

Elektroi garraioa

- EGBk mitokondriaren barruko mintzean kokatua dago.
- Lau konplexuek osatzen dute sistema osoa.
- Konplexu bakoitzean errebox erreakzio bat gertatzen da.
- Lau konplexuetatik hirutan, askatutako energia protoi bat kanporantz punpatzeko adina da.
- Protoiak mintzaren kanpoan pilatzen dira.
- Protoiak barrurantz sartzen dira malda elektrokimikoari jarraituz. Honi akoplatua, ATParen sintesia burutzen da.

Energiaren zati bat e-ak kanpora ponpatzeko erabiliko da, malda handituz. Ondoren hauek oxigenora pasa eta ura sortuko da.

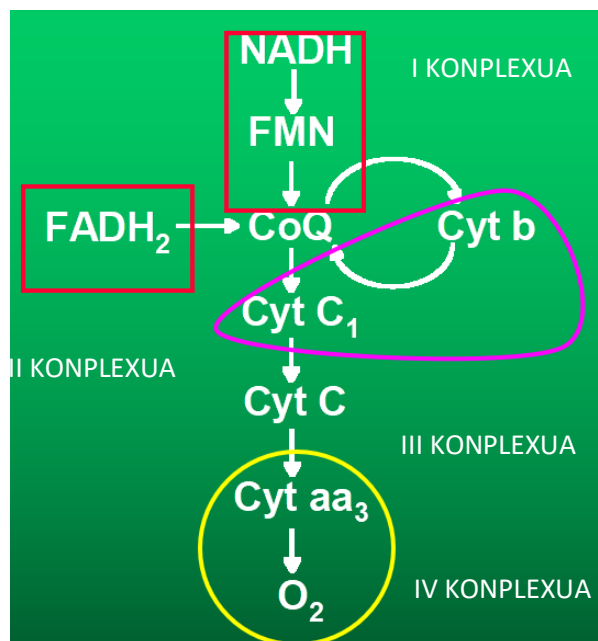
Protoi malda forman ekoiztuko da energia.

Zelula eukariotetan, eta egoera aerobikoetan, erreakzio oxidatiboen ondorioz lortutako NADH eta FADH₂ erreduzituak, beraien e-ak oxigenoari eman eta ura sortzen da. Gogoratu, prozesu hau exergonikoa dela ($\Delta G^{\circ} = -219,986 \text{ kJ.Mol}^{-1}$). Zazpi ATP sintetizatzekeo adina energia.

Prozesu hau ez da bat-batean gertatzen ordea, erreakzio partzialen bidez baizik (errebox konplexuak). Horietako bakoitzak erreakzio partzial bat katalizatzen du ATP baten sintesirako behar den energia aske nahikoa sortuz.

Azken helburua, ATP sortzea da.

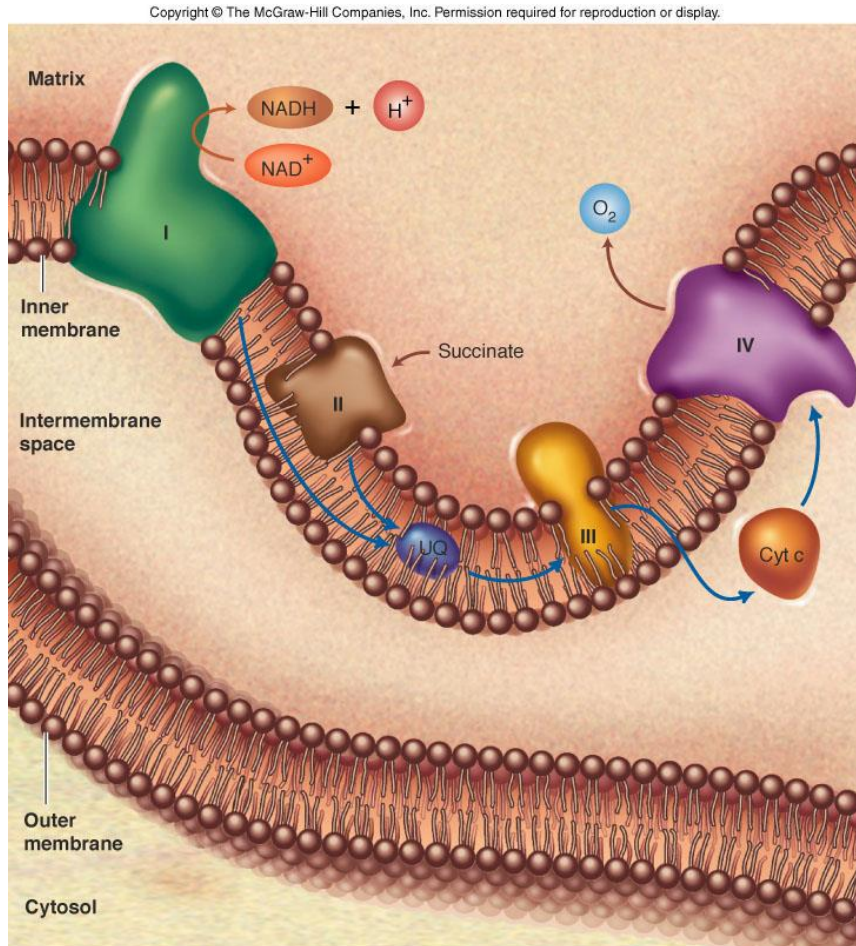
Prozesua



Prozesuaren laburpena

3.BIDEZIDOR METABOLIKOAK. Elektroi garraioa eta fosforilazio oxidatiboa.

