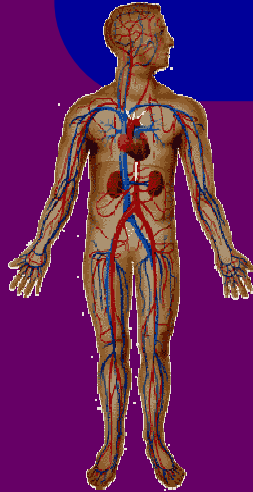
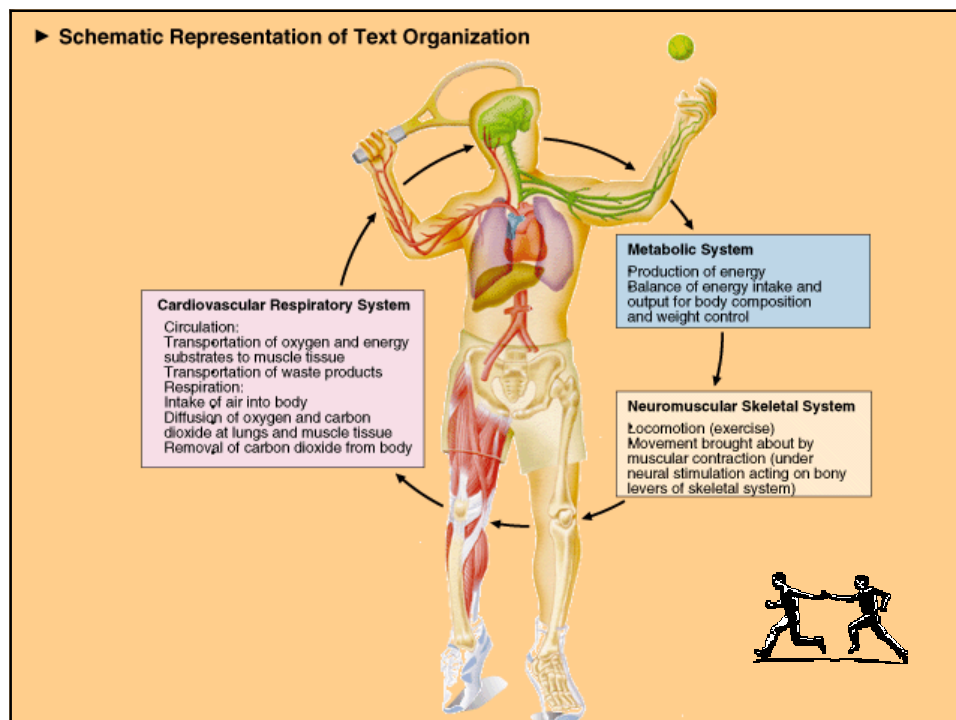


Kardiobaskular sistema eta jarduera fisikoa

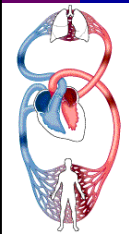


5. Jarduera Fisikoarekiko erantzun eta moldakera kardiobaskularrak

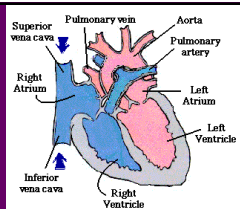


Zirkulazio-sistemaren funtzioak

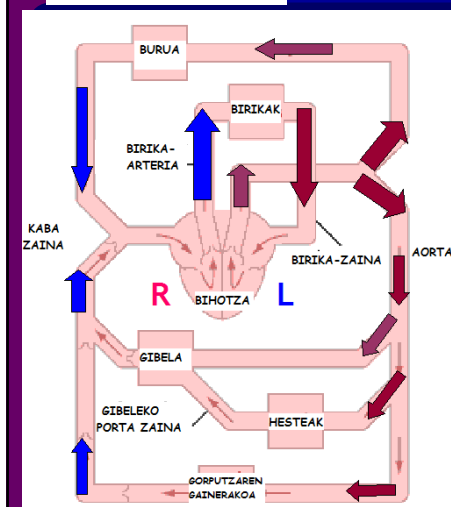
- Jarduera fisikoan zehar garrantziko funtzioak betetzen ditu:
 - Ehun aktiboari oxigenoa eta nutrienteak ematea.
 - Temperaturaren erregulazioan laguntzea: gorputz-zentroetik azalera.
 - Homeostiaren erregulazioa mantentzea:
 - Hormonak garraiatzen.
 - Hondakinak ezabatzen.



Aparatu kardiobaskularra



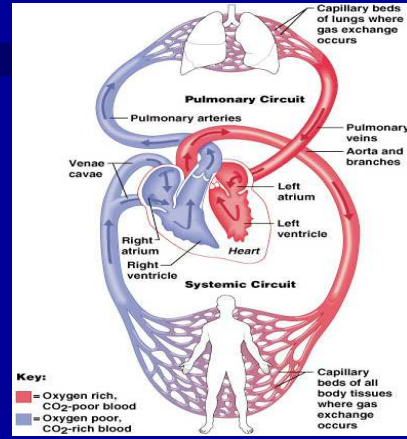
BIHOTZA
 ODOLA
 ODOL-BASOAK



- Bihotzetik birika eta sistema-zirkulazioa.
- Organo guztietatik zain-odola (oxigeno gutxiagorekin) **kaba zainetik eskuineko aurikulara** eta bere bentrikulura.
- Hortik **birika-arteriara**.
- Birika-zainek** odol oxigenatua eramaten dute **ezkerreko aurikularantz**, eta bere bentrikulura.
- Ezkerreko bentrikulutik **aortara** organo guztietara banatzeko.

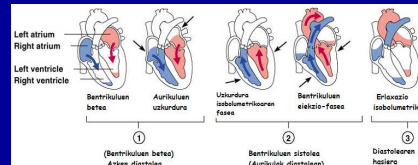
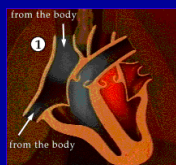
Birika-zirkulazioa eta zirkulazio orokorra edo sistemikoa

