

Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Sport, Slimme computers en Automatisch gedrag

Jan van Baren-Nawrocka, Sanne Dekker & Miriam de Boer (redactie)

Hoofdstuk 2: Sport



Colofon

Redactie: drs. Jan van Baren-Nawrocka, dr. Sanne Dekker & dr. Miriam de Boer

Opmaak: Jimmy Israel

Druk en afwerking: Tuijtel, Hardinxveld-Giessendam

Coverfoto's: Jimmy Israel (voorkant) en Merel van 't Leven (achterkant), © WKRU

Eerste druk, januari 2020

ISBN: 978-90-830422-1-3

NUR-code: 190

Wilt u een exemplaar bestellen?

Ga naar: www.wkru.nl/boek

Uitgave:

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

FNWI, postvak 77

Postbus 9010

6500 GL Nijmegen

Nederland

E-mail: infowkru@ru.nl

Telefoon: 024 366 72 22

Internet: www.wkru.nl; www.wetenschapdeklasin.nl



2020 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Dit werk is gelicenseerd onder de licentie Creative Commons Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen 4.0 Internationaal.

Ga naar <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.nl> voor meer informatie over deze licentie.

Voor afbeeldingen gelden andere licentievoorwaarden; zie foto- en illustratieverantwoording achterin dit boek (p. 128).

Hoofdstuk 2 Sporten is gezond, toch?

In dit hoofdstuk beschrijven we een project onderzoekend leren met als thema 'Sport'. Het thema is gebaseerd op het onderzoek van dr. Thijs Eijsvogels en zijn team naar het effect van veel sporten op het hart. Het hoofdstuk bestaat uit twee delen. In paragraaf 2.1 leggen de onderzoekers uit dat bewegen een positief effect heeft op de gezondheid, maar dat het onbekend is wat het effect is van extreem veel bewegen. Daarnaast beschrijven ze dat slagaderverkalking van het hart anders verloopt bij mensen die (intensief) sporten. Leraren kunnen deze paragraaf gebruiken om zichzelf en hun leerlingen inhoudelijk voor te bereiden op het thema. In paragraaf 2.2 beschrijven we diverse activiteiten waardoor leerlingen dit thema in de klas kunnen ervaren en inspiratie kunnen opdoen voor hun eigen onderzoek. Deze activiteiten zijn onderdeel van stap 1 en 2 ('introductie' en 'verkennen') van het onderzoekend leren. We raden leraren aan om de 'Leidraad onderzoekend leren' (Van Baren-Nawrocka & Dekker, 2019)  als uitgangspunt te nemen bij de uitvoering van dit project in de klas. Hierin staat een uitgebreide beschrijving van de zeven stappen van onderzoekend leren.

Kerdoelen voor dit thema

Getallen en bewerkingen

- 24. De leerlingen leren praktische en formele rekenwiskundige problemen op te lossen en redeneringen helder weer te geven.
- 26. De leerlingen leren structuur en samenhang van aantallen, gehele getallen, kommagetalen, breuken, procenten en verhoudingen op hoofdlijnen te doorzien en er in praktische situaties mee te rekenen.
- 31. De leerlingen leren de rekenmachine met inzicht te gebruiken.

Mens en samenleving

- 34. De leerlingen leren zorg te dragen voor de lichamelijke en psychische gezondheid van henzelf en anderen.

Radboud Science Team 'Sport'

Het project 'Sport' is in het schooljaar 2018-2019 ontwikkeld door een team van onderzoekers van het Radboud Universitair Medisch Centrum (Radboudumc), basisschoollerares en het WKRU. Het Radboud Science Team 'Sport' bestond uit de volgende personen:

Onderzoekers Radboudumc

Dr. Thijs Eijsvogels (universitair docent), Vincent Aangevaeren MSc (promovendus), Esmée Bakker MSc (promovenda). Alle drie zijn werkzaam bij de onderzoeksgroep Inspanningsfysiologie van de afdeling Fysiologie aan het Radboudumc.

Scholen

Kindcentrum STip in Swolgen en Tienray: Margret Buskens, Josan Derix, Marloes Weijs (leraren)
De Borgwal in Bommel: Christine van Mullem, Karen Hendriks, Thijs Rasing, Gerda Siersma (leraren)

WKRU

Miriam de Boer (projectleider), Jan van Baren-Nawrocka (adviseur Wetenschapseducatie en projectleider)



Dr. Thijs Eijsvogels

"Ik ben geboren in Lithoijen, een klein Brabants dorpje aan de Maas dat gelegen is tussen Oss en 's-Hertogenbosch. Als kind was ik sportief en vond ik het heerlijk om buiten te spelen, maar tegelijkertijd was ik ook nieuwsgierig en vond ik het leuk om nieuwe dingen te leren. Toen ik naar de middelbare school ging mocht ik van de lokale slager een koeienhart meenemen naar de biologieles. Ik vond het fascinerend om te ontdekken hoe zo'n hart eruit ziet, uit welke onderdelen het bestaat, en hoe het ervoor kan zorgen dat bloed in je lichaam wordt rondgepompt. Ik besloot dat ik meer van het menselijk lichaam wilde weten en ging daarom Biomedische Wetenschappen in Nijmegen studeren. Tijdens de studie vond ik de anatomie (uit welke onderdelen bestaat het lichaam) en fysiologie (hoe werkt het lichaam) lessen het meest interessant, met name in de context van sport en bewegen. Ik was dan ook verheugd dat ik na mijn afstuderen kon beginnen met een promotieonderzoek tijdens de Nijmeegse Vierdaagse. In de afgelopen jaren heb ik het voorrecht gehad om bij verschillende sportevenementen (o.a. Zevenheuvelenloop, marathons van Eindhoven en Amsterdam, Dam-tot-Damloop, Norseman Triathlon) metingen te verrichten bij topsporters en amateursporters. Het verbaast mij altijd dat sommige sporters enorm diep kunnen gaan om een unieke prestatie neer te zetten, waardoor ze helemaal kapot over de finish komen. Ik vraag me dan ook af of zulke extreme inspanning überhaupt gezond is, want het lukt mij nooit om mezelf zo enorm veel te pushen." *(Foto: Jimmy Israel)*

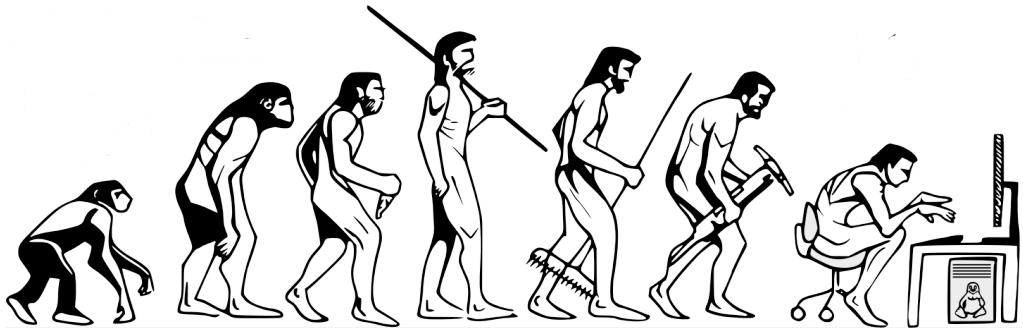
2.1 Onderzoek naar het effect van (intensief) sporten op het hart

Dr. Thijs Eijsvogels, Vincent Aengevaeren MSc, Esmée Bakker MSc

Een mens is gemaakt om te bewegen. 1 tot 2 miljoen jaar geleden, ten tijde van onze verre voorouders (de homo genus), was fysieke activiteit van levensbelang. De mens was een jager en wandelen en hardlopen maakten deel uit van leven en overleven. In de honderdduizenden jaren dat de homo genus evolueerde tot homo sapiens (de moderne mens), werden onze genen en lichaam aangepast aan een actieve levensstijl. Zo werden onze tenen korter en benen langer om beter de elastische energie tijdens het (hard)lopen te kunnen opvangen en vrijmaken. Daarnaast verbeterde onze doorbloeding en de mogelijkheid om de lichaamstemperatuur nauwkeuriger te reguleren. Ook optimaliseerde onze energiehuishouding om zo goed mogelijk met beschikbare voeding om te gaan.

Nu wij leven in een tijdperk waarin bewegen niet meer noodzakelijk is, wordt de mens steeds inactiever. Nederlanders zijn zelfs Europees kampioen zitten, en gemiddeld genomen zitten wij 9 uur per dag. Een inactieve leefstijl leidt tot disfunctie van het lichaam. Er zijn meer dan dertig chronische ziekten die direct verband houden met inactiviteit. De meest bekende hiervan zijn hart- en vaatziekten, diabetes mellitus type 2 (suikerziekte) en kanker. Een inactieve leefstijl vergroot dus het risico om een of meer van deze ziektes te krijgen.

Door regelmatig te sporten en bewegen treden er verschillende aanpassingen op in het lichaam die gunstig zijn voor onze gezondheid en die het risico op het ontstaan van chronische ziekten flink verminderen. Een actieve leefstijl leidt onder andere tot een vermindering van het lichaamsgewicht en van lichaamsvet, verbetert het cholesterol (vet) gehalte in het bloed, en verlaagt de bloeddruk.



Evolutie van de mens achter de computer (Afbeelding: Jae-Zun, Florent B en Olivier H)

Nederlandse Norm Gezond Bewegen

Om te zorgen dat minder Nederlanders ziek worden van te weinig bewegen, is het advies van de Gezondheidsraad, die de Nederlandse overheid over volksgezondheid adviseert, aan volwassenen om minimaal 150 minuten per week te bewegen. Kinderen worden geadviseerd om minimaal 60 minuten per dag (dus 420 minuten per week) te bewegen. Daarnaast wordt aanbevolen dat kinderen minimaal 3x per week spier- en botversterkende oefeningen uitvoeren en dat zij het aantal uren zittijd zoveel mogelijk beperken. Dit staat in de zogenoemde 'Nederlandse Norm Gezond Bewegen', die je dus zou kunnen zien als het officiële Nederlandse advies over hoeveel je moet bewegen. Als je aan deze beweegnorm voldoet dan neemt het risico op aan beweging gerelateerde chronische ziekten flink af. Helaas blijkt deze norm maar door een deel van de Nederlandse bevolking behaald

te worden: 55% van de kinderen tussen de 4 en 11 jaar voldoet aan de beweegnorm, tegenover 28% van de jongeren tussen de 12 en 17 jaar, en 44% van de volwassenen. Er is dus nog veel gezondheidswinst te behalen als Nederlanders meer gaan sporten en bewegen.