NADH-ren oxidazio zatitua lau konplexuez osatua dago. Konplexu bakoitzean errebox erreakzio nagusi bat gertatzen da. Konplexuen arteko tartekaritza mintzen barruan dagoen konposatu liposoluble batek betetzen du: Koentzima Qk. Azken pausuan, tartekaritza Zitokromo Ck betetzen du, azken hau hidrosolublea.



Konplexuen kokapenaren irudia

CoQ garraiolari bat da e-ak garraiatzen laguntzen du Cyt C1ri.

Zentruetan bilduta dago bidezidorra (errebox zentruak). Hauek afinitate desberdina dute e-ekiko.

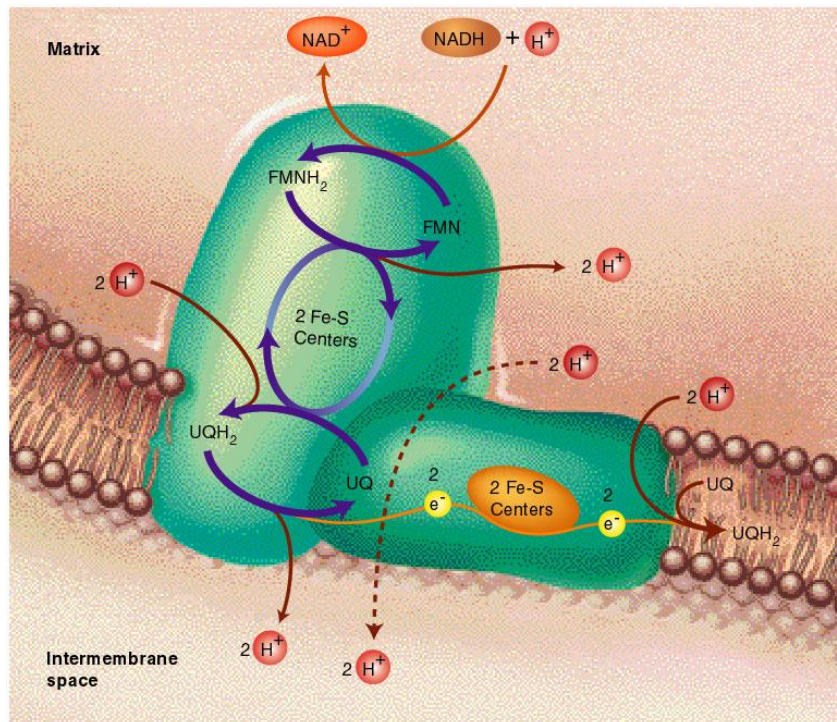
e- garraioa konplexuen artean ematen da. I, III eta IV konplexuak protoiak garraiatzen dituzte matrixetik kanpora. II konplexuak ordea, ez ditu zuzenean punpatzen baizik eta III eta IV konplexuen punpaketa bultzatzen du.

Protoien punpaketarako, energia behar da eta hau e-en garraiotik eskuratzen da hainbat erreakzio akoplatuen bidez.

I konplexua (NADH deshidrogenasa)

Glukolisitik datorren NADHk energia altuko 2e- ematen dizkio I konplexuari. Hauek errebox zentruen artean mugitzen/garraiatzen dira. Beheko errebox zentruak goikoak baino afinitate handiagoa dute eta azkenak, donazio bat egingo du e-ak UQri pasatuz.

3. BIDEZIDOR METABOLIKOAK. Elektroi garraioa eta fosforilazio oxidatiboa.

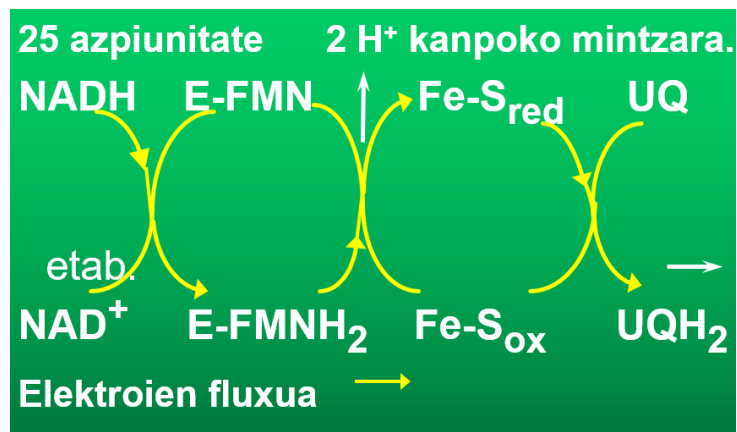


UQ=CoQ

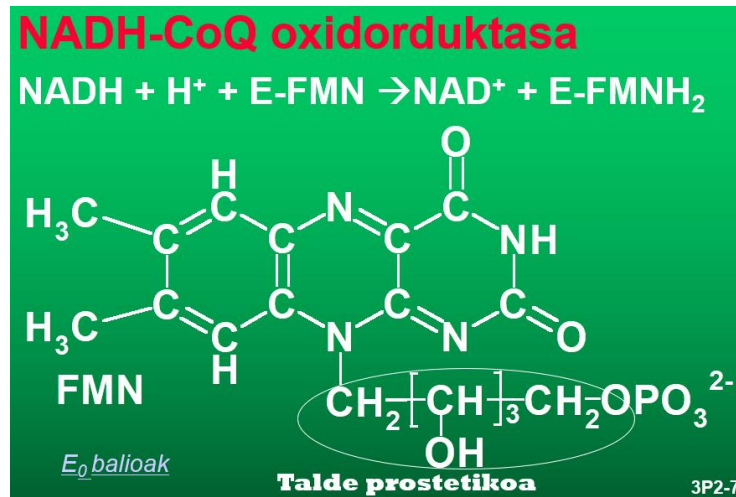
Fe-S koentzimak potentzial pixkabat positiboa du, orduan ez dizkio e-ak emango, bertan utziko ditu besterik ez.

