

7. Gaia: ARNAS GASEN TRUKEA. Kanpo arnasketaren oinarrizko kontzeptua. Uretan eta airean arnasteko organoak.

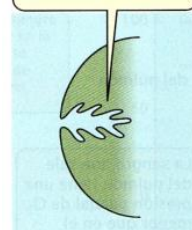
ARNAS GASEN TRUKEA.

Animali talde ezberdinek estrategia ezberdinak dituzte oxigeno transferentzia burutzeko. Modurik sinple eta beharbada primitiboena, anfibioek burutzen dutena da, azalaren bidezkoa. Hauen azala oso iragazkorra da eta animalia talde honetan hau izango da gas trukea burutzeko modu nagusia.

Animalia lehortarretan batez ere, azal iragazkorra agertzen da balantze hidrikoari aurre egiteko, baina era berean, ezaugarri honek oxigeno transferentzia eta gasen elkartrukea mugatu du. Azalean zehar proportzio txikiagoan arnasten duten animalietan, arnasketarako organo espezifikoak ageri dira: brankiak eta birikak. Bi organo hauek arnas epitelio tolestua daukate, arnasketarako azalera emendatzeko.

- **BIRIKAK.** Arnas epitelioaren inbaginazioak gorputzaren barnerantz daude proiektatuak, eta gorputz barneko egiturak dira. Animalia lehortarretan agertzen diren organoak dira.

Los **pulmones** son invaginaciones dentro del cuerpo y contienen el medio ambiental.

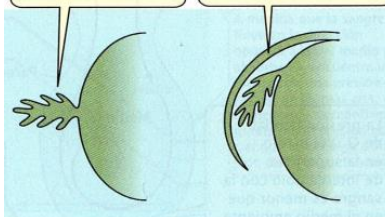


- **BRANKIAK.** Arnas epitelioa kanporantz inbaginatzten da, hau da, ebaginatzten da. Animalia urtarretan agertzen diren organoak dira, eta bi motakoak izan daitezke:

-Barne brankiak: arnas epitelioaren ebaginazioak dira, kanpo ingurunearekin kontaktuan daudenak, baina barrunbe superficial baten barnean.

-Kanpo brankiak: arnas epitelioaren ebaginazioak dira, zuzenean kanpo ingurunearekin kontaktuan daudenak.

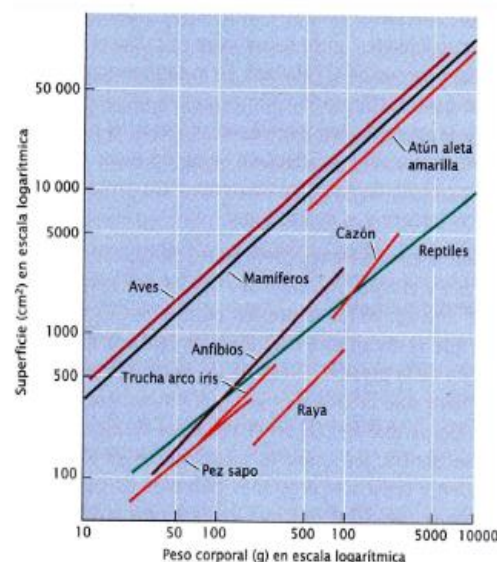
Las **branquias externas** son evaginaciones del cuerpo y se proyectan en forma directa en el medio ambiental.



Las **branquias internas** son evaginaciones desde el cuerpo y se proyectan en el medio ambiental donde éste se bombea a través de una cavidad corporal superficial.

Erlazio bat agertzen da animaliaaren pisuaren eta arnas organoaren azaleraren artean. Animalia zenbat eta handiagoa izan tamainaz, orduan eta arnas epitelioaren azalera handiagoa izango du.

Ondorengo grafikoa bi joera ikusten dira. Grafikoko goiko multzoan, hegaztiak ugaztunak eta salbuespen gisa hegazti horiko atuna agertzen dira: aktibitate metaboliko handieneko animaliak dira eta gehiengoak birikadunak dira. Grafikoko beheko multzoan, gainerako ornodun taldeak agertzen dira, gehienak brankiadunak, eta aktibitate metaboliko baxua erakusten dute.



