



4.3. A MOZGÁS VÁZRENDSZER, VÁZIZOMRENDSZER

Készítette: Vizkivicz András



Emelt szintű vizsgakövetelmények 2024

4.3. A mozgás

4.3.1. Anatómiai alapok, vázrendszer

Kulcsfogalmak

- Anatómiai síkok, tengelyek, és irányjelzések.
- Fejváz, törzsváz és a végtagok csontjai, agy- és arckoponya, függesztőövek, gerincoszlop, lapos és csöves csont, folytonos és megszakított összeköttetés, varrat, porc, szalag, összenövés, ízület.

Gondolkodási művelet

- Határozza meg az emberi szervek elhelyezkedését a test anatómiai síkjai, tengelyei és irányai szerint.
- Ismertesse a csontváz biológiai funkcióit.
- Ismertesse a gerincoszlop tájékait, a mellkas, az agykoponya és az arckoponya csontjait (orrcsontot, járomcsontot, felső és alsó állcsontot). Ismerje fel ábrán ezeket. Hozza kapcsolatba az ember mozgási szervrendszerének sajátosságait a két lábon járással (a gerincoszlop kettős S-alakja).
- Ismertesse egy lapos és egy hosszú csöves csont szerkezetét a megfelelő funkciókhoz kötve. Ismertesse a csigolya részeit.
- Ismertesse a csont kémiai összetételét (szerves és szervetlen alkotók), magyarázza ezek szerepét, hozza összefüggésbe arányuk változását az életmóddal, az életkorral, a fiatalkori és időskori csontsérülésekkel.
- Ismertessen példát a csontok összenövésére, varratos, porcos és ízületi kapcsolódására, magyarázza, hogy ezek milyen mozgást tesznek lehetővé az adott helyeken.
- Ismerje fel rajzon az ízület részeit.
- Ismertesse a függesztőövek funkcióját, csontjait, a gerincesek ötujjú végtagtípusának csontjait.
- Magyarázza a férfi és a női medence közti különbség okát.
- *Értelmezzen a csontok kémiai összetételére vonatkozó vizsgálatokat.*

4.3.2. Izomrendszer

Kulcsfogalmak

- Izomfej, izomhas, izompólya, ín, vázizom, hajlítás-feszítés, közelítés-távolítás, forgatás.
- Emelő-elv, erő, erőkar, forgatónyomaték, szarkomer, kreatin-foszfát, mioglobin, relatív oxigénhiány, izomfonalak csúszási mechanizmusa.

Gondolkodási művelet

- Ismertesse a következő izmok helyét és alapvető funkcióit:
- gyűrű alakú záróizmok, mimikai izmok, bordaközi izmok, nagy mellizom, hasizmok, gátizmok, rekeszizom, végtagok hajlító- és feszítő izmai, fejbiccentő izom.
- Ismertesse a vázizom felépítését: izomrost (izomsejtek), izomrostköteg, izompólya, inak.
- Értelmezzen az izomláz kialakulásának okairól szóló szöveget.
- *Mutassa be csirkeszárnyon a hajlító és feszítőizmokat, az izmok külső felépítését, az ízület részeit.*
- *Magyarázza rendszerszemléletű megközelítésben az izom felépítését: (elemi fehérjék [aktin, miozin] → izomfonalak → izomfonálköteg → izomsejt → izomrost → izom).*
- *Magyarázza a mozgási szervrendszer lényegi működését fizikai (emelő-elv, erő, erőkar), biokémiai (aktin, miozin, kreatin-foszfát, ATP, biológiai oxidáció, erjedés), szövettani (vázizomszövet) ismeretei alapján.*
- *Magyarázza, miért szükséges az izomműködéshez Ca^{2+} ion illetve Mg^{2+} ion.*
- *Magyarázza az izom saját energiátároló és oxigéntároló molekuláinak szerepét.*

4.3.3. Szabályozás

Kulcsfogalmak

- Izomtónus, szomatikus idegrendszer.

Gondolkodási művelet

- Magyarázza az izomtónus szerepét a testtartás és a mozgások kialakításában.

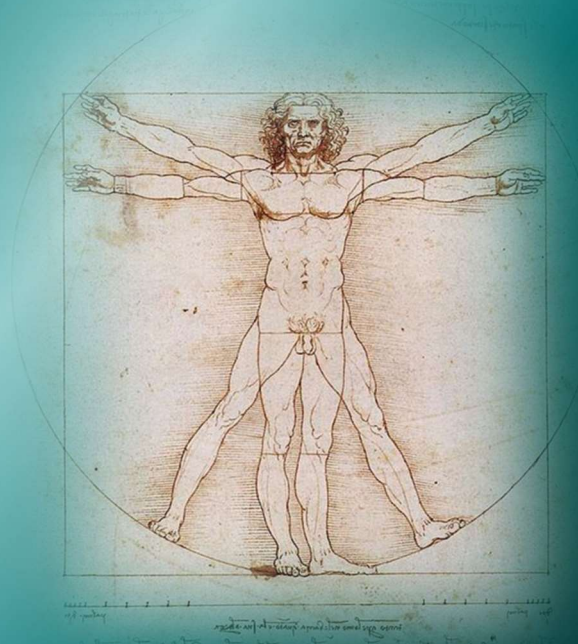
4.3.4. A mozgás és mozgási rendszer egészségtana

Kulcsfogalmak

- Testtartás, nyaki/ágyéki hajlat (lordózis), háti görbület (kifózis), gerincferdülés (skoliózis), nyílt törés, rándulás, ficam, lúdtalp, izomsérülés, táplálék-kiegészítők, doppingszerek.

Gondolkodási művelet

- Ismertesse a mozgási szervrendszer épségét, megóvását szolgáló alapelveket (helyes testtartás, emelés, testedzés).
- Magyarázza a sport jótekonny életteni hatásait más szervrendszerek működésével összefüggésben.
- Indokolja miért fontos a bemelegítés sporttevékenység előtt, hogyan enyhíthető az izomláz.
- Ismertesse mi a törés (nyílt és zárt), gerincsérülés, rándulás, ficam, csípőficam, rándulás, lúdtalp, gerincferdülés, porckorongsérv.
- Mutassa be a csípőficam azonosításának és kezelésének lehetőségeit.
- Mutassa be milyen esetekben szükséges szüvészetlen protézis beültetése a mozgási szervrendszerbe. Ismertesse az ilyen típusú műtétek kockázatait.
- Ismertesse az elsősegélynyújtási teendőket sportsérülések (rándulás, ficam, törés, izomsérülések) esetén.
- Elemezze esettanulmány alapján a testépítés vagy a teljesítményfokozás során helytelenül alkalmazott táplálék-kiegészítők illetve a doppingszerek káros hatásait.



4.3. A mozgás

Az állatok és az ember testfelépítésének főbb jellemzői

Készítette: Vizkievicz András

A fejezet a követelményrendszer 4.3. pontja alapján készült.



4.3.1. Anatómiai alapok, az emberi test anatómiai síkjai, tengelyei, irányjai

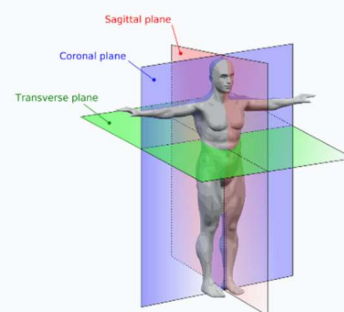
Az emberi test fő részei

- a **fej**,
- a **nyak**,
- a **törzs**, és
- a **végtagok**.

A leírásban való tájékozódásra **síkokat, tengelyeket és irányokat** különböztetünk meg.

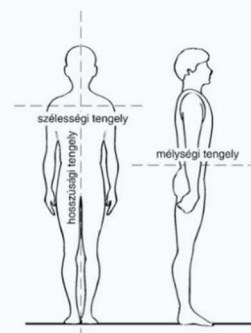
Anatómiai síkok

- A **nyílrányú középsík** (median sagittalis) a test hossz tengelyével párhuzamos sík, mely a testet két hasonló, jobb és baloldali félre osztja.
- A **homloksík** (frontális (koronális)) a nyílrányú síkra merőleges, szintén hosszirányú sík.
- A **vízszintes sík** (horizontális (transzverzális)) a két előbbi síkra merőleges sík.



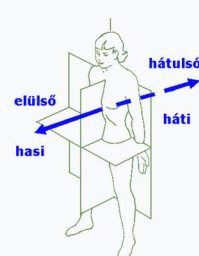
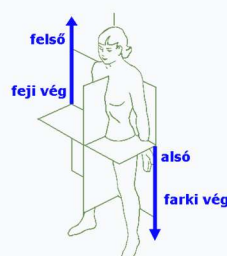
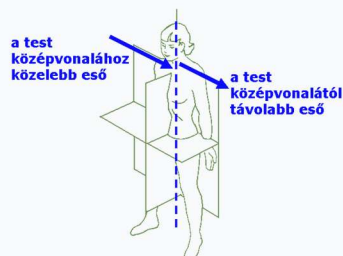
Tengelyek

- A **hosszúsági tengely** függőleges irányú, a vízszintes síkra merőleges,
- a **mélységi tengely** nyílrányú, a homloksíkra merőleges,
- a **szélességi tengely** haránt irányú, a nyílrányú síkra merőleges.



Az emberi test főbb irányjai

- **Medialis**, a test középvonalához közelebb eső,
- **lateralis**, a test középvonalától távolabb eső,
- **elülső, hátulsó**,
- **felső/feji, alsó/farki**,
- **jobb, bal**.



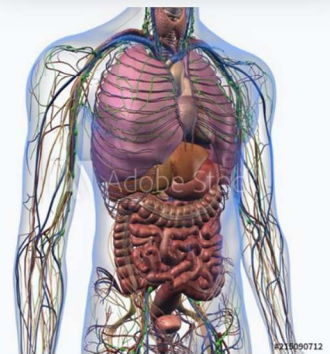
A leíró anatómia az emberi szervezetet hat **szervrendszerre** osztja:

1. **Csontvázrendszer**
2. **Izomrendszer**
3. **Keringési rendszer**
4. **Zsigeri rendszer**

A **zsigeri rendszerhez** cső alakú, nyálkahártyával borított szervek és nagyobb mirigyek tartoznak, melyek az alábbi működési egységekbe csoportosíthatók:

- a) **emésztőkészülék**
- b) **légzőkészülék**
- c) **húgyivarkészülék**
- d) **belső elválasztású szervek**

5. **Idegrendszer**
6. **Érzékszervek**



Szimmetriaviszonyok az állatvilágban

Az állati testben a szimmetriaviszonyok meghatározásánál a **szimmetriasíkok elhelyezkedését** vizsgáljuk.

Szimmetriasíknak mondunk minden olyan síkot, mely a testet olyan két részre tagolja, amelyek egymásnak tükörképei.

Ezek alapján a következő fő típusokat különböztetjük meg:

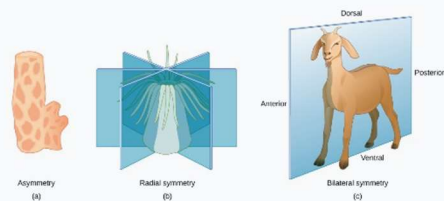
- **Szabálytalan forma:** nincs szimmetriasík, ilyenek a szivacsok.
- **Sugaras szimmetria:** a test hossz tengelyével párhuzamosan több szimmetriasíkot fektethetünk, azaz a test több sugárirányú síkkal osztható két-két tükörképi féltre. Ilyenek a csalánozók.
- **Kétoldali (bilaterális) szimmetria:** a szimmetriasík a test középvonalában található, a nyílirányú középsíkban. A legtöbb állatfaj ide tartozik. A bilaterális szimmetria nem vonatkozik feltétlenül a belső szervek felépítésére és elrendezésére.

A törzsfejlődés során először ősi férgekénél jelenik meg a kétoldali szimmetria, továbbá az egyes **testtájak**, mint a haladási irányba eső **testvég**, a **feji vég**, ill. az ellenkező **testvég**, a **farki vég**.

A feji végen található

- a **szájnyílás** (kivéve laposférgek),
- az **érzékszervek** többsége és
- a **központi idegrendszer ún. agyi szakasza**, mivel az állatot az ingerek először innen éri (leggyorsabb ingerfelfogás és feldolgozás).

Az evolúció alacsonyabb fokán álló állatok az aljzaton csúsznak, s táplálékukat is innen veszik fel, így kialakul a laposabb **hasi oldal**, vele szembe a domború **háti oldal**.



Szelvényezettség

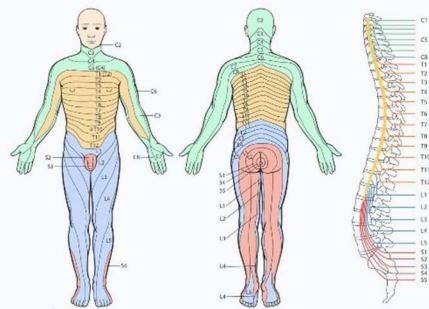
Szelvényezettségről akkor beszélünk, amikor az állatok teste azonosan ismétlődő szakaszokból épül fel.