FMN entzimaren barneko e- hartzaile bat

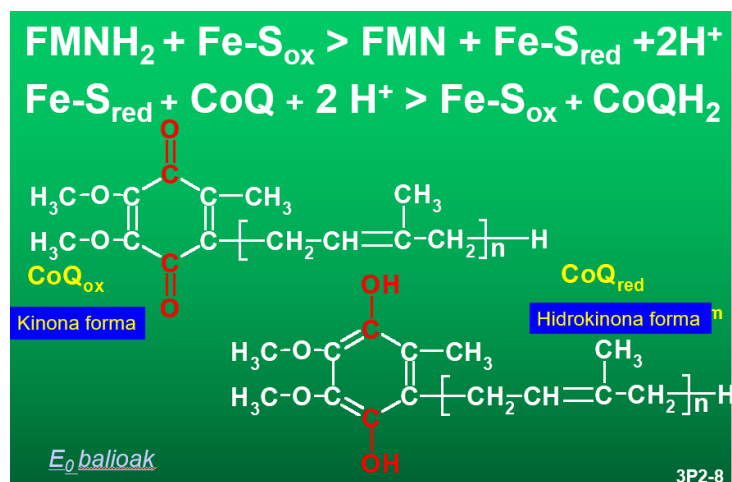
Burdin Zentro batzuk daude



I konplexua

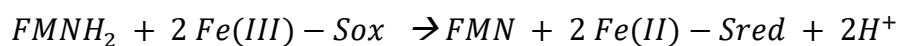


NADH-CoQ oxidoreduktasa

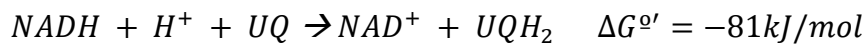


CoQ oxidatua (UQ kinona forma) /CoQ erreduzitua (UQH₂ hidrokinona forma)

Burni-sufre konplexuaren estekiometria:



I konplexuaren erreakzio orokorra:



Termodinamikoki garrantzitsuena da.

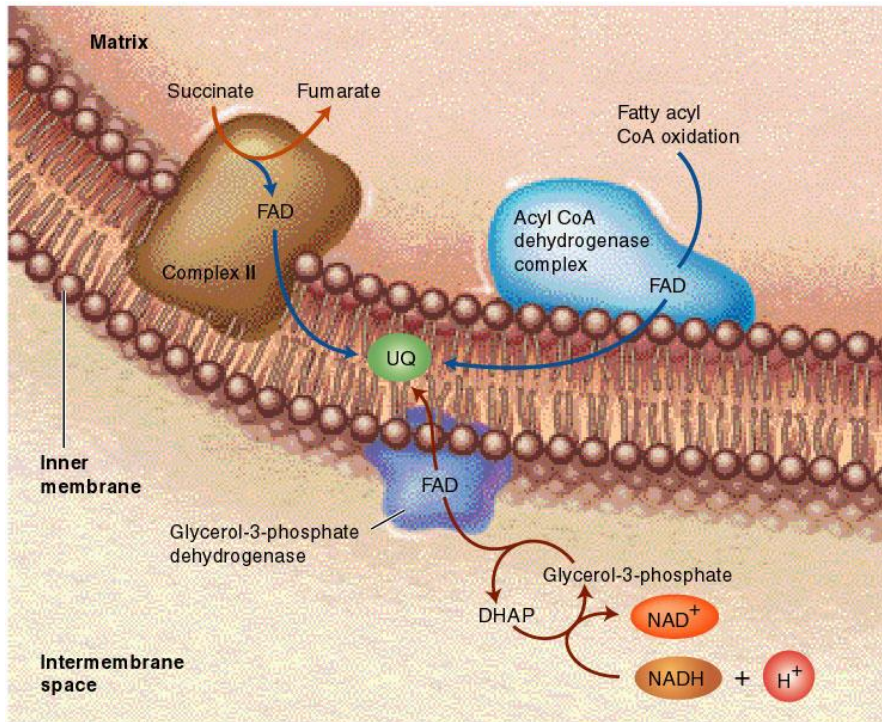
ADParen fosforilazioa, hau da, ATParen sortzea bideratzeko (+30.5kJ/mol) nahiko energia askatzen da.

II konplexua

I konplexuaren antzekotasuna du hainbat aspektu garrantzitsuetan; Lehenik, energia altuko e-ak sartzen dira ere, baina kasu honetan emaitza FADH₂ da. Honek e-ak pasatzen ditu ere hainbat erredox zentroetatik, UQri eman aurretik.