Tamaina bereko arrain baten eta ugaztun bat hartzen baditugu, ugaztunak birrikak ditunez, arnas aparatuen azalera askoz handiagoa izango du, oxigeno kantitate gehiago eskuratzeko ahalmena emango diona. Honen ondorioz, nahiz eta tamaina berdinekoak izan, ugaztunak izango du aktibitate metaboliko altuagoa.

Tamaina eta arnas organoaren azalera handitzearekin batera, animaliaaren oxigeno kontsumoa ere emendatzen da, baina EZ oxigeno kontsumo espezifikoa (oxigeno kontsumo espezifikoa animaliaaren tamainarekiko alderantziz proportzionala da).

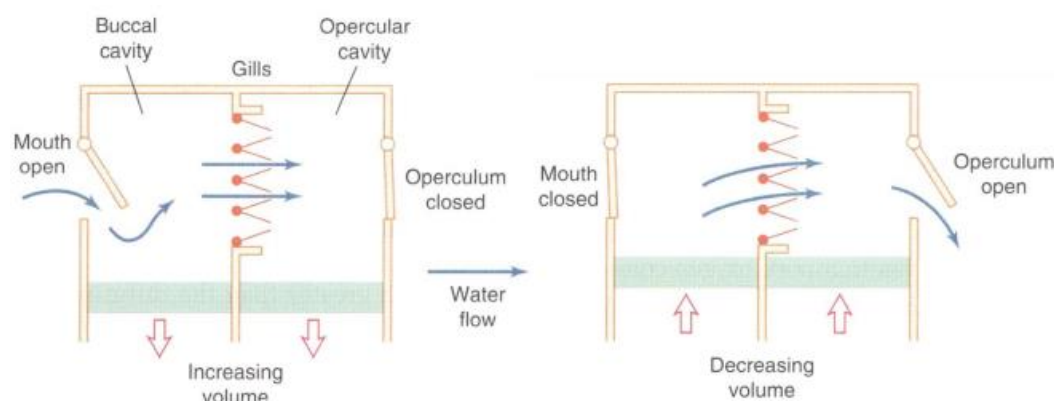
ARRAINEN BRANKIAK

Arrainen brankiak dira brankiarik ezagunenak. Arrainetan barne brankia bidezko arnasketa ematen da, eta kasu honetan, arnas medioa ura da. Arrainetan ematen den brankien zeharreko uraren mugimendu **unidirekzionala** da.

Arrainek aho-kabitatea edo aho gelaune eta barrunbe operkularra izaten dute, eta bertan ematen da arnasketa eta gasen trukea.

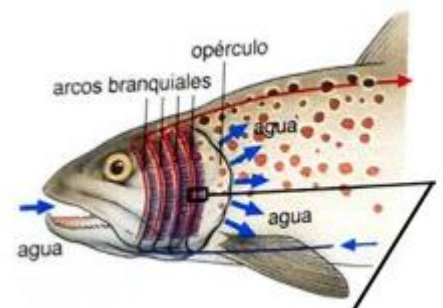
Ahoa irekitzean, ura (oxigenoan aberatsa) aho gelaunera sartzen da eta gelaunearen zolua jaitsi egiten da, bertako bolumena handituz. Honek eragindako presio negatiboaren ondorioz, urak sartzen jarraituko du. Era berean, uraren zati bat brankietatik igarotzen da, eta bertan ematen da gasen trukea, barrunbe operkularrera heldu arte, baina beste zati bat aho gelaunean geratzen da.

Ahoa ixtean, aho gelauneko zuloa gorantz mugitzen da, bi barrunbeen bolumena txikituz. Honek, uraren mugimendua eragingo du aho gelaunetik barrunbe operkularrerraino, brankietatik igaroz eta gasen trukea eraginez. Azkenik, barrunbe operkularreko ura (oxigenoan txirola dena) operkulutik kanporatuko da kanpo ingurunera.