Beweegnorm in beeld (Afbeelding: Kenniscentrum Sport)

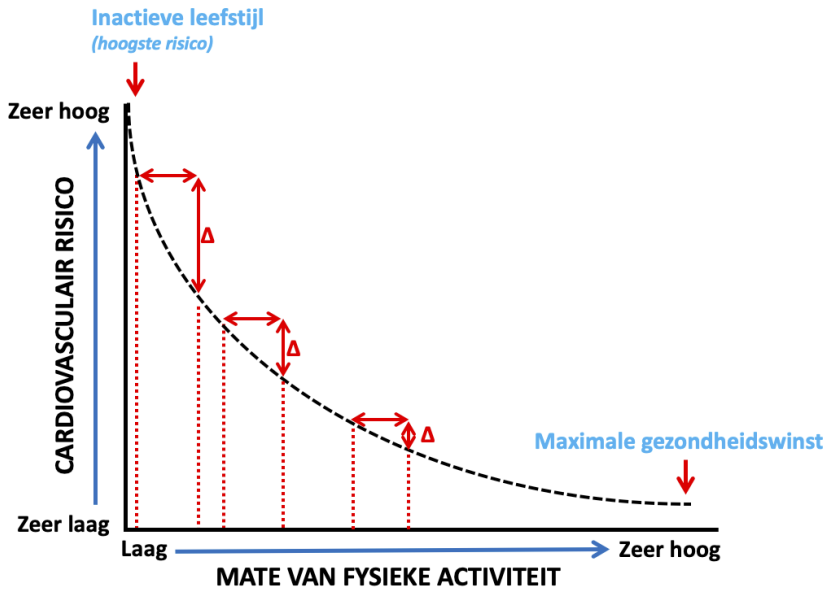
Bewegen als medicijn

Voldoende lichamelijke activiteit is een supermedicijn omdat het veel ziekten kan voorkomen en de levensverwachting met 3 tot 6 jaar verlengt. Als alle voordelen van een actieve leefstijl in een pilletje verpakt zouden kunnen worden, zou het waarschijnlijk het meest gebruikte medicijn ter wereld zijn. Maar helaas is die pil er niet, en moeten we er dus zelf voor zorgen dat we voldoende sporten en bewegen. Maar kan je ook je gezondheid verbeteren als je minder sport en beweegt dan in de Nederlandse beweegnorm wordt aanbevolen? Wat is het optimale beweegrecept? En zijn er eventueel schadelijke bijwerkingen die kunnen optreden als je heel veel sport, net zoals dat kan gebeuren als je een te hoge dosis van een ander medicijn neemt? Deze vragen staan centraal in het onderzoek van mijn onderzoeksgroep.

Dosis-respons relatie

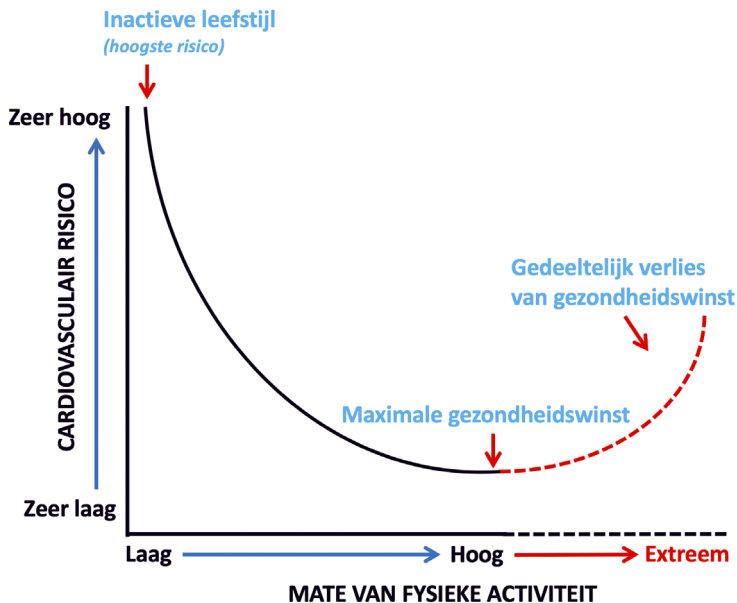
Er is steeds meer interesse in de wetenschap naar de dosis-respons relatie tussen de mate van beweging en de gezondheidswinst die dat oplevert. Dus: hoeveel winst in de gezondheid levert een bepaalde hoeveelheid beweging op? De afbeelding rechts bovenaan laat zien hoe gezondheidswetenschappers denken dat het verband verloopt tussen de beweegdosis en de verkleining van het risico op hart- en vaatziekten die dat oplevert. De stap van een volledig inactieve leefstijl (geen lichaamsbeweging) naar een leefstijl met een klein beetje beweging gaat gepaard met een grote risicoreductie. Als eenzelfde toename in beweegdosis wordt toegepast door een persoon die al een beetje actief is dan zie je dat de gezondheidswinst gemiddeld is, terwijl als een zeer actieve persoon nog meer gaat bewegen de risicoreductie maar marginaal is. In de afbeelding is dit verloop te zien aan de rode pijltjes met het Δ -teken. Deze dosis-respons relatie laat dus zien dat een toename van fysieke activiteit de grootste gezondheidsbevorderende effecten heeft bij inactieve personen.

De Gezondheidsraad adviseert dat meer bewegen beter is voor de gezondheid. Er is echter discussie in de wetenschap over dit advies. Deze aanname houdt namelijk geen rekening met personen die extreem veel sporten, bijvoorbeeld meer dan 10x dan de Nederlandse Norm Gezond Bewegen. Er



Dosis-respons relatie tussen mate van beweging en bijbehorend risico op hart- en vaatziekten (Afbeelding: Eijssvogels et al.)

is steeds meer bewijs dat dergelijke extreme inspanning mogelijk niet goed is voor het hart. Onze hypothese is dan ook dat extreem veel inspanning mogelijk een deel van de gezondheidsbevordering door een actieve leefstijl teniet doet. Dan komt de eerdere grafiek er dus uit te zien als de afbeelding hieronder. Zo blijkt de functie van het hart tijdelijk verminderd te

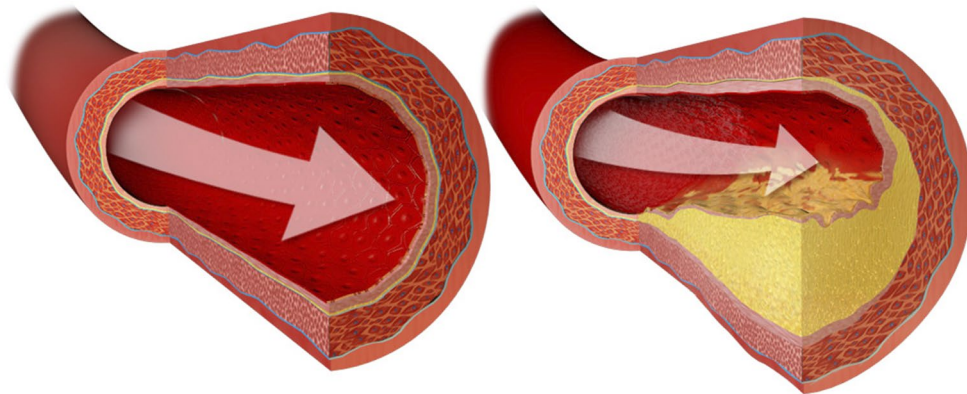


Hypothese over de mogelijke dosis-respons relatie tussen mate van beweging en bijbehorend risico op hart- en vaatziekten in extreme sporters (Afbeelding: Eijssvogels et al.)

zijn in sporters die de marathon lopen en komen er tijdens zware inspanning signaalstofjes vrij die mogelijk duiden op kleine beetjes hartspierschade. Wel herstellen deze negatieve aanpassingen van het sporthart volledig binnen 24 tot 72 uur, wat kan betekenen dat het negatieve effect van extreem veel sporten op het hart meevalt. Eigenlijk zijn de langetermijneffecten van extreme sportbeoefening nog grotendeels onbekend en is er dus meer onderzoek nodig om die in kaart te brengen. Pas dan weten we hoe de rode stippellijn in de afbeelding precies verloopt.

Slagaderverkalking

In de westerse wereld zijn hart- en vaatziekten de belangrijkste doodsoorzaak. Hart- en vaatziekten is een verzamelnaam voor verschillende aandoeningen aan het hart en vaatstelsel, van een hartinfarct tot spataders (zie Achtergrondinformatie 'Hart- en vaatziekten'). In ons onderzoek richten wij ons specifiek op één van deze ziektes, namelijk slagaderverkalking. Bij de geboorte hebben je slagaders een gladde wand vanbinnen waardoor de kans klein is dat er iets aan de vaatwand blijft plakken. Maar in de loop der jaren kan de binnenkant van de slagaders beschadigd raken en kunnen er witte bloedcellen en vette stoffen zoals cholesterol vasthaken aan, en doordringen in, de bloedvatwand. Deze cellen en stoffen hopen zich vervolgens plaatselijk op in de vaatwand. Wanneer er steeds meer ontstekingscellen bijkomen, veroorzaakt dit een steeds verdere verdikking van de vaatwand. Zo'n plaatselijke verdikking van de vaatwand wordt een 'plaque' genoemd, terwijl het hele proces slagaderverkalking heet. De plaques zorgen ervoor dat de doorgang van de slagader steeds nauwer wordt. In het begin geeft dit geen klachten, maar wanneer de doorgang zo ernstig is vernauwd dat het weefsel daarachter onvoldoende bloed krijgt kunnen er problemen ontstaan. De slagaders zijn namelijk de bloedvaten die zuurstof naar de organen vervoeren. Als deze verstopt raken, krijgt het weefsel erachter onvoldoende zuurstof en kunnen er gezondheidsproblemen optreden.



Uitvergrote kransslagaders met plaque (rechts) en zonder plaque (links) (Afbeelding: Blausen)

Type plaque en het risico op een hartinfarct

Slagaderverkalking kan voorkomen in alle slagaders in het lichaam. Aangezien het proces jaren duurt, kan er slagaderverkalking aanwezig zijn zonder dat je het merkt of er last van hebt. Vernauwingen in de kransslagaders (de bloedvaten die het hart van bloed voorzien) kunnen in eerste instantie klachten van pijn op de borst geven als iemand zich inspant of hevige stress of emotie ervaart.