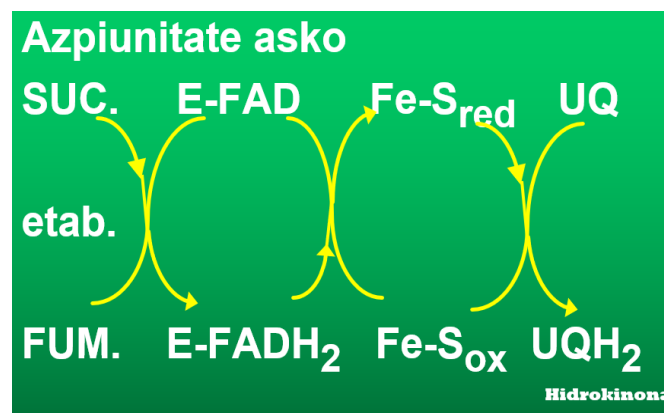
Hala ere, desberdintasun nabaria da, honek e-garraioan sortutako energia ez duela erabiltzen protoi ponpaketarako.

3. BIDEZIDOR METABOLIKOAK. Elektroi garraioa eta fosforilazio oxidatiboa.



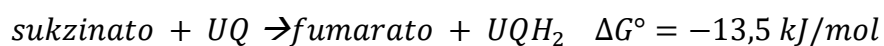
Redox potentzial desberdinak izan arren eta hori zelulan baldintzatzen duen arren, lehen konplexuaren antzekoa da azken zatia

Oso lan antzekoa bat eta bi entzimak. Biek e-ak ubikuonari ematen diete.



Sukzinato-CoQ oxidoreduktasa

Orokorrean:

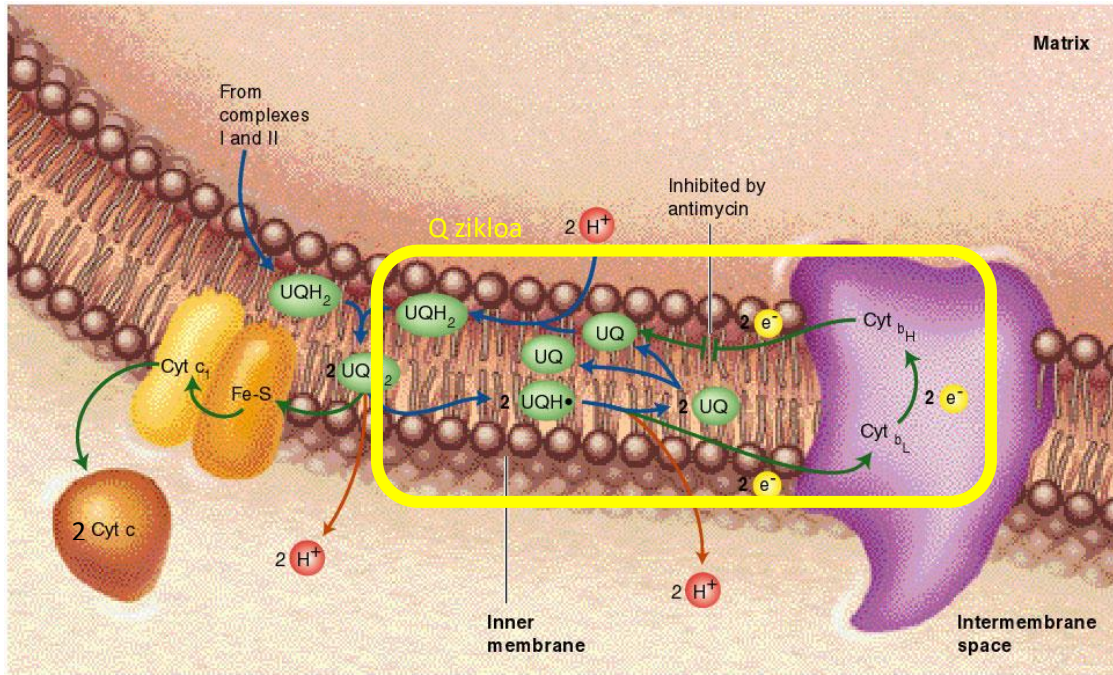


Ez da ADP fosforilatzeko nahiko energia askatzen!

III konplexua

I eta II konplexuetako CoQ konplexuak III konplexuari donatzen dizkiete e-ak. Honetara iristen diren 2e-tako bat birziklagarria da eta konplexura beranduago sar daiteke. Bestea 2 erreodox zentruetatik pasa eta Cyt C bidez IV konplexura donatzen da.

3.BIDEZIDOR METABOLIKOAK. Elektroi garraioa eta fosforilazio oxidatiboa.

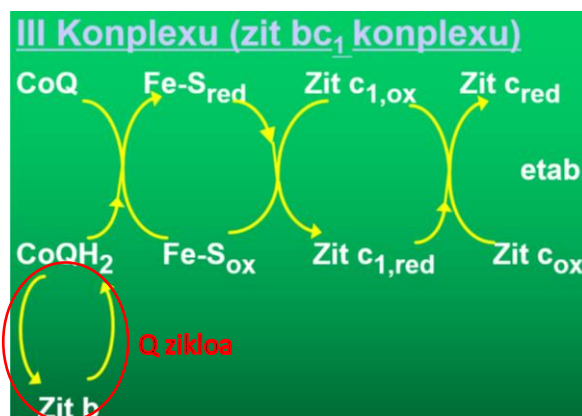


III. Konplexua ezaugarri bereziak ditu aurreko bi konplexuekin alderatuz. Garraioa 2e-koa izan ordez, 1e-ekoa izatea pasatzen da. Kasu honetan Q zikloa deiturikoa ematen da, honetan hidrokina semikinona oxidatu eta e- bana ematen zaio Cyt-Cri. Orduan gelditzen den UQH erradikala berriz Q zikloaren bidez UQH₂an eraldatu behar da horretarako elektroia galdu duen beste UQH erradikal batekin elkartuz. IV konplexuak bakarrik e- bana har dezake, ezaugarri honek galarazten du e-ak UQH₂tik IV konplexura garraiatzea zuzenean (I eta II konplexuak zuzenean IV konplexuari e-ak ematea).

