvic

rezultat este transformat în acetil coenzima A (Acetil-CoA) în prezența oxigenului. Acetil-CoA intră apoi în ciclul Krebs (sau al acidului citric), o serie complexă de procese care formează direct 2 molecule de ATP, precum și dioxid de carbon și hidrogen.

Un ion de hidrogen este produs în ciclul Krebs. În timpul glicolizei, un ion de hidrogen este de asemenea eliberat atunci când glucoza este descompusă în acid piruvic. Acești ioni sunt transportați de coenzime în lanțul de transport de electroni, unde sunt împărțiți în protoni și electroni. Ionul de hidrogen se combină cu oxigenul pentru a forma apă, prevenind aciditatea, iar electronii suferă reacții ulterioare pentru a furniza

energia necesară fosforilării ADP. Dintr-o moleculă de glucoză, câștigul net maxim este de 38 de molecule de ATP. Din glicogen, câștigul net maxim este de 39 de molecule de ATP (o moleculă de ATP este folosită pentru a transforma glucoza în glucoză-6-fosfat înainte de începerea glicolizei).

Când sursele de carbohidrați se epuizează, acest proces poate folosi grăsimea ca și combustibil; în timp ce acest lucru este mult mai lent, randamentul energetic este mult mai mare. Deoarece oxigenul este necesar, factori precum funcția cardiacă și respiratorie, altitudinea sau abundența fibrelor musculare „cu contracție lentă” pot influența eficiența acestui proces la sportivi.

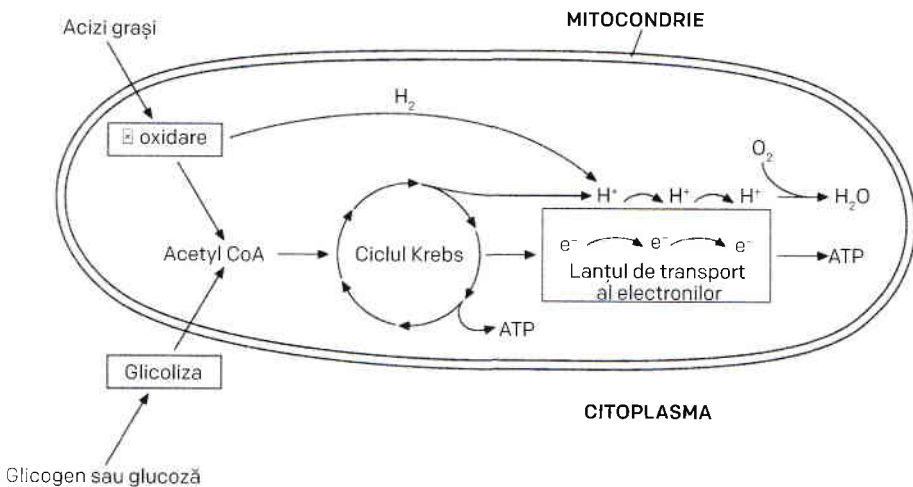


Figura 1.4 Procese aerobe.

Sursa: Saghiv și Sagiv, 2020

Tabelul 1.1 Sisteme energetice

Durata aproximativă	Tip	Combustibil	Exemple
Până la 4 secunde	Anaerob	ATP (depozit muscular)	Serviciu de tenis
Până la 15 secunde	Anaerob	ATP + PCr	Sprint
Până la 3 minute	Anaerob	ATP + PCr + glicogen muscular	Înot
Dincolo de 3 minute	Anaerob și aerob	Glicogen muscular și acid lactic	Meci de baschet
Dincolo de 3 minute	Aerob	Glicogen muscular și acizi grași liberi	Alergare de 10 K

Sisteme energetice în timpul exercițiilor fizice

Diferitele sporturi vor folosi sisteme energetice diferite în grade diferite (McArdle et al. 2015). Tabelul 1.1 oferă câteva exemple.

NUTRIȚIA ÎN EFORTUL FIZIC

Aportul de energie trebuie să fie egal cu cheltuielile de energie și o dietă adecvată este importantă pentru a susține acest lucru. Este esențială menținerea unei diete care să ofere beneficii pentru sănătate, să maximizeze performanța athletică și să mențină o compoziție corporală adecvată.

Aportul caloric recomandat va varia în funcție de cantitatea de activitate fizică și de rata metabolică bazală (RMB), dar ar trebui să fie în jur de 2000 de calorii pe zi la femei și 2500 la bărbați.

RMB (rata metabolică bazală/metabolismul bazal) este cantitatea minimă de energie necesară pentru procesele metabolice de bază ale corpului. Ar trebui să fie calculată într-un mediu neutru termic, când organismul nu digeră alimente și oferă o estimare a

costurilor energetice înainte de orice activitate sau efort fizic.