Een plaque wordt maar zelden zo groot dat hij een slagader helemaal afsluit, aangezien je in een eerder stadium al veel klachten en ongemakken ervaart. In dat geval zal de cardioloog bepalen of een ingreep, zoals het plaatsen van een stent of het maken van een omleiding, nodig is. Wat wel kan gebeuren is dat er een scheurtje in de plaque ontstaat. De inhoud van de plaque komt dan in contact met bloed. Het bloed stolt en er ontstaat een bloedstolsel op de plaque. Dit kun je vergelijken met een wondje op de huid waarbij er een korstje wordt gevormd. Dit bloedstolsel kan in korte tijd de slagader afsluiten. Ook kan er een stukje van het bloedstolsel afbreken. Dit wordt met de bloedstroom meegevoerd en kan iets verderop vastlopen en daar het bloedvat afsluiten. Het weefsel achter de afsluiting krijgt geen zuurstof meer en sterft af. Dan is er sprake van een hartinfarct.

Het risico op scheuren van de plaque is afhankelijk van de samenstelling. Plaques met veel kalk hebben een harde stabiele korst en daardoor kunnen er moeilijk scheurtjes in de korst komen. Plaques met weinig kalk, veel vet en veel ontstekingscellen zijn juist heel gevoelig voor scheurtjes en bloedstolsels, en worden daarom instabiele plaques genoemd. Het risico van slagaderverkalking op het krijgen van een hartinfarct of (tijdelijke) afsluiting van het bloedvat is daarom sterk afhankelijk van het type plaques: stabiele plaques hebben een laag risico terwijl instabiele plaques een hoog risico op scheuren hebben, veel groter bij instabiele plaques.

Onderzoek naar slagaderverkalking bij (intensieve) sporters

In ons onderzoek hebben we gekeken naar de relatie tussen de mate van levenslange fysieke activiteit en kransslagaderverkalking. Op basis van de kennis dat sporten gezond is en het risico op hart- en vaatziekten sterk vermindert, was onze hypothese dat we minder kransslagaderverkalking bij de meest actieve sporters zouden vinden. Voor het onderzoek hebben we amateursporters uitgenodigd om naar het ziekenhuis te komen. Daar hebben ze een vragenlijst ingevuld over hun levenslange fysieke activiteit: welke sporten hebben ze beoefend en gedurende welke periode in hun leven? Met een CT-scan van het hart hebben we vervolgens de (on)gezondheid van de kransslagaders bepaald. Op basis van deze gegevens konden we de mate van kransslagaderverkalking vaststellen, evenals het type plaques die het meeste voorkomen. De meest actieve groep sportte gedurende hun hele leven meer dan vijf keer zoveel als de beweegnorm, terwijl de minst actieve groep aan de beweegnorm voldeed. Het onderzoek had een verrassende uitkomst. In tegenstelling tot onze hypothese vonden we dat de meest actieve sporters vaker kransslagaderverkalking hadden dan de minst actieve sporters. Op basis hiervan zou je verwachten dat meer sporten mogelijk gerelateerd is aan een hoger risico op een hartinfarct of afsluiting van het bloedvat. Echter vonden we ook dat de meest actieve sporters vooral stabiele plaques hadden terwijl de minst actieve sporters vooral instabiele plaques hadden.

Kransslagaderverkalking komt dus vaker voor bij de meest actieve sporters, maar het type plaque is gunstiger, waardoor het risico op gezondheidsproblemen mogelijk toch kleiner is. Hoe dit precies zit vraagt meer onderzoek, aangezien we op basis van de huidige bevindingen nog niet kunnen vaststellen of de rode stippellijn in de dosis-response curve van toepassing is. In vervolgonderzoek zouden we dan ook willen uitzoeken hoe de mate van kransslagaderverkalking verandert over de tijd, met welke leefstijlfactoren dit verband houdt, en hoe (on)gezond deze sporters blijven. Tevens willen we ook onderzoeken of de meest actieve sporters vaker of minder vaak hart- en vaatziekten ontwikkelen en of vroegtijdige sterfte (minder) vaak optreedt in deze groep. Omdat we nu alleen mannen hebben onderzocht, willen we ook onderzoeken of onze bevindingen ook van toepassing zijn op vrouwelijke sporters.

Onderzoek naar het effect van veel sporten op het hart

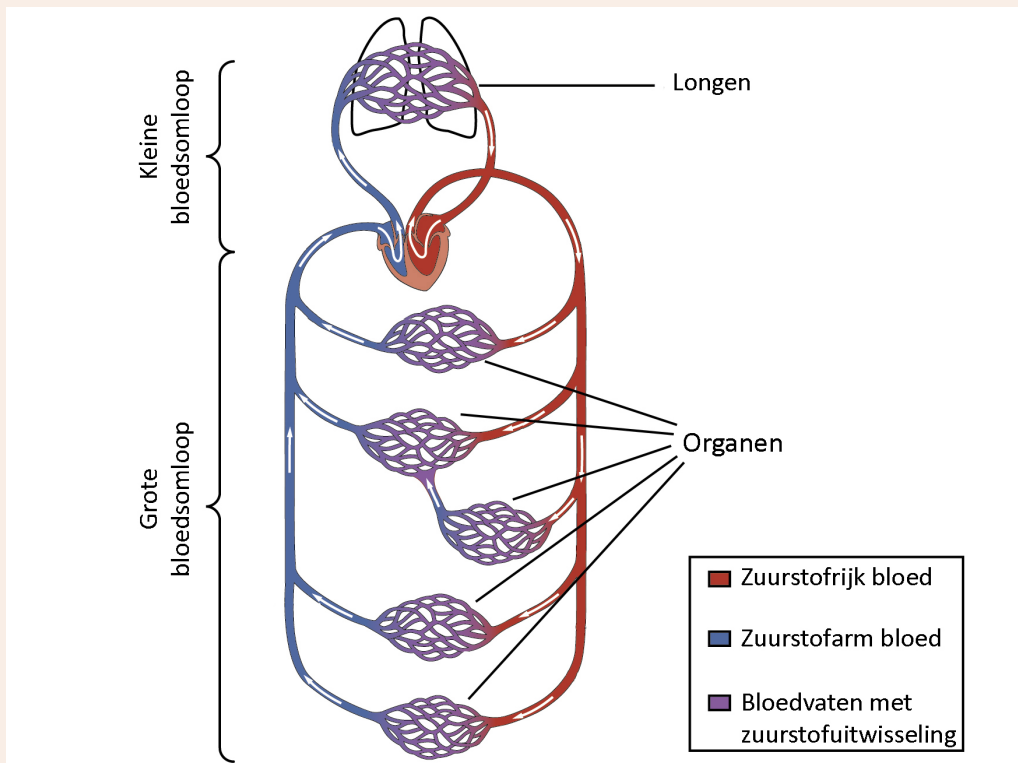
In onderstaand kader geeft dr. Thijs Eijsvogels een voorbeeld van hoe hij met zijn team onderzoek heeft gedaan naar het effect van veel sporten op het hart. Hij beschrijft zijn onderzoeksvraag, de manier waarop hij deze vraag probeerde te beantwoorden, de resultaten die het onderzoek opleverde en de vervolgvragen die het onderzoek oproept. Hiermee willen we het verband laten zien tussen de aanpak van een onderzoeker en die van de leerlingen.

Onderzoeksvraag	Wat is de relatie tussen de mate van levenslange fysieke activiteit en kransslagaderverkalking?
Hypothese	Sporten is gezond en vermindert het risico op hart- en vaatziekten. In dat kader verwachten wij minder kransslagaderverkalking bij de meest actieve sporters.
Onderzoeksaanpak	We nodigen amateursporters uit om naar het ziekenhuis te komen. Hier vullen ze een vragenlijst in over hun levenslange fysieke activiteit: welke sporten hebben ze beoefend en gedurende welke periode in hun leven. Vervolgens maken we een CT-scan van het hart om de (on)gezondheid van de kransslagaders te bepalen. Op basis van deze gegevens kunnen we de mate van kransslagaderverkalking vaststellen, evenals het type plaques die het meeste voorkomen.
Resultaten	In tegenstelling tot onze hypothese vonden we dat de meest actieve sporters vaker kransslagaderverkalking hadden dan de minst actieve sporters. Op basis hiervan zou je verwachten dat meer sporten mogelijk gerelateerd is aan een hoger risico op een hartinfarct of afsluiting van het bloedvat. Echter vonden we ook dat de meest actieve sporters vooral stabiele plaques hadden terwijl de minst actieve sporters vooral instabiele plaques hadden.
Conclusie	Kransslagaderverkalking komt vaker voor bij de meest actieve sporters, maar het type plaque is gunstiger, waardoor het risico op gezondheidsproblemen mogelijk kleiner is.
Wat betekenen deze resultaten voor het dagelijks leven van kinderen?	Sporten is gezond, maar soms zie je op TV of in de krant een bericht dat een sporter is overleden tijdens een wedstrijd. Dit onderzoek geeft meer inzicht over de invloed van extreem veel sporten op de gezondheid van het hart. Hoewel kransslagaderverkalking vaker voorkomt is het geruststellend dat de plaques stabiel zijn. Vooralsnog geen reden om minder te sporten. Bovendien leven sporters gemiddeld 3 tot 6 jaar langer dan niet-sporters.
Vervolg vragen	In vervolgonderzoek willen we uitzoeken hoe de mate van kransslagaderverkalking verandert over de tijd, met welke leefstijlfactoren dit verband houdt, en hoe (on)gezond deze sporters blijven. Daarnaast willen we bepalen of bovenstaande bevindingen in mannen ook van toepassing zijn op vrouwelijke sporters.

ACHTERGRONDINFORMATIE

Functie van hart en bloedvaten

Het hart is een pomp die ongeveer even groot is als een gebalde vuist. In rust pompt het hart 4 tot 5 liter bloed per minuut rond waardoor spieren en organen van zuurstof en voedingsstoffen worden voorzien. Vanuit de grote bloedsomloop komt zuurstofarm bloed de rechterharthelft binnen en dit wordt via de kleine bloedsomloop naar de longen getransporteerd. In de longen geeft het bloed koolstofdioxide af en neemt het zuurstof op. Dit zuurstofrijke bloed stroomt vervolgens via de kleine bloedsomloop terug naar de linkerharthelft. In de grote bloedsomloop verlaat het zuurstofrijke bloed de linkerharthelft via de aorta. Via deze grootste lichaamsslagader wordt het bloed naar alle delen van het lichaam getransporteerd. De aorta vertakt zich tot steeds kleinere vaten en haarvaten. De organen gebruiken voedingsstoffen en zuurstof uit de haarvaten en geven hun afvalstoffen af aan de haarvaten. Het zuurstofarme bloed gaat via de aders weer terug naar het hart. Het hart wordt zelf voorzien van zuurstof en voeding via de kransslagaders. Dit zijn kleine bloedvaatjes die in een soort krans om de buitenkant van de hartspeer lopen en ontspringen bij het begin van de aorta, vlak nadat het bloed de linkerharthelft verlaat.



