

# Zijn weefselhalfwaardetijden echt?

Vaak hoor je tijdens een bijeenkomst van duikers die over decompressie spreken beweringen als: "fysiologisch beschouwd bestaat er niet zoiets als een weefselhalfwaardetijd, het is slechts een wiskundig begrip." Dat is niet echt zo. Halfwaardetijden die zich voordoen bij processen zijn net zo echt als het berekenen van de leeftijd van dinosaurusbotten, of het vaststellen hoe snel je medicijnen uit je systeem uitwast. Een van de vele stoffen die experimenteel gemeten zijn bij het verlaten van je lichaam op de manier van halfwaarde is stikstofgas na je duiken.

## Een paar werkelijke halfwaardetijden

**Radioactiviteit.** Tijdens een vaste periode verliest een radioactieve stof de helft van zijn massa of radioactiviteit. Na eenzelfde periode verdwijnt ook de helft van de resterende 50 procent. Een bruikbare manier om de tijdsunit gerelateerd aan de helft van het leven van een stof uit te drukken is een "half-tijd". Dit is hetzelfde als een halfwaardetijd, maar onder een andere benaming. De tijd waarin een gegeven kern vervalft is onmogelijk te voorspellen, maar de snelheid van verval, of half-leven, van de massa hoe veelheid is precies en werkelijk. De vervalsnelheid van verschillende radio-isotopen varieert enorm. Kunstmatige radio-isotopen hebben vaak half-levens van slechts microsecondes. Natuurlijke radio-isotopen hebben halflevens tot biljoenen jaren. Halflevens van natuurlijke radio-isotopen zijn bruikbaar om de leeftijd van archeologische resten en de geologische leeftijd van fossielen, rotsen en de aarde zelf vast te stellen. Dit proces wordt Radiometrische Ouderdomsbepaling genoemd.

**Medicijnen.** Het metabolisme van medicijnen gedraagt zich ook volgens half-levens. Je lichaam gebruikt voorspelbare tijdseenheden om de helft van een standaard dosis kwijt te raken. In farmacologie is het gebruikelijk om deze tijdseenheid een halfwaardetijd te noemen. Het wordt soms ook wel half-leven genoemd. De halfwaardetijd varieert een beetje bij individuele mensen. Een algemene waarde is echter vast te stellen.

Valium, bijvoorbeeld, heeft een halfwaardetijd van ongeveer 44 uur bij jongeren (langer bij oudere mensen, korter bij sommige anderen). Vierenveertig uur na het innemen van een vijf milligram dosis (5 mg) bijvoorbeeld, is er ongeveer nog 2,5 mg over in je lichaam. Iemand die dagelijks Valium neemt bouwt de spiegel op totdat de dagelijkse inname gelijk is aan de mogelijkheid van het lichaam om het medicijn af te voeren (het kwijt te raken). Dit wordt een stabiele status genoemd. De spiegel zakt als de persoon stopt met het innemen van het medicijn, waardoor ontweningsverschijnselen ontstaan. Verschillende delen van je lichaam hebben een verschillende aantrekkingskracht voor het medicijn en hebben een verschillende lengte van tijd om de stabiele status te bereiken (neemt meer op totdat het niets meer kan opnemen) en de halve dosis af te voeren (kwijt te raken). In zijn algemeenheid gaan bloed- en plasmaspiegels sneller omhoog en omlaag dan vetspiegels. Ook zeggen duikers vaak dat vet een probleem vormt bij decompressie omdat het meer stikstof bevat. Maar het is ook langzamer in de opname dan andere lichaamsdelen. Na dezelfde duiktijd zal vet minder hebben opgenomen. Het heeft een langzamere half-leven. Je hoort ook vaak dat littekenweefsel problemen oplevert omdat het moeilijk is voor het gas om eruit weg te gaan. Maar het is ook moeilijk voor het gas om erin te komen vanwege de lange halfwaardetijd. Of dit problemen geeft of juist voorkomt is nog niet volledig uitgezocht.

**Hoe zit het met de stikstof halfwaardetijden?** Als je de overgang van radioactiviteit of Valium wilt visualiseren kun je een stip op een grafiek zetten na ieder tijdsinterval waarin de radioactiviteitsmeting of de Valiumconcentratie tot de helft is teruggegaan. Dit tijdsinterval is de halfwaardetijd. Als je de stippen zou verbinden, zou je een gebogen lijn krijgen die karakteristiek is voor halfwaardetijden. De vergelijking die die lijn beschrijft wordt exponentieel genoemd. Wat zou er gebeuren als je dezelfde stippentest zou doen voor stikstof die een duiker verlaat? Een echte stikstof halfwaardetijd. Je zou de uitgeademde lucht

van een duiker in een zak kunnen opvangen of het direct in een analyse apparaat invoeren en meten hoeveel stikstof er in een bepaalde tijd uitkomt. Dat is min of meer hoe een meting, totale lichaamstikstofuitwassing genoemd, wordt gemeten. Als je de tijd voor een totale lichaamsuitwassing van stikstof in kaart zou brengen, zou het er als een curve uitzien. De curve wordt beschreven als de som van vele exponentiële vergelijkingen.

**Individuele Weefselhalfwaardetijden.** Totale lichaamsuitwascurves verliezen, net als de meeste samengestelde beschrijvingen, details van de individuele deelnemers. Ze vertellen niets over hoe veel of hoe weinig stikstof in of uit alle verschillende delen van jou gaan. Verschillende structuren van je lichaam nemen stikstof op en wassen het uit met verschillende snelheden. De verschillende stikstofdrukken die daarvan het gevolg zijn in de verschillende onderdelen, lijken van belang te zijn. Sommige van jouw onderdelen hebben misschien relatief weinig stikstof. Te hoge stikstofdruk in een van je andere lichaamsdelen veroorzaakt door te diep, te lang duiken of te snel omhoog komen, kunnen het begin zijn van decompressieproblemen.