A szelvényezettség lehet:

- **Egynemű szelvényezettség:** a szelvények felépítése azonos, nem olvadnak össze nagyobb testtájakká. Ez jellemző a gyűrűsférgekre.
- **Különnemű szelvényesség:** a szelvények felépítésükben különböznek, testtájakká olvadnak össze (fej, tor, potroh). Ez a típus az ízeltlábúakra jellemző.

Érdekes, hogy a gerinces állatok is szelvényezettettek. A szelvényezettség ebben az esetben már csak belsőleg nyilvánul meg, melynek egyik legtipikusabb megjelenítője a gerinc, ill. az idegrendszer, mivel a gerincvelői idegek szelvényezetten hagyják el a gerincvelőt, s rostjaik szelvényesen hálózzák be a testet.

A szelvényezettség a dermatómák kialakulásában is megnyilvánul. A **dermatóma** a **bőr, egy adott gerincvelői ideggel beidegzett területe**. A neurológiában a gerinc-károsodás területének a megállapítására szolgál. A dermatómák ismerete a gerincbe adott érzéstelenítés használatakor is kiemelt fontosságú, hiszen az orvos a dermatóma-térkép alapján dönti el, melyik idegyököt kell blokkolni a műtéti terület érzéstelenítéséhez.



A mozgás szervrendszere

Mozgásunk megvalósítása kétféle **szervrendszerrel** történik:

- a **csontrendszer** passzív módon,
- a **vázizomrendszer** aktívan vesz részt a mozgások kivitelezésében.



A vázrendszer

A gerinces állatoknak és az **embernek belső, csontos vázrendszere van**, szemben a gerinctelen állatokkal, melyek többségére külső váz jellemző.

A csontrendszer sokrétű biológiai szerepe

- **Belső szilárd váz,**
- **a test alakját és méretét határozza meg,**
- részt vesz a látás, a szaglás, valamint a hallás és az egyensúlyozás **érzékszervei**, továbbá az agy **védelmében**,
- a **tüdő működéséhez külső támaszt szolgáltat,**
- helyet biztosít a vörös csontvelőnek és így részt vesz a **vérképzésben**,
- a szervezet **kalciumraktára**.



A csontrendszer szerepe a szervezet kalcium-anyagcsere szabályozásában

A kalcium-anyagcsere szabályozása – mások mellett, pl. ösztrogének - nagyrészt három hormon, a **parathormon**, a **D-vitamin** (kalcitriol), és a **kalcitonin** hatásán alapul.

- Az egyik legfontosabb szabályozó a **parathormon**, amely a **mellékpajzsmirigy** sejtjeiben termelődik. A **parathormon fő hatása a vér, ill. az extracelluláris kalciumszint növelése**. Elválasztását a vér alacsony kalciumszintje serkenti. A csontokra hatva **fokozza a csontok kalcium leadását**, valamint a **vesében serkenti a kalcium visszaszívását**. Mindezek mellett serkenti az **aktív D-vitamin szintézisét a vesében, így közvetve elősegíti a bélből a Ca^{2+} felszívódását**.
- A **kalcitriol a D-vitamin aktív alakja**. A kalcitriol a **bélben növeli a kalcium-, valamint a foszfátfelszívódást**, továbbá **fokozza a csontok Ca^{2+} felvételét**.
- A **kalcitonin** a pajzsmirigyben termelődik. **Fő szerepe a vér kalciumszintjének csökkentése** a csontbontás gátlása és a kalciumionok csontokba való beépülésének elősegítése révén. Termelődését a vér magas Ca^{2+} szintje serkenti.

A csontszövet

Az állati szervezet legkeményebb szövete, a csontos halaktól kezdve minden gerinces állat belső vázának az alapanyaga. A csontszövetet

összetétel szerint

- **szerves (40%) és**
- **szervetlen (60%) állományra,**

felépítés szerint

- **sejtekre és**
- **sejtközötti állományra oszthatjuk.**

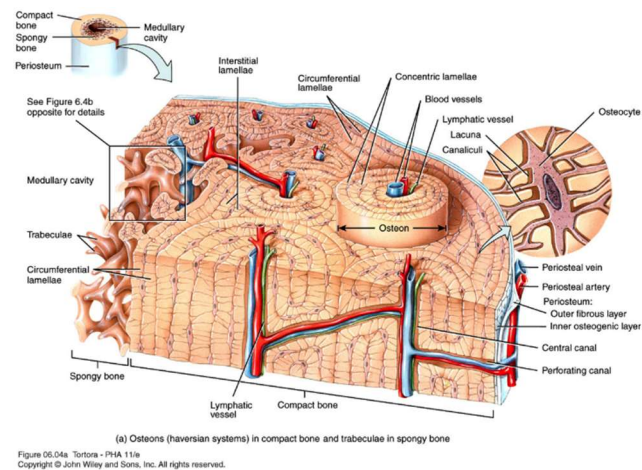
A **szerves** állományt

- **csontsejtek,**
- **kollagén rostok,**
- **erek, idegek építik fel.**

A **szervetlen** állományt

- a sejtközötti állomány szervetlen kalciumsói (40%), mint pl. **$Ca_5(PO_4)_3 X$** , ahol **$X = F^-$, OH^- (apatitok), $CaCO_3$** és
- **víz alkotják (20%).**

A test Ca-tartalmának 90%-a a csontokban van, így a csontrendszer egyfajta **kalciumraktárként** is szolgál.



A szerves állomány a csontok **rugalmasságát**, a szervetlen állomány a csontok **szilárdságát** biztosítja.

- Amennyiben a **szervetlen állományt sósavas** kezeléssel kioldjuk, a csontok elvesztik keménységüket, gumyszerűen hajlíthatók lesznek.
- A **szerves állományt égetéssel** távolíthatjuk el, ekkor a csontok, elvesztve rugalmasságukat, ridegek és törékenyek lesznek.

Video

<https://drive.google.com/file/d/19pTWw-YuXx9kjlbyo0MjkTR63qoZliFx/view?usp=sharing>

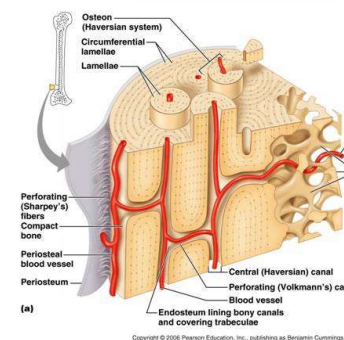
A csontszövet **lemezes** szerkezetű, a **nyúlványos** csontsejtek egymással összekapcsolódva koncentrikus körökbe rendeződnek. A **sejtek között az alapállomány szintén körkörös**en rendeződött **lemezei futnak**, amelyet szervetlen sók, kollagén rostok és szerves kötőanyag épít fel. Ily módon a csontszövetben mikroszkópikus hengerek alakulnak ki (ún. oszteonok), melyek közepén egy **vérér** fut. A központi vérereket, amelyek a csont hossz tengelyével párhuzamosan futnak, sugárirányban haladó erek kötik össze. A **csontszövet ilyen módon vérerekkel átszőtt, élénk anyagcseréjű szövet.**



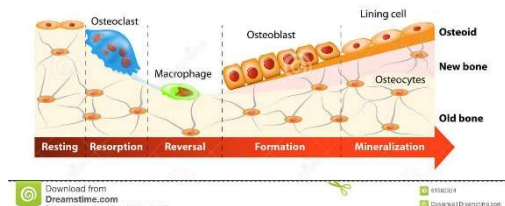
A csöves csontok szerkezete

Kívülről minden csontot **csonthártya** borít, mely

- rostos **kötőszövetből** áll,
- innen erednek a csontszövetet ellátó **erek és idegek.**
- A csont **védelemét, táplálását** biztosítja,
- innen indul ki a **csontregeneráció,**
- lehetővé teszi a **csontok vastagodását.**

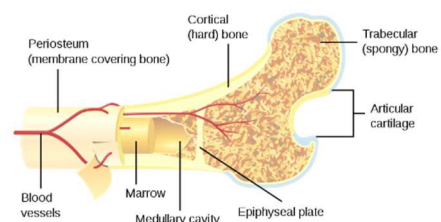


The bone remodelling process



A csonthártya belső rétegében **csontképző sejtek** helyezkednek el, innen indul a csont vastagodása, ill. a sérült csont **regenerációja**. A csontszövet az egész élet folyamán mindig az aktuális terhelésnek megfelelően épül fel, azaz, ha pl. öregedéskor a test súlypontja eltolódik, azt a csont belső szerkezetének megváltozása követi. A folyamat során ún. **csontfaló sejtek** lebontják a csontszövetet, a **csontképző sejtek** pedig az új terhelés irányában építik át.

A csonthártya alatt **tömör csontállomány** található, amely lényegében lemezes csontszövet, körülhatárolja a **szivacsos csontállományt**, melynek üregeit a **vörös csontvelő** tölti ki, ami jellemzően a csöves csontok végein, továbbá a lapos és a köbös csontok belsejében található. A **velőüregben**, a csöves csontok középső, üreges szakaszában, **sárga csontvelő** található, amely inaktív, elszírosodott vörös csontvelő.



A csontok összetételének életkori változása

Az életkor előrehaladtával a csontok

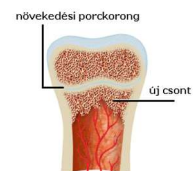
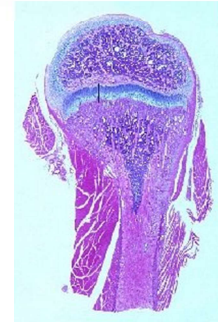
- foszfát-, kollagén- és víztartalma csökken,
- karbonát tartalma nő.

Mivel a csontok rugalmasságát biztosító összetevők tartalma idősebb korban csökken, ezért a **csontok törékenysége az öregedéssel fokozódik.**



A csontok fejlődése

Magzatban a vázelemeket többnyire még porcszövet építi fel, mely fokozatosan alakul át csontszövetté. A csontfejlődés az ivarérettség elérése után ér véget, kb. 16-21 éves korig tart. Gyermekkorban a **csöves csontok végein** még **növekedési zóna, növekedési porcsáv** található, ahol a csont **hosszirányú növekedése** zajlik. A növekedési porckorong a csont vége felé porcot hoz létre, majd a porcbontó sejtek lebontják a porcot és a helyét csontsejtek foglalják el. Először a csontok középső része csontosodik, majd a csontvégek következnek. Az agykoponya csontok képződése ugyanakkor embrionális kötőszövet (mesenchyma) átcsontosodásával megy végbe.

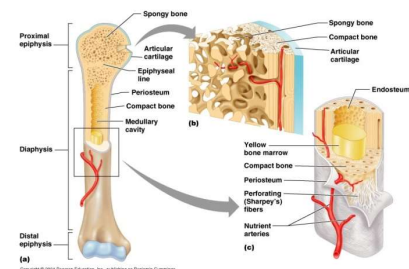


Mint már volt róla szó, csontképző sejtek nemcsak a csontban, hanem a **csonthártya** ún. mély rétegében is vannak, melyeknek köszönhető a csontok ráakódásos **vastagodása.**

Csontok alakja

A csöves csontok

- a végtagokban található,
- hosszú, belül üreges csontok,
- végükön kiszélesedők, **ízületek** képzésében vesznek részt.
- Hosszú csöves csontok pl. **a felkarcsont, a combcsont**, rövid csöves csontok pl. **a kézközépcsontok, lábközépcsontok.**



A lapos csontok

- kétdimenziós csontok,
- belsejüket szivacsos állomány és **vörös csontvelő** tölti ki,
- **vérképzés** folyik bennük.
- Ilyen a **lapockacsont, az agykoponyacsontok, a medencecsont, a bordák.**



A köbös csontok

- háromdimenziós csontok,
- szivacsos állománnyal és **vörös csontvelővel**, a **vérképzés** fő helyei,
- ilyenek pl. **a csigolya testek, a kéz- (8 db) és lábtőcsontok (7 db).**

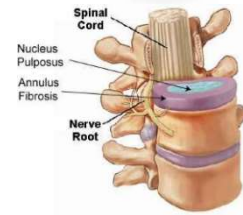


A **szabálytalan alakú**, üreges csontok az arckoponya csontok.

Csontösszeköttetések

A **folytonos** összeköttetéseknél a kapcsolódó csontok között **anyagfolytonosság** van.

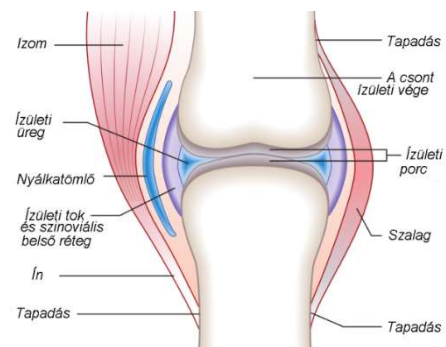
- A **csontos összenövéséknél** az eredetileg önálló csontok az életkor előrehaladásával egybeforrnak, ilyen fordul elő pl.
 - a **keresztcsontnál** (5 csigolyából),
 - a **medencecsontnál** (csípőcsontból, szeméremcsontból, ülőcsontból, 18 éves korra),
 - idősebb korban az **arc- és agykoponyacsontoknál**.
- A **porcos** összeköttetéseknél a csontokat a közepük ékelődő porc köti össze, ilyen kapcsolat van pl.
 - a csigolyák (**porckorongok**) és a szeméremcsontok között.
- A **szalagos, kötőszövetes** összeköttetések esetén mikroszkopikus kötőszöveti szalagok kapcsolják össze az érintkező csontokat, ilyenek pl.
 - a **koponya varratai**.