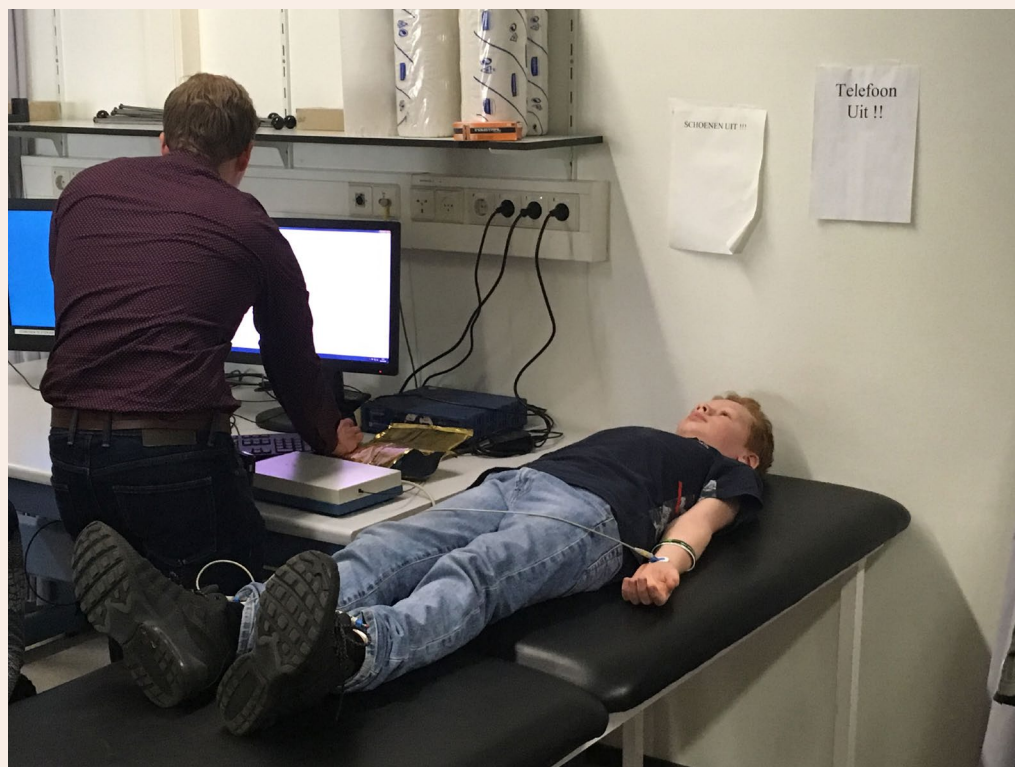
Schematische weergave van de bloedsomloop in het menselijk lichaam (Afbeelding: OpenStax College)

Hart- en vaatziekten

Hart en vaatziekten zijn grofweg in vijf verschillende groepen te verdelen: 1) hartziekten (zoals een hartinfarct, pijn op de borst, en hartfalen) 2) beroerte door een herseninfarct, hersenbloeding of TIA, 3) vaatziekten (zoals etalagebenen, spataders en slagaderverkalking), 4) aangeboren hartafwijkingen (zoals een ventrikelseptumdefect, atriumseptumdefect of tetralogie van Fallot), en 5) hartritmestoornissen (zoals boezemfibrilleren, hartkloppingen of het Lange-QT-Syndroom). Daarnaast kunnen hart- en vaatziekten worden onderverdeeld in verworven en aangeboren aandoeningen. Bij verworven aandoeningen speelt een ongezonde leefstijl, zoals onvoldoende bewegen, ongezond eten, roken, en veel stress een belangrijke rol.

Risicofactoren van slagaderverkalking

Het ontstaan van slagaderverkalking is gedeeltelijk een natuurlijk proces dat onderdeel uitmaakt van veroudering van het lichaam. Slagaderverkalking start al op jonge leeftijd en iedere persoon heeft uiteindelijk een bepaalde mate van slagaderverkalking in zijn of haar leven. Echter, niet iedereen krijgt daar problemen van. Wel zijn er risicofactoren die een grote rol spelen bij het ontstaan en verergeren van slagaderverkalking. De belangrijkste risicofactoren bij de vorming van slagaderverkalking zijn: roken, hoge bloeddruk, hoog cholesterol, diabetes (suikerziekte), overgewicht en langdurige stress. Door niet te roken, gezond te eten en regelmatig te bewegen verlaag je de kans op slagaderverkalking. Maar ook als je gezond leeft, kun je slagaderverkalking krijgen. Je leeftijd en geslacht zijn van invloed. Ook komt in sommige families slagaderverkalking relatief vaak voor.



Een onderzoeker maakt een ECG van een leerling van kindcentrum STip bij een bezoek aan het ziekenhuis, hier uitgevoerd met 4 meetpunten. Normaal wordt op 12 punten gemeten, waarbij ook de borst wordt ontbloot. (Foto: Esther Koeslag)

Hoe kan je de gezondheid van het hart meten?

De gezondheid van het hart kan op verschillende manieren gemeten worden. Het hartritme en de elektrische geleiding van het hart kan je meten middels een hartfilmpje (ECG). Op deze manier kan snel en betrouwbaar worden vastgesteld of er iets mis is met het hart, zoals het vermoeden op een hartinfarct. Ook is het mogelijk om in het bloed naar bepaalde signaalstoffen te kijken. Een verhoogde waarde van zo'n signaalstof kan vermoedens van hart- of vaatziekten bevestigen waarna aanvullend onderzoek kan plaatsvinden indien nodig. Voor meer gedetailleerde informatie over de functie of structuur van het hart kan een hartecho, MRI-scan of CT-scan worden uitgevoerd. Deze beeldvormende technieken worden steeds vaker ingezet in de diagnostiek van hart- en vaatziekten. Tot slot kan er bij hartpatiënten via de pols- of liesslagader een draadje met camera worden opgevoerd naar de kransslagvaten om daar beelden te maken van eventuele kransslagaderverkalking en/of bloedvatvernauwingen.

Hoe zit het met plotse hartdood tijdens sporten?

Sporten is gezond, maar het relatieve risico op plotse hartdood neemt paradoxaal genoeg vijf keer toe tijdens inspanning in vergelijking met rust. Het is echter belangrijk om te benadrukken dat het absolute risico zeer laag blijft, namelijk zo'n 1 op de 100.000 sporters per wedstrijd. Ondanks dat plotse hartdood tijdens het sporten vaak veel aandacht in de media krijgt, is het risico zo laag dat dit geen reden moet zijn om minder of niet te sporten omdat sporten op de lange termijn meer gezondheidsvoordelen dan risico's heeft. Een plotse hartdood kan vele oorzaken hebben. Bij sporters jonger dan 35 jaar is er vaak sprake van een (onbekende) aangeboren hartafwijking, terwijl bij sporters ouder dan 35 jaar verworven ziekten zoals slagaderverkalking de belangrijkste oorzaak zijn. Zonder een tijdige reanimatie kan een hartstilstand in enkele minuten tot een hersendood leiden. Tijdige reanimatie kan in veel gevallen de pompfunctie van het hart herstellen zonder ernstige schade aan de hersenen. Onmiddellijk na de hartstilstand dient er daarom hartmassage en beademing te worden toegepast.

Verder lezen, kijken en luisteren

Onderstaande links staan ook op de website www.wetenschapdeklasin.nl bij dit thema. 

Video's WKRU

- Videoportret Thijs Eijvogels bij uitreiking Radboud Science Awards 2018 
- Lezing voor kinderen door Thijs Eijvogels bij uitreiking Radboud Science Awards 2018 

Meer informatie over het onderzoek van de groep van Thijs Eijvogels

- Artikel op de website van de Hartstichting over het werk van de onderzoekers 
- Engelstalige website van de onderzoeksgroep 

Meer informatie over het effect van sport op het lichaam

- Artikel van Scientias over bewegen als medicijn 
- Artikel van De Gelderlander over het gezondheidseffect van meer bewegen 
- Artikel over 5 gezondheidsrisico's van te veel sporten 
- Drie artikelen over het effect van (marathon) lopen op het hart 

Meer informatie over de beweegnorm

- Website Kenniscentrum Sport met introductie op de beweegrichtlijn 
- Website van de Gezondheidsraad met de volledige beweegrichtlijn 
- Filmpje over waarom we moeten bewegen 

Meer informatie over het hart

- WikiKids over het hart 
- Filmpjes van SchoolTV over het hart en de bloedsomloop 
- Filmpje van SchoolTV over de functie van hart en bloedvaten 
- Filmpje van de Hartstichting over de bouw en werking van het hart 
- Filmpje van de Hartstichting over de bloedsomloop 
- Quiz over de anatomie van het hart 
- Website met informatie over en filmpje van snijpracticum hart 

Meer informatie over slagaderverkalking en het hartinfarct

- Website van de Hartstichting over slagaderverkalking 
- Filmpje van de Hartstichting over het hartinfarct tot aan 0:42 minuten 
- Filmpje van het Klokhuys over het hartinfarct en sporthart 

Prijswinnende wetenschappelijke artikel waarop het project is geïnspireerd:

Aengevaeren, V. L., Mosterd, A., Braber, T. L., Prakken, N. H., Doevendans, P. A., Grobbee, D. E., Thompson, P. D., **Eijvogels, T. M. H.**, & Velthuis, B. K. (2017). Relationship between lifelong exercise volume and coronary atherosclerosis in athletes. *Circulation*, 136(2), 138-148.

2.2 Onderzoek naar het effect van sporten de klas in!

Radboud Science Team 'Sport'

Deze paragraaf beschrijft hoe je in de klas een project onderzoekend leren kunt opzetten bij het thema 'Sport'. Je vindt hier diverse activiteiten voor de introductie en verkenning van het project. Deze activiteiten zijn als eerste uitgevoerd bij Kindcentrum STip in Swolgen en Tienray en basisschool De Borgwal in Bemmelen.