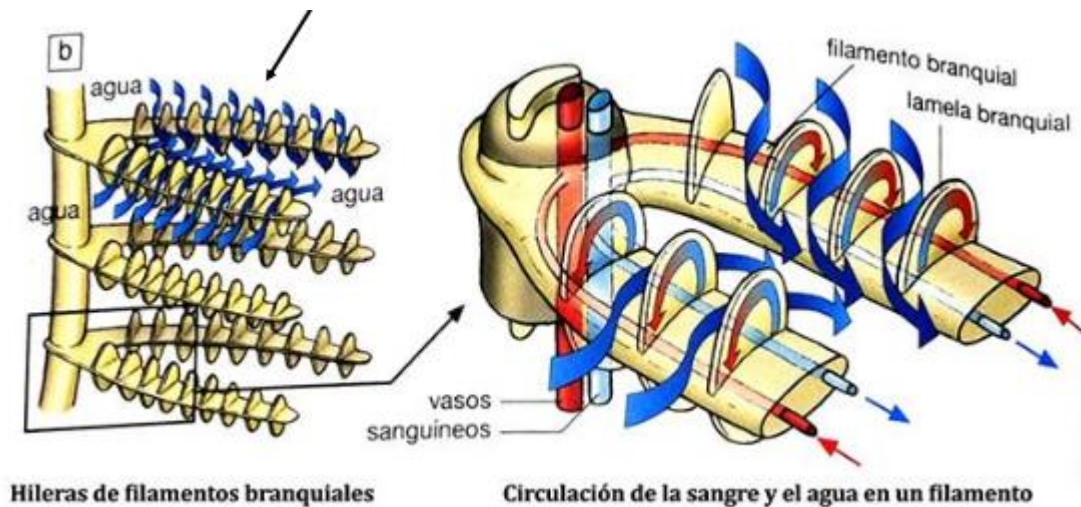
Ahoa berriz zabaltzean, prozesua errepikatuko da.

Uretan, airean baino oxigeno eskuragarritasun txikiagoa dagoenez, uretako oxigenoa hobeto aprobetxatzeko sistema efizienteak garatu dira. Urak beti norantza berdinean zeharkatzen ditu brankiak, esan bezala, mugimendu



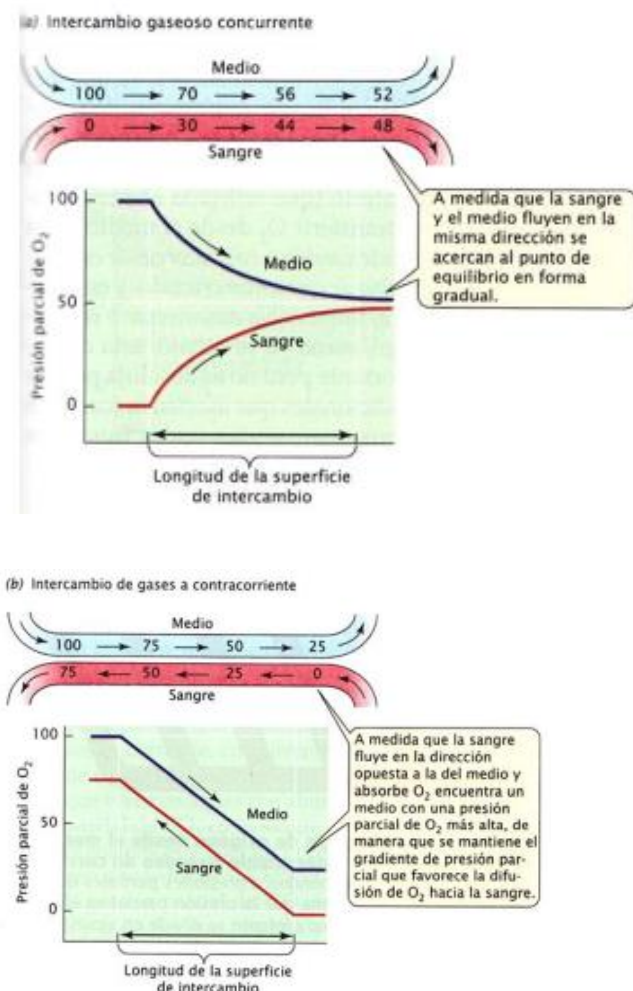
unidirekzionalean, eta honela oxigeno transferentzia optimizatzen da.

