

28. ZUURSTOFVERZADIGING MET IJZEREN RINGETJES

De zuurstofverzadigingscurve van hemoglobine en myoglobine is lastig te begrijpen omdat de vorm uitnodigt tot lezen van links naar rechts, terwijl de uitleg meestal rechtsboven start bij zuurstofopname in de longen. De percentages zuurstof verhullen de biochemische werkelijkheid van de betrokken tetra- en monomere globines. In dit practicum manipuleren leerlingen in kleine groepjes de moleculen zuurstof, hemoglobine en myoglobine met transport tussen longen en spieren en longen. Ze schakelen heen en weer tussen de grafiek en het zuurstoftransport dat ze zelf uitvoeren. Dit uitbeeldpracticum is ontwikkeld door Gee van Duin (Cartesius Lyceum, Amsterdam).

duur	<p>één lesuur (50 minuten), de les erna nog een korte nabespreking m.b.v. PowerPoint</p>
doelgroep	<p>bovenbouw vwo</p>
doel	<p>Leerlingen kunnen met het zuurstofverzadigingsdiagram uitleggen hoeveel zuurstof wordt opgenomen of afgegeven in organen en dat koppelen aan de zuurstofbelading van moleculen.</p>
nodig	<p>per groepje van drie à vier leerlingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (minimaal) 30 ijzeren ringetjes van de ijzerhandel, diameter 1 à 1,5 cm (een ringetje is een O, en dat symboliseert O₂) • rood papier, gesneden in 5 velletjes van 6 x 6 cm (hemoglobine) en 5 van 3 x 3 cm (myoglobine); zie knip- en vouwpatroon in de bijlage (andere maten mogen ook, als het hemoglobine maar grofweg een vier keer zo groot oppervlak heeft als het myoglobine, als symbool voor het aantal te binden zuurstofmoleculen) • een longafbeelding en een beenspieraafbeelding (zie bijlage) • twee exemplaren van de leerlinginstructie (zie bijlage) • twee exemplaren van de invultabel (zie bijlage)

voorkennis

Zorg ervoor dat de leerlingen bekend zijn met de volgende begrippen en fenomenen:

- functie en lokalisatie van hemoglobine en myoglobine
- tetrameer en monomeer eiwit
- partiële zuurstofdruk
- bloedsomloop
- aflezen van de zuurstofverzadigingscurve

voorbereiding

1. Print het knip- en vouwpatroon voor hemoglobine en myoglobineblaadjes op **ROOD** papier. Knip de velletjes uit langs de stippellijnen. De grotere velletjes (hemoglobine) moeten even over beide middelloodlijnen gevouwen worden (zoals een weegpapiertje) als symbool voor de tetrameer; de kleine velletjes hoeven niet gevouwen te worden.
2. Print ook voldoende exemplaren van de leerlinginstructie, invultabel (in kleur), longafbeelding en beenspieraafbeelding.
3. Zet de tafels in de klas zo dat vier leerlingen er ruim omheen kunnen zitten.
4. Leg op de tafels – een eindje uit elkaar – de longafbeelding en beenspieraafbeelding (type 2, rode vezels).
5. Leg de 5 kleine rode velletjes op de beenspieraafbeelding: dat zijn de myoglobinemoleculen (Mb).
6. Leg de 5 grote rode velletjes tussen long en beenspier: dat zijn de hemoglobinemoleculen (Hb).
7. Leg alle ringetjes op de longafbeelding: dat is de zuurstofvoorraad.



uitvoering

Leg eerst het doel van het practicum uit. Introduceer de opstelling op de tafels, en leg uit wat de aparte dingen voorstellen. Deel daarna pas de bladen met de instructie en de invultabel uit.

RONDE 1: myoglobine opladen met zuurstof

[dit kan evt. meteen klassikaal besproken worden, met invullen van de eerste rij van de tabel]

- Deze ronde is om duidelijk te maken dat myoglobine zijn zuurstof krijgt van het hemoglobine, én om het principe van de bloedsomloop met zuurstofrijk en zuurstofarm bloed te laten herkennen.
- De Binas-grafiek is hier nodig. Als het goed is constateren de leerlingen daarmee dat myoglobine volgens de grafiek niet voor 100% wordt opgeladen, maar wel ongeveer 90, dus dat betekent afgerond 5 ringetjes op het totale myoglobine.
- In deze ronde blijft het verbruik 0. Er wordt natuurlijk in werkelijkheid wel zuurstof verbruikt, maar nu laden we alleen de myoglobine vol.

RONDE 2: lichte inspanning; partiële zuurstofdruk is 5 kPa.