Alle activiteiten samen vormen een beeld van het onderzoek naar het effect van sporten op het hart dat in de voorgaande paragraaf staat beschreven. De relatie tussen de activiteiten en het onderwerp staat steeds expliciet uitgeschreven onder het kopje 'Verbinding met het thema'.

De online bijlagen waar bij verschillende activiteiten naar wordt verwezen, zijn te vinden op onze website www.wetenschapdeklasin.nl. Dit symbool  verwijst naar deze website.

Deze activiteiten zijn onderdeel van stap 1 en 2 ('introductie' en 'verkennen') van het onderzoekend leren. We raden leraren aan om de 'Leidraad onderzoekend leren' (Van Baren-Nawrocka & Dekker, 2019)  als uitgangspunt te nemen bij de uitvoering van dit project in de klas. Hierin staat een uitgebreide beschrijving van de zeven stappen van onderzoekend leren.



Leerlingen van De Borgwal presenteren hun onderzoek (Foto: De Borgwal)



Stap 1. Introductie

Tijdens de introductiefase komen leerlingen voor het eerst in aanraking met een onderwerp. Het doel is hen te prikkelen en nieuwsgierig te maken naar het onderwerp.

INTRODUCTIEACTIVITEIT: HART IN BEWEGING

Tijdens deze activiteit luisteren de leerlingen naar geluidsfragmenten van een kloppend hart. Ze proberen te raden wat ze horen.

Doel

De leerlingen worden nieuwsgierig naar het hart en wat er met het hart gebeurt als je je inspannt.

Duur

10 minuten

Werkvorm

Klassikaal

Benodigheden

Twee geluidsfragmenten van het hart tijdens rust  en na zware inspanning (tot 0:30 minuten) 

Activiteit

Laat de leerlingen de twee geluidsfragmenten van het hart horen. Zorg dat ze de website met geluidsfragmenten niet te zien krijgen, want dan verklap je wat ze gaan horen. Laat de leerlingen zelf raden wat ze horen. Wat is het verschil tussen de twee geluidsfragmenten? En waardoor zou dit verschil komen?

Verbinding met het thema

Tijdens deze activiteit worden leerlingen nieuwsgierig gemaakt naar het thema.



Stap 2. Verkenning

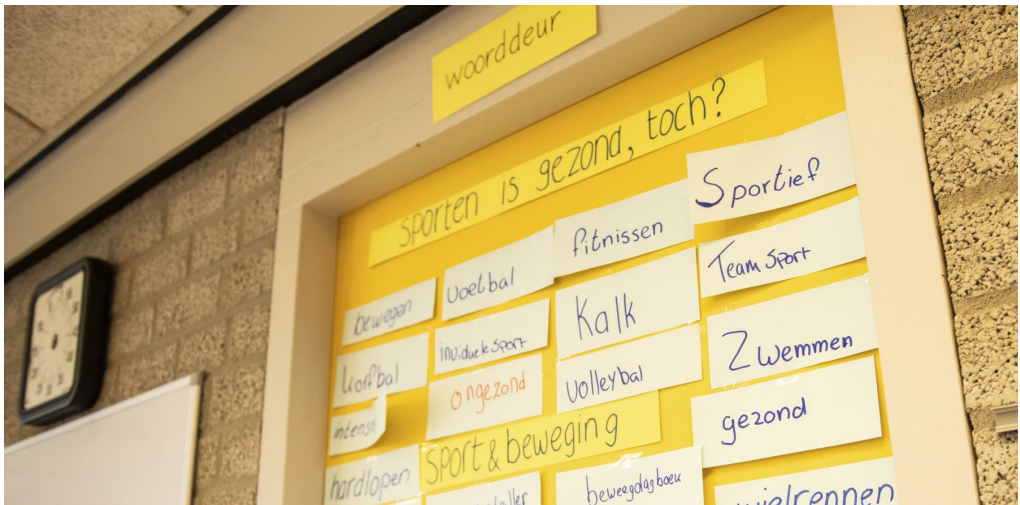
In de verkenningfase gaan de leerlingen het thema breed verkennen. Dit is het moment waarop de inhoudelijke basis voor het project wordt gelegd. Het gaat er in deze fase om dat leerlingen op verschillende manieren kennis opdoen over het thema. De kern van de verkenning bestaat uit het doen van activiteiten, die leerlingen soms in groepjes en soms klassikaal uitvoeren. Het is belangrijk dat je als leraar telkens de verbinding legt tussen de activiteit en wat daaruit te leren valt over het thema. Bij iedere activiteit is deze verbinding beschreven.

Zorg daarnaast dat je het thema ook overkoepelend goed toelicht en uitlegt aan de leerlingen. Je kunt daarvoor de lezing voor kinderen gebruiken die de onderzoeker eerder heeft gegeven  en de informatie die in paragraaf 2.1 beschreven staat.

Subthema's

Het onderverdelen van het hoofdthema in subthema's kan leerlingen helpen om bij stap 3 een onderzoeksvraag te formuleren. Subthema's geven meer houvast, omdat ze vaak minder abstract zijn dan het hoofdthema. Bovendien zorgt het uitvoeren van activiteiten van verschillende subthema's voor meer diversiteit tussen de eigen onderzoeksvragen van de leerlingen. We hebben daarom ook binnen dit thema een aantal subthema's aangebracht. Per activiteit is aangegeven bij welk subthema ze passen:

- Kennis over het hart
- Hart tijdens beweging
- Beweging meten
- Beweegnorm



Op de woorddeur van het Kindcentrum STip verzamelen kinderen hun gedachten over sport en beweging (Foto: Jimmy Israel)

ACTIVITEIT 1: **MAAK KENNIS MET JE HART**

Tijdens deze activiteit ontdekken de leerlingen hoe groot hun hart is, waar het zich bevindt in hun lichaam en hoe ze hun hartslag kunnen meten.

Subthema

Kennis over het hart

Doelen

- De leerlingen leren waar het hart zit en hoe groot het is.
- De leerlingen leren waar ze hun hartslag kunnen voelen in hun lichaam.
- De leerlingen leren hoe ze hun hartslag kunnen meten.

Duur

20 minuten

Werkvorm

In viertallen

Benodigheden

Per groepje:

- Instructieblad 'Maak kennis met je hart' 
- Een (oud) lichtgekleurd T-shirt
- Een (textiel)stift
- Een oude krant
- Een hartslagmeter; bij voorkeur een hartslagmeter in een sporthorloge. Een smartphone met hartslagmeter-app  kan ook, maar is minder betrouwbaar.

Vorbereiding

Zorg dat je weet hoe de hartslagmeters werken. Deze activiteit bestaat uit drie kleinere activiteiten. Leg voor elk groepje de materialen klaar. Zo nodig kunnen groepjes bepaalde materialen delen of kunnen de groepjes rouleren.

Activiteit

Verdeel de klas in viertallen en zorg dat in elk groepje een jongen zit. Deel het instructieblad uit en laat de groepjes de drie activiteiten uitvoeren:

1. Leerlingen voelen het kloppen van hun hart door hun hand op hun borstkas te leggen. Op die plek zetten ze met textielstift een kruis op het T-shirt dat één van de jongens uit het groepje draagt. Ze gebruiken de krant om ervoor te zorgen dat er geen stift doordrukt op de kleren van de jongen die het shirt aanheeft. Met behulp van hun vuist proberen de leerlingen het hart op ware grootte te tekenen.
2. Leerlingen voelen hun eigen pols en die van de andere leerlingen in hun groepje.
3. Leerlingen meten elkaars hartslag met de hartslagmeter.

Afronding

Bespreek de activiteit klassikaal na. Wat hebben de leerlingen geleerd over het hart? Hoe vaak slaat het hart per minuut?

Verbinding met het thema

Tijdens deze activiteit maken de leerlingen kennis met het hart. De onderzoekers onderzochten het effect van levenslang sporten op de gezondheid van dit orgaan.



Leerlingen van De Borgwal tekenen bij elkaar waar het hart zit (links) en meten hoe hoog hun hartslag is (rechts) (Foto's: De Borgwal)

ACTIVITEIT 2: HET HART ALS POMP

Tijdens deze activiteit bootsen leerlingen na hoeveel bloed ons hart per minuut rondpompt als we in rust zijn en als we inspanning leveren. Ook bekijken ze hoe dit verschilt van iemand die veel sport.

Subthema

Hart tijdens beweging

Doelen

- Leerlingen leren hoeveel bloed je hart per minuut door je lichaam pompt in rust en tijdens inspanning.
- Leerlingen leren dat de hoeveelheid bloed die per minuut door je hart stroomt veel groter is voor mensen die veel sporten dan voor gezonde mensen die niet vaak sporten.
- Leerlingen leren wat het hartminuutvolume en het slagvolume is.
- Leerlingen verwonderen zich over de werking van ons hart.

Duur

1 uur

Werkvorm

In drietallen

Benodigheden

Per groepje:

- Quiz 'Het hart als pomp' 
- Werkblad 'Het hart als pomp' 
- Drie emmers met een inhoud van 10 liter
- Een grote bak met 30 liter water erin (bijvoorbeeld een speciekuip)
- Stopwatch
- Rekenmachine
- Maatbeker

Vorbereiding

Bedenk waar je de activiteit met leerlingen kunt uitvoeren: ergens waar het niet erg is dat de leerlingen met water knoeien. Denk eraan dat het vullen van de grote bakken met water tijd kost.

Activiteit

Doe de korte quiz om de leerlingen inzicht te geven in de hoeveelheid bloed die in het lichaam circuleert.

Vertel dat de leerlingen nu zelf gaan ervaren welke hoeveelheden bloed er elke minuut door het lichaam worden gepompt. Geef elk groepje daarvoor het werkblad en verdeel de rollen: één leerling giet water over, één leerling geeft emmers aan en één leerling houdt de tijd bij.

Allereerst bootsen de leerlingen na hoeveel bloed het hart van een gezonde volwassene rondpompt in rust (5 liter). Om 5 liter af te meten, vullen de leerlingen een emmer voor de helft met water. Vervolgens giet één van de leerlingen de inhoud van deze emmer in 1 minuut in een zo constant mogelijk tempo weer terug in de grote bak. De leerling die de tijd bijhoudt geeft het start- en stopsein. Als er na 1 minuut nog water in de emmer zit of als al het water al is overgegoten voordat de minuut om is, probeert de leerling het opnieuw, net zolang tot het lukt om precies in 1 minuut de vijf liter over te gieten. Het hart pompt deze hoeveelheid bloed namelijk ook heel gelijkmatig en precies in 1 minuut rond. Dat heet het *hartminuutvolume*.