Beraz, III. Konplexuan 2 e-ko garraiotik elektro bakarreko garraiora pasatzen da. Hori gauzatzeko, Q-Zikloa deritzon mekanismoa gauzatzen da.

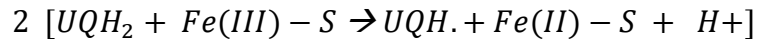
Cyt C-k IV konplexuari e-ak eramaten dizkio. Honek e.ak banaka CoQ berriz, binaka.

III Konplexuan e- bana mugitzen da, Cyt Cri ondoren e- bakarra emateko, IV konplexurako prestatzen da. Horretarako, Q zikloan 2 semikinonetatik hidrokina lortzen da.

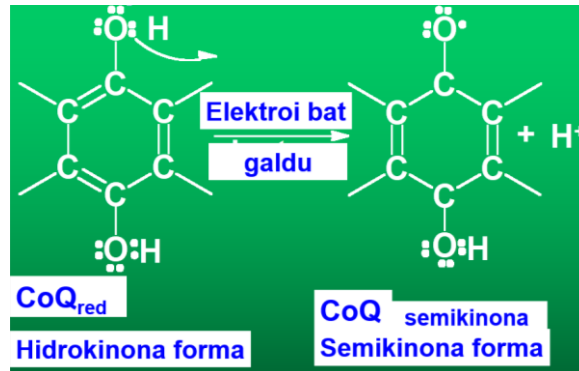


CoQH₂-zitokromo c oxidoreduktasa (zitokromo erreduktasa)

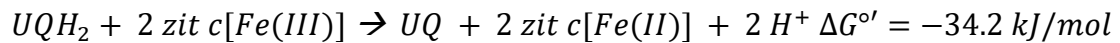
3. BIDEZIDOR METABOLIKOAK. Elektroi garraioa eta fosforilazio oxidatiboa.



UQH. (semikinona forma). Hau erradikal bat da.

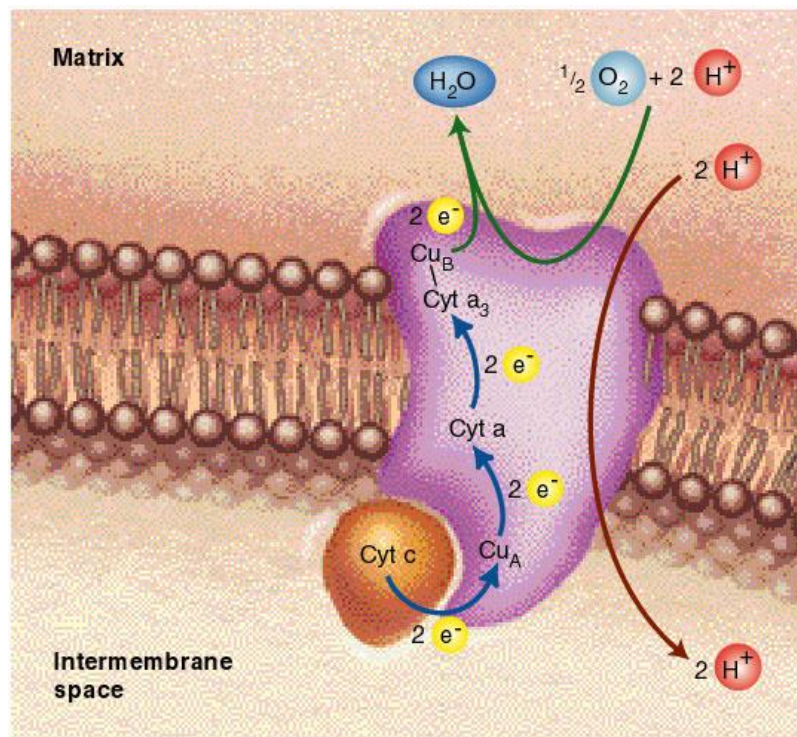


Erreakzio orokorra:

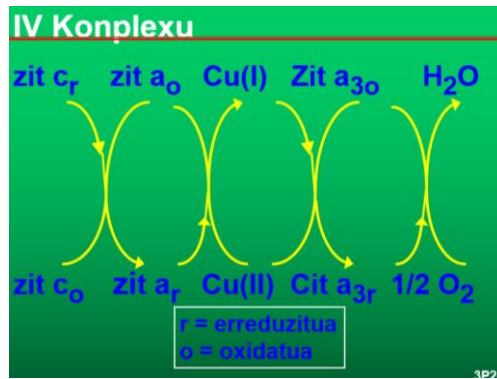


ADP-aren fosforilazioa bideratzeko nahiko energia askatzen da.

IV konplexua



IV. Konplexuak Cyt-Cgandik e-ak jasotzen ditu, banan banan. Hau EGB-aren azkeneko pausoa da. Oxigenoak (O₂) jasoko ditu e-ak, 2H₂O sortuz. Kontutan hartu, hemen lau e-ek parte hartzen dutela. Beraz, Cyt-Cek lau bidai egin behar ditu. Azkeneko e-aren iritsi arte ez da konplexua martxan jarriko, hau iristeko beste hirurak lerrotatu behar dira. Horretarako, lau elektroiz hartzaile daude, irudiak erakusten duen moduan. Azkeneko pausua erredox erreakzio handia da. Hori gertatzean, bi protoi puztatzen dira mitokondriako kanpoko aldera. Lau elektroiz direnez, lau protoi dira ateratzen direnak.