Arrainen brankietan, alde bietan, lau arku brankial agertuko dira, eta bakoitzean V itxurako filamentuak. Filamentuetako bakoitzean hainbat lamela ageri dira, oso finak eta iragazkorak, arnas organoaren azalera eta oxigeno transferentzia emendatuz. Lamela hauetatik odol hodiak igarotzen dira, eta urak lamela hauek zeharkatuko ditu.



Ondorengo irudian, arrainen brankietan lameletan zehar ematen den transferentzia adierazten da. **Bi sistema** ezberdin aurki ditzakegu arrainetan gasen transferentziarako: ura eta odola kontrako noranzkoan mugitzen diren sistemak, eta ura eta odola noranzko berean mugitzen direnak.

- **Noranzko bereko sistemak:** oxigenoan aberatsa den ura, brankietara heldu den odolaren kontaktuan jartzen da, oxigenoa hain aberatsa ez dena. Bi medioen arteko gradientea oso altua denez, oxigenoa uretatik odolera igaroko da difusioz, odola oxigenatuz. Transferentzia emango da bi medioetako oxigeno kontzentrazioa berdindu arte (%55, gutxi gorabehera); logikoa denez, ez da inoiz muga hori gaindituko, oxigenoa ez delako gradientearen kontra inoiz sartuko. Modu honetara, oxigenoan txiroa den ura brankietatik kanporatuko da, eta oxigenoan aberatsa den odola gorputzean zehar hedatuko da.
- **Kontrako noranzkoko sistemak:** kasu honetan, brankietara iristen den ura oxigenatua egon arren, brankietako odolak jada brankiak zeharkatu ditu eta oxigenatua

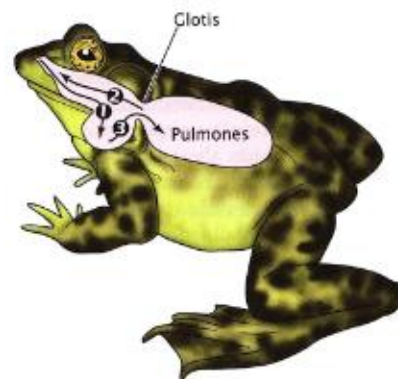


dago. Hala ere, odol hau ez da %100ean oxigenatua egongo, beraz, nahiz eta bi medioen arteko gradientea txikia izan, oraindik transferentzia txikiak eman daitezke uretatik odolera. Sistema honetan transferentzia astiroago ematen da, baina nahiz eta gradientea txikia izan, mantendu egiten da lamela osoan zehar, etengabe odola oxigenatuz.