Vervolgens bootsen ze na hoeveel bloed het hart van een gezonde volwassene rondpompt tijdens inspanning (15 liter). Om 15 liter af te meten, vullen ze één emmer helemaal en één emmer voor de helft. Ze herhalen vervolgens de oefening en proberen de inhoud van de twee emmers in een constant tempo, binnen 1 minuut, over te gieten in de grote bak. De tweede leerling geeft op tijd de volgende emmer aan zodat de leerling die giet kan blijven doorgieten.

Tenslotte bootsen ze na hoeveel bloed het hart van een volwassene die veel sport rondpompt tijdens inspanning (30 liter). Ze vullen dan alle drie de emmers zodat ze 30 liter hebben en herhalen de oefening.



Met emmers en een grote bak water bootsen leerlingen van Kindcentrum STip het hart als pomp na (Foto: Jimmy Israel)

Afronding

Bespreek de activiteit klassikaal na. Wat is de leerlingen opgevallen? Vertel dat de hoeveelheid bloed die het hart *per minuut* rondpompt het *hartminuutvolume* heet. De hoeveelheid die per slag wordt rondgepompt heet het *slagvolume*. Vervolgens kun je de leerlingen de verschillende slagvolumes laten uitrekenen via de sommen op het werkblad. Laat ze de slagvolumes na het rekenen afmeten met de maatbeker zodat ze een idee krijgen hoeveel dit is. Als de sommen nog te lastig zijn voor de leerlingen in je klas, kun je ze ook de hoeveelheid milliliters vertellen, zodat ze met de maatbeker toch een beeld krijgen hoeveel bloed het hart per slag rondpompt.

Verbinding met het thema

De leerlingen krijgen in deze activiteit een beeld van hoeveel bloed het hart per minuut rondpompt (hartminuutvolume) en hoe dit verandert als je je inspant of als je je inspant wanneer je langdurig sport. Als je je inspant, gaat je hart harder kloppen (hogere hartfrequentie) en wordt er meer bloed rondgepompt (hoger hartminuutvolume). De hoeveelheid bloed die per slag rondgepompt wordt (slagvolume), varieert tussen mensen. Bij mensen die veel sporten is de hartspier beter getraind en wordt er dus meer bloed per slag rondgepompt. Dit betekent dat het slagvolume groter is, wat weer leidt tot een groter hartminuutvolume. De onderzoekers bekijken wat (langdurige) inspanning met het hart doet, juist omdat het hart dan harder moet werken.

Tip

Je kunt bovenstaande activiteit ook uitvoeren met de hoeveelheden die passen bij de leeftijd van de kinderen, zie daarvoor tabel bij de quiz. Daardoor kunnen de leerlingen de vergelijking tussen kinderen en volwassenen maken.

ACTIVITEIT 3: HARTSLAG TIJDENS BEWEGEN

Tijdens deze activiteit leren de leerlingen over verschillende beweegintensiteiten: ze ervaren wat rust, licht, matig of zwaar intensief bewegen inhoudt door zelf in beweging te komen en hun hartslag daarbij te meten.

Subthema's

- Hart tijdens beweging
- Beweging meten
- Beweegnorm

Doelen

- Leerlingen krijgen een idee van wat wordt bedoeld met rust, licht, matig en zwaar intensief bewegen.
- Leerlingen leren hun hartslag te meten door hun pols te voelen en/of een hartslagmeter te gebruiken.

Duur

30 minuten

Werkvorm

In viertallen

Benodigheden

Per groepje:

- Stopwatch
- Werkblad 'Hartslag tijdens bewegen' 
- Een hartslagmeter; bij voorkeur een hartslagmeter in een sporthorloge. Een smartphone met hartslagmeter-app  kan ook, maar is minder betrouwbaar. Eventueel kan de hartslag op de pols worden gemeten (zie filmpje .
- Eventueel: springtouw
- Optioneel: Per leerling werkblad 'Je eigen slagvolume berekenen'  + per groepje een maatbeker

Vorbereiding

Indien je hartslagmeters gebruikt, zorg dan dat je weet hoe deze werken.

Activiteit

Haal met leerlingen voorkennis op over het kloppen van het hart door hen vragen te stellen zoals: Wanneer gaat je hart heel snel? Hoeveel slagen is dat per minuut? Hoe kun je je hartslag meten aan de pols of met de hartslagmeter?

Laat elk van de leerlingen uit het groepje een rol kiezen: één van de leerlingen is proefpersoon, de tweede bewaakt de tijd, de derde meet de hartslag, en de vierde noteert de resultaten. De proefpersoon gaat eerst twee minuten rustig zitten. De tijdbewaker geeft aan wanneer de twee minuten ingaan en wanneer ze zijn afgelopen. Degene die de hartslag meet, meet de hartslag van de proefpersoon onmiddellijk nadat de twee minuten zijn afgelopen. De notulist schrijft het resultaat op het

werkblad 'Hartslag tijdens bewegen'. Dan gaat de proefpersoon achtereenvolgens twee minuten rustig wandelen, twee minuten stevig doorwandelen en twee minuten touwtje springen, rennen of traplopen. Direct na elke twee minuten wordt de hartslag gemeten. Laat hierna de leerlingen van rol wisselen, zodat elke leerling een keer als proefpersoon op de verschillende intensiteiten heeft bewogen. Na afloop bekijken ze de tabel en schrijven ze op wat hen opvalt aan de hartslag die ze gemeten hebben. Optioneel kan je de leerlingen ook nog het werkblad 'Je eigen slagvolume berekenen' laten invullen. Ze ontdekken dan hoeveel bloed hun eigen hart per slag rondpompt.

Afronding

Bespreek de activiteit klassikaal na. Wat valt op als je naar de hartslag kijkt? Kunnen de leerlingen verklaren hoe het komt dat de hartslag verschilt? Als je meer beweegt dan hebben je spieren meer zuurstof nodig. Zuurstof wordt in het bloed getransporteerd. Om meer zuurstof te krijgen gaat je hart dus sneller kloppen. Leg uit dat die verschillen in intensiteit gebruikt worden om te meten hoeveel iemand beweegt. Dat gaan de leerlingen zelf nog ervaren in activiteit 4 en 5.

Verbinding met het thema

Bewegen en sporten kun je op verschillende intensiteit doen. Zo maakt het uit hoe intensief je aan het sporten bent voor hoeveel je vooruitgaat qua conditie, hoeveel calorieën je verbrandt of hoe gezond het is voor je hart. Dit heeft te maken met hoe hoog je hartslag op dat moment is. In deze activiteit meten de leerlingen wat hun hartslag is bij welke beweegintensiteit. Ze ervaren dat hoe actiever je bent, hoe sneller je hart slaat. Ook krijgen ze een beeld van hoe het bewegen op verschillende intensiteiten eruit ziet. Het meten van hartslag is belangrijk voor het onderzoek omdat het ons aan de ene kant vertelt hoezeer iemand zich inspant, en aan de andere kant wordt gebruikt om het effect te onderzoeken van beweegintensiteit op het hart.



Twee leerlingen van De Borgwal verhogen hun hartslag door een stukje te gaan hardlopen (Foto: De Borgwal)

ACTIVITEIT 4: BEWEEGVRAGENLIJST

Bewegen is ontzettend gezond, maar hoeveel beweeg je nou eigenlijk zelf? Er volgt een drietal activiteiten waarin de leerlingen kennis maken met manieren om beweging te meten: de beweegvragenlijst, het beweegdagboek en de stappenteller. Tot slot is er een activiteit waarbij deze verschillende manieren om beweging te meten met elkaar worden vergeleken.

In deze activiteit maken de leerlingen aan de hand van de beweegvragenlijst een inschatting van hoeveel ze gemiddeld per week bewegen en berekenen ze op grond van wat hebben ingevuld hun beweegscore.

Subthema

Beweging meten

Doelen

- De leerlingen leren hoe je kunt meten hoeveel je beweegt.
- De leerlingen leren een beweegvragenlijst in te vullen.
- De leerlingen leren hoe ze hun eigen beweegscore kunnen berekenen.

Duur

20 minuten

Benodigheden

Per leerling:

- Werkblad 'Beweegvragenlijst' 
- Instructieblad 'Beweegintensiteit bepalen' 
- Rood, geel, blauw en groen kleurpotlood of stift
- Rekenmachine

Werkvorm

Individueel

Activiteit

Laat de leerlingen individueel de vragenlijst op het werkblad invullen. Ze kunnen het instructieblad gebruiken om te weten of het om rust, licht, matig of zwaar intensief bewegen ging. Daarna kunnen ze op basis van de vragenlijst hun eigen beweegscore berekenen. De beweegscore wordt berekend door het aantal minuten dat de leerlingen de afgelopen week matig en zwaar intensief hebben bewogen te vermenigvuldigen met een score voor beweegintensiteit (MET-score). Deze MET-score geeft aan hoeveel energie je extra gebruikt om een bepaalde activiteit uit te voeren ten opzichte van rust.

Afronding

Vertel eerst dat de beweegscore laat zien hoeveel energie je gebruikt bij het bewegen en leg uit wat de MET-score betekent (zie 'Verbinding met het thema'). Bespreek dan de activiteit na. Was er een groot verschil in de vragenlijsten en beweegscores van de leerlingen? Was het moeilijk om in te schatten hoeveel je per week beweegt? Hoe ging het invullen van de vragenlijst? Was het lastig om de vragenlijst eerlijk in te vullen? Denken de leerlingen dat hun klas voldoende beweegt?

Vraag de leerlingen het ingevulde werkblad zorgvuldig te bewaren, ze hebben het bij activiteit 7 en 8 weer nodig.

Verbinding met het thema

De onderzoekers wilden weten wat de effecten van sporten en bewegen op het hart zijn. Tijdens deze activiteit maken leerlingen kennis met één van de manieren waarop je kunt nagaan hoeveel iemand beweegt: de beweegvragenlijst.

