Ovatko kudosten puoliintumisajat todellisia?

Usein, kun sukeltajat ovat kokoontuneet keskustelemaan dekompressiosta, kuulet väitteitä kuten, "Ei sellaista asiaa kuin kudoksen puoliintumisaika ole fyysisesti olemassakaan, se on vain matemaattinen laskentamalli." Asia ei kuitenkaan ole näin.
Puoliintumisajat ilmenevät prosessissa yhtä todellisena kuin arvioitaessa dinosaurusten ikää tietäen, kuinka nopesti huumeet poistuvat elimistöstäsi. Yksi monista aineista joiden poistumista kehosta on kokeilemalla mitattu on typpikaasun puoliintumisajan sukellusten jälkeen.

Joitain todellisia puoliintumisaikoja
Radioaktiivisuus. Tietyssä ajassa radioaktiivinen aine menettää puolet massastaan tai radioaktiivisuudestaan. Toisen vastaavan ajan kuluttua poistuu myös puolet jäljellä olevasta viidestäkymmenestä prosentista. Käyttökelpoinen tapa esittää yksikköä aika suhteessa puoleen elämästä on “puolielämä”.
Se on sama asia kuin puoliintumisaika, ainostaan eri nimellä. Aika, jona yksittäinen tuman kuihtumista on mahdotonta määrittää, mutta kuihtumisnopeus, tai puoliintumisaika, massan määrälle on tarkka ja todellinen.

Kuihtumisnopeudet erilaisilla radioisotooppeilla vaihtelevat huomattavasti. Keinotekoisesti tehtyjen radioisotooppien puoliintumisajat ovat niinkin lyhyitä kuin mikrosekunti. Luonnollisilla radioisotoopeilla voivat puoliintumisajat olla jopa miljardeja vuosia. Luonnollisten radioisotooppien puoliintumisajat ovat käytännöllisiä määriteltäessä arkeologisia jäännöksiä ja fossiilien, kivien ja itse maan geologista ikää.

Tätä toimintoa kutsutaan radiometriseksi iän määrittämiseksi.
Huumeet. Myös huumeiden aineenvaihdunta käyttääntyy puolielämän mukaan. Kehosi ottaa tiettyjä yksiköitä aikaa päästäkseen eroon puolesta normaaliannoksesta. Lääkitieteessä sitä yleisesti kutsutaan yksikön puoliintumisajaksi. Sitä kutsutaan toisinaan myös puolielämisajaksi. Puoliintumisaika vaihtelee hieman eri henkilöillä. Yleinen vaihteluväli on kuitenkin määriteltävissä. Esimerkiksi valiumin puoliintumisaika on noin 44 tuntia nuorilla ihmisillä (vanhemmilla pidempi, toisilla vähemmän).

Neljäkymmentäneljä tuntia siitä, kun olet ottanut esimerkiksi viiden milligramman (5mg) annoksen Valiumia on sitä elimistössäsi vielä 2,5 milligrammaa. Kun joku ottaa Valiumia päivittäintulee jäämää lisää, kunnes päivittäinen annos lääkettä on sama, jonka elimistö kykenee poistamaan. Tätä kutsutaan vakaaksi tilaksi (steady state). Määrä pienenee, mikäli henkilö lopettaa lääkkeen ottamisen, tuoden mukanaan vieroitusoireita. Kehosi eri osilla on erilainen kyky ottaa lääkkettä vastaan ja erilaiset ajat saavuttaa vakaan tilan (jolloin elimistö ei voi kerätä enempää) sekä poistaa puolet annoksesta.

Yleistäen veri sekä plasman arvot yleensä nousevat ja laskevat nopeammin kuin rasvan arvot. Samalla tavalla sukeltajat usein sanovat, että rasva on dekompressio-ongelma, koska se pystyy ottamaan enemmän typpeä. Mutta se kerää samalla hitaammin kuin kehon muut osat. Saman sukellusajan jälkeen rasva on sitonut vähemmän. Sillä on hitaampi puoliintumisaika. On myös yleistä kuulla, että arpikudos aiheuttaa ongelmia, koska kaasun on vaikea poistua siitä. Alun alkaen kaasun on vaikea myös päästä arpikudoksen sisään, koska sillä on hitaampi puoliintumisaika. Tekeekö tämä ongelman vai välttää sen ei ole vielä kokonaan pystytty selvittämään.