A **megszakított összeköttetéseket** **ízületeknek** nevezzük. Az ízületekben a kapcsolódó csontok között kisebb távolság van, ami a csontok elmozdulását teszi lehetővé. Az ízületeket **szerveknek** tekintjük, mivel önmagukban lezárt szerkezeti és működési egységek.

Ízületek felépítése

- Az **ízületi csontvég**
 - felszíne az **ízületi felszín**, melyet **üvegporc** borít.
 - Az egyik csontvég domború (ízületi fej),
 - a másik homorú (ízületi árok, vápa) felszínű.
- Az **ízületi tok** termeli az **ízületi nedvet**, mely súrlódáscsökkentő, a porcfelszínt csúszóssá teszi.
- Az **ízületi szalagok** erős kötőszöveti szalagok. Részben az ízületi tokon kívüli önálló képződmények, részben a tokhoz tartozó képletek.



Ízületek típusai

Az ízületek típusait az elmozdulás mértéke, iránya és a felszínek alakja szerint csoportosítjuk.

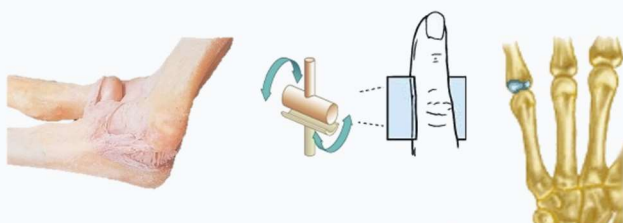
A **feszés ízületek** tényleges **mozgásra alkalmatlanok**, ill. csak minimális elmozdulást tesznek lehetővé, mert ízületi felszíneik szabálytalanok, szalagkészülékük pedig igen feszes, ilyen pl.

- a keresztcsont és a csípőcsont közötti ízület, ill.
- a szeméremcsontok közötti kapcsolat (szülés).

A **mozgékony ízületek** a kapcsolódó csontok nagyobb mértékű elmozdulását teszik lehetővé. A legtöbb ízületünk ide tartozik, további csoportosításuk az ízületi felszín alakja és az elmozdulás iránya alapján történik.

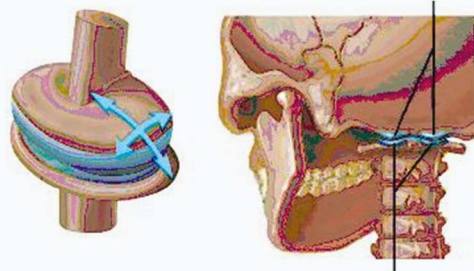
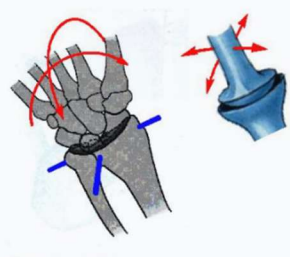
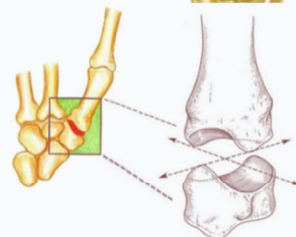
1. Egytengelyű v. hengerízület

- térdnél, könyöknél,
- a kéz és láb ujjpercei között.



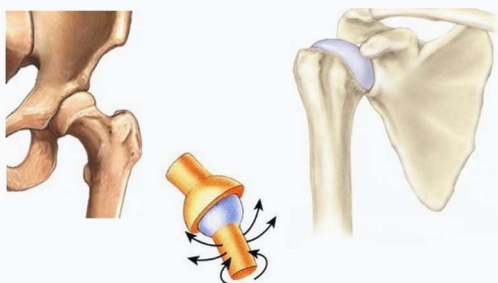
2. Kéttengelyű ízületek

- **Nyeregízület**
 - a hüvelykujj kézközép és kéztőcsontja között,
- **tojásízület**
 - a csuklónál,
 - nyakszirtrcsont és az atlasz (fejgyám) között, lehetővé teszi a fej bólintó mozgását.



3. Söktengelyű ízület a gömbízület

- Ilyen a csípőízület és a vállízület.



Csontvázrendszer

A csontvázrendszerünk nagyobb egységei a koponya, a gerinc, a mellkas és a végtagok.

1. Fejváz (koponya)

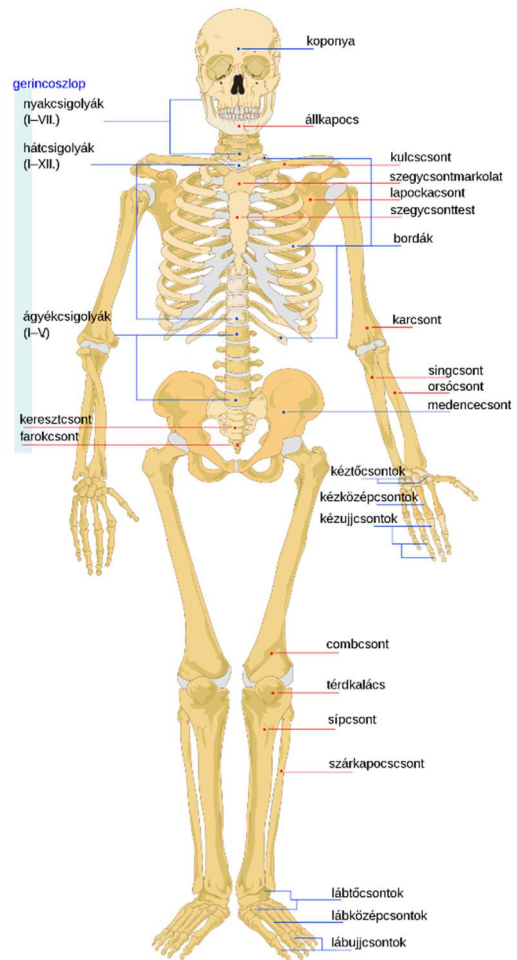
- agykoponya
- arckoponya

2. Törzsváz

- gerinc
 - bordák
 - szegycsont

3. Végtagok váza

- felső végtag
 - függesztőöv a vállöv
 - kulcscsont
 - lapocka
 - szabad végtag
 - felkarcsont
 - orsócsont, sípcsont
 - kéz csontjai
 - kéztő-,
 - kézközépcsontok,
 - ujjpercek
- alsó végtag
 - függesztőöv a medenceöv
 - keresztcsont
 - medencecsont
 - szabad végtag
 - combcsont
 - sípcsont, szárkapocscsont
 - láb csontjai
 - lábtő-,
 - lábközépcsontok,
 - ujjpercek



Koponyacsontok

A koponya két részből áll,

- az **agykoponyából** és
- **arckoponyából**.

Az **agykoponya** csontjai az agyat veszik körül, jellemző rájuk, hogy **varratos összeköttetésekkel** kapcsolódnak össze (idősebb korban összezsugorodnak).

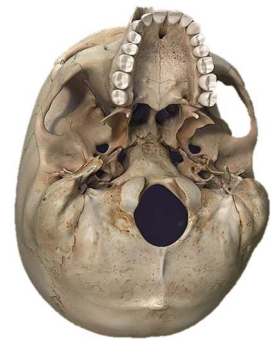
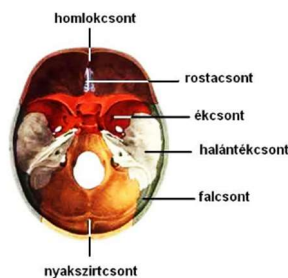


A **magzati koponya** csontosodása magzati korban nem fejeződik be, születéskor a csontok között kötőszövetes lemez (**kutacs**) található, aminek köszönhetően a magzat könnyebben halad át a szülőcsatornán.

Az agykoponyán – **nyakszirtecsonton** - egy nagyobb nyílás, az **öreglyuk** található, ahol a nyúltvelő folytatása, a gerincvelő kilép a koponyából. Az agykoponya alapján még sok kisebb nyílás is látható, amelyek erek és agyidegek ki és belépési helyei.

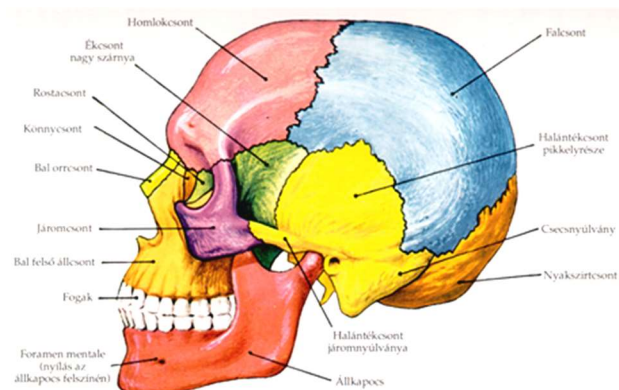
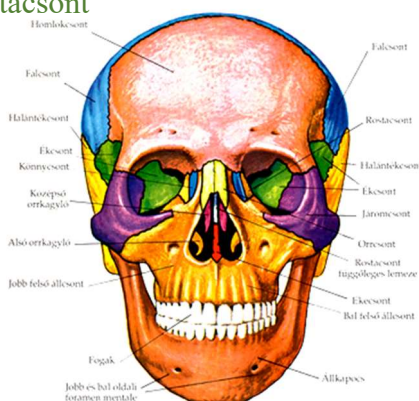
Az agykoponyát 7 csont, 2 páros és 3 páratlan alkotja:

- **homlokcsont,**
- **ékcson**t,
- **nyakszirtecsont,**
- **falsontok** (páros),
- **halántékcson**tok (páros).



2. Az **arckoponya** csontjai **összenöttek**, kivéve az **állkapocs** csontja, amely **ízülettel** kapcsolódik az agykoponya **halántékcson**tjához.

- **Járomcsontok**
- **Orrcsont**
- **Felső állcsont**
- **Szájpadcsont**
- **Állkapocs**
- **Ekecsont**
- **Rostacsont**

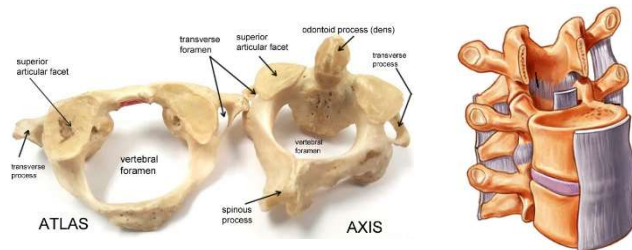
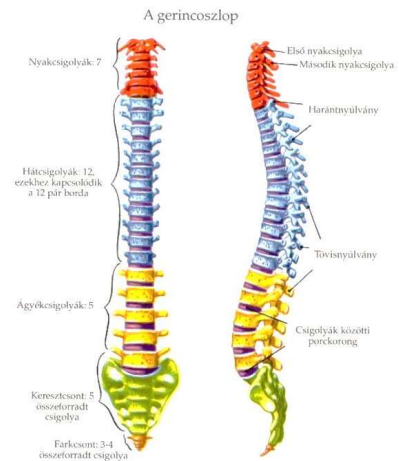


A törzs csontjai

Két része van: a **gerinc** és a **mellkas**.

Gerinc

- **Oldalnézetben kétszeres S görbületű**, ez a koponya rugalmas alátámasztását teszi lehetővé, ami pedig a két lábon járás miatt fontos.
- **Szelvényezett felépítésű, csigolyákból áll.**
- A koponyával érintkező első két nyakcsigolya, a **fejgyám** (atlas) és a **forgó** (axis) különleges alakja teszi lehetővé a fej nagyfokú mozgékonyását a gerinchez képest.
- A mozgékony csigolyák **porckorongokkal, kötőszöveti szalagokkal, ízületekkel** vannak összekapcsolódva.
- A csigolyák elhelyezkedése és alakja alapján a gerincet szakaszokra osztjuk. Szakaszai:
 - a **nyaki** 7,
 - a **háti** 12,
 - az **ágyéki** 5,
 - a **keresztcsonti** 5,
 - a **farokcsonti** 3-6 csigolyából áll.



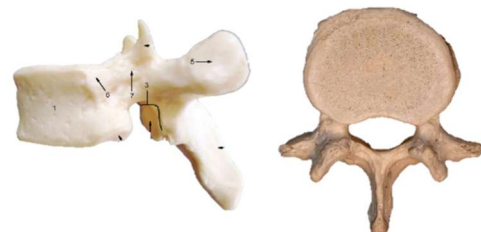
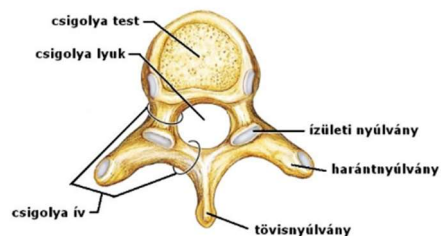
A csigolyák mérete lefelé, a növekedő terhelésnek megfelelően egyre nő. A keresztcsonti csigolyák kb. 2-3 éves korra **egységes keresztcsonttá nőnek össze**, ami szintén a felegyenesedést segíti.

