

33. IMPULSGELEIDING MET LIJVEN

de impulswave

Simpel maar doeltreffend uitbeeldpracticum, waarbij het verloop van de actiepotentiaal centraal staat. Leerlingen staan in een rij naast elkaar, en vormen zo een uitloper van een zenuwcel. Ze geven met hun handen en armen het potentiaalverschil en de veranderingen die daarin optreden aan. Resultaat is een actieve en activerende les, en een (fysiek) geheugensteuntje voor de fasen van de actiepotentiaal. Dit uitbeeldpracticum is ontwikkeld door Ingeborg van der Neut (Ludger College, Doetinchem) en Caspar Geraedts (VU Lerarenacademie, Vrije Universiteit Amsterdam).

duur	20 minuten
doelgroep	bovenbouw havo/vwo
doelen	<p>Leerlingen kunnen:</p> <ul style="list-style-type: none">• beschrijven wat de begrippen rustpotentiaal, drempelwaarde, actiepotentiaal, en de-, re- en hyperpolarisatie betekenen;• uitleggen dat hyperpolarisatie tot eenrichtingsverkeer leidt;• uitleggen dat de cellen van Schwann (de myelineschede) voor een snellere impulsgeleiding zorgen;• uitleggen dat de grafiek van een actiepotentiaal een weergave is van een meting op één punt van een uitloper.
nodig	geen

voorbereiding

1. Zorg ervoor dat je een schematische afbeelding van het verloop de actiepotentiaal (bijvoorbeeld Binas 88F) op de beamer kan projecteren.

uitvoering

1. Laat alle leerlingen op een rij staan, in een flauwe bocht, en met hun gezicht naar je toe. In een grote klas (of kleine ruimte) kun je eventueel een deel van de leerlingen laten observeren.
2. Vertel dat de rij leerlingen een uitloper van een zenuwcel voorstelt, en iedere leerling dus een stukje van die uitloper. Vertel dat we gaan uitbeelden hoe een actiepotentiaal/impuls zich langs de uitloper verplaatst.
3. Leg uit dat tijdens de simulatie de (vooruitgestoken) handen van de leerlingen het potentiaalverschil tussen de buiten- en de binnenkant van het celmembraan aanduiden.
4. Begin met het voordoen van de rustpotentiaal: handen gestrekt langs het lichaam, dus ongeveer op heuphoogte, met de vingers vooruitgestoken, staat symbool voor -70mV (de rustpotentiaal). Die positie nemen alle leerlingen aan.
5. Leg uit dat door verschillende factoren (o.a. door neurotransmitters) het potentiaalverschil lokaal kan veranderen, dus groter of kleiner kan worden. Als het potentiaalverschil de *drempelwaarde* overschrijdt – in werkelijkheid ongeveer -50 mV, in de simulatie gemarkeerd door de navel – dan vinden kort achter elkaar de volgende gebeurtenissen plaats:
 - o depolarisatie: het potentiaalverschil verandert van -50 mV (navelhoogte) naar +30 mV (handen boven het hoofd uitgestrekt).
 - o repolarisatie: het potentiaalverschil verandert van +30 mV (boven het hoofd) terug naar -70 mV (handen langs het lichaam naar beneden).
 - o hyperpolarisatie: het potentiaalverschil wordt even *nóg* groter (-80 mV = even door de knieën zakken, handen op kniehoogte), om dan weer terug te keren naar de rustpotentiaal.
6. Doe alle bewegingen een keer voor, en laat dan de leerlingen allemaal tegelijk de bewegingen nadoen, terwijl ondertussen de fasen benoemd worden.
7. Tenslotte is het zo dat wanneer depolarisatie plaatsvindt bij je buurman/vrouw, ook bij jou een depolarisatie begint (spreek af: zodra je buurman/vrouw de handen bij de navel heeft, begin jij met bewegen).
8. Nu is het tijd om de simulatie daadwerkelijk uit te voeren. Zorg aan één van beide uiteinden van de rij voor een prikkel die voor depolarisatie zorgt (tik bijvoorbeeld de leerling aan het eind van de rij op de schouder). Als het goed is ontstaat zo een soort 'wave' die zich langs de rij voortbeweegt. Herhaal een paar keer totdat het lekker loopt.

(na)denkwerk

Gebruik de simulatie om in de vorm van een onderwijsleergesprek een aantal belangrijke kenmerken van de impulsgeleiding te bespreken:

- Als de actiepotentiaal halverwege de groep is, roep je ‘freeze!’ en wordt de situatie geanalyseerd. Het is goed om te bespreken dat de figuur van de actiepotentiaal nu zichtbaar is in de rij leerlingen, maar spiegelbeeldig aan de richting van de geleiding.
- Leg uit dat alleen een actiepotentiaal ontstaat wanneer de drempelwaarde wordt overschreden. Beeld dat uit door de leerling aan het eind van de rij (in rusttoestand) verschillende signalen te geven, bijv. schouder heel zacht aanraken met één vinger (weinig depolarisatie), hard(er) aantikken met hele hand (veel depolarisatie), en zachtjes aan schouder trekken (hyperpolarisatie).
- Bespreek dat een actiepotentiaal altijd even sterk is (alles of niets), maar dat sterke prikkels zorgen voor een hogere *impulsfrequentie*. Beeld dat eventueel uit.
- Leg uit dat bij impulsgeleiding het signaal zich langs de uitloper verplaatst, maar dat de ionen die hiervoor verantwoordelijk zijn de cel/uitloper in en uit bewegen. Vergelijk eventueel ook met het domino-model uit het vorige practicum).
- Bespreek dat actiepotentials in principe in twee richtingen langs een uitloper kunnen bewegen, maar dat in natuurlijke omstandigheden sprake is van eenrichtingsverkeer. Bespreek eventueel ook het concept refractaire periode.

aanpassen/uitbreiden

- Beeld nu ook *sprongsgewijze impulsgeleiding* uit. Laat elke tweede en derde leerling in de rij de armen over elkaar te doen: zij stellen een gemyeliniseerd gedeelte van de uitloper voor. De actiepotentiaal springt nu rechtstreeks van de eerste leerling naar de vierde in de rij, vervolgens naar de zevende, et cetera. Gaat de wave nu sneller?
- Betrek eventueel ook impulsoverdracht in de simulatie. Laat de leerling aan het eind van de rij één of enkele balletjes, knikkers of iets andere vasthouden: dat zijn de neurotransmitters. Als de actiepotentiaal deze leerling bereikt worden de neurotransmitters losgelaten. Zie ook het volgende practicum.
- Laat een (slow-motion) filmpje van de simulatie maken.