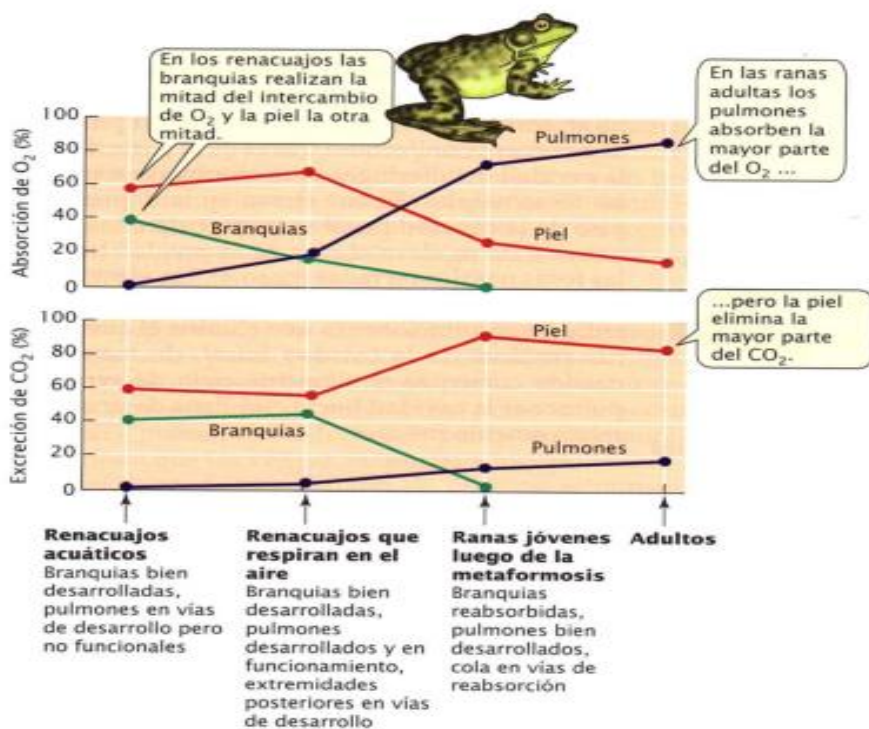
BIRIKAK

Animalia lehortarretan agertzen diren arnas organoak dira. Hala ere, animalia talde eta espezie bakoitzean garapen maila ezberdinak ikus daitezke.

Anfibioak izan ziren lehen animalia lehortarrak, nahiz eta urarekiko menpekotasun handia izan. Anfibioen birikak nahiko sinpleak dira, zaku modukoak eta tolesdurarik gabeak, biriken bidezko arnasketa maila nahiko baxua delako. Animalia talde honetan ematen den arnasketa metodo nagusia azalaren bidezkoa da. Biriken bidezko arnas maila txiki honek animaliaren metabolismo mugatzen du.



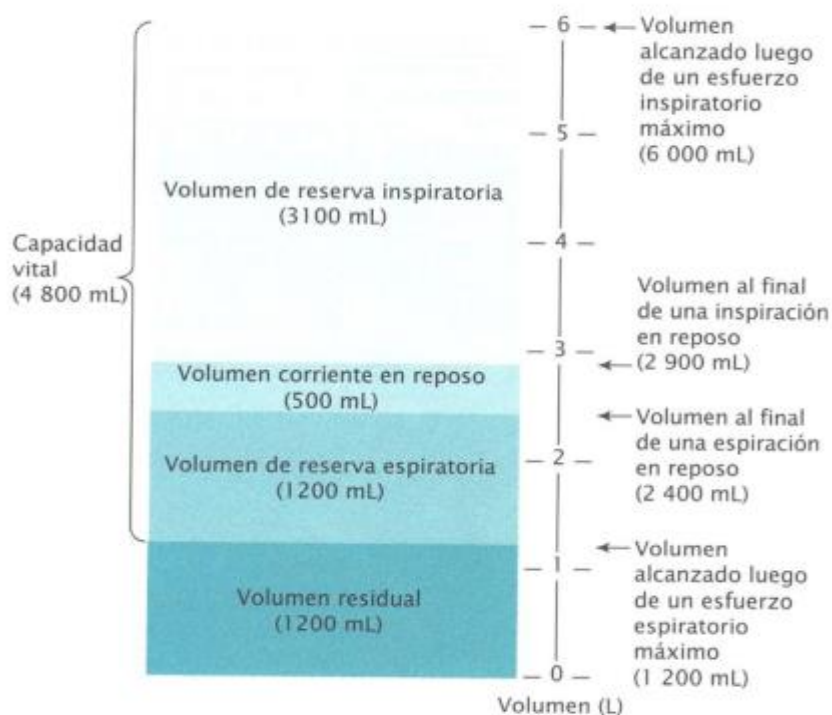
Anfibioetan bi fase bereizten dira: larba fase urtarra eta fase heldu lehortarra, birika eta azalaren bidezko arnasketarekin. Animalia mota hauetan, biriken bidezko arnasketa 2-3 faseetan ematen da. Ahoan kabitare bat daukate, eta gero biriketan beste bat. Sartzen den aire oxigenatua ahoko kabitatera sartzen da, eta ondoren, biriketako aire ez-oxigenatua kanporatu egiten da. Prozesu honetan, bi aireak nahasten dira aho kabitarean eta gero dena biriketara sartzen da, ez dagoena guztiz "garbi". Oxigenoaren presio partziala baxuagoa denez, transferentzia ez da oso efizientea eta animali hauen tasa metabolikoa txikia izaten da. Aurretik esan bezala, biriken bidezko arnasketa ez denez oso efizientea, azalaren bidezko arnasketa ezinbestekoa da.