**Experimenteel en theoretisch bewijs.** Korte duikbootontsnappingsen en langere experimentele decompressie van reguliere persluchtduiken laten zien dat bepaalde weefseluitwas werkelijk sneller gaat dan andere, waarbij snellere en langzamere stikstofhalfwaardetijden voor delen van het lichaam worden geïdentificeerd. De afstand van diffusie is in de meeste weefsels klein. Als de diffusieafstand tussen haarvaatjes klein is, is het weefsel effectief “goed doorgeroerd” en kan de gasuitwisseling redelijk goed beschreven worden door de halfwaardetijden. Men heeft ook gevonden dat het toevoegen van meer halfwaardetijden die verschillende lichaamsdelen vertegenwoordigen, de voorspellingen voor decompressietabellen dichter bij een veilig resultaat brengen. De meeste decompressiemodellen tegenwoordig gebruiken niet een enkele halfwaardetijd om het hele lichaam te vertegenwoordigen.

### **Niet alleen maar getallen**

De U.S. Navytabellen verminderen op een gemakkelijke manier het grote aantal mogelijke halfwaardetijden door ze in clusters van een veelvoud van minuten te groeperen, bijvoorbeeld 5, 10, 20, 40, 60, 80, 90, 100 en 120 minuten. Andere modellen gebruiken andere groeperingen van minuten. Ja, halfwaardetijden zijn getallen. De getallen beschrijven echter wat er in je lichaam gebeurt, en zijn niet alleen maar ideeën. Getallen zijn een economische manier om op een wiskundige manier iets te beschrijven dat biologisch gecompliceerd is. En ze zijn veel handzamer dan achter duikers aan te rennen en stippen op papier te zetten.

**Uitwassen als parallel.** Stikstoftransport in weefsels kan eruit zien en zich gedragen alsof het een eenvoudig wiskundig patroon volgt, maar doet het dat ook echt? Niet alle systemen nemen hun componenten op en verliezen ze exponentieel. Zelfs als stikstof onder gecontroleerde omstandigheden exponentieel komt en gaat veranderen de praktische dingen die je tijdens het duiken doet de berekeningen. Men denkt dat de bloedstroom de belangrijkste factor bij het bepalen van de weefselhalfwaardetijden. De oplosbaarheid in weefsel en bloed is ook van belang. Inspanning en temperatuurwisselingen tijdens de duik hebben een groot effect op de bloedstroom. De temperatuur is ook van invloed op de oplosbaarheid.

Het idee van lichaamscompartimenten die ieder voor zich gas uitwassen maar wel tegelijkertijd wordt uitwassen “in parallel” genoemd. Het is hoogst waarschijnlijk dat niet alle gassen in parallel diffunderen vanuit ieder lichaamscompartiment afzonderlijk terug naar je bloedstroom of uitwassen door de uitademing. Als een hoger stikstofdrukgebied naast een lager drukgebied ligt zal er stikstof van hoog naar laag stromen en daarbij een seriële uitwassing van het ene naar het andere weefsel veroorzaken. Seriële overdracht is waargenomen bij farmaceutische stoffen. Er bestaat ook een tijdsverschil tussen het opnemen van zaken door je lichaam vergeleken met het verdwijnen ervan. Een belangrijk spak in het wiel in deze fabriek is dat bij de praktische toepassing duikers creatief omgaan met duikregels en - richtlijnen en daarbij omstandigheden scheppen die van invloed zijn op een ordelijk en verklaarbaar stikstoftransport.

Dat betekent dat ze er een zootje van maken. Dat is van praktisch belang.

### **Het praktische belang**

Halfwaardetijden beschrijven berekeningen voor duiktijdlimieten die onder andere gebaseerd zijn op uitwassen van stikstof opgelost in het lichaam en niet van stikstof dat weer gasvormig is geworden voordat je het uit kunt ademen. Als er bellen gevormd worden volgt de uitwisseling van stikstof niet langer meer de halfwaardetijden. Dit is waar de meeste decompressiemodellen niet meer werken. Soms kunnen bellen helpen in het verwijderen van stikstof, maar andere keren kunnen bellen die eenmaal in je lichaam gevormd zijn, het uitwassen van stikstof hinderen d.m.v. verschillende mechanische en chemische manieren.

### **Wat kun je doen om bellenveroorzakende problemen te verminderen of te voorkomen?**

1. Lage stijgsnelheden
2. Veiligheidsstops
3. Houd je cardiovasculaire systeem gezond
4. Beperk je totale blootstelling aan stikstof

Als dit tegelijkertijd gedaan wordt, kan het het verschil maken tussen tijd hebben om de stikstof uit te wassen voordat er zich bellen vormen of toe te staan dat je lichaam zich vult met inerte gas "granaten".

### **Halfwaardetijden zijn echt**

Heb je nu dus werkelijk een 60-minuten compartiment, of een 5- of 120 minuten compartiment? Het is waarschijnlijk dat je lichaamsstructuren hebt die de helft van hun stikstofbelasting opnemen of verliezen in 5, 60 en 120 minuten. Deze delen zijn natuurlijk niet een volledig orgaan, zoals je hart of je maag, maar bestaan uit vergelijkbare structuren verdeeld over de hele jou. We hebben dan misschien nog wel geen compleet systeem om het uitwassen van stikstof uit je lichaam te beschrijven en op die manier decompressieziekte volledig te voorkomen, maar halfwaardetijden zijn echt.