A csigolyák felépítése

Az első 24 csigolya valódi csigolya, a keresztcsont és a farki csigolyák nagymértékben módosulnak, ezért ezeket álcsigolyáknak nevezzük.

A valódi csigolyákon megkülönböztetjük

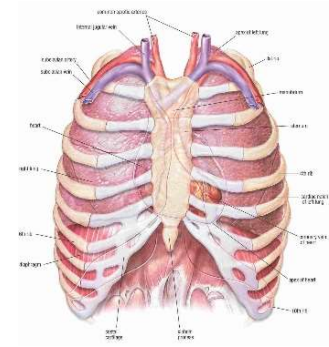
- a **csigolyatestet**,
- a **csigolyaívet**, ami a csigolyalyukat határolja,
- a hátsó **tövisnyúlványt**, mely a hátizmok tapadási felületét adja,
- a **harántnyúlványokat**, amikhez a bordák ízesülnek,
- az **ízületi nyúlványokat**, amelyek a csigolyák egymáshoz ízesülésének a helyei.
- A csigolyalyukak összessége a **gerinccsatornát** képezi, ahol a **gerincvelő** foglal helyet. A csigolyák között párosan kétoldalt lépnek ki a gerincvelőidegek.



A mellkas

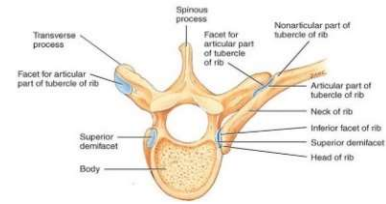
A **mellkast** 12 pár borda és a szegycsont alkotja. A bordákat a szegycsonthoz való kapcsolódásuk alapján 3 csoportba soroljuk.

- A **7 pár valódi borda** külön-külön ízesül a szegycsonthoz,
- a **3 pár álbordera** közös porccal kapcsolódik egymáshoz és a szegycsonthoz,
- a **2 pár repülőbordera** nem kapcsolódik egyáltalán a szegycsonthoz, végük a hasfal izomzatába ágyazódik.



Hátul a bordák a hátcsigolyák testéhez és harántnyúlványaihoz ízesülnek.

A **szegycsont** a kulcscsonttal és 7 pár bordával ízesül, elől ez zárja a mellkast, s mint lapos csont, vörös csontvelőt tartalmaz.

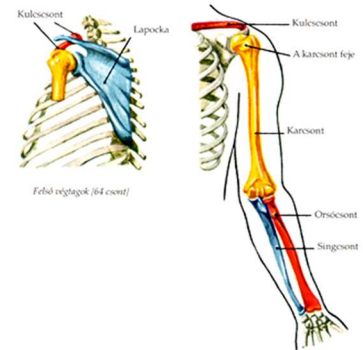


Végtagok csontjai

A végtagokon megkülönböztetünk **függesztőövet** és **szabad végtagot**.

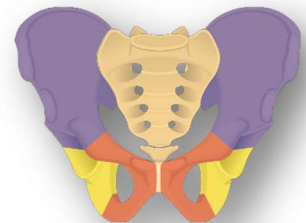
1. Felső végtagok:

- függesztőöv a **vállöv**, részei
 - a **kulcscsont** a szegycsonthoz és a lapockához ízesül,
 - a **lapocka** a hátizomba ágyazódik.
- **Szabad felső végtag**, részei a kar, az alkar és a kéz, csontjai:
 - a **felkarcsont** a lapockához ízesül,
 - az **orsócsont** (hüvelykujj felé),
 - a **síngcsont**,
 - a kéz csontjai,
 - **kéztőcsontok** (8db) köbös csontok,
 - **kézközépcsontok**,
 - **ujjpercek**, ujjanként jó esetben 3, a hüvelykujj esetén 2.



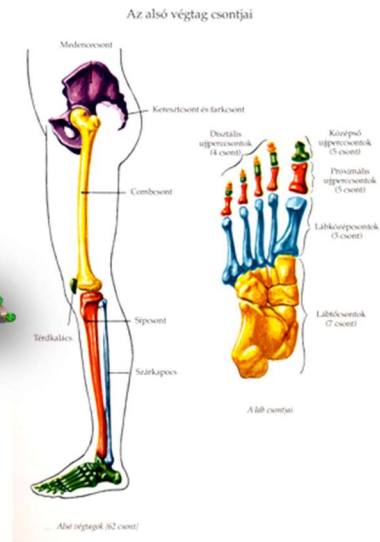
2. Az alsó végtagok:

- függesztőöv a **medenceöv**, mely 3 nagy csontból áll,
 - a **keresztcsontból**, ami 5 csigolyából nő össze és
 - a **páros medencecsontból**,
 - a **csípőcsontból**,
 - a **szeméremcsontból** és
 - az **ülőcsontból**.



A medence alakja **másodlagos nemi jelleg**, **nőknél szélesebb és alacsonyabb**, a szeméremcsontok által bezárt szög pedig tompább, mint a férfiaknál, aminek a szülésben van jelentősége.

- A **szabad alsó végtag** részei a comb, a lábszár és a láb, csontjai
 - a **combsont**,
 - a lábszárban a **sípcsont** (hüvelykujj felé) és a **szárkapocscsont**,
 - a láb csontjai pedig
 - a **lábtőcsontok** (7 db),
 - a **lábközépcsontok** és
 - **az ujjpercek**.



A test középvonalához közelebb eső sípcsont alsó, kiszélesedő része a belső bokát, a szárkapocscsont hasonló része a külső bokát képezi.

4.3.2 A vázizomrendszer

Az emberi testben több, mint 600 elkülönült vázizmot különböztetünk meg, amely a testtömeg átlagosan kb. 45-50 %-át adja.

Az izmokat az **inak** kapcsolják a csontokhoz,

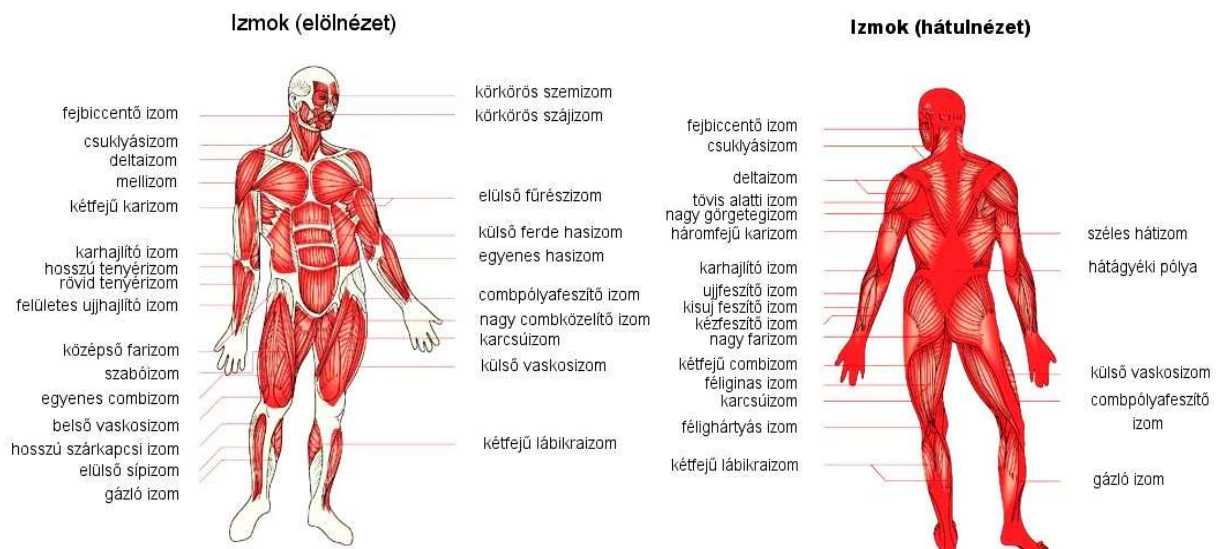
- az elmozduló csonton van az izom **tapadási helye**,
- a másik csonton található az **eredési hely**.

Az inakat rostos kötőszöveti pólya, az **ínhüvely** veszi körül, amely súrlódást csökkentő **folyadékot** tartalmaz.

Az **izmok középső**, izomrostokat tartalmazó, **összehúzódó** része az **izomhas**. Az **izomfejek** a két, vagy több résszel eredő izmok különálló részei, melyek száma szerint beszélünk biceps, triceps, quadriceps izmokról.

Az **izmok alak szerint** lehetnek

- **orsó** alakúak a végtagokon,
- **laposak** a törzsön,
- **gyűrűszerűek** a testnyílások körül.



Fontosabb izmaink:

- **mimikai izmok**, rágóizmok, **fejbiccentő izom**,
- **nagy mellizom**, deltaizom, egyenes **hasizom**, ferde hasizom, **bordaközi izmok**, **rekeszizom**, nagy farizom, **gátizmok** (gát: a végbélnyílástól a külső nemi szervekig terjedő terület, alátámasztja a kismedencei és hasüregi szerveket)
- **bicepsz**, **tricepsz**, **négyfejű combizom**, **hátsó lábszárizom** (vádli, lábikra).

A végtagokon ellentétesen - **antagonista** módon - működő izmokat különböztetünk meg, mint pl. **hajlító** és **feszítő izmokat**. A hajlító izmok összehúzódásakor a kapcsolódó csontok által bezárt szög csökken (**hajlítás**), a feszítő izmok összehúzódásakor a csontok által bezárt szög nő (**feszítés**).

Távolításakor az adott testrészek – végtagok – a test középvonalától, ill. egymástól távolodnak – ujjak –, **közelítésakor** pedig az előbbivel ellentétes irányú mozgást végeznek.

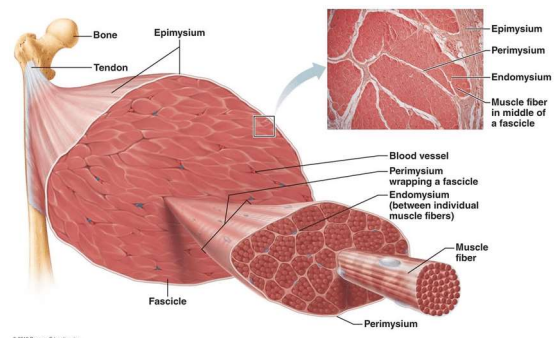
Forgatásnak nevezzük a csont hossz tengelye mentén történő elfordulást.

A vázizmokat **vázizomszövet** építi fel, amely **harántcsikolt izomszövet**, megtalálható

- a **gerincesek** és az **ízeltlábúak vázát mozgató izmokban**,
- a **nyelvben**, a **garatban**, a **nyelőcső felső szakaszában**, a végbélnyílás és a húgycső kezdete körül,
- továbbá ilyenek a **légzőizmok** (rekeszizom, bordaközi izmok).

A vázizomok működésére jellemző, hogy

- többnyire akaratunktól függően működik (kivételek pl. vázizom reflexek (térdreflex)),
- összehúzódása gyors,
- nagy erőkifejtésre képes,
- de fáradékony.



A vázizomok felépítése

- A harántcsikolt vázizomszövet szöveti egysége a hajszálszerű, akár több ezer sejtmagot is tartalmazó **izomrost** (muscle fiber).
- Sok **izomrost köteggé** – **izomnyalábként** – szerveződik, amelyet **kötőszövetes hártya** (perimysium) tart össze,
- az izomrost kötegek tovább rendeződve alkotják az **izmot**, amelyeket szintén egy kötőszövetes lemez, az ún. **izompólya** (epimysium) határol.

Az izomroston belül továbbá megkülönböztetünk **izomfonalkötegeket** (miofibrillumokat), amelyek **izomfonalakból** (miofilamentumokból) állnak. Az izomfonalkötegek között nagy mennyiségű **mitokondrium** helyezkedik el. Az ugyancsak nagyszámú **sejtmag** perifériásan az izomrost membránja alatt található. A Ca-raktárként működő **endoplazmatikus retikulum** (SER) harisnyyszerűen veszi körbe az egyes izomfonalkötegeket.



A myofibrillumok felépítése és az izomösszehúzóds

A vázizmot fény- vagy elektronmikroszkópban vizsgálva az izomrostok harántirányban – a hossz tengelyre merőlegesen – **csíkozottságot** mutatnak, azaz **világosabb és sötétebb sávok váltják egymást**. A sávozottságot az okozza, hogy az izomfonalkötegek a hosszirányban megfelelően szakaszosan váltakozva más-más felépítésűek, de az egyforma szakaszok pontosan egymás mellett helyezkednek el. Az izomfonalak már csak elektronmikroszkópban láthatók. Kétféle izomfonal váltakozik hosszirányban:

- a **vékony fonal** csak a világos szakaszokat építi fel,
- a **vastag fonal** nagyrészt a sötét sávokban található.

A **vékony fonalakban** a globuláris **aktin** monomerek – G-aktin – összekapcsolódva két egymás köré tekeredő, gyöngysorszerű fonalat képeznek, az F-aktint. A vékony fonalakat a **Z-lemezek** nevezett képlet tartja egybe. A két Z-lemez közé eső szakaszt **szarkomerának** nevezzük. A szarkomera az izomfonalköteg periodikusan ismétlődő egysége.