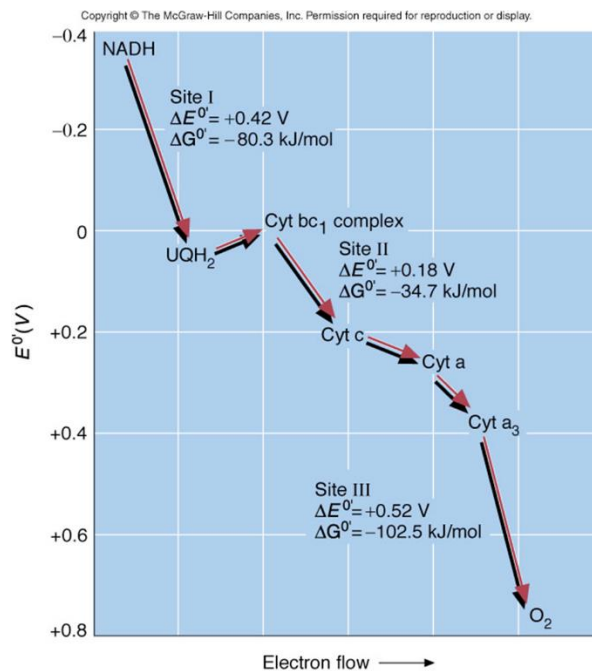


Zitokromo oxidasa (zit a + a₃)

Orohar:



ADPren fosforilazioa bideratzeko nahiko energia askatzen da.



Prozesu osoko malda erreparatuz, ikusi daiteke azken pausua da maldarik altuena duena. Energia askatze kopuru handiena askatzen du besteengandik tira egiteko.

ATPren sintesia

Elektroi Garraioaren azken produktuak H₂O eta protoi malda bat dira.

Bere garaiean, pensatzen zuten ATPa erreakzio akoplatu arrunt baten bidez lortzen zela. Glukolisiarekin gertatzen den bezala: energia baxuko fosfato lotura, energia altukoa bihurtu eta gero, horren hidrolisiaren energia erabili ATP egiteko.

Kontua zen, ATP asko egiten zela mitokondrietan baina energia altuko bitarteko fosforilatua ez zen inondik agertzen.

Mitchel-ek proposatu zuen ez zegoela halako bitarteko fosforilaturik. Horren ordez, askatutako energia H^+ malda baten bidetik zetorrela ikusi zuen. Malda elektrokimikoa.

Peter Mitchellek Teoria kimiosmotikoa sortu zuen eta nobel saria jaso zuen urte batzuk geroago.

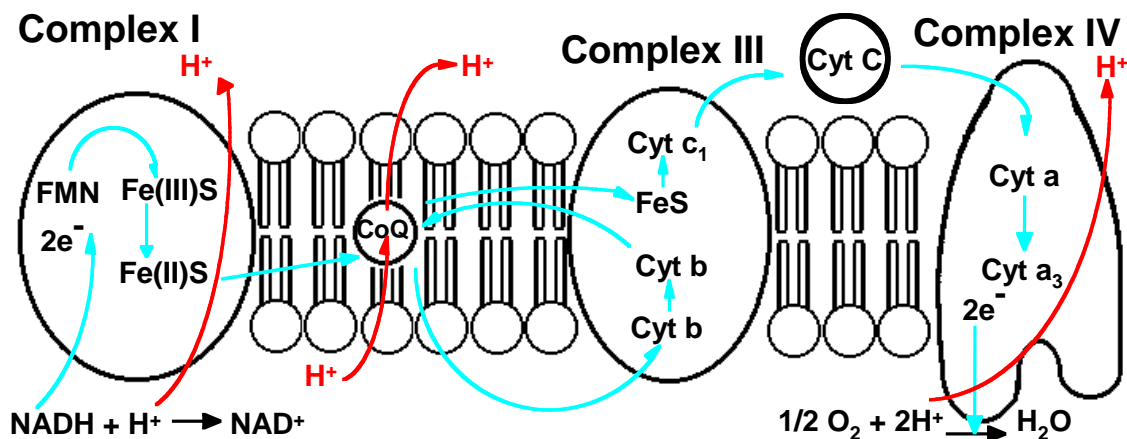
Oxidazioari akoplatutako

Teoria Kimiosmotikoa (Mitchell, '61)

1. Elektroiak EGB tik pasa ondoren, H_2O molekula batean bukatzen dute. Bestalde, protoiak (H^+) mintzen arteko eremura ateratzen dira. Beraz, potentzial elektriko bat, Q , eta protoi malda bat, ΔH , sortzen dira.
2. Protoiak barruko mintza zeharkatzen dute berriro matrixaren barrura ATP sortzeko ahalmena duten "errotak" berezi batzuen bidez.
3. Beraz, ez ziren garraio proteinak, baizik eta errotak, malda elektrokimikotik lana ekoizteko balioko zutenak ATPren sintesia gauzatzeko.

Akoplatze Kimiosmotikoa:

Protoien fluxua mintzen arteko espaziora doa, eta ondorengo bueltan, ATPren sintesia bultzatzen du.



e-ak mintzean pilau eta malda sortzen da. Bertan sartzean, errotatik pasa eta ATPa egiten da.