Greutatea, înălțimea și sexul sunt variabile importante atunci când se calculează RMB. Ecuațiile Harris-Benedict și Mifflin St Jeor sunt utilizate în mod obișnuit pentru a calcula acest lucru. Consumul zilnic de calorii poate fi apoi determinat prin înmulțirea cu o valoare care reprezintă nivelurile de activitate ale unui individ. Dacă este disponibilă masa de grăsime liberă (FFM), atunci RMB poate fi prezisă mai precis prin formula Katch-McArdle.

O combinație de carbohidrați, proteine și grăsimi constituie cea mai mare parte a dietei, iar carbohidrații tind să fie principala sursă de energie pentru exercițiile fizice. Pentru majoritatea oamenilor, o dietă va consta în aproximativ 50% carbohidrați și 10–30% grăsimi, restul fiind proteine. Pentru sportivii de duranță, aportul de carbohidrați poate fi substanțial mai mare. Dieta ar trebui să depindă de cerințele energetice și de tipul exercițiilor fizice efectuate de individ. Cei care fac gimnastică, de ex., unde este necesară o masă musculară fără grăsime, pot avea nevoie de o dietă cu conținut mai mare de proteine. Un alergător de duranță, pe de altă parte, poate avea nevoie de niveluri mai mari de carbohidrați și grăsimi.

Carbohidrații (CHO) sunt fie monozaharide, dizaharide sau polizaharide (cum ar fi glicogenul), în funcție de lungimea lanțului molecular. Sursele alimentare principale includ fructele, cerealele, pastele, fasolea, legumele și dulciurile. Este principala sursă de energie. Aportul recomandat de carbohidrați pentru persoanele care fac exerciții fizice poate fi între 2–12 g/kg/zi, în funcție de cerințele energetice ale individului. Activitățile de intensitate scăzută sau bazate pe abilități pot necesita 3–5 g/kg/zi, participanții la sporturi de echipă ar trebui să aibă 5–7 g/kg/zi, iar sportivii de anduranță ar trebui să consume până la 12 g/kg/zi, în funcție de cerințele energetice. Uneori, încărcarea cu carbohidrați este folosită de sportivii de anduranță care aleargă pe distanțe lungi. Exercițiile de antrenament sunt reduse în zilele anterioare competiției, în timp ce procentul de carbohidrați din dietă crește, uneori până la 70–80% din totalul caloriilor consumate.

CONSIDERAȚII CLINICE

Oboseala la un atlet de anduranță se datorează adesea scăderii glicogenului muscular și nivelurilor scăzute de glucoză din sânge. **Momentul** în care se ajunge în această situație poate fi denumit „lovirea de zid”. Înainte și în timpul exercițiului, trebuie luate în considerare strategiile de nutriție pentru a optimiza combustibilul pentru competiție. Alimentele cu index glicemic ridicat, care se oxidează rapid pot fi utile, cum ar fi gelurile care conțin glucoză sau zaharoză. Pentru exerciții intense care durează mai mult de 30 de minute, se pot consuma până la 90 g de carbohidrați/oră pentru a evita epuizarea combustibilului.

Proteinele sunt molecule formate din lanțuri de aminoacizi. Aportul recomandat de proteine pentru persoanele sedentare este de 0,8 g/kg/zi. La persoanele care fac exerciții fizice, ar trebui să fie mai aproape de 1,0 g/kg/zi și de 1,5 g/kg/zi pentru sportivii de anduranță sau cei care se străduiesc să-și crească masa musculară sau să slăbească. Sportivii axați pe forță și putere ar trebui să ia în considerare cel puțin 2,0 g/kg/zi. Aportul ar trebui să fie adaptat individului, în funcție de greutate și de frecvența și intensitatea exercițiilor fizice. Carnea, peștele, fructele de mare, linte, fasolea, tofu și lactatele sunt surse alimentare comune.

Lipidele

Grăsimile sunt compuși organici cu solubilitate limitată în apă. Majoritatea grăsimilor din organism sunt stocate sub formă de trigliceride – trei molecule de acizi grași legate de o singură moleculă de glicerol. Este o sursă importantă de energie, este o componentă a structurilor precum nervii și ajută la transportul vitaminelor liposolubile. Laptele, untul, uleiurile și avocado sunt surse. Carbohidrații și proteinele au o densitate energetică de 4 kcal/g, în timp ce grăsimile au o densitate energetică mai mare de 9 kcal/g.

Vitamine

Acestea sunt un grup de compuși de care organismul are nevoie în cantități mici, dar sunt esențiali pentru creșterea țesuturilor și pentru metabolism. Vitaminele solubile în grăsimi includ D, A, K și E. Vitaminele