Entä typen puoliintumisajat?

Mikäli haluaisit visualisoida radioaktiivisuuden tai Valiumin poistumisen, voisit tehdä pisteen graafiselle paperille jokaisen ajanjakson jälkeen, jona aikana radioaktiivisuus tai Valiumin määrä on puoliintunut. Aikaväli olisi puoliintumisaika. Mikäli yhdistäisit pisteet, saisit kaarevan linjan, joka esittäisi puoliintumisaikoja.
Tätä linjaa kuvaavaa yhtälöä kutsutaan exponentaaliksi. Mitä tapahtuisi, jos koittaisit samaa pistetestiä typen poistumiselle sukeltajasta?

Todellinen typen puoliintumisaika. Voisit koittaa saada sukeltajan uloshengittämän ilman pussiin tai puhaltaa suoraan analysaattoriin ja mitata, kuinka paljon typpeä tulee ulos kerrallaan. Enemmän tai vähemmän näin kehon typenpoistumista (kehon totaali typen poistuminen) arvioidaan. Mikäli kartoitettaisiin aika, joka kuluu, kun typpi poistuu kokonaan, näyttäisi se kaarelta. Tämä kaari kuvataan monien exponenttien puoliintumisten summana.

Yksilölliset kudosten puoliintumisajat. Koko kehon puoliintumisaikakäyrä, kuten useimmat koostekuvaukset, menettävät yksittäisten tekijöiden yksityiskohdat. Ne eivät näytä lainkaan, kuinka paljon tai vähän typpeä menee sisöön tai ulos kehon eri osiin. Kehon erilaiset rakenteet ottavat ja luovuttavat typpeä erilaisilla nopeuksilla. Erilaiset typen paineet näissä eri osissa näyttää vaikuttavan. Jotkut osat saattavat ottaa kohtuullisen vähän typpeä. Liian suuri typen paine missä tahansa kehon osassa, koska sukelsit liian syvälle, liian pitkään tai pintauduit liian nopeasti saattaa alkaa vähenevän paineen aiheuttamaan ongelman.

Kokeellinen ja teoreettinen todiste. Lyhyt sukellusveneen tornista pakeneminen sekä pidemmät kokeelliset ilmalla tehdyt dekompressiosukellukset osoittavat, että tietyjen kudosten huuhtoutuminen on todella nopeampaa kuin toisten, tunnistaen tällä tavalla kehon nopempia ja hitaampia puoliintumisaikoja.
Useimmissa kudoksissa imeytymisetäisyydet ovat pieniä. Kun imeytymisetäisyys hiussuonissa on pieni, kudos on tehokkaasti “sekoitettu” ja kaasunvaihto kudokseen voidaan kuvata kohtuullisen hyvin puoliintumisajoilla. On myös huomattu, että lisäämällä puoliintumisaikoja edustamaan kehon eri osia tuo dekompressiotaulukon turvallisuuden ennusteet lähemmäs todellista lopputulosta. Useimmat dekompressiomallit eivät käytä yhtä puoliintumisaikaa kuvaamaan koko kehoa.

Ei vain numeroita
U.S. Navy-taulukot muuntavat kätevästi suuren määrän mahdollisia puoliintumisaikoja ryhmittämällä ne minuuttien kerrannaisiksi, esimerkiksi 5, 10, 20, 40, 60, 80, 90, 100 ja 120 minuuttia. Muut mallit käyttävät muita minuuttiryhmiä.
Kyllä, puoliintumisajat ovat numeroita. Numerot kuitenkin kuvaavat, mitä elimistössäsi tapahtuu, ne eivät ole ainoastaan konsepti. Numerot ovat edullinen tapa kuvata matemaattisesti jotain, mikä on biologisesti monimutkaista. Ja ne ovat paljon käytännöllisempiä kuin juosta sukeltajien perässä laittaen pisteitä paperille.