Ugaztunetan, bestalde, albeoloak agertzen dira. Animalia talde honetan, arrainetan ez bezala arnas masaren mugimendua bidirekzionala da, sarrera eta irteera leku beretik ematen delako (ahotik/sudurretik).

Albeoloa eta biriketako beste hainbat osagai (bronkioak, trakea...) ez dira guztiz husten, eta beti geratzen da bolumen erresidual bat (oxigenotan txiroa). Honek transferentzia guztiz efizientea ez izatea eragiten du, baina hala ere, airean uretan baino eskuragarriago dagoenez oxigenoa, nahiko aire barneratzen da biziraun ahal izateko.

Aipatu bezala, atsedenaldian ugaztunok ez dugu biriken kapazitate osoa erabiltzen. Honek abantaila dakar, ariketa fisikoa egitean eta oxigeno eskaria emendatzen denean, aukera ematen duelako aire gehiago barneratzen.



Pertsona estandar batek (70 kg) 6 litroko aire bolumen maximoa barneratu dezake, baina atsedenaldian barneratu eta kanporatzen den aire bolumena soilik 500 ml-koa da. Eskaera emendatzen bada, sakonago har dezakegu arnasa eta birikak gehiago puztuz, bolumen gehiago barneratu dezakegu, 3100 ml gutxi gorabehera. Kanporatzen den aire bolumena txikiagoa da, 1200 ml inguru. Orotara, arnas kapazitate bitala 4800 ml ingurukoa da, bizitzeko bolumen maximoa, alegia. Nahiz eta mugitu dezakegun aire bolumen kantitatea 6 litrokoa izan, ez da inoiz maximora iristen, biriketan beti bolumen erresidual bat geratzen delako (1200 ml inguru), eta beti da konstantea.

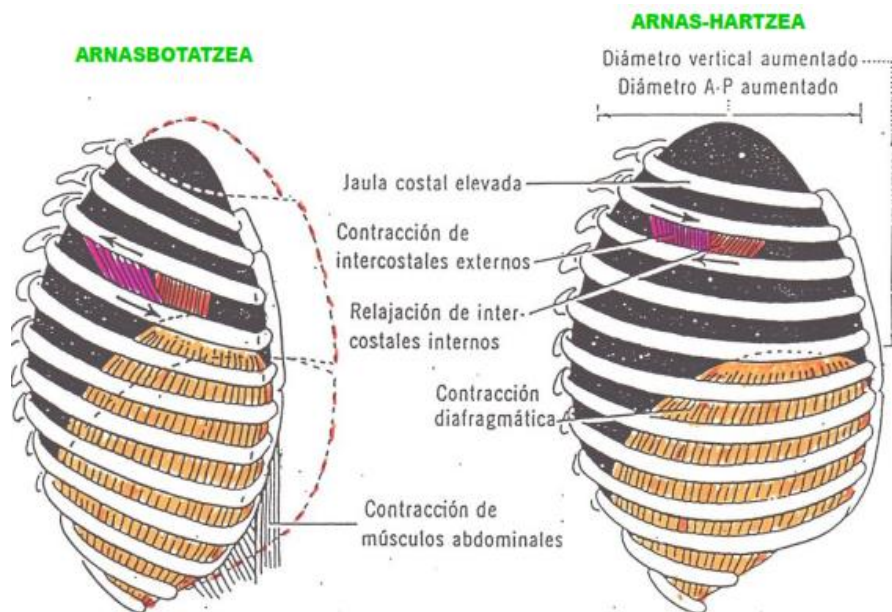
Arnasketa eredu hau, ordea, ez da animalia guztietan ematen. Gizakiok, kapazitate osoaren %10a soilik erabiltzen dugu, eta arnas maiztasuna 10-12 aldiz minutuko izaten da. Esaterako, EEUU-tan bizi diren uhandre batzuen arnas maiztasuna orduko behin izaten da, eta horregatik bere arnas kapazitatea %50ekoa da, oso optimizatua dago.

Bentilazio tasa (Va) = arnasketa maiztasuna (fsc) x arnasketa bolumena izanik, bentilazio tasa emendatzeko hiru aukera daude: arnasketa maiztasuna handitzea (minutuko gehiagotan arnastea), arnasketa bolumena handitzea (sakonago arnastea) edo biak batera.