A **vastag fonal** a **miozin** fehérjéből áll, melynek **ATP bontó enzimhatása** van, amit a **Mg²⁺ jelenléte gátol**. A vastag fonalat 24 miozin molekula építi fel (mint a kötegbe fogott golfütők).

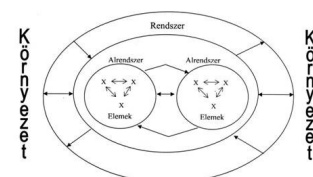
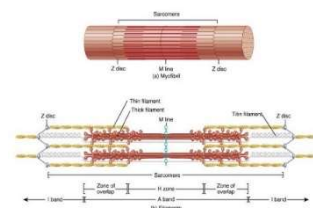
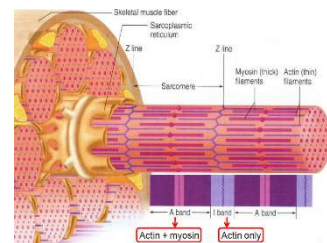
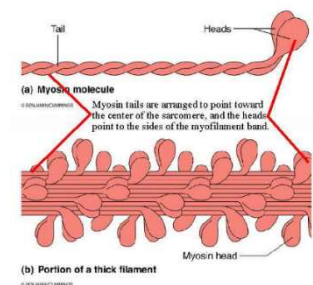
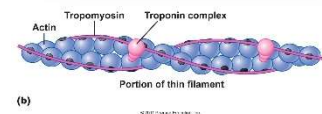
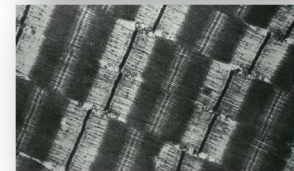
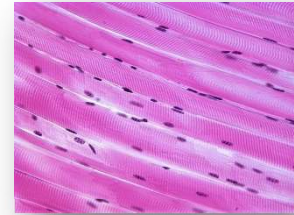
A miozin molekula két részből áll:

- két globuláris feji részből,
 - mely tartalmazza az aktinkötő centrumot,
 - **ÁTP bontó aktivitása van,**
- és a fejhez kapcsolódó fibrilláris részből.

Az izmok előbbieken vázolt felépítése – elemi fehérjék (aktin, miozin) + segédfehérjék → izomfonalak → izomfonalköteg → izomrost → izomnyaláb → izom – jól mutatja a **hierarchikusan szerveződő élőrendszerek** felépítését és működését.

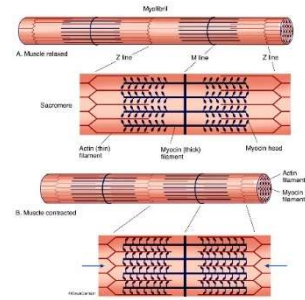
A **rendszer** egymással kölcsönhatásban álló **elemek környezettől elhatárolt egysége**, amely – meghatározott feltételek esetén – **egységes egészként** létezik. A rendszerben az **elemek** sokasága kapcsolódik össze, de **nem véletlenszerűen**, hanem **meghatározott viszony** létezik közöttük. A kölcsönhatások által a **rendszer több, mint az elemek egyszerű összege**. A rendszer egyes elemei külön rendszerként is felfoghatók, **alrendszereket** alkotnak.

Tehát az izomnak, mint egységesen működő rendszernek a hierarchikusan szerveződő alrendszerei az izomrostok, ill. az izomnyalábok. Az izomrost elemeinek – izomfonalak fehérjei, izomfonalak, mitokondriumok, stb. – kölcsönhatása teszi lehetővé az izomösszehúzóds.



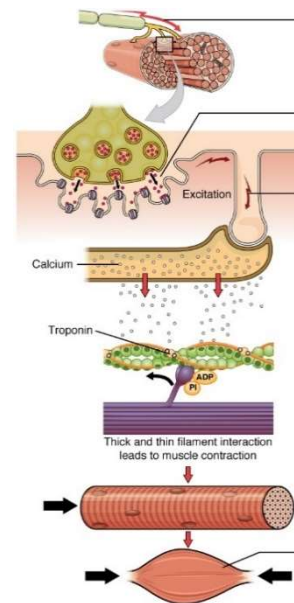
Az izomösszehúzóds csúszómechanizmusa

Egy elernyed, nyugalomban lévő izomban a vékony fonalak csak kis mértékben nyúlnak be a vastag fonalak közé, a vékony és a vastag fonalak közötti kapcsolódások száma csekély. **Az izomösszehúzóds során a vékony fonalak becsúsznak a vastag fonalak közé**, aminek köszönhetően a Z-vonalak egymáshoz közelítenek, s így a **szarkomerák megrövidülnek**. Az egyes szarkomerák megrövidülése kismértékű, de mivel az **izomösszehúzóds mindig az izom hossz tengelyével párhuzamosan zajlik**, méretcsökkenésük összeadódik, ami az izom nagymértékű megrövidülését eredményezi.



Lépések röviden

- Az izomrostokat beidegző idegrostok végződéseiből felszabaduló ingerületátvivő anyagok hatására az izomrostok citoplazmájában Ca^{2+} szabadulnak fel, aminek hatására a miozin molekulák feji részei hozzákötődnek az aktin fonalakhoz.
- A kötődést követően a miozin feji részei bőlintó mozgást végeznek, aminek köszönhetően a vékony fonalak beljebb csúsznak a vastag fonalak közé, egységnyi távolságot megtéve.
- Ezt követően a miozin fejek leválnak az aktin fonalakról, kiegyenesednek, majd már egy másik kötőhelyen ismét hozzákötődnek a vékony fonalakhoz és kezdődik minden előlről.



A fenti lépések sokszori ismétlődése miatt a **szarkomerák megrövidülnek**. Az összehúzóds addig tart, ameddig a Ca -ion jelen van. A **miozin fejek mozgása, alakváltozása energiaigényes**, melynek fedezetét az **ATP hidrolízis** energiája jelenti. Ez az izomösszehúzóds **csúszó mechanizmusa**. A csúszás a Z-vonalakat egymás felé közelíti, a vékony fonalaknak megfelelő világos sáv szélessége csökken, ugyanakkor az átfedési sáv szélessége nő, az összehúzóds alkalmával tehát a **szarkomérák rövidülnek meg és nem az izomfonalak**.

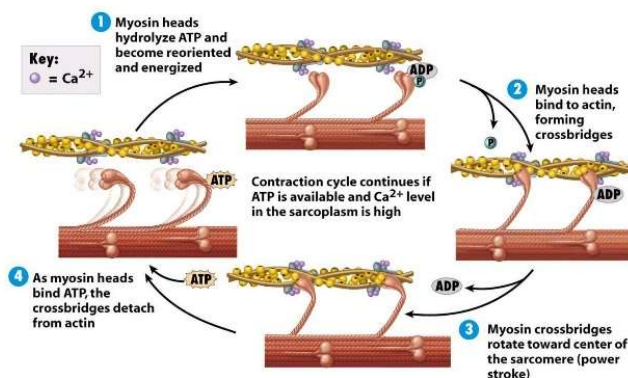
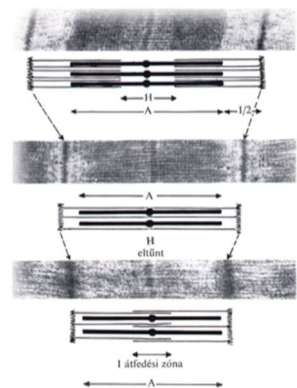


Figure 10-7 Principles of Anatomy and Physiology, 11/e © 2006 John Wiley & Sons



Lépések részletesen (Nem követelmény)

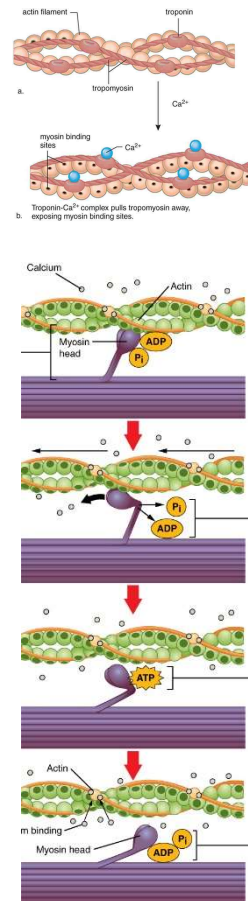
Azokon a helyeken, ahol a miozin nem kapcsolódik az aktinhoz, az aktinon a miozin kötőhelyét a tropomiozin foglalja el.

Az izommembrán ingerlésekor a szarkoplazmatikus reticulumból nagy mennyiségű Ca-ion kerül a citoplazmába a myofilamentumok közé.

- A Ca a troponin-C-hez kötődik, aminek hatására megváltozik a konformációja.
- A troponin-C konformációváltozása maga után vonja a troponin-T konformációváltozását, aminek hatására a tropomiozin az aktinon elmozdul, és szabaddá válik a miozin kötőhely.
- A konformációváltozás a troponin-I-re is átterjed, aminek következtében megszűnik a miozinra gyakorolt gátlása: a miozin fej Mg-ion leválása közben ATP-t hidrolizál.

Az ATP hidrolízis-energiája megváltoztatja a miozin fej szerkezetét (csuklószerű mozgást végez, felemelkedik).

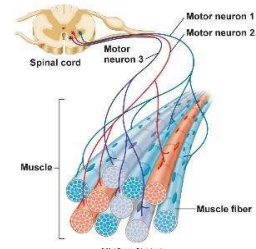
- Amíg a miozin fej ATP-t köt, nem képes az aktinhoz kapcsolódni, de a hidrolízist követően a megváltozott konformációjú ADP tartalmú miozin fej már képes kötődni az aktinhoz.
- A miozin fej az aktinhoz kötődik.
- A miozin fej konformációváltozása - mivel energiát igénylő folyamat - egy instabil állapotot eredményez, amely rövid időn belül hőfelszabadulás mellett az eredeti konformációba tér vissza, a miozin fej bólint.
- Mivel a visszaalakulás a két fonál összekapcsolódása után történik, a két fonál egymáshoz képest elmozdul.
- A következő lépésben a miozin fejben az ADP kicserélődik ATP-re, aminek következtében a miozin elengedi az aktint.
- Majd az ATP ismét hidrolizál, megváltozik a fej konformációja, hozzákötődik az aktinhoz, a konformáció visszaalakul, elmozdulás, és újra előről.



Animáció

https://drive.google.com/file/d/18P_WffEvP1uhB9-6OLkjNYfh6measIi4/view?usp=sharing

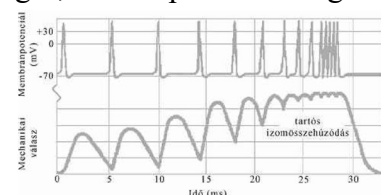
A vázizomrostokat az idegrendszer **idegrostok** útján működteti. Az idegi összeköttetéseitől megfosztott vázizom **elsorvad**. Az idegrostok ingerülete szinapszisok közvetítésével átterjed az izomrostokra és akciós potenciált vált ki. A **Ca²⁺ hiánya** fokozza az ideg-izom ingerlékenységet, csökkenti az izomrostok ingerküszöbét, ami **izomgörcsökhöz vezet**. A **Mg²⁺ hiánya hasonló következményekkel jár**, hiszen a magnézium, mivel gátolja a miozinfaj ATP bontását, ezért hiányában csökken az ATP mennyisége, ami viszont megakadályozza a miozin fej leválását az aktinról (a kapcsolat bontását).



Az idegrostok szétághatnak és több izomrostot láthatnak el. **Egy idegrosthoz kapcsolódó izomrostok motoros egységet** képeznek. A finom működésű izmokban (kéz izmaiban) egy idegrosthoz átlagosan 3-6 izomrost kapcsolódik, míg a durvább mozgások kivitelezésében közreműködő izmokban – pl. comb feszítő izma – akár több száz.

Az **izomerő** attól függ, hogy **hány motoros egység dolgozik egyszerre**. Mindig csak annyi izomrost húzódik össze, amennyi az adott erő kifejtéséhez szükséges, a többi pihen. A dolgozó rostok kimerülésekor a pihenők átveszik a feladatot.

Ha megfelelően rövid időközönként több idegi impulzus éri az izmot, **tartós összehúzódás** váltható ki. Ilyenkor az izom nem tud elernyedni, az **összehúzódások ereje összeadódik**.



Az izom működése lehet:

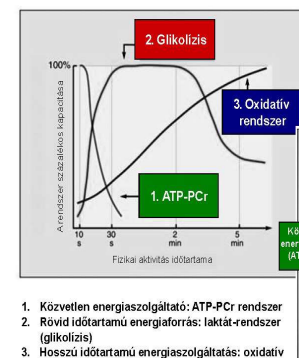
- **izotóniás**, ha az **izom megrövidül**,
- **izometriás**, ha a rostok feszülnek, azonban **az izom nem rövidül meg**.