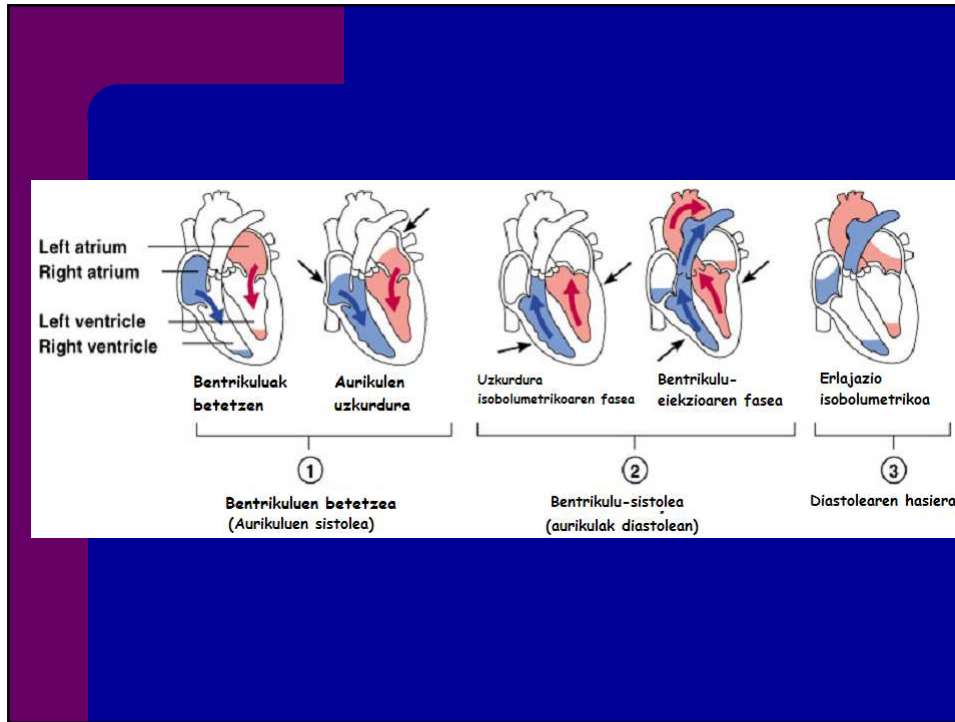
- **BIRIKA-ZIRKULAZIOA:**
 - Eskuineko aurikula (balbula trikuspidia),
 - Eskuineko bentrikulua (balbula birika-sigmoidea),
 - Birika arteria
 - Birikak.
- **ZIRKULAZIO SISTEMIKOA:**
 - Birikak.
 - Birika-zainak.
 - Ezkerreko aurikula (balbula bikuspidia edo mitrala),
 - Ezkerreko bentrikulua (balbula sigmoidea aortikoa).
 - Zirkulazio orokorra AORTAren bitartez.



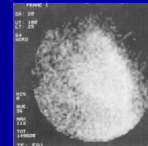
Bihotz-zikloa

- Aurikulak aldi berean uzurtzen dira.
- Aurikulak erlaxatzen direnean, bentrikuluak uzurtzen dira.
- Sistolea = uzurdura.
- Diastolea = erlaxazioa.
- Aurikulen eta bentrikulen erlaxazioan, odolaren zain-itzuliak aurikulak betetzen ditu. Sortutako presioak AB balbulak irekitzen ditu, bentrikuluetara odola pasatzeko.
 - ✓ **Bolumen telediastolikoa:** diastolearen azkenean bentrikuluetan dagoen odol-bolumena (azkeneko bolumen diastolikoa).
 - ✓ **Bolumen sistolikoa:** bentrikuluen sistolean kanporatzen den odol-kopurua (eiekzio-bolumena).
 - ✓ **Bolumen telesistolikoa:** bentrikuluan geratzen den odol-kopurua sistolea gertatu ondoren (azkeneko bolumen sistolikoa).



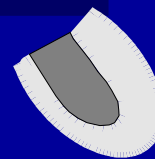


Bentrikuluaren bolumena



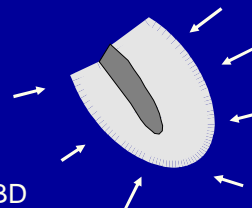
AZKENEKO BOLUMEN DIASTOLIKOA (ABD)

- Bolumena diastolearen azkenean: odol-bolumena bentrikuluen uzkundura justu hasi baino lehen.
- Bentrikulu-betetzea bukatu da.
- Bolumen telediastolikoa ere deitzen da.



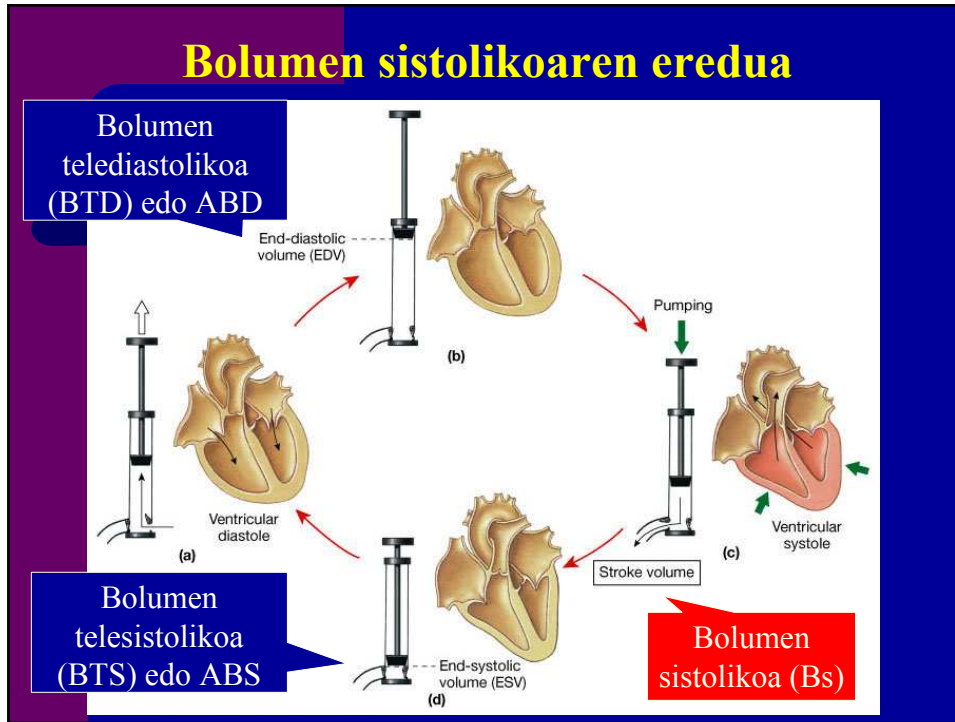
AZKENEKO BOLUMEN SISTOLIKOA (ABS)

- Bolumena sistolearen azkenean (Bentrikulu-uzkurduraren azkena)



$$Bs = ABD - ABS$$

Bs ABD-arekiko zuzenki proportzionala da: ABD gehikuntzak Bs-gehikuntza eragiten du.



Bihotz-gastua (Q)

- Bihotz gastua (Q) bentríkulu bakoitzak minuturo ponpeatzen duen odol-bolumena da.
- Q bihotz-maiztasuna (Bm) eta bolumen sistolikoaren (Bs) menpe dago.
 - Bm: bihotz-taupadaren maiztasuna (t/min).
 - Bs edo eiekzio-bolumena: bentríkulu bakoitzak taupada bakoitzean ponpeatutako odol-bolumena (ml/taupada).

| | | | | |
|------------------------|---|---------------------------|---|---------------------------|
| Q | | Bm | | Bs |
| Bihotz-gastua (ml/min) | = | Bihotz-maiztasuna (t/min) | X | Bolumen sistolikoa (ml/t) |