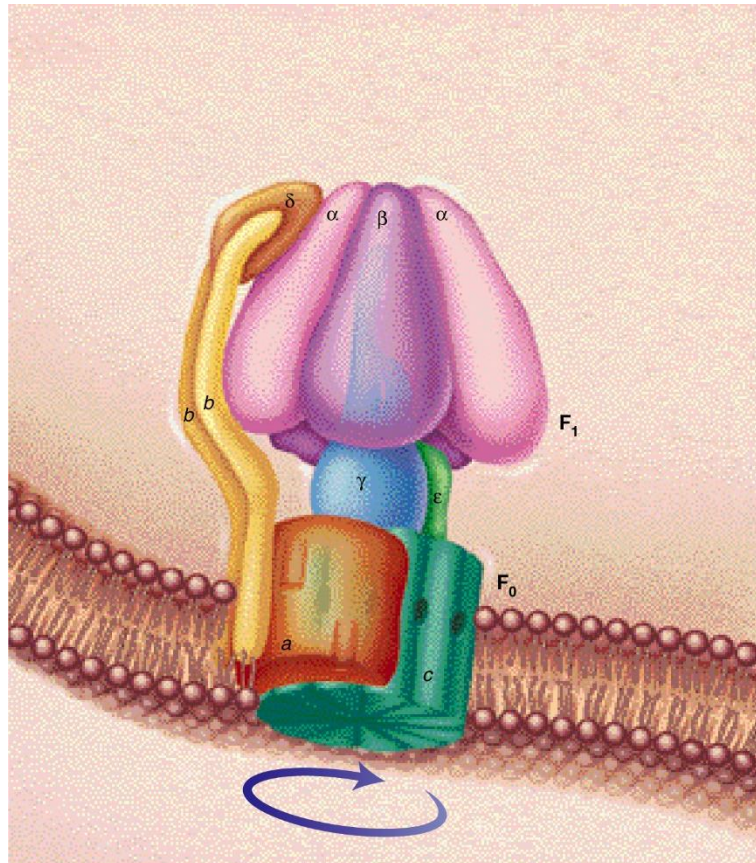
ATP sintasa konplexua

NADHaren oxidazioa eta ADPrek fosforilazioa akoplatzen ditu.

- Sintasaren F_0 zatia barruko mintza zeharkatzen du.
- F_1 zatia matrixerantz kokatzen da.
- F_1 zatiak $\alpha(3)$, $\beta(3)$, γ , δ , eta ϵ proteinez osatua dago.

3.BIDEZIDOR METABOLIKOAK. Elektroi garraioa eta fosforilazio oxidatiboa.

Peter Micheliren baieztapena mekanismo honen edo konplexu honen existentzia da.

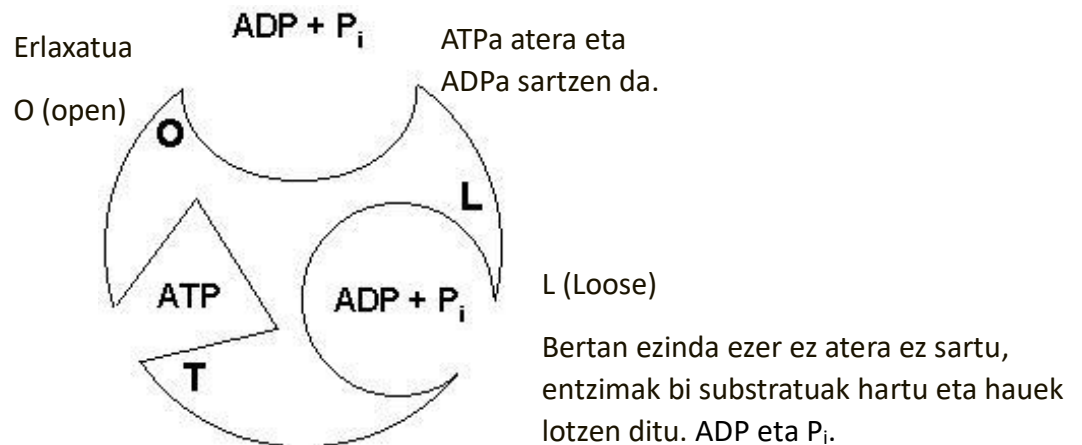


Protoiak F_0 kanalatik pasa eta F_1 azpiunitaterako mugimenduaren bidez ATP sortzeko energia iturri dira. Protoiak ATPren askatze prozesua bultzatzen dute ere.

e-ak (H^+ ak izaten dira) sartzean, mugimendu bat bultzatzen dute, errota bat bezala mugitzen da.

ATP sintasa mitokondrian dago. Krebs zikloaren entzima gehienak matrixean daude. Krebs ziklotik ateratzen den

3 α eta 3 β azpiunitate daude, hauetan ematen dira konformazio aldaketak gehienbat.



Protoien fluxuak konformazio aldaketak bultzatzen ditu, ondoren ATP sortuz T eremuan (*tight*), eta sortutako ATPa askatuz, eremua irekiz (O, *open*).

Prozesua g-e eremuaren *rotazioaz* eragiten da.

Oxidazioari akoplatutako fosforilazioa

EGBtik lortutako energi kopuru bat ADP fosforilatzeko erabiltzen da (ATP sortuz).

Bataz beste, oxidatutako NADH molekula bakoitzeko 2.5 ATP molekula sintetizatzen dira (experimentalak).

Datu teorikoa: $1 \text{ NADH} \gg 3 \text{ ATP}$.

Energetikoki 7 ATP lortzea posible izango litzatekeen arren, 3 lortzea posible da.