Arnasketa ahalbidetzeko, muskulu sistema beharrezkoa da. Muskulu interkostalak (barnekoak eta kanpokoak) saihetsen artean kokatzen dira, eta diafragma biriken azpian. Muskulu hauen uzkurdura eta erlaxazio mugimendu koordinatuek baimentzen dute arnasketa prozesua.

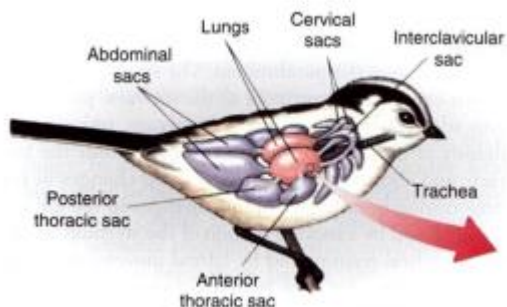
Arnasa hartzean, diafragma eta barneko muskulu interkostalak uzkurtu egiten dira. Diafragmak beheara egiten du, bolumen torazikoa emendatuz eta presio negatiboa eraginez, eta ondorioz, airea biriketara sartzen da.

Alderantzizko prozesuan, kanpo muskulu interkostalak uzkurtu eta bai diafragma zein barne interkostalak erlaxatzen dira. Honek, diafragma gorantz mugitzen du, bolumen torazikoa murriztuz, eta biriken gaineko presioa handitzean, airea kanporatzen da.



7.11. Irudia. Arnas-hartze eta arnasbotatze prozesuan parte hartzen duten muskuluak.

HEGAZTIEN ARNAS ORGANOAK



Hegaztietan, parabronkio izeneko arnas organoak ageri dira. Hegaztien arnasketan ematen den aire masaren mugimendua **unidirekzionala** da, eta honek transferentziaren efizientzia hobetzen du. Hegaztiek gainera, aire zaku batzuk izaten dituzte hegan egiterako orduan laguntzen dietenak, beraien dentsitatea murrizten dutelako. Aire zaku hauek arnasketan ere

hartzen dute parte, baina ez gasen trukean; garrantzitsuak dira airearen mugimendua ezartzerako orduan.

Hegaztiek parabronkioekin %75eko arnas efizientzia lortzen dute, ugaztunok lortzen dugunaren hirukoitza.

Ondorengo irudian, hegaztien arnas organoaren eskema ageri da. Bi aire zaku nagusi agertzen dira, aurrealdekoa eta atzealdekoa. Parabronkioak izango dituzte, paraleloki kokatuta, nolabait bi aire zakuak konektatzen, eta parabronkioetan emango da gasen transferentzia. Sarrera trakeatik ematen da, gero mesobronkio izeneko hodia ageri da eta mesobronkioaren bi loturei (aurreko eta atzeko zakuekin) bigarren mailako bronkioak deitzen zaie.

Arnasketa prozesua bi pausutan ematen da, arnasa hartuz eta gero botaz, eta bi pausuetan ematen da gasen elkartrukea (gizakiotan soilik behin, arnasa hartzean). Arnasa hartzean, airea mesobronkiora pasatzen da trakeatik, eta aurreko aire zakuarekin konektatzen duen bigarren mailako bronkio hori itxita mantentzen da, airea zuzenean atzealdeko aire zakura sartu dadin. Atzealdeko aire zakura sartzen da airea, baina presio negatiboaren ondorioz, aurreko aire zakua ere irekitzen da (ez bigarren mailako bronkioa), eta atzealdeko aire zakuko aire zati batek parabronkioak zeharkatu, gasak elkar-trukatu eta aurreko aire zakura sartzen da.

Arnasa botatzeko orduan, mesobronkioa itxi egiten da, eta airea kanporatzeko modu bakarra aurreko zakuarekin konektatzen duen bigarren bronkioaren bidezkoa da. Beraz, atzealdeko aire zakuko aire guztiak parabronkioak zeharkatzen ditu (lehen aipaturiko bigarren gas trukea), eta aurreko aire zakuan (arnasa hartzean) zegoen airearekin batera kanporatzen da bigarren mailako bronkiotik eta trakeatik.