Bihotz-gastua

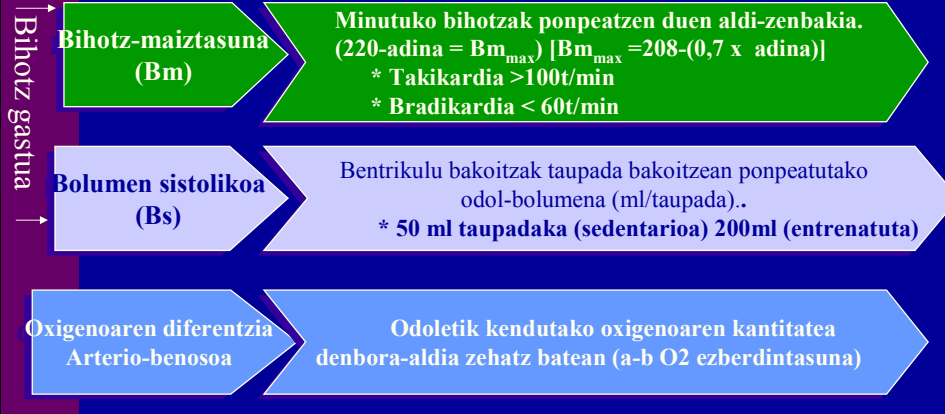
- $Q = B_m \times B_s$
- $5250 \text{ ml/min} = 75 \text{ t/min} \times 70 \text{ ml/t}$
- $5,25 \text{ l/min}$
- Normala = 5000 ml/min
- Bentrakulu bakoitzak odol-bolumen totala minutu bakoitzean ponpeatzen du.
- Q gorputzaren eskaeren arabera aldatzen da.

Erantzun kardiobaskularrak

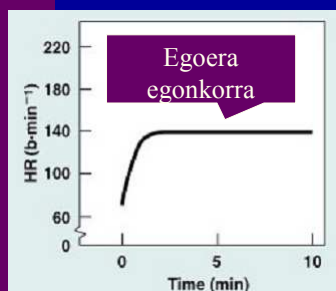
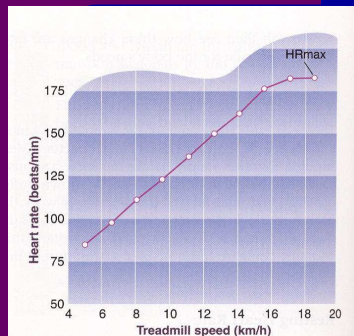
- Ariketan zehar lan egiten ari diren muskuluetan oxigenoaren eskaera akutu eran handitzen da.
- Organismoak eskaera handituta horietara moldatzeko aldaketa kardiobaskular asko gertatzen dira:
 - Bihotz-maiztasunean.
 - Bolumen sistolikoan.
 - Bihotz-gastuan.
 - Odol-fluxuan.
 - Odol-presioan.
 - Odolean.

Oxigeno-kontsumoaren osagaiak Fick-en printzipioa

$$VO_2 \text{ (l/min)} = \text{Bihotz maiztasuna} \times \text{bolumen sistolikoa} \times a-vO_2 \text{ ezberdintasuna}$$



Bihotz-maiztasuna

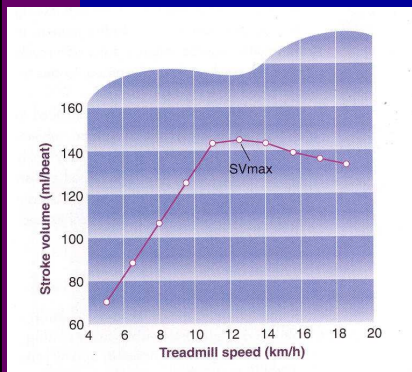


- Atsedendian batez besteko 60-80 t/min.
- Sedentarioengan (~100 t/min).
- Entrenatuengan (28-40 t/min).
- Ariketa inkremental batean, badago erlazio lineala ariketaren intentsitatearekin eta VO₂-arekin.
- Azkenean, balio maximoetan, lautada gertatzen da, VO_{2max}-arekin bat.
- Bm_{max} egoera egonkorrean (ariketa submaximoan): Bm-lautada lortzen da minutu batzuetan.

Bolumen sistolikoa (eiekzio-bolumena)

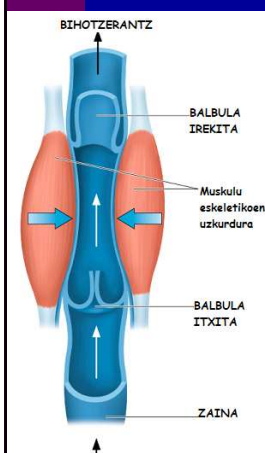
| Taldea | VO _{2max} (L/min) | Bm _{max} (t/min) | Bs (mL/t) | Q (L/min) |
|-------------|-------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|
| Kardiop. | 1,6 | 190 | 50 | 9,5 |
| Sedentarioa | 3,2 | 200 | 100 | 20,0 |
| Kirolaria | 5,2 | 190 | 160 | 30,4 |

- VO_{2max}-banakako ezberdintasunetan faktore determinatzailea da.
 - Talde guztiek Bm_{max} antzekoak erakutsi zituzten.



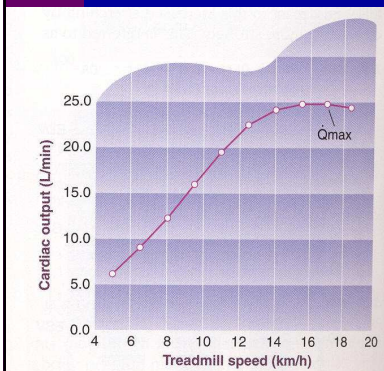
- Bs-ak VO_{2max} %40-60 intentsitatean bere balio maximoak lortzen ditu.
- Hortik aurrera egoera egonkorra gertatzen da.
- Intentsitate altuetan Bs gutxitzen da Bm-gehikuntzagatik.
- Bm-ren etengabeko gehikuntzak diastoliko-betetzearen jaitsiera eragiten du. Ondorioz, ezkerreko bentrikulua bolumen telediastolikoaren jaitsiera badago.

Zergatik gehitzen da Bs?



- Zain-itzultzea gehitzen delako.
 - Zainen bitartez bihotzerantz odol-itzulia.
 - Zain-konstrikzioa: muskulu eskeletikoaren uzkurdurak bihotzerantz odola ponpatzen laguntzen du.
 - Ezkerreko bentrikulua azkeneko bolumen diastolikoaren (ABD) gehikuntza (Frank-Starling-en legea).
- Inerbazio sinpatikoa gehitzen delako.
 - Nerbio-simpatiko aktibitateak zain-muskulu leunaren uzkurdura estimulatzen du, eta horrela distentsibilitatea murrizten da.
- Erresistentzia periferikoaren gutxitzea.
 - Muskulu eskeletikoetara joaten diren odol-basoaren dilatazio-gehikuntza.