Az izomműködés energiaforrásai

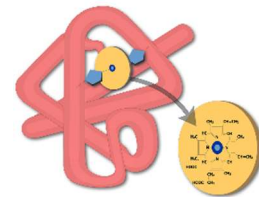
A tápanyagokat – **zsírokat, szénhidrátokat (glükózt)** – az izomrostok a vérből veszik fel. A pihenő izom a **szénhidrátokat jelentős mennyiségben képes tárolni glikogén formájában**. Az izomösszehúzódás közvetlen energiaforrása az **ATP** hidrolízis energiája. **Az ATP egyrészt a biológiai oxidáció**, másrészt relatív oxigénhiány esetén a **tejsavas erjedés** során jön létre. A vázizomszövetben az ATP-n kívül az energiatárolásban egy másik vegyület, a **kreatin-foszfát** is közreműködik. A kreatin-foszfát feladata, hogy a kimerülő ATP készleteket regenerálja.

$$\text{kreatin-P} + \text{ADP} = \text{kreatin} + \text{ATP}$$

Az ábrán az egyes energiaforrások százalékos megoszlásának változása látható egy 5 perces maximális terhelés során. Az első 7 másodpercben az ATP-kreatin-foszfát rendszer a domináló, míg a 7-60 másodperc közötti időszakban a glikolízis, majd a biológiai oxidáció veszi át a főszerepet.

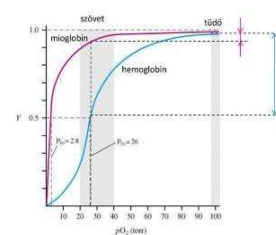


Ismert a hemoglobinnon kívül egy másik **oxigénkötő fehérje** is az emberi szervezetben, a **mioglobint**, amely a vázizmokban található. A mioglobint csupán egy polipeptidláncból és egy vas tartalmú **hemből** álló összetett fehérje. A két fehérjében az oxigénkötés mechanizmusa hasonló, ugyanakkor a mioglobint alacsonyabb pH-n és alacsonyabb oxigén koncentráció esetén is képes kötni az oxigént, hiszen **feladata az oxigén raktározása**. Tartós összehúzódás vagy hosszantartó izomműködés esetén, amikor a vázizmok oxigénellátásának hatékonysága csökken, a mioglobint-hoz kötött oxigén leválva átmenetileg képes kompenzálni a kialakult oxigénhiányt.



Hosszan tartó izomműködés esetén szervezetünk energiakészletei kimerülhetnek, ami a **fáradtságérzet** kialakulásának egyik oka. Az izmok kifáradásának hátterében számos különböző tényező áll, mint pl.

- a szénhidráttraktárak kimerülése és az ebből fakadó **energiahiány**;
- az izomrost pH-jának csökkenése;
- a sejten kívüli tér K^+ -tartalmának megemelkedése;
- az izomrost plazmájában levő Ca^{2+} -mennyiségnek, vagy egyes molekulák Ca^{2+} -érzékenységének megváltozása.



Tartós fizikai terhelés során a szervezet fáradással szembeni ellenállóképességét az **állóképességgel** jellemezzük. Az **edzettség** a fizikai terhelés hatására kialakuló egyfajta erőnléti állapot, teljesítőképeség. A rendszeres, folyamatos sportolás, a fokozódó terhelés növeli az edzettséget, mellyel párhuzamosan javul az állóképesség, a szervezet azon képessége, hogy a nagy fizikai megterhelés során biztosítja a biológiai egyensúly fenntartásához szükséges energiát.

Az összehúzódás sebessége alapján megkülönböztetünk:

- lassú, tartós összehúzódásra képes ún. **vörös izmokat**, ilyenek a testtartásért felelős izmok, pl. hátizmok, ill.
- gyors, fáradékonyabb az ún. **fehér izmokat**, ilyenek a végtagok izmai.

Biomechanika

A biomechanika a mechanika törvényszerűségeit alkalmazza az élő szervezetekre. Az emberi test mechanikus működése egyes esetekben hasonlatos az egyszerű emelők működéséhez. Az **emelő** egy rögzített (forgás)tengely (forgáspont) körül elfordítható merev rúd, amely használható teher emelésére vagy mozgatására. A **tengely** vagy **forgáspont** az emelő elforgathatóan megtámasztott pontja.

Kétoldalú (kétkarú) **emelő**ről beszélünk, ha a teher(erő)(súly) és az aktíverő a tengelyhez képest az emelő különböző oldalán található. **Egyoldalú emelő**ről beszélünk, ha a teher és az aktíverő az emelő ugyanazon oldalán van a tengelyhez képest.

A forgáspont és a teher közötti távolság a **teherkar** (k_1), a forgáspont és az aktíverő közötti távolság pedig az **erőkar** (k_2).

Az erő forgató hatását megadó fizikai mennyiséget **forgatónyomatéknak** hívjuk. Egy erő forgatónyomatékát megkapjuk, ha az erő nagyságát megszorozzuk az erőkarral.

Forgatónyomaték = Erő x Erőkar

Erő = Tömeg x Gyorsulás $F = m \times g$

Az emelő törvénye kimondja, hogy egyensúly esetén az aktíverőnek a forgáspontra vonatkozó forgatónyomatéka egyenlő a teher forgatónyomatékával:

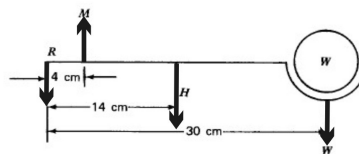
Emelőelv: Teherkar \times Tehererő = Erőkar \times Erő azaz $G \times (k_1) = F \times (k_2)$

Ha például 1 gramm tollat és egy 1 kg-os követ akarnánk egyensúlyba hozni, a toll 1000-szer távolabb lenne a forgásponttól mint a kő; ha 1 kg követ egy másik 1 kg-os kővel egyensúlyoznánk ki, a forgáspont középen lenne.

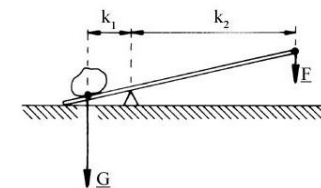
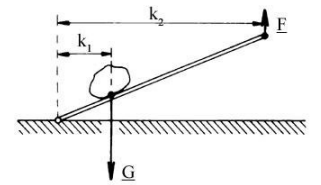
Egy példa (emelt szintű érettségi feladat)

A súlyzós gyakorlatok során a kar anatómiai egységei egyoldalú (egykarú) emelőként működnek. Az ábra az „emelő” azon állapotát mutatja be, amikor az alkar kb. 90 fokos szöget zár be a felkarcsonttal (a talaj az ábra alja felé helyezkedik el). A vastag nyilak erőket, a vékonyak távolságokat jelölnek.

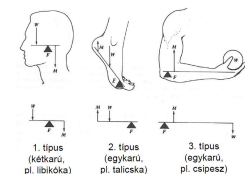
- R = forgástengely (könyökízület)
- M = az izom kifejtette erő az alkarra
- H = az alkarra ható gravitációs erő
- W = a kézi súlyzó súlya



Mekkora erőt kell kifejtenie az alkarhajlító izomnak ($M = ?$) a 15 kg-os súlyzó adott helyzetben tartásához, ha a sportoló alkarjának tömege 3 kg? A nehézségi gyorsulás értéke: $9,81 \text{ m/s}^2$



Emelők az emberi testben



Az emelők 3 osztályba sorolhatók a forgáspont (F), a terhelés (pl. a testrész súlya, W), és a kifejtett erő (izom, M) elhelyezkedése szerint.

Az egy irányba ható forgatónyomatékok összegzendők. Az ellentétes irányba ható forgatónyomatékok egyensúly esetén kiegyenlítik egymást.

$$Hx14 + Wx30 = Mx4 \quad \mathbf{M = \frac{Hx14 + Wx30}{4}} \quad (H_{erő} = 3x9,81, \quad W_{erő} = 15x9,81)$$

Egy kis fizika (kiegészítés)

A tömeg

- a fizikai testek **tehetetlenségének mértéke**,
- jele: m , mértékegysége: kilogramm (kg),
- mérleggel mérik,
- állandó mennyiség, amely nem függ a test földfelszín feletti magasságától.

A súly

- **erő**, amellyel a test az alátámasztási pontot nyomja, ill. a felfüggesztési pontot húzza,
- jele: G , mértékegysége: newton (N),
- erőmérővel mérik,
- változó mennyiség, amely függ a test földfelszín feletti magasságától (vagyis attól, mekkora a gravitációs térerősség ott, ahol a test van).
- Egy nyugvó test súlya a test tömegének és a nehézségi gyorsulás ($g=9,81 \text{ m/s}^2$) értékének szorzata: **erő = tömeg × gyorsulás**.

4.3.3. Szomatikus mozgásszabályozás

A **vázizmok** működésének szabályozásáért a **szomatikus idegrendszer** felelős. A **vázizmok** működtetésének **több szintjét** különböztetjük meg.

- **A reflexek** – pl. nyújtási, hajlító, testtartási – nem akaratlagosan, hanem automatikus módon mennek végbe, elsősorban gerincvelői és agytörzsi központok irányítják.
- **Félautomatikus, tanult mozgások** pl. a járás, a futás, ill. az úszás, kivitelezésében kéreg alatti nagyagyú törzsmagvak, ill. agytörzsi magvak működnek közre.
- **A komplex, célvezérelt mozgások** bonyolult, odafigyelést igénylő mozdulatok végrehajtója az agykéregből kiinduló piramis pályarendszer.
- **A koordináció, összehangolás, pontosítás** felelőse a kisagy.

Az **izomtónus** akaratlan, állandó, kismértékű izomfeszülés. A mozgások alapja az izomtónus megváltoztatása, **testtartásban alapvető jelentőségű**. A **testtartást** az ún. antigravitációs izmok (törzsimok, felső végtag hajlító és az alsó végtag feszítő izmai) meghatározott jellegű tónuseloszlása teszi lehetővé. A **testtartás szabályozásában** szerepet játszó receptorok számos helyen előfordulnak.

- Az **egyensúlyérző rendszer receptorai** a belső fülben a zsákocskában, tömlőcskében és a félkörös ívjáratokban található, ezek tájékoztatják az idegrendszert a fej helyzetéről és elmozdulásáról.
- A test helyzetének a meghatározásában az **izmok, inak, ízületek mechanikai receptorai**, a **bőr nyomás receptorai**, ill. a **látás segítenek**.

A testtartás szabályozásában szerepet játszó mozgatóneuronok az agytörzs területén elhelyezkedő különféle magcsoportokban, ill. a hálózatos állományban található.

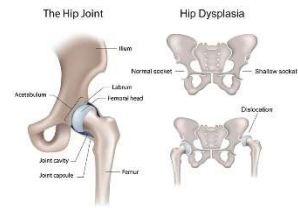
4.3.4. A mozgásszervrendszer egészségtana

Csípőficam

Normális körülmények között a csípőízületet alkotó combfej és az őt befogadó medencecsonti vápa pontosan összeillenek. A **csípőficam a combcsont fejének a csípőbe való ízesülésének zavara**. A fel nem ismert ficam később a mozgás súlyos zavarát, az ízületet alkotó részek korai kopását, sérülését okozza.

A csípőficam újszülött kortól diagnosztizálható fejlődési rendellenesség. Magyarországon többlépcsős szűrési rendszer működik, a megszületést követően, 3-6 hetesen és 4 hónapos korban vizsgálják a csecsemőket. Jellemzően a lánycsecsemők gyakrabban érintettek, mint a fiúk. Kialakulásának hátterében részben genetikai tényezők állnak, részben a magzat méhen belüli elhelyezkedése játszik szerepet.

Kezelésénél elsődlegesen ún. terpeszpelenkázást alkalmaznak, melynek eredményeképpen a combcsont feje megfelelően illeszkedik a medencecsontokhoz. Amennyiben ez elégtelen, Pavlik-kengyel használata javasolt, ill. nagyobb gyermeknél csípőt szétfeszítő sín. Súlyos esetben pedig 1 éves kor felett műtéttel lehet korrigálni a rendellenességet.



Ficam

A ficam során az **ízületi fej kimozdul az ízületi vápából és kóros helyzetben rögzül**, súlyosabb esetben az ízületi tok elrepedhet, az ízületi szalagok elszakadhatnak. Jellemző tünetei a fájdalom, a duzzanat, a mozgáskorlátozottság, az ízület erőteljes torzulása.



Rándulás

A rándulásakor az **ízületi fej kimozdul az ízületi vápából, majd visszatér az eredeti helyzetbe**. Tünetei hasonlóak a ficamhoz, azonban annál enyhébbek.

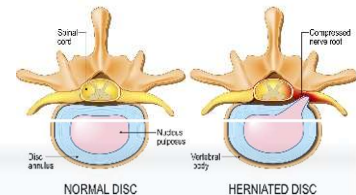
Sérüléskor **elsősegélynyújtáshoz a sérült ízületet helyezzük nyugalomba, polcoljuk fel, tegyük sínbe, alkalmazzunk hideg borogatást, ficam esetén a további kezeléseket – a kificamodott ízület helyretétele, szükség esetén műtét – kizárólag orvos végezheti.**



A **sportsérülések megelőzésében** fontos szerepe van a **bemelegítésnek**, melynek során könnyű testgyakorlatokkal felkészítjük izmainkat, ízületeinket a fokozott terhelésre, a gyakorlatokkal növeljük az izmok, ízületek keringését, az izmok feszítettségének mértékét, miáltal stabilizáljuk az ízületeket. Továbbá a többször sérült ízületet fáslival védeni kell, célzott tornával erősíteni kell a gyenge izmokat, csak az életkornak, edzettségnek megfelelő terhelésnek érdemes kitenni az ízületeket.