Met behulp van de beweegvragenlijst kunnen leerlingen hun beweegscore uitrekenen. Dat is een getal dat uitdrukt hoeveel je matig en zwaar intensief hebt bewogen. Omdat je bij zwaar intensief bewegen meer beweegt in dezelfde tijd dan bij matig intensief bewegen, levert dat meer 'punten' op voor de totale beweegscore. In de berekening van de beweegscore wordt dit gedaan door te kijken naar de hoeveelheid energie die je gebruikt bij een activiteit. Voor een activiteit waar je twee keer zoveel energie gebruikt, is het aandeel in de beweegscore dus ook twee keer zo groot. Om de zwaarte van de beweging mee te nemen wordt de *MET-score* gebruikt. MET staat voor 'Metabolic Equivalent of Task'. Dit is de hoeveelheid energie die je extra gebruikt om een bepaalde activiteit uit te voeren ten opzichte van rust. In de wetenschap is voor elke activiteit zo'n score toegekend. Bijvoorbeeld: rennen kost 6,5 zoveel energie als rusten dus rennen heeft een MET-score van 6,5. Om het scoren voor leerlingen te vereenvoudigen hebben we ervoor gekozen om met één MET-score per intensiteitsniveau te werken, in plaats van een score per activiteit. De scores die we gebruiken zijn 6 voor matig intensieve activiteiten en 9 voor zwaar intensieve activiteiten. In activiteit 8 worden de beweegscores van de leerlingen vergeleken met de beweegnorm. De leerlingen kunnen dan zien of ze voldoen aan de richtlijn voor de hoeveelheid beweging die kinderen nodig hebben.

ACTIVITEIT 5: BEWEEGDAGBOEK

In deze activiteit houden de leerlingen in een dagboek bij hoeveel ze bewegen. Net zoals in activiteit 4 berekenen ze hun beweegscore, maar nu op grond van hun ingevulde dagboek.

Subthema

Beweging meten

Doelen

- De leerlingen leren hoe je kunt meten hoeveel je beweegt.
- De leerlingen leren een beweegdagboek bijhouden.
- De leerlingen leren hoe ze hun eigen beweegscore kunnen berekenen.

Duur

Introductieles: 15 minuten

Bijhouden dagboek: 2x 10 minuten per dag, gedurende een week

Afsluitingsles: 15 minuten

Werkvorm

Individueel

Benodigheden

Per leerling:

- Werkblad 'Beweegdagboek' ●
- Instructieblad 'Beweegintensiteit bepalen' ●
- Rood, geel, blauw en groen kleurpotlood of stift
- Rekenmachine



Twee leerlingen van Kindcentrum STip houden nauwkeurig hun activiteiten bij in een beweegdagboek (Foto: Jimmy Israel)

Vorbereiding

Houd zelf een dag het beweegdagboek bij. Dit geeft de leerlingen inzicht in hoe zo'n dagboek eruitziet en geeft hen de motivatie om zelf ook een dagboek bij te houden.

Activiteit

Vertel de leerlingen dat ze een week lang gaan bijhouden hoeveel ze bewegen met behulp van een beweegdagboek. Licht toe wat een beweegdagboek is door jouw ingevulde beweegdagboek als voorbeeld te laten zien en bespreek wat wordt bedoeld met rust, licht, matig en zwaar intensief bewegen. De informatie hierover vind je op het instructieblad.

Geef iedere leerling een instructieblad en een beweegdagboek en laat ze het invullen voor vandaag. Geef ze vervolgens de opdracht om het dagboek de komende week bij te houden. Maak hiervoor gedurende de week tijd in de les, bijvoorbeeld aan het eind van de ochtend en het eind van de middag.

Na 1 week, als de dagboeken zijn ingevuld, kunnen de leerlingen gaan uitrekenen hoeveel ze hebben bewogen (beweegscore). De beweegscore wordt berekend door het aantal minuten dat de leerlingen de afgelopen week matig en zwaar intensief hebben bewogen te vermenigvuldigen met een score voor beweegintensiteit (MET-score). Deze MET-score geeft aan hoeveel energie je extra gebruikt om een bepaalde activiteit uit te voeren ten opzichte van rust. Laat de leerlingen aan de hand van het werkblad hun beweegscore uitrekenen.

Afronding

Bespreek de activiteit klassikaal na. Is er een groot verschil in de dagboeken en beweegscores van de leerlingen? Hoe ging het bijhouden van het dagboek? Was het lastig om het dagboek eerlijk in te vullen? Denken de leerlingen dat hun klas voldoende beweegt?

Vraag de leerlingen het ingevulde werkblad zorgvuldig te bewaren, ze hebben het bij activiteiten 7 en 8 weer nodig.

Verbinding met het thema

De onderzoekers wilden weten wat de effecten van sporten en bewegen op het hart zijn. Tijdens deze activiteit maken leerlingen kennis met één van de manieren waarop je kunt nagaan hoeveel iemand beweegt: het beweegdagboek. Met behulp van het beweegdagboek kan je een beweegscore uitrekenen. Dat is een getal dat uitdrukt hoeveel je matig en zwaar intensief hebt bewogen. Zie voor verdere uitleg over de beweegscore 'Verbinding met het thema' bij activiteit 4.

Tip

Je kunt eventueel aan ouders vragen of ze de leerlingen eraan willen helpen herinneren hun beweegdagboek in te vullen.

ACTIVITEIT 6: STAPPEN TELLEN

De leerlingen schatten in hoeveel stappen ze per dag lopen. Ze meten het daadwerkelijke aantal stappen met behulp van een stappenteller en bedenken hoe het zou kunnen komen dat ze meer/minder stappen zetten dan ze hadden voorspeld.

Subthema

Beweging meten

Doelen

- Leerlingen leren dat het lastig is om in te schatten hoeveel je beweegt.
- Leerlingen leren werken met een stappenteller.

Duur

10 minuten (leerlingen houden gedurende 1 dag hun stappen bij met de stappenteller, de voorbereiding en verwerking kost 10 minuten)

Benodigheden

Per leerling:

- Werkblad 'Stappen tellen' 
- Stappenteller of stappenteller app op de telefoon

Werkvorm

Individueel



Een leerling van Kindcentrum STip maakt handig gebruik van haar telefoon met daarop een stappenteller-app (Foto: Jimmy Israel)

Vorbereiding

Zorg dat je weet hoe de stappentellers werken. Als je een stappenteller app gebruikt, zorg dan dat de leerlingen beschikking hebben over een smartphone met daarop de stappenteller app.

Activiteit

Laat de leerlingen voorspellen hoeveel stappen ze per dag lopen. Je geeft ze daarbij de hint dat je tijdens een uur wandelen ongeveer 6.000 stappen loopt. Ze vullen het aantal stappen dat ze schatten in op het werkblad. Vraag hen vervolgens een dag lang het aantal stappen dat ze zetten bij te houden met de stappenteller. Ze moeten deze dan de hele tijd meenemen. Als ze de stappenteller op de telefoon gebruiken, laat de leerlingen er dan voor zorgen dat ze deze dicht op het lichaam dragen, bijvoorbeeld in een broekzak. Daarna vullen ze hun resultaten in op het werkblad en vullen ze de reflectievraag in.

Afronding

Bespreek de activiteit na. Lukte het de leerlingen goed om in te schatten hoeveel ze bewogen? Hoe zou het kunnen komen dat ze meer/minder stappen liepen dan ze hadden voorspeld?

Verbinding met het thema

De onderzoekers wilden weten wat de effecten van sporten en bewegen op het hart zijn. Tijdens deze activiteit maken leerlingen kennis met één van de manieren waarop je kunt nagaan hoeveel iemand beweegt: de stappenteller.

ACTIVITEIT 7: VRAGENLIJST, DAGBOEK OF STAPPENTELLER?

Leerlingen vergelijken de verschillende manieren waarop je beweging kunt meten. Deze activiteit sluit aan op de activiteiten 4, 5 en 6. Bij deze activiteit hebben de leerlingen hun ervaring nodig met de drie verschillende meetmethoden, en de scores van hun eigen vragenlijst en dagboek.

Subthema

Beweging meten

Doelen

- Leerlingen leren dat er verschillende manieren zijn waarop je kunt meten hoeveel iemand beweegt.
- Leerlingen leren dat elk van deze methoden hun voor- en nadelen heeft.

Duur

15 minuten

Werkvorm

In drietallen

Benodigheden

Per groepje:

- Werkblad 'Vragenlijst, dagboek of stappenteller' 
- Van iedere leerling het ingevulde werkblad 'Beweegvragenlijst' uit activiteit 4
- Van iedere leerling het ingevulde werkblad 'Beweegdagboek' uit activiteit 5



Leerlingen van Kindcentrum STip kijken of hun beweegscores overeenkomen met hun beweegdagboek (Foto: Jimmy Israel)

Activiteit

Verdeel de klas in drietallen en geef elk groepje het werkblad waarmee ze verschillende methodes om beweging te meten met elkaar vergelijken. Laat hen de ingevulde werkbladen 'Beweegvragenlijst' en 'Beweegdagboek' erbij pakken. Eerst vergelijken de groepjes hun beweegscores van de vragenlijst en het dagboek en bedenken ze waar een eventueel verschil door zou kunnen komen. Vervolgens denken ze samen na over de voor- en nadelen van drie verschillende manieren om beweging te meten: 'vragenlijst invullen', 'beweegdagboek bijhouden' en 'stappenteller dragen'.

Afronding

Bespreek de activiteit na. Wat zijn de voor- en nadelen van beweging meten met een vragenlijst, een dagboek of een stappenteller? Kijk bij 'Verbinding met het thema' voor uitleg van de voor- en nadelen van de verschillende methodes.

Verbinding met het thema

In deze activiteit krijgen de leerlingen inzicht in de voor- en nadelen van manieren waarop je beweging kunt meten. Een stappenteller meet objectief (eerlijk) hoeveel stappen je zet, maar dit betekent dat je dit apparaat altijd mee moet nemen. Bovendien weet je door stappen te tellen niet wat de intensiteit van de inspanning is die iemand heeft geleverd. De inspanning die je moet leveren om een stap te zetten tijdens wandelen, traplopen of rennen is namelijk erg verschillend. Als je een vragenlijst gebruikt, is het voordeel dat het weinig tijd kost om zelf in te schatten hoeveel je hebt bewogen. Nadeel is dat het een inschatting is waarbij het lastig kan zijn om objectief te blijven en nauwkeurig te zijn. Een beweegdagboek is nauwkeuriger, maar zoals de leerlingen tijdens die activiteit hebben kunnen ervaren, is dit veel werk en kan het ook lastig zijn om dit gedurende een hele week vol te houden. Kortom: de perfecte manier om beweging te meten bestaat niet. Afhankelijk van wat je precies wilt weten, kun je proberen te bepalen welke manier de beste is. Voor het onderzoek in dit hoofdstuk bijvoorbeeld werd een complexere versie gebruikt van de vragenlijst die de leerlingen hebben ingevuld.