Bihotz-gastua (Q) = Bm x Bs

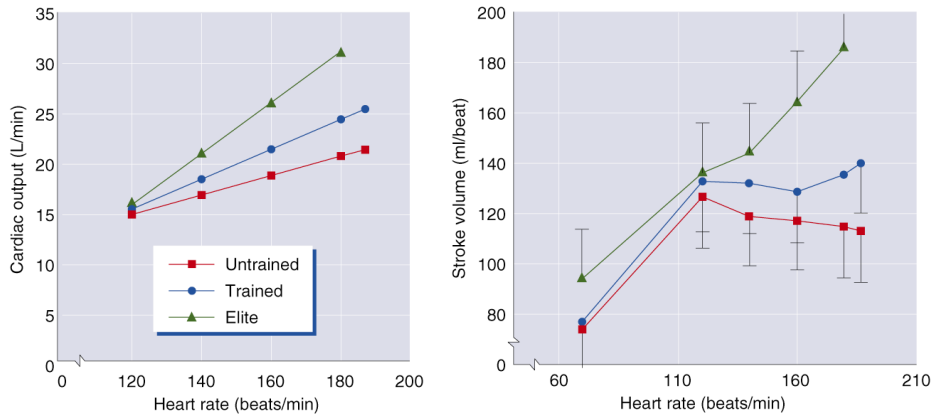


- Q ariketaren intentsitatearekin batera gehitzen da (lanean ari diren muskuletara oxigenoa bidaltzeko).
- VO_{2max} %60-70 arte gehikuntza zuzenki proportzionala da (Bm eta Bs aldi berean).
- Intentsitate handietan gehitzen da Bm-ri esker.
- Lautada lortzen da balore maximoetan.
- Oso intentsitate handiko esfortzuetan, Q jaitsi liteke gehiegizko takikardiagatik (honek betetze diastolikoa jaitsiarazten du).
- Intentsitate handiko esfortzuetan, behar den Q mantentzeko organismoaren ez-gaitasuna pertsonaren VO_{2max} -faktor mugatzaile nagusia da.

| | Q (L/min) | Bs (l/min) | Bm (t/min) |
|----------------------------------|--------------|---------------|---------------|
| Sedentarioa atsedendian | 6,15 | 0,075 | 82 |
| Entrenatua atsedendian | 6,09 | 0,105 | 58 |
| Sedentarioa jarduera fisikoan | 22,4 | 0,112 | 200 |
| Entrenatua jarduera fisikoan | 24,19 | 0,126 | 192 |
| Oso entrenatua jarduera fisikoan | 35,91 | 0,189 | 190 |

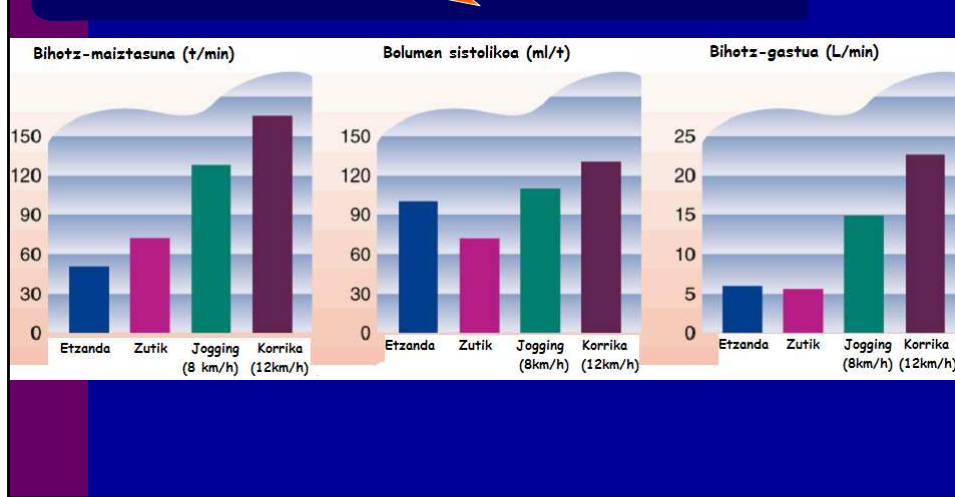
- Atsedendian, bihotz-gastuari dagokionez, ez dago ezberdintasun handirik sedentario eta kirolarien artean.
- Jarduera fisikoan zehar, VO_2 zehatz batekiko Q sedentarioengan kirolariengan baino altuagoa da.
- Ariketa maximoan entrenatuak Q altuagoa lortzen du.