Kaasun poistumiset vierekkäin. Kudoksen typen kuljettaminen saattaa näyttää kuin se noudattaisi yksinkertaista toimintamallia ja käyttäytyy sen mukaisesti, mutta onko asia todella näin?
Kaikki systeemit eivät kerää tai luovuta ainesosiaan exponentaalisesti. Ja vaikka typpi kerääntyisi ja poistuisikin exponentaalisesti kontrolloiduissa olosuhteissa, käytännön seikat ja se, mitä teet sukelluksen aikana muuttavat laskelmia. Verenkierron on ajateltu olevan päätekijä joka määrittelee kudoksen

puoliintumisaijan. Kudoksen ja veren liukoisuus ovat myös tärkeitä. Liikunta sekä lämpötilanmuutokset sukelluksen aikana vaikuttavat verenkiertoon suuresti.Myös lämpötila vaikuttaa liukoisuuteen.

Ajatusta, jossa kehosi jokainen osa luovuttaa kaasuja erikseen mutta samanaikaisesti kutsutaan kaasun poistumiseksi “yhdenmukaisesti." On erittäin luultavaa, että kaikki kaasut eivät hajoa yhtenäisesti jokaisesta kehon osasta takaisin verenkiertoon poistuakseen uloshengityksessä. Mikäli alue, jossa on korkeampi typen paine on sellaisen alueen vieressä, jossa on matalampi typen paine, alkaa typpi virrata korkeammalta matalampaan paineeseen aiheuttaen typen poistumisen kudoksesta toiseen.

Sarjasiirtyminen on jo huomattu lääkkeissä. On myös eroja ajassa, kauanko kehon osan täyttyminen kestää suhteessa poistumiseen.
Tärkeämpi avain työssä on, että käytännössä, sukeltajat usein ovat luovia sukellussääntöjen ja -suositusten kanssa tuottaen olosuhteita, jotka vaikuttavat järjestykseen sekä selitettyyn typen kulkeutumiseen. Tämä tarkoittaa, että he “munaavat”. Tällä on käytännön merkitystä.

Käytännön merkitys
Laskelmissa kuvaillut puoliintumisajat perustuvat muunmuassa siihen, että eliminoidaan kehoosi kertynyt typpi, ei typpi, joka on muodostunut tapaisin kaasuksi uloshengitystä varten. Kun kuplia muodostuu, ei typen poistumista säätele enää puoliintumisaika. Tässä useimmat dekompressiomallit eivät toimi. Joskus kuplat auttavat typpeä poistumaan, mutta toisinaan kun kupla on kehittynyt elimistöösi, se saattaa estää muun typen poistumisen usein mekaanisin ja kemiallisin keinoin.

Mitä voit tehdä pienentääksesi kuplien aiheuttamia ongelmia tai välttääksesi ne?

1. Hidas pintautumisvauhti
2. Turvapysähdykset
3. Pidä verenkiertoelimistösi terveenä
4. Rajoita typen kokonaismäärää

Yhdessä nämä voivat tehdä ison eron antamalla typen poistua ennenkuin se muodostuu kuplaksi tai antaa kehosi täyttyä inertin kaasun “kranaateilla."

Puoliintumisajat ovat todellisia
Onko sinulla todellakin 60-minuutin kudosryhmä, tai 5-minuutin taikka 120-minuutin? On todennäköistä, että sinulla on kehossasi rakenteita, jotka keräävät ja luovuttavat typpikuormaa 5, 60 ja 120 minuutissa. Tietenkään nuo osat eivät ole kokonaisia elimiä, kuten sydämesi tai mahasi, mutta voisivat olla samanlaisia, kaikkialla kehossa olevia rakenteita.
Emme kenties vielä täysin pysty kuvailemaan kuinka typpi poistuu kehostasi emmekä tämän vuoksi kykene täysin välttämään sukeltajantautia, mutta puoliintumisajat ovat todellisia.