Gerincferdülés (scoliosis)

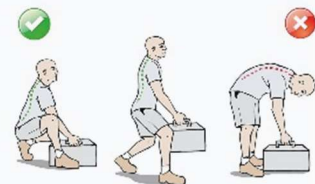
A gerinc oldalirányú elhajlása, amihez egyidejűleg a csigolyák hossz tengely körüli elfordulása is társul. Mivel a mellkas deformálódik, szövődményként jelentkezhet fájdalom, a szív és a tüdő működésében zavarok léphetnek fel. A gerincferdülés kezelése enyhébb esetben gyógytornával történik, súlyosabb esetben ajánlott a megfelelő fűző viselése, ill. esetenként szükséges lehet műtéti beavatkozás.



Porckorongsér

Az egészséges porckorong egy korong alakú szerv, mely a külső részén körkörös, rostos gyűrűből áll, míg belül magas víztartalmú kocsonyás mag található. Porckorongsér esetén a rostos gyűrű átszakad és a kocsonyás anyag a gerinccsatorna vagy gerincideg felé kiboltosodik. Az életkor előrehaladtával a porckorong elkezdi kiszáradni, vizet veszít és így elveszíti rugalmasságát. Az ellaposodó porckorongban egy hirtelen terhelésre a gyűrű átszakad, a belső, kocsonyás anyag kinyomódik és létrejön az előbb említett kitüremkedés. Ez megtörténhet egy rossz mozdulat, nehéz súlyok nem megfelelő emelése során. A porckorongsér kialakulásának a kockázatát növeli a helytelen testtartás, a túlsúly, az edzetlenség, illetve a bemelegítés nélküli hirtelen erő kifejtés.

A megelőzésben kulcsfontosságú a nehéz súlyok megfelelő testtartásban történő mozgatása. Nagyobb terhek emelésekor fontos, hogy a teher súlypontja minél közelebb kerüljön a testünk súlypontjához, a mozgatást behajlított térdek mellett, egyenes derékkal és háttal végezzük, és ügyeljünk arra, hogy a törzs a csípőhöz képest ne csavarodjon el.



A helyes testtartásnak rendkívül fontos szerepe van a gerinc egészséges állapotának a megőrzésében. Helyes testtartás esetén az ízületek, a szalagok és az izmok – optimális együttműködése miatt – terhelése egyenletes, a testtartásért felelős izmok erő kifejtése minimális. A testtartást akkor tekintjük helyesnek, ha a gerinc görbületei és a medence dőlésszöge megfelelő mértékűek, tekintetünk előre néz és közben fejtetővel felfelé nyújtózkodunk, a lapockákat egymás felé közelítjük, vállainkat lazán leengedjük, hasunkat a köldök magasságában kissé behúzzuk, térdeink pedig enyhén hajlítva vannak. A helytelen testtartás következtében megbomlik az egészséges izomegyensúly, melynek számtalan következménye lehet, többek között fejfájás, hát- és derékfájás, csípő-, térd- és bokaízületi problémák.

A testre ható nehézségi erő hatásvonalait súlyvonalaknak nevezzük, melyek a test különböző helyzeteiben eltérő irányúak lehetnek. Az eltérő irányú súlyvonalak metszéspontja a test súlypontját határozza meg. A helytelen testtartás során a gerinc súlyvonala és a test súlypontja megváltozik.

Lúdtal

A láb egészségesen meglévő boltozatának megsüllyedése. Kialakulhat fejlődési zavar következtében, de leggyakrabban túlterhelés, túlsúly, izomgyengeség az oka.



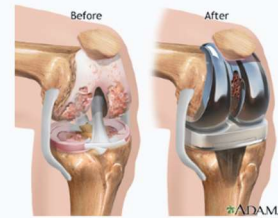
Csonttörések

A csonttörés esetén a csontállomány folytonossága megszakad. Ilyenkor a csontban törési rés keletkezik. A kiváltó ok lehet egy közvetlen erőhatás, de előfordulhat másik betegség következményeként is, mint pl. daganatos betegségeknél, vitaminhiánynál, csonttritkulásnál. A csonttörés lehet **zárt**, amikor a bőr felszíne nem sérül, a törtvégek a bőr alatt vannak, illetve **nyílt**, ha a bőr átszakad és a törtvégek láthatóvá válnak. A csonttörések tünetei: fájdalom, duzzanat, vérömleny, mozgáskorlátozottság, nyílt törésnél külső-belső vérzés. A csonttörés gyanúját röntgenfelvétel, MRI vagy CT vizsgálat erősítheti meg. Enyhébb esetben a csonttörés **konzervatív módon kezelendő**, pl. külső rögzítéssel (gipsz vagy kötés), **súlyosabb esetben műtéti beavatkozás szükséges**, melynek során velőűrsínnel, csavarral, lemezzel, stb. rögzítik a törést.



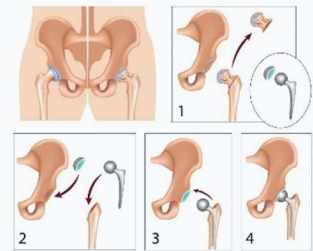
Implantátumok, csontprotézisek

A csontok sérüléseinek (csonttörés), kopásainak kezelésére műtéti úton beépített különféle eszközök használhatók. A beépített eszközöket **implantátumnak**, illetve ízületi- és csontkopások esetén **protézisnek** is nevezzük. Az implantátumok nagy részének az anyaga rozsdamentes acélötvözet vagy titánötvözet. Egyes protézisek alkatrészei készülhetnek műanyagból (polietilén) vagy kerámiából. Az implantátumok lemezekből, szegekből, csavarokból állnak, kopások esetében a pótlandó csontterületek formáját utánozzák.



Csípőprotézis műtét és annak kockázatai

Csípőprotézis műtét elvégzésére szükség lehet a **csípőízület nagyfokú porckopásakor**, a **combnyak törésekor**, illetve súlyosabb balesetek esetén. A csípőprotézis műtétnek, mint minden műtétnek, vannak kockázatai, pl. kialakulhatnak vérömlenyek a műtéti területen, bekövetkezhetnek fertőzések. A sikeres műtét után is előfordulhatnak **komplikációk**, mint pl. az **ízületi tok hegesedése miatt kialakuló mozgáskorlátozottság**, a **beültetett protézis kopása**, illetve törése okozhat problémát, és nem utolsósorban kialakulhat **fémérzékenység**, ami krónikus gyulladáshoz, a protézis lazulásához vezethet.



A testépítés vagy a teljesítményfokozás során helytelenül alkalmazott táplálékkiegészítők, illetve a dopping szerek káros hatásai

A kormány 86/1998.(V./6.) Korm. Rendelete alapján a dopping a doppinglista szerinti **hatóanyagot tartalmazó teljesítményfokozó szer** vagy **nem megengedett mennyiségű élettani vegyület**. A doppingolás a dopping alkalmazása abból a célból, hogy mesterségesen növeljék a sporttevékenység során elérhető teljesítményt.

A különböző hatóanyagok többféleképpen fokozhatják a fizikai teljesítményt, pl.

- **növelik a szervezet energiatermelését,**
- **serkentik a keringési rendszer és a légzőrendszer működését,**
- **fokozzák a felépítő – anabolikus – anyagcsere-folyamatokat,** növelik az izom tömegét, emiatt fokozódik az izom teljesítménye, javítják az állóképességet,
- **emelik a fájdalomküszöböt,**
- **csökkentik a fáradtságérzetet,**
- továbbá **kedvezően hatnak a pszichés folyamatokra** (versenyláz).

Stimulánsok

A stimulánsok – pl. az amfetamin származékok – **izgatják a központi idegrendszert, növelik az éberséget, csökkentik a fáradtságot, fokozzák a versenyzési készséget és növelik az agresszivitást.** Alkalmazásuk nagy adagban **emeli a vérnyomást, fejfájást, rendszertelen szívverést, nyugtalanságot okozhat,** mivel elnyomják a fáradtság érzését, a **szervezet végtelenen kimerülhet.** További mellékhatásként jelentkezhet a **függőség kialakulása.**

Anabolikus szerek

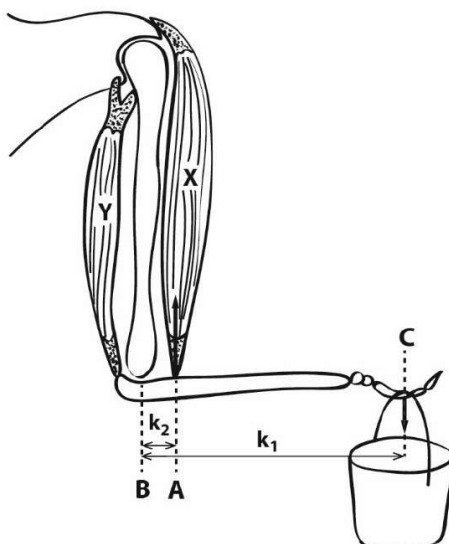
Többnyire **hormonok** vagy **hormonhatású vegyületek,** mint pl. **növekedési hormon, inzulin,** különféle **szteroidok,** többnyire az anabolikus anyagcserét, így pl. az izomfehérjék felépítését fokozzák. Az **anabolikus szteroidok** szerkezetükben, működésükben a férfi nemi hormonhoz, a tesztoszteronhoz hasonlóak. **Számtalan mellékhatásuk van,** pl. a **heresorvadás, csökkenő spermatermelés** (negatív visszacsatolás miatt), **magas vérnyomás.** **Nők esetében elférfiasodás, a petefészkek működésének megszűnése, menstruáció elmaradása, terméketlenség.**

Táplálékkiegészítők

A sportolók szervezete fokozott igénybevételnek van kitéve, testük tápanyag- és energiaszükséglete megnő, s emiatt szükséges a táplálkozásuk kiegészítése. A táplálékkiegészítők **vitaminokat, ásványi anyagokat, aminosavakat** tartalmaznak nagyobb mennyiségben. A táplálékkiegészítők alkalmazása **elősegíti az izomtömeg gyorsabb növekedését, a zsír égetését, fokozza az erőnlétet, növeli a szellemi és fizikai aktivitást.** Ugyanakkor a **táplálékkiegészítők mértéktelen használata veszélyekkel jár, pl. a túlzott mennyiségű fehérje/aminosav bevitel fokozza a köszvény veszélyét.**

Gyakorló emelt szintű érettségi feladatok

A csontok és a hozzájuk tapadó izomok által létrehozott mozgás alapelvei jól megfigyelhetők a végtag mozgása során. Az 1. ábra tanulmányozása után válaszoljon a következő kérdésekre!



1. ábra

1. Hogyan változik az ábrázolt két csöves csont által bezárt szög, ha az X-el jelölt izom húzódik össze?
.....
2. Nevezze meg az alkart alkotó két csontot! (2 pont)
..... és
3. Az alkar a könyökízület körül mozdul el, amely tengelyként viselkedik. Az alkar „C” pontjában tartott vödör súlya által létrehozott erőt az alkar „A” pontjában tapadó izom által kifejtett, ellentétes irányba ható erő tartja egyensúlyban.

Számolja ki, hogy mekkora erőt kell az izomnak (X) kifejteni ahhoz, hogy az ellentétes irányba 100 N erővel ható vödröt egyensúlyban tartsa! Tételezzük fel, hogy a vödör és az izom által a karra kifejtett erők merőlegesek az alkarra! A teher által kifejtett erő erőkarja (k_1) 28 cm, míg az izom által kifejtett erő erőkarja (k_2) 2 cm. Számításait követhető formában rögzítse! (2 pont).

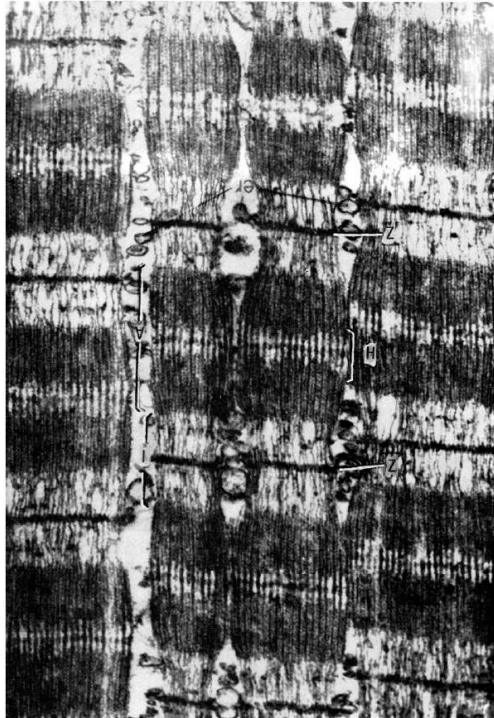
Megoldás

- | | |
|--|------------------|
| 1. Csökken | 1 pont |
| 2. Orsócsont,
singcsont | 1 pont
1 pont |
| 3. $k_1 \cdot C = k_2 \cdot X$
$28 \cdot 100 = 2 \cdot X$
$1400 = X$, vagyis 1400 N erőt kell kifejteni az izomnak. | 1 pont
1 pont |

Az izomműködés

(9 pont)

Az ábrán egy gerinces izom izomfonalainak elektronmikroszkópos képét figyelheti meg.