Q eta Bs-aldaketak ariketa proportzioa gehitzen denean

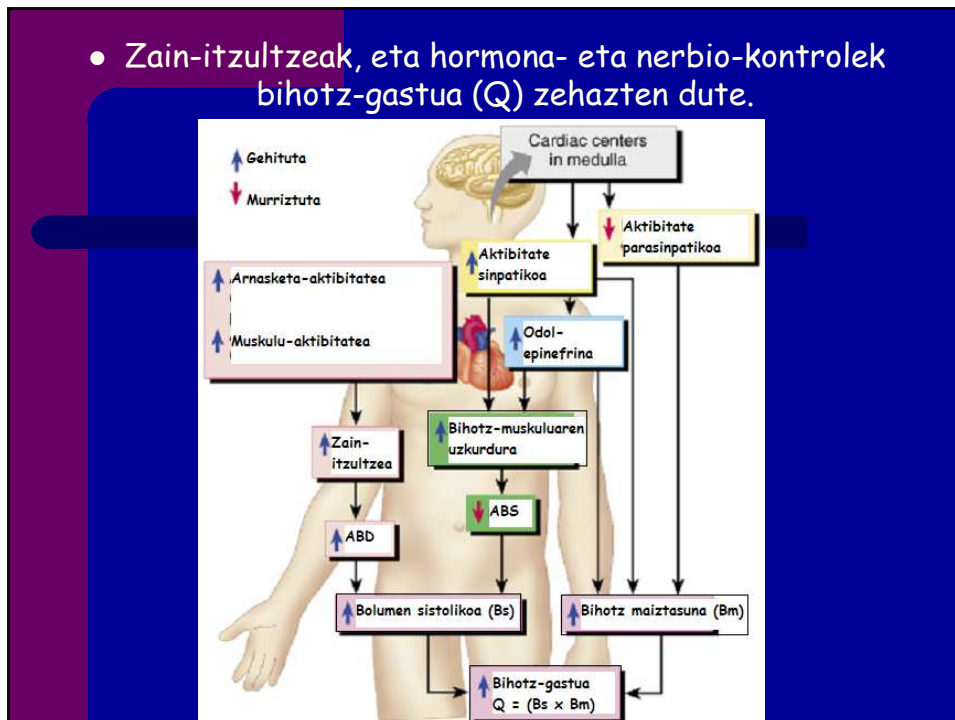


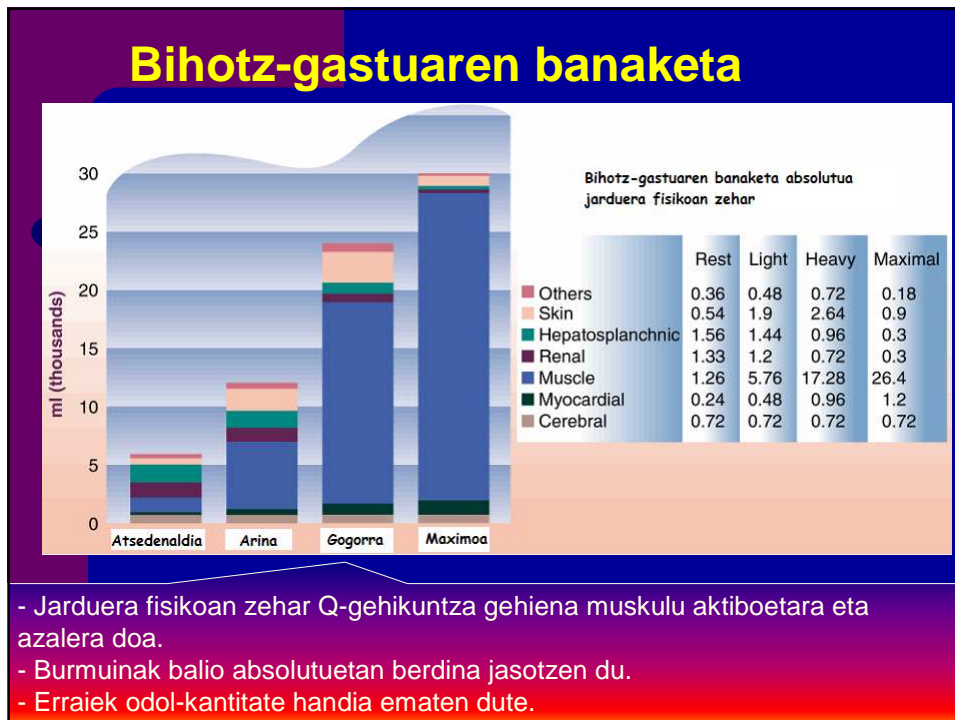
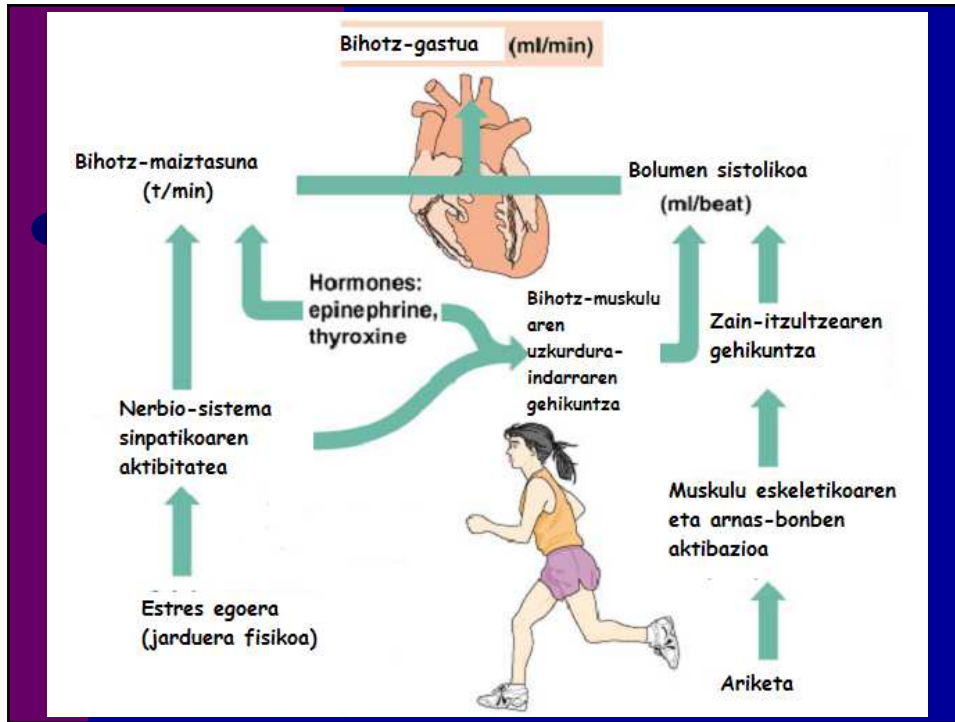
- Q_{max} -gehikuntzak oxigenoa zirkularazteko pertsona baten gaitasuna hobetzen du, hau da, VO_{2max} .

Gorputz-posizioarekiko efektua bihotz-maiztasunean, bolumen sistolikoan eta bihotz-gastuan: atsedendian eta jarduera fisikoan

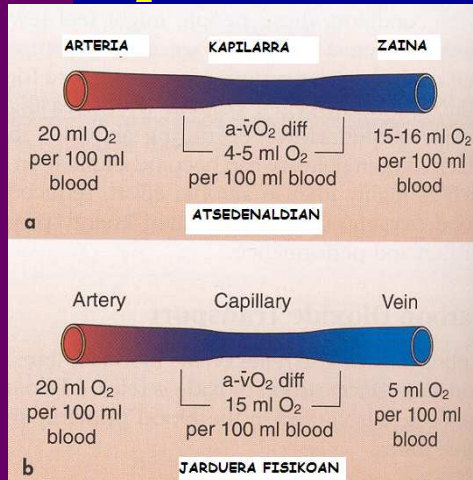


- Zain-itzultzeak, eta hormona- eta nerbio-kontrolak bihotz-gastua (Q) zehazten dute.





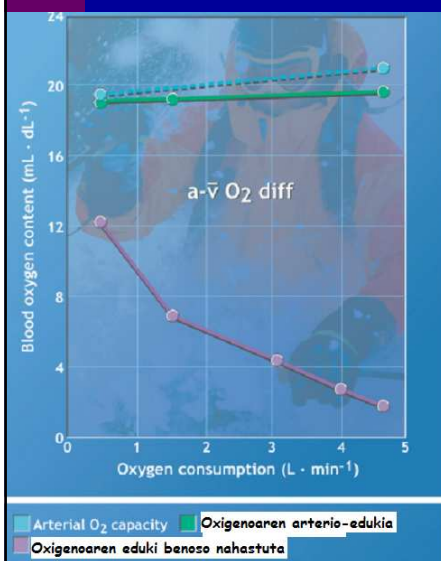
O₂ Diferentzia arteria-benosoa



- Atsedenaldira = 4-5 ml O₂/odol-100ml
- Jarduera fisikoan = 15 ml O₂/odol-100ml.

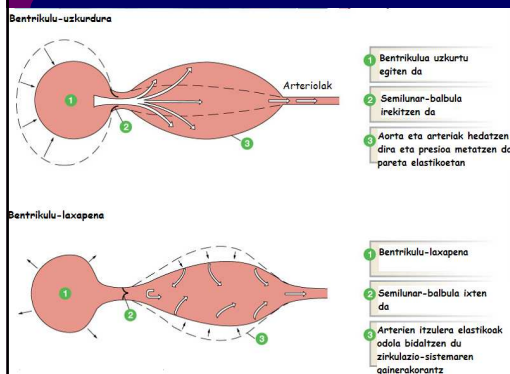
- Arteria-odolaren eta benoso-odolaren arteko O₂-edukiaren diferentzia.
- Bihotz-gastu zehatz batekiko gorputz-ehunetara garraiatzen den oxigeno-bolumena.
- Bi faktore isladatzen du:
 - Arteria-odoletik muskuluak ateratako oxigeno-kantitatea: zenbat eta gehiago atera, orduan eta odol benosoan O₂ gutxiago, eta ondorioz diferentzia a-b gehitzen da.
 - Odol-fluxuaren banaketa globala: ariketan muskulu aktiboek oxigeno gehiago hartzen dute, odol benosoan O₂ gutxiago uzten.