- Leerlingen moeten nu aflezen dat de Hb-zuurstofverzadiging ongeveer 67 % is, en dat betekent dat er per rood velletje van 6x6 één ringetje afgaat naar het weefsel, en bij een aantal zelfs twee (20 ringetjes x 0,67 = 13,4 dus afgerond 13 ringetjes blijven over op 5 Hb's).
- Ook het myoglobine is niet helemaal verzadigd! Bij 5 kPa is het 85%, wat betekent dat er één van de 5 ringetjes weg moet (naar het weefsel...).
- Het verbruik is dan 7 van Hb en 1 van Mb. Dit leidt tot discussie. Het besef moet komen dat het Hb voortdurend langskomt met nieuwe zuurstof, en het Mb blijft (dynamisch) in een iets minder zuurstofrijke toestand dan voorheen. Anders gezegd: alleen in het begin wordt die ene ring van het Mb weggehaald, daarna wordt het voortdurend aangevuld uit het bloed en net zo snel weer afgestaan wegens de heersende weefseldruk.

RONDE 3: zware inspanning, partiële zuurstofdruk in weefsels is 1 kPa.

- Hb moet nu voor ongeveer 92% leeg raken. Dat betekent dat het bloed dat verzadigd uit de longen komt (we rekenen daar maar even 100%) nu 92% verliest, dus van de 20 ringetjes gaan er 19 het weefsel in, en 1 gaat retour longen.
- Maar myoglobine houdt nu nog meer dan de helft van de zuurstof vast (54%) dus raakt twee ringetjes kwijt. Al die ringetjes komen in het dissimilatie rondje bij de beenspier – en ze kunnen dan weer gerecycled worden naar de longvoorraad!

Ronde 4: bergbeklimmen; even pauze op 5000 meter hoogte; weefseldruk is 5 kPa.

- Op 5000 m is de lucht ijler (lagere dichtheid) maar het percentage zuurstofmoleculen is vrijwel hetzelfde (Binas 34).
- De luchtdruk op 5000 m is volgens het tabelletje 54 kPa.
- Je weet alleen iets over de longblaasjes (5,6 kPa). In de longader en aorta zal het dan in ieder geval minder zijn. We nemen voor het gemak 5.
- De O₂-verzadiging in % van het Hb dat de longen verlaat is ongeveer 67%. Bij de weefseldruk van 4 kPa wordt er dus maar heel weinig zuurstof afgegeven. Daarom word je als laaglander in de bergen zo snel moe: te weinig zuurstoftoevoer. Het Mb kan in het begin nog wel wat leveren, maar dat is snel op.

In het ingevulde schema op de volgende pagina staan de getallen. Door afleesvariatie kunnen leerlingen iets afwijkende waarden krijgen; dat is geen probleem maar juist een kans om buurgroepen te wijzen op de afleesverschillen.

ronde ↓	pO ₂ in aorta (kPa)	totaal aantal ringetjes op weg naar spier	pO ₂ in spierweef sel (kPa)	O ₂ -ver- zadiging Hb in spierader (%)	totaal aantal ringetjes terug naar long	O ₂ -ver- zadiging myo- globine (%)	totaal aantal ringetjes op myo- globine	O ₂ - verbruik door spier- cellen
1	12,6	20	n.v.t.	75	15	100	5	0
2	12,6	20	5	67	13	85	4	7 (+1)
3	12,6	20	1	5	1	58	3	19 (+2)
4	~5	13	4	54	11	84	4	2 (+1)

(na)denkwerk

- De ervaring leert dat een lesuur maar net genoeg is voor de uitvoering; kort nabespreken kan een volgende les aan de hand van de PowerPoint waarvan de afbeeldingen ook in Word in de bijlage zitten.
- In de nabespreking is het van belang te controleren of leerlingen begrijpen dat op de route van longen naar organen er géén zuurstof wordt afgegeven (zoals ze zich vast herinneren aan het schuiven met de Hb-papiertjes), terwijl de grafiek van rechts naar links gelezen dat haast suggereert.
- In deze simulatie spelen alleen moleculen en organen een rol. Als je het celniveau erin brengt, hoe en waar zou je dat dan moeten doen?
- In deze simulatie zorgen de armspieren van de deelnemers voor de verplaatsing. Hoe gebeurt dat in de realiteit?

aanpassen/uitbreiden

- In deze instructie is ervan uitgegaan dat er enige voorkennis is. Het is natuurlijk ook mogelijk om de simulatie zonder die voorkennis te doen, en dan meer tijd uit te trekken voor discussie tijdens en na elke ronde.
- In een groep kunnen snelle en minder snelle leerlingen zitten. Laat in eerste instantie de snelle (als die tenminste ook de slimme is) aan de anderen dingen uitleggen die ze niet snappen.
- Laat leerlingen samen in overleg Hb schuiven en ringetjes verplaatsen, dán individueel het schema invullen en daarna vergelijken en bespreken.

bijlagen

- leerlinginstructie
- invultabel (en Binas 83D)
- longafbeelding
- beenspieraafbeelding
- knip- en vouwpatroon
- afbeeldingen van PowerPointdia's voor nabespreking (de echte PowerPoint bevat animaties)