1. Nevezze meg, melyik izomszövet típust látjuk az ábrán! (1 pont)

.....

2. A mikroszkópos képből következtethetünk az izom két fő fehérjemolekulájának eloszlására. Írja az ábra megfelelő betűit az üres négyzetekbe!

(1 pont)

} A	Aktin	
	Miozin	
} B	Aktin + miozin	

} C

Az „A” sáv	
A „B” sáv	
A „C” sáv	

3. Az izomfonalak összehúzódása során a fényképen látható mintázat megváltozik. Melyik sávval mi történik (enyhe) összehúzódás során? A táblázatba írja a **szélesedik**, **keskenyedik** vagy **nem változik** kifejezések közül a megfelelőt! (2 pont)

Hasonlítsa össze az aktin és a miozin sajátosságait!

- A) A miozinra igaz.
- B) Az aktinra igaz.
- C) Mindkettőre igaz.
- D) Egyikre sem igaz.

4.	ATP-bontó enzim.	
5.	Aminosavakból áll.	
6.	Egyúttal az izom energiaszolgáltató molekulája is.	
7.	Az izom összehúzódásakor hossza kisebb lesz (megrövidül).	

Hirtelen erő kifejtés esetén az izom ATP- és oxigénkészlete hamar kimerül, és a keringés nem mindig tudja biztosítani ezekből az anyagokból a szükséges mennyiséget.

8. Mi teszi lehetővé, hogy a vázizom továbbra is hozzájusson az ATP-hez és az oxigénhez, akkor is, ha a keringés nem biztosítja azokat? (1 pont)

.....

Megoldás

Az izomműködés

9 pont

A feladat a részletes követelményrendszer 1.3., 2.1.5. és 4.3.2. pontjai alapján készült.

1. Harántcsíkolt izom / vázizom 1 pont
2. Mindhárom betű helyes megjelölése esetén 1 pont.

Aktin	B
Miozin	A
Aktin + miozin	C

3. *Három helyes válasz esetén.* 2 pont
Két helyes válasz esetén. 1 pont
Egy vagy nulla válasz esetén. 0 pont

Az „A” sáv	keskenyedik
A „B” sáv	keskenyedik
A „C” sáv	szélesedik

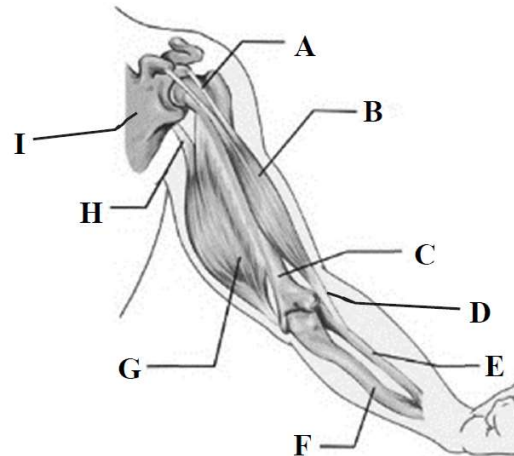
4. A 1 pont
5. C 1 pont
6. D 1 pont
7. D 1 pont
8. Az izom saját energia- és oxigéntároló vegyületekkel rendelkezik, /kreatin-foszfát , mioglobin. 1 pont

VII. Karizom

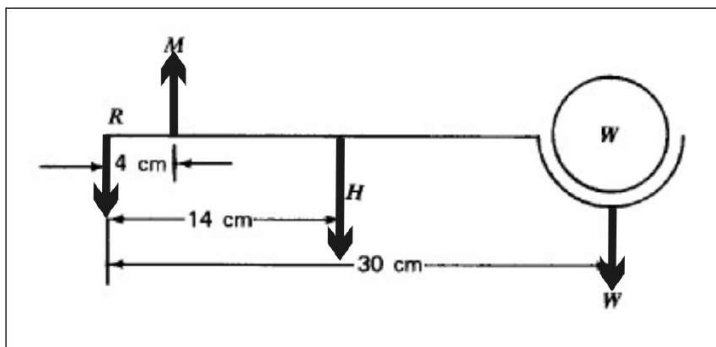
11 pont

Az ember mozgási szervrendszerének működése összetett sejttani, biokémiai és fizikai mechanizmusokon alapul. Egy olyan egyszerű mozdulat háttérben, mint egy kézi súlyzó megemelése, számos összetett folyamat áll. Az ábra a súlyzós gyakorlatokban részt vevő szervek áttekintő képe.

Adja meg az egyes meghatározásoknak megfelelő anatómiai részletek betűjelzését! Az izom eredésén a törzshöz közelebbi rögzülési pontját értjük.



1.	Az alkar feszítőizma.	
2.	A karhajlító izmot eredési pontjához rögzítő ín.	
3.	Orsócsont.	



A súlyzós gyakorlatok során a kar anatómiai egységei egyoldalú (egykarú) emelőként működnek. Az ábra az „emelő” azon állapotát mutatja be, amikor az alkar kb. 90 fokos szöget zár be a felkarcsonttal (a talaj az ábra alja felé helyezkedik el). A vastag nyilak erőket, a vékonyak távolságokat jelölnek.

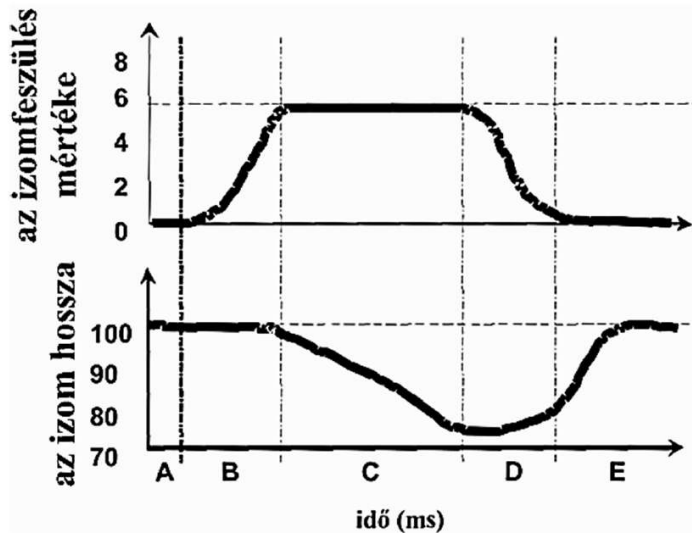
4. Azonosítsa az emelő ábrán jelölt elemeit és válassza ki a táblázat azon sorát, amelyik helyesen írja le az ábrázolt elemeket!

	R	M	H	W
A)	forgástengely (vállízület)	az izom kifejtette erő	az alkarra (önmagában) ható gravitációs erő	az izom végezte munka
B)	rögzítési pont (vállízület)	az izom kifejtette erő	forgástengely (könyökízület)	a kézi súlyzó súlya
C)	a kézi súlyzó helyzete	az alkarra (önmagában) ható gravitációs erő	az izom kifejtette erő	forgástengely (könyökízület)
D)	forgástengely (könyökízület)	az izom kifejtette erő	az alkarra (önmagában) ható gravitációs erő	a kézi súlyzó súlya
E)	a kézi súlyzó súlya	forgástengely (könyökízület)	az alkarra (önmagában) ható gravitációs erő	az izom végezte munka

5. Számítsa ki, hogy a 15 kg-os súlyzó adott helyzetben tartásához mekkora erőt kell kifejtenie az alkarhajlító izomnak, ha a sportoló alkarjának tömege 3 kg! A számítás menetét is tüntesse fel, az értékeket két tizedesjegy pontossáig, newton mértékegységben adja meg! (2 pont)

A számítás során a következőket vegye figyelembe:

- A forgatónyomaték az erő és az erőkar szorzata.
- Az egy irányba ható forgatónyomatékok összegzendők.
- Az ellentétes irányba ható forgatónyomatékok egyensúly esetén kiegyenlítik egymást.
- A nehézségi gyorsulás értéke: $9,81 \text{ m/s}^2$



Képzeld el, hogy a sportoló megemeli, majd derékszögben álló könyökkel, vízszintes alkarral tartja a súlyzót a kezében, végül leteszi azt. Amikor karhajlítóizmát megfeszíti, jellegzetes változások történnek a vázizom hosszában és feszítettségében. Ezeket a változásokat ábrázolják a grafikonok, időben több szakaszra bontva azokat.

6. Mely állítások helytállóak a grafikonokon ábrázolt esetben? Adja meg a helyes válaszok betűjelzését!

- A) Az alsó görbe függőleges tengelyén százalékos értékek szerepelnek.
 B) A sportoló alkarhajlító izma megfeszül, de ez nem elegendő a súlyzó megemeléséhez.
 C) A vízszintes szaggatott vonalak mindkét esetben az adott jellemző lehetséges maximális értékét jelölik.
 D) A felső görbén jelölt vízszintes szaggatott vonal a súly megemeléséhez szükséges izomfeszülés értékét jelöli.
 E) Az alsó görbén jelölt vízszintes szaggatott vonal a maximális feszítettségű izom hosszát jelöli.

--	--

Mi jellemzi a grafikonokkal leírt mozdulat egyes fázisait? Az állításnak megfelelő szakasz betűjelzésének megadásával válaszoljon!

7.	Az izom feszítettsége állandó, az izom eközben megrövidül.	
8.	Ezen a szakaszon az aktin és miozinfonalak egymás közé csúsznak, de az izom hossza nem rövidül.	
9.	A súlyzó nem mozdul, az izom feszítettsége az adott szakasz teljes ideje alatt a lehető legkisebb.	

Megoldás

1. G 1 pont
2. A 1 pont
3. E 1 pont
4. D 1 pont
5.
 - A súlyzó és az alkar tömegéből fakadó forgatónyomaték:
 $14 \times 3 \times 9,81 + 30 \times 15 \times 9,81 = 4826,52 \text{ N} \times \text{cm},$ 1 pont
 - Ez megegyezik a hajlítóizom által kifejtendő forgatónyomatékkal, azaz az alkar által kifejtett erő: $4826,52/4 = 1206,63 \text{ N}.$ 1 pont

Egyéb helyes levezetésért is megadható a teljes pontszám.

6. A és D 1+1 = 2 pont
7. C 1 pont
8. B 1 pont
9. A 1 pont

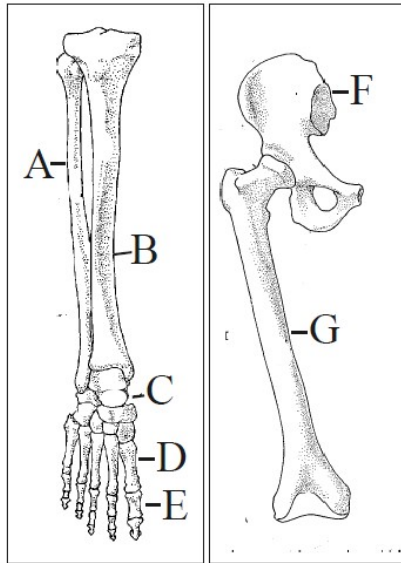
I. Régészeti feltárás

11 pont

Egy történelmi kutató feltárás során egy régi, feldúlt tömegsírban csontokat találtak. A kutatók megállapították, hogy az ábrákon látható csontok ugyanahhoz a személyhez tartoznak.

1. A két csont DNS-tartalmának mely tulajdonsága alapján állapítható ez meg?

Mi állapítható meg az elkészült rajzok alapján? (A két rajznak különböző a méretaránya).
*Jelölje **I**-vel az igaz, **H**-val a hamis állításokat!*



2.	A két rajz ugyanazon végtag két részletének maradványát ábrázolja.	
3.	Mindkét rajzon az alsó végtag csontjai láthatók.	
4.	Mindkét rajzon csak csöves csontok figyelhetők meg.	

5. A rajzon A betűvel jelölt csont neve:
6. Mi a C betűvel jelölt csontok összefoglaló neve?

7. Nevezze meg azokat a csontokat, melyek összenövéséből jött létre az ábrán F jelű függesztőv! (3 pont)

8. A csontok korát radiokarbon módszerrel határozták meg. Mit mértek az eljárás során (adott tömegű csont esetén)? *A helyes válasz betűjével válaszoljon!*

- A) A ¹⁴C izotóp mennyiségét.
- B) A ¹⁴C és a ¹²C izotóp arányát.
- C) A ¹⁴C izotóp felezési idejét.
- D) A ¹⁴C izotóp keletkezésének és bomlásának sebességét.
- E) A csontmaradvány összes széntartalmát.



9. Megállapították azt is, hogy férfi vagy nő csontjait találták-e meg. A függesztőv mely jellemzője segít ennek megállapításában?

Megoldás

I. Régészeti feltárás

11 pont

A feladat a részletes követelményrendszer 4.3.1., 4.9.1., 6.3.2 pontjai alapján készült.

1. A DNS-molekulák bázissorrendjének / nukleotidsorrendjének összehasonlításával / azonos (részletek) megállapításával. 1 pont
2. I 1 pont
3. I 1 pont
4. H 1 pont
5. szárkapocsont 1 pont
6. lábtőcsontok 1 pont
7. csípőcsont, ülőcsont, szeméremcsont *1-1-1 pont, összesen* 3 pont
8. B 1 pont
9. A medence szélessége. / A csípőlapát állása. / A szeméremszög nagysága. 1 pont