O₂ Diferentzia arteria-benosoa atsedenaldira eta ariketan



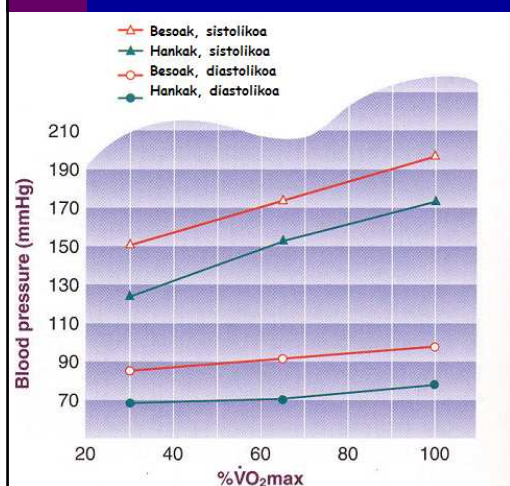
- Irudia: oxigenoaren diferentzia arteria-benoso atsedenaldiratik ariketa maximora gizon aktiboengan.
- Atsedenaldira baloreetatik (20 mL/dL) arteria-odolaren O₂ edukia gutxi aldatzen da, ariketaren intentsitate ezberdinetan zehar.
- Oxigenoaren eduki benoso aldatzen da:
 - 12-15 mL/dL (atsedenaldian).
 - 2-4 mL/dL (ariketa maximoan).
- O₂ diferentzia a-benosoaren handitzea oxigenoaren eduki benoso txikiagoagatik gertatzen da.
- Oxigenoa garraiatzeko arteria-odolaren gaitasuna gehitzen da ariketan zehar: globulu gorrien kontzentrazioaren gehikuntzagatik.

Arteria- odol presioa



- Bihotz-ziklo batean, arteria-presioa arteria-hormen kontrako odolak egindako indarra (presioa) da.
- **Presio sistolikoa:** bentrikulu-uzkurduran gertatutako presioa.
- **Presio diastolikoa:** bentrikulu-ziklo batean arteria-presiorik baxuena (bentrikulu-laxapenean).
- **Odol-presioa:** sistolikoa diastolikoaren gainean (120/80 mmHg)

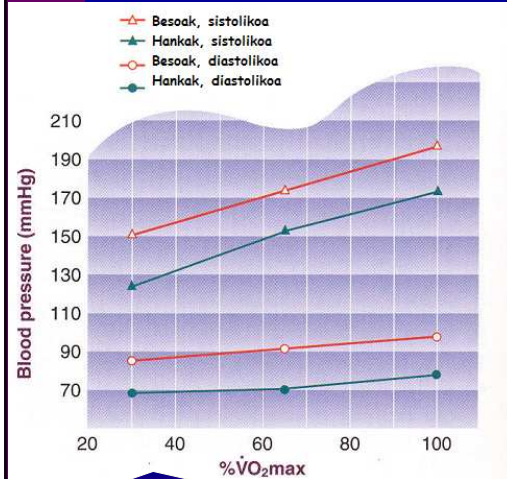
Odol-presioa jarduera fisikoan zehar (I)



- Jarduera fisikoan gertatutako odol-fluxuaren gehikuntzak odol-presioa gehitzen du.
- Ariketa inkremental batean:
 - Presio sistolikoa ariketaren intentsitatearekin bat gehitzen da.
 - Presio diastolikoa ez da ia ia aldatzen.
- Tentsio sistolikoaren balioak entrenamenduaren mailaren arabera daude:
 - Subjektu oso entrenatua 240mmHg balioetara hel liteke.



Odol-presioa jarduera fisikoan zehar (II)



- %VO_{2max} zehatz batekiko beso-arietak presio sistolikoa eta diastolikoa gehiago gehitzen du hanka-arietak baino.
- Zergatik?
 - Muskulu-masa eta baskular-sistema txikiagoa besoetan.
 - Odol-fluxuarekiko erresistentzia handiagoa.
- Besoekin egindako arietak sistema kardiobaskularrak estres handiagoa adierazten du (bihotzak gehiago lan egin behar duelako).

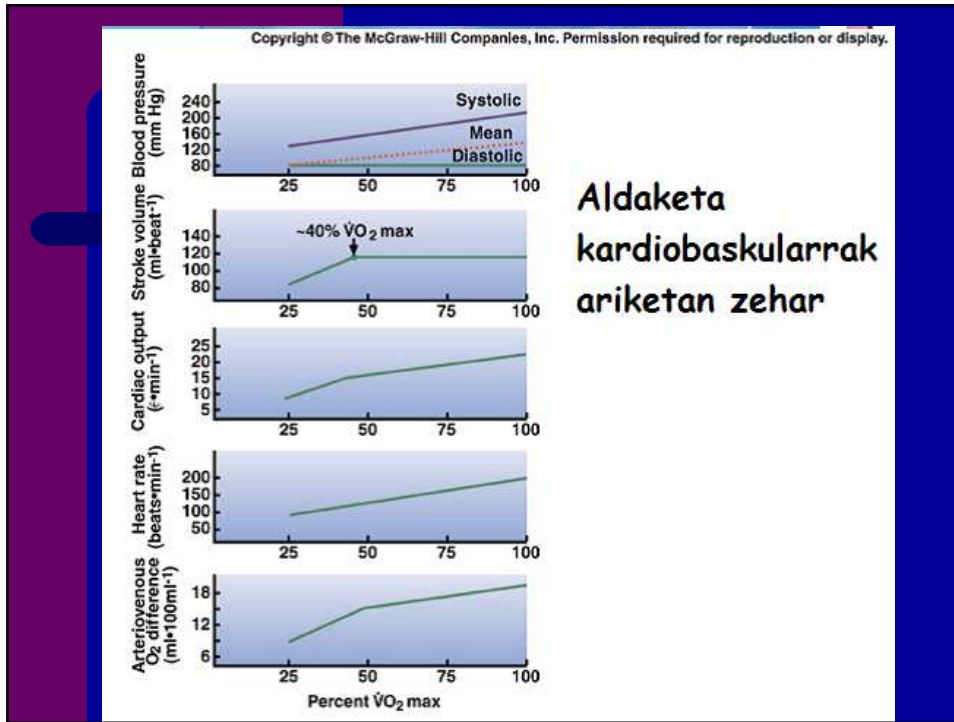
Besoekin egindako arietak oso kontrolpean egon behar dute bihotz-patologia pairatzen duten pertsonengan.

Gako-hitzak



Ariekarekiko erantzun kardiobaskularrak

1. Ariketaren intentsitatea gehitzen denean, Bm, Bs eta Q gehitzen dira ehun aktiboetara odol gehiago heltzeko.
2. Bihotzetik odol gehiago minuturo ponpeatzen da, horrela oxigeno eta nutriente gehiago muskuletara helduko dira eta hondakinak azkarrago ezabatuko dira.
3. Ariketan zehar odol-fluxuaren banaketa aldatzen da, muskuletara eta behar duten sistemetara bidaltzeko.
4. Odol-presio sistolikoa ariketa aerobikoaren intentsitatearekin bat zuzenki gehitzen da. Odol-presio diastolikoa, ordea, egonkorra mantentzen da.