EGBak protoiak matrixatik mintzen tarteko espaziora bidaltzen ditu.

Honek potentzial elektrokimikoa osatzen du karga + pilatuz mintzen arteko espazioan, matrixarekin konparatuz.

Ez akoplatzaileak

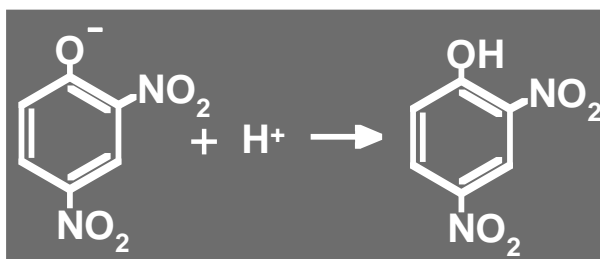
Molekula jakin batzuk ioiak garraiatzen dituzte eta mintzaren malda elektrokimikoa deseuzten dute.

Kasu hauetan, ez da ATPrik sortzen, beroa baizik.

[Gantz-ehun marroieko](#) proteina desakoplatzaileak ([termogeninak](#), kanal bat) protoien garraioa betetzen du, gorputzean beroa sortzeko, ATP sortu ordez (ATP sintasa ordez termogeninak).

Antibiotiko batzuk, balinomizina bezalakoak, ioiak garraiatzen dituzte eta mintzaren malda elektrokimikoa deuseztatzen dute.

2,4-dinitrofenol egoera fisiologikoetan base bat da. Protoia hartuz, kargarik gabe, mintza zeharkatu dezake.



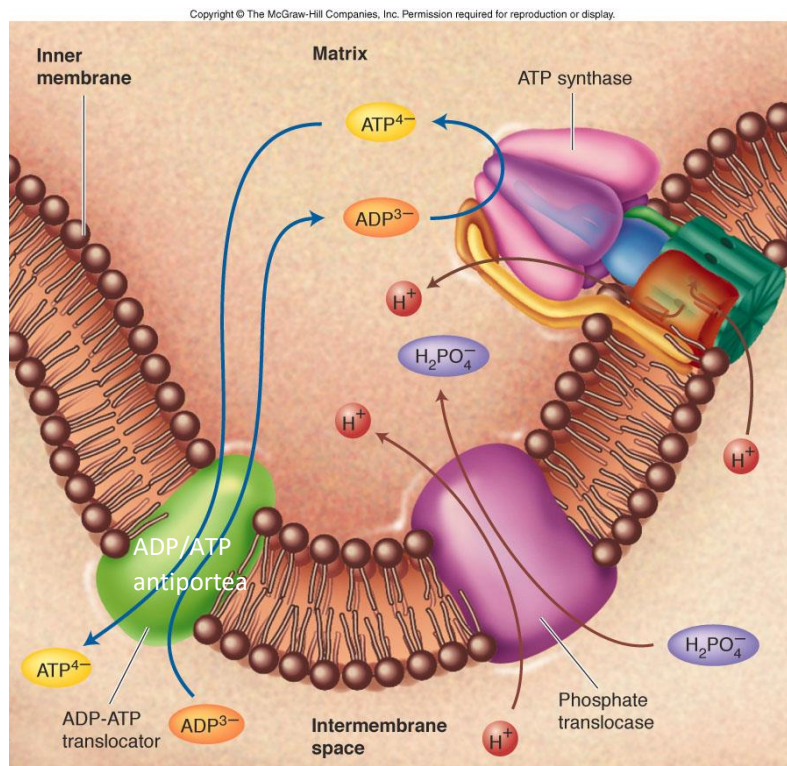
Beroa sortzen du protonatzen denean kargarik gabe gelditzen da. Energia beroan sortzen du.

Balantzea (glukosaren oxidazioa)

Eraginkorragoa da glukosa CO₂ raino erreduzitzea fermentazioa baino. ATP gehiago sortzen da, baino batzuetan ez da behar horrenbeste, mantsuagoa den prozesua behar da, adibz glukolisia.

Metabolismo aerobikoan 38 ATP sortzen dira glukolisia baino 19 aldiz eraginkorragoa da.

Glukosa bakoitzetik 38 ATP lortzen dira.



H⁺ malda erabiltzen da Pa sartzeko, sinporrea.

Estres oxidatiboa

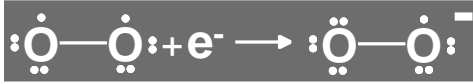
Oxigenoak e⁻ bakarrak hartu ditzake oxigeno errektibo espezie berriak sortuz (ROS). Adibidez, superoxido, hidrogeno peroxido eta oxigeno singletea.

ROSen sorrera kontrolatua dago neurri batean eragile antioxidanteen (Glutaron, vitamina C (azido askorbikoa)) bidez. e⁻ ak estekiometrikoki gehitzen ez direnean ematen da.

100 gaixotasun baino gehiago eragile antioxidanteen gabeziarekin lotuak izan dira, eta ondorioz [estres oxidatiboarekin](#). Zahartzaroarekin ROS ek gure material genetikoa desgastatzen joaten da. 5milioi errektioetatik 1 gaizki.

ROS

EGBtik itzuli egiten diren elektroiak erradikal askeak sortarazten dituzte. Hauekin batera, ultramore argiak eta erradiazio ionizatzaileak (X-izpiak eta erradiazio nuklearrak) emaitza bedintsua ekar dezakete.



Superoxido askea (Oso erreaktiboa baseak alda ditzake ADNan)



Hidroxiilo askea