Aldaketa kardiobaskularrak ariketan zehar

Odola

① Withdraw blood and place in tube ② Centrifuge

Plasma (55% of whole blood)
 Buffy coat: leukocytes and platelets (1% of whole blood)
 Erythrocytes (45% of whole blood)

Porcentaje del peso corporal

Otros líquidos y tejidos 92%

Sangre 8%

5 litro

Plasma (porcentaje del peso)

Proteínas 7% → Albumina 58%, Globulinas 38%, Fibrinógeno 4%

Agua 91%

Otros solutos 2% → Iones, Nutrientes, Productos de desecho, Gases, Sustancias reguladoras

Elementos formes (número por mm cúbico)

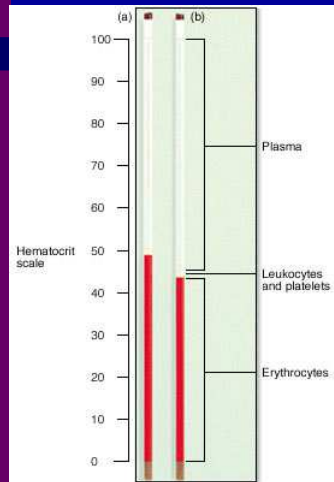
Piquettes 250.000-400.000

Leucocitos 5.000-9.000 → Neutrófilos 60-70%, Linfocitos 20-25%, Monocitos 3-8%, Eosinófilos 2-4%, Basófilos 0,5-1%

Eritrocitos 4,2-5,8 millones

- Elementu formeak+ plasma.
- Zentrifugatu ondoren:
 - Elementu formeak hondoan (%45).
 - Plasma goiko partean (%55).

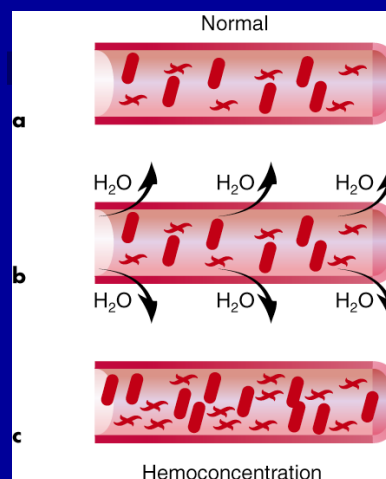
Hematokritoa



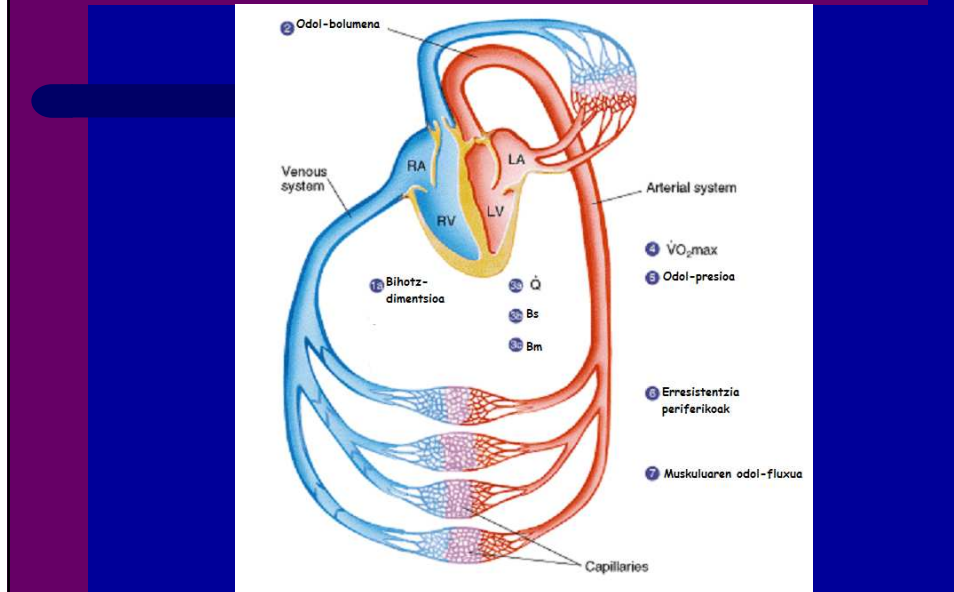
- Globulu gorri-konposatutako odol-bolumen osoko portzentajea.
- Baloreak:
 - Emakumeengan: %37-48
 - Gizonengan: %45-52

Plasmako odol-bolumena

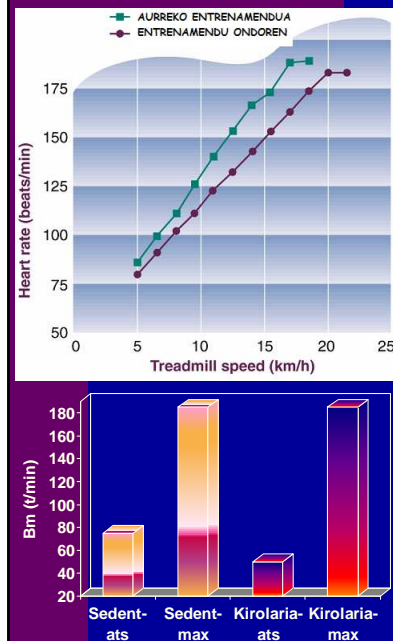
- Ariketarekin batera plasmako odol-bolumena jaisten da:
 - Kapilarren barruan odol-presioa gehitzen da, eta ura interstizial-gunera ateratzen da.
 - Muskulu aktiboetan hondakinak metatzen hasten direnean, muskulubarneko presio osmotikoa gehitzen da, eta muskuluetara fluidoak erakartzen da.
- HEMOKONTZENTRAZIOA: plasmako odol-bolumena jaisten denean, odolean geratzen diren substantzia-kontzentrazioa gehitzen da.
 - [Globulu gorrien] gehitzen da (hematokritoa), ez globulu-gorrien kontaketa!



Entrenamenduarekiko moldaketa kardiobaskularrak

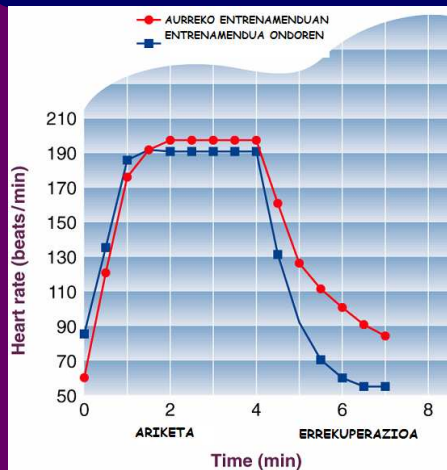


Bihotz-maiztasuna



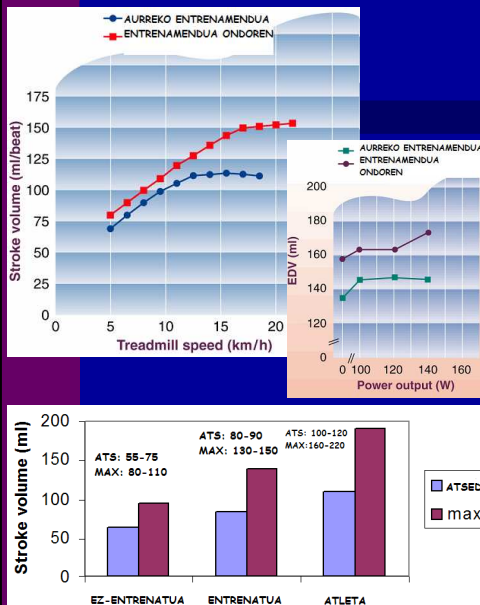
- **ATSEDENALDIAN:** Erresistentzia entrenamenduarekin jaisten da, NSSinpatikoaren aktibitatea jaisten delako (katekolamina gutxiago): Bradikardia.
 - Kirolari oso entrenatuengan 35-45 t/min.
- **SUBMAXIMOAN:** intentsitate absolutu berdin batekiko balio baxuagoak.
- **MAXIMOAN:** ez da aldatzen edo gutxi jaisten da.
 - Oso kirolari entrenatuengan balio maximoak baxuagoak dituzte batzuetan.
 - Bentrikularen betetze denbora luzeagoa izan dadin; horrela, Bs gehitzen da eta Q hobetzen da.

Bihotz-maiztasuna errekupeazioan



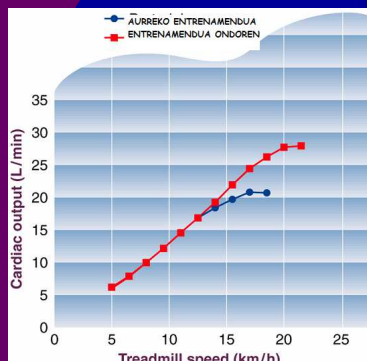
- Bihotzak hartutako denbora atsedendiko balioetara itzultzeko, ariketa bukatu ondoren.
- Erresistentzia entrenamenduarekin, Bm atsedendiko balioetara azkarrago itzultzen da.
- Oso irizpide ona pertsona batengan entrenamenduen edo egoera fisikoaren hobekuntza ikusteko.
 - >12-18 t/min-jaitsiera.
 - NSParasinpatikoaren akzioa errekupeazioan.

Bolumen sistolikoa (eiekzioa)

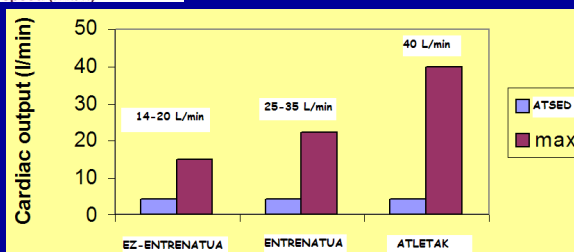


- Erresistentzia entrenamenduak Bs gehitzen du bai atsedendian, bai intentsitate submaximoetan eta maximoetan ere (%20arte).
- Zergatik?
 - Azkeneko bolumen diastolikoa handituta, diastolikoaren betetzea luzeagoa baita.
 - Bentrrikuluaren masa handituta: ezkerreko bentrrikulua gehiago luzatzen da, eta horrela, odol gehiagorekin betetzen da.

Bihotz-gastua (Q)

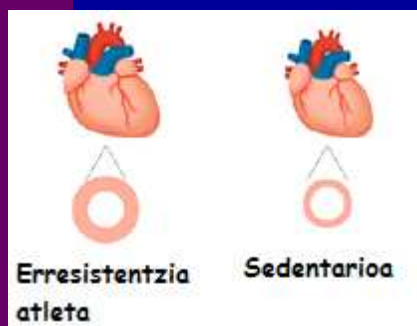


- Atsedendian eta ariketa submaximoan ez da aldatzen, edo piska bat jaisten da:
 - a-b O_2 diferentziaren gehikuntzagatik: ehunek oxigeno gehiago ateratzen baitute.
 - VO_2 jaisten da: eraginkortasun handiagoa.
- Ariketa maximoan asko gehitzen da Bs-gehikuntzagatik.



Bihotz-dimentsioa Atletaren bihotza deritzona

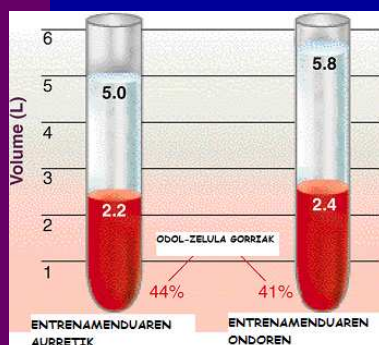
- BIHOTZ-HIPERTROFIA
- Erresistentzia entrenamenduak:
 - Miokardioaren proteinen sintesia estimulatzen du.
 - Muskulu-zuntzak lodiagoak.
 - Zuntz bakoitzaren uzku-dura-elementuen zenbakia gehitzen du.
- Aldaketa nagusiak ezkerreko bentrikuluan.
- Ezkerreko bentrikularen barruko dimentsioak gehitzen dira bentrikulubetetzea handitzen baita.
- Ezkerreko bentrikularen hormen handiera gehitzen da. Horrek uzku-dura-ahalmena igoarazten du indarra gehitzen.



Odol-fluxua

- Entrenamenduarekin gehitzen da.
- Entrenatutako muskuluen kapilarizazioa gehitzen da.
 - Muskulu-zuntza bakoitzerako kapilar gehiago.
- Entrenatutako muskuluetan kapilarren irekidura handiagoa.
 - Muskulu-kapilarrerantz odol-fluxua gehitzen da.
- Odol-birbanaketa eraginkorragoa.
 - Odola behar den lekura joaten da (lan egiten duten muskuluetara).
- Odol-bolumena gehitzen da.

Odol-bolumena eta entrenamendua



- Erresistentzia entrenamenduarekin gehitzen da, odol-plasmaren gehikuntzagatik batik-bat.
 - Plasmaren ADH, aldosterona, eta plasma-proteinen (albumina) gehikuntzagatik. Hauek guztiek odolean fluidoaren gehikuntza eragiten dute.
- Odol-zelula gorriak ere gehitzen dira, baina plasma-bolumenaren gehikuntza altuagoa denez, **hematokritoa** gutxitzen da.
- **Hemodiluzioak** odol-biskositatea jaisten du. Horrela, zirkulazioa eta oxigenoaren-bidalketa hobetzen da.



Odol-presioa eta entrenamendua

- Erresistentzia entrenamenduak intentsitate submaximo zehatz batekiko odol-presioa jaisten da.
- Intentsitate maximoetan, odol-presio sistolikoa gehitzen da, eta odol-presioa diastolikoa jaisten da.

Entrenamenduarekiko moldakera kardiobaskularrak

- ✓ Ezkerreko bentrikularen tamaina eta hormen handiera gehitzen dira.
- ✓ Eiekzio bolumena gehitzen da.
- ✓ Atsedendiko eta submaximo-Bm jaisten dira.
- ✓ Bm maximoa geldikorra irauten du edo jaisten da zertxobait.
- ✓ Odol-bolumena gehitzen da.
- ✓ Bihotz-gastua hobeto banatuta dago muskulu aktiboetara.