ACTIVITEIT 8: BEWEEG JE WEL GENOEG?

In deze activiteit maken de leerlingen kennis met de beweegnorm. Ze onderzoeken of ze aan deze norm voldoen met behulp van de vragenlijst of het dagboek uit activiteiten 4 en 5.

Subthema

Beweegnorm

Doelen

- De leerlingen maken kennis met de beweegnorm.
- De leerlingen denken na over waarom de overheid de beweegnorm heeft opgesteld.
- De leerlingen onderzoeken of zijzelf aan de beweegnorm voldoen.

Duur

30 minuten

Werkvorm

In vijftallen en individueel



In een speciale debatruimte op Kindcentrum STip gaan leerlingen met elkaar in gesprek over sporten en bewegen (Foto: Jimmy Israel)

Benodigheden

Per groepje:

- Infographics Kenniscentrum Sport
- Werkblad 'Ontdek de beweegnorm'
- Werkblad 'Beweeg je wel genoeg?'
- Van iedere leerling het ingevulde werkblad 'Beweegvragenlijst' uit activiteit 4 of het ingevulde werkblad 'Beweegdagboek' uit activiteit 5 (als beiden zijn ingevuld, heeft het dagboek de voorkeur omdat dit waarschijnlijk nauwkeuriger is)

Activiteit

Laat de groepjes de infographics van het Kenniscentrum Sport bekijken. Geef ze vervolgens het werkblad 'Ontdek de beweegnorm' en laat ze aan de hand van de vragen binnen hun groepje nadenken over de beweegnorm.

Laat de leerlingen daarna individueel het werkblad 'Beweeg je wel genoeg' invullen over hun eigen beweegscore ten opzichte van de norm: een MET-beweegscore van 2520.

Afronding

Bespreek de activiteit klassikaal na. Hoe haalbaar vinden de leerlingen de beweegnorm? Wat vinden de leerlingen ervan dat de overheid voorschrijft hoeveel en op welke manier je moet bewegen?

Verbinding met het thema

De leerlingen maken door middel van deze activiteit kennis met de beweegnorm. Ze ontdekken hoeveel ze moeten bewegen/sporten om de beweegnorm te halen. De beweegrichtlijn die hier gehanteerd wordt is die van de Gezondheidsraad. Voor kinderen gaat deze uit van 60 minuten per dag matig tot zwaar intensief bewegen gedurende 7 dagen per week. Als je weet dat de gemiddelde MET-score voor matig intensieve activiteiten voor kinderen 6 is, kom je uit op een minimale MET-beweegscore van $60 \text{ minuten} * 6 \text{ MET} * 7 \text{ dagen} = 2520 \text{ MET-minuten per week}$. Voor kinderen ligt de beweegrichtlijn een stuk hoger dan voor volwassenen: volwassenen dienen minimaal 150 minuten matig tot zwaar intensief te bewegen per week. Bij volwassenen is de gemiddelde MET-score voor matig intensieve activiteiten 4,5. Hun minimale MET-beweegscore is dan ook $150 * 4,5 = 675 \text{ MET-minuten per week}$.



Stap 3 t/m 5. Opzetten onderzoek, uitvoeren en concluderen

Hieronder staan drie voorbeelden van onderzoek dat is bedacht en uitgevoerd door leerlingen van Kindcentrum STip in Swolgen en Tienray en basisschool De Borgwal in Bemmel. Deze voorbeelden geven een beeld van de soort vragen die leerlingen over het thema 'Sport' zouden kunnen stellen.

Kan de beweegscore voorspellen hoe snel iemands hart zich herstelt na de shuttlerun?

Subthema: Hart tijdens beweging

Een onderzoeksgroepje van Kindcentrum STip raakte gefascineerd door de relatie tussen beweging en de conditie van het hart. Ze voorspelden dat het hart zich sneller zou herstellen als iemand veel beweegt. Voor het onderzoek lieten ze vijftig klasgenoten een beweegdagboek invullen, zodat ze hun beweegscore konden berekenen. Ze deelden hun proefpersonen in drie groepen: proefpersonen met een hoge beweegscore (die veel en intensief bewegen); een gemiddelde beweegscore; en een lage beweegscore. Toen lieten ze iedereen de shuttlerun test doen. Ze maten de hartslag direct na en één minuut na het leveren van de inspanning. Deze getallen trokken ze van elkaar af. Hoe groter het getal, hoe sneller het hart zich herstelde. Uit de resultaten bleek geen verband: bij proefpersonen met een hogere beweegscore herstelde het hart zich niet sneller of langzamer dan bij een gemiddelde of lage beweegscore. Het onderzoeksgroepje merkte wel dat hun proefpersonen de shuttleruntest buiten langer volhielden dan binnen, mogelijk doordat er buiten meer zuurstof is. In een volgend onderzoek kunnen ze het verschil tussen de test binnen en buiten onderzoeken.



Terwijl leerlingen van De Borgwal druk bezig zijn met de activiteiten loopt dr. Thijs Eijvogels rond om hen te begeleiden (Foto: De Borgwal)

Heeft pasta eten invloed op het krijgen van steken tijdens het rennen?

Subthema: Beweging meten

De vraag ‘Sporten is gezond, toch?’ maakte een onderzoeksgroepje van De Borgwal nieuwsgierig naar de minder fijne effecten van sporten. Eén van deze effecten kan zijn dat je tijdens het sporten steken in je zij krijgt. Wat zou het effect van eten op zulke steken zijn? Dit onderzochten de leerlingen door zeven kinderen eerst te laten rennen zonder ze tevoren eten te geven. Vervolgens gaven ze hen pasta en lieten ze hen nog eens rennen. Gedurende beide rondes hielden ze de afstand bij waarop hun proefpersoon de eerste steek kreeg. Ze ontdekten dat het na het eten van pasta langer duurt voordat je een steek krijgt dan wanneer je van tevoren niets at. Dit was anders dan ze hadden voorspeld. De leerlingen bedachten dat het mogelijk van invloed kon zijn geweest dat sommige proefpersonen al wat gegeten hadden, toen ze maten wat er gebeurde bij een lege maag. De volgende keer zouden ze alle proefpersonen dan ook eerst op een nuchtere maag willen laten rennen.

Kun je beter rennen als je door je mond ademhaalt of je neus?

Subthema: Hart tijdens beweging

Een onderzoeksgroepje van Kindcentrum STip wist dat het hart zuurstof rondpompt, en dat zuurstof via ademhaling door de neus en de mond binnenkomt. Ze vroegen zich af op welke manier je beter zuurstof binnenkrijgt en sneller kunt rennen: via je mond of via je neus? Ze onderzochten dit door vier proefpersonen een stukje te laten rennen. De ene keer mochten proefpersonen alleen door de neus ademen en de andere keer alleen door de mond. Voor het dichthouden van de neus gebruikten ze een duikersklem of vroegen ze zelf de neus dicht te knijpen. Ze kwamen erachter dat je gemiddeld iets sneller kunt rennen als je alleen door je mond ademt, dan wanneer je alleen door je neus ademt. Hierbij hebben ze er rekening mee gehouden dat hun proefpersonen niet verkouden waren of hooikoorts hadden. Het groepje was ook benieuwd of er verschillen waren in voorkeur tussen mensen met een goede of minder goede conditie. Het bleek dat mensen met een goede conditie liever door de neus ademden, en mensen met een minder goede conditie liever door de mond.

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Dit boek is een uitgave van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU). Het WKRU is in 2009 opgericht als eerste Wetenschapsknooppunt van Nederland. Het WKRU heeft als missie de nieuwsgierige en onderzoekende houding van kinderen en (aankomend) leraren te bevorderen. Om dit te bereiken organiseert het WKRU diverse activiteiten waarbij een verbinding wordt gelegd tussen onderzoekers van de Radboud Universiteit en het Radboudumc; het basisonderwijs; en studenten, docenten en onderzoekers van de Faculteit Educatie (Hogeschool van Arnhem en Nijmegen) en het Onderwijsinstituut Pedagogische Wetenschappen en Onderwijskunde (Radboud Universiteit).

Expertise

De expertise van het WKRU ligt in het begeleiden van eigen onderzoek door leerlingen. Het WKRU ontwikkelt voorbeeldprojecten, materialen en hulpmiddelen die leraren kunnen inzetten om wetenschap in de klas te brengen en die als basis dienen voor het eigen onderzoek door leerlingen. Deze materialen zijn beschikbaar via www.wetenschapdeklasin.nl. De kennis en ervaring van het WKRU blijft zich continu ontwikkelen. Dit gebeurt op basis van inzichten uit de literatuur, ervaringen in de klas, eigen onderzoek en uitwisseling met collega-onderzoekers in het vakgebied. Naast deze boekenreeks publiceert het WKRU ook regelmatig in vaktijdschriften en wetenschappelijke tijdschriften. Een overzicht van alle artikelen van het WKRU is te vinden op onze websites.

Activiteiten

Het WKRU biedt verschillende activiteiten aan voor leraren (in opleiding), scholen en onderzoekers. Elk jaar ontwikkelen drie Radboud Science Teams, bestaande uit onderzoekers, leraren en leraren in opleiding, onder leiding van het WKRU een project over een actueel wetenschappelijk thema. Het uitgangspunt van alle projecten is dat leerlingen zelf onderzoek kunnen doen naar het thema. De opbrengsten van deze teams worden geborgd in de boekenreeks Wetenschappelijke doorbraken de klas in! Daarnaast organiseert het WKRU jaarlijks de Winterschool, een professionaliseringsdag over wetenschap en onderzoekend leren. Gedurende het schooljaar wordt professionalisering voor schoolteams aangeboden in het begeleiden van onderzoekend leren. Radboud-onderzoekers kunnen bij het WKRU terecht voor advies op het gebied van wetenschapseducatie en hulp bij de voorbereiding van een interessante les voor een basisschoolklas. Alle activiteiten van het WKRU zijn te vinden op www.wkru.nl.

Sponsors

Het werk van het WKRU wordt mogelijk gemaakt door de Radboud Universiteit. Aanvullende sponsors van het WKRU zijn het Radboudumc en de Faculteit Educatie van de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.

www.wkru.nl

www.wetenschapdeklasin.nl



@wkru1



<http://lnked.in/WKRU1>

Over de boekenreeks

De boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!* is een uitgave van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU). Met deze boeken wil het WKRU (aankomend) leraren en leerlingen uit de bovenbouw van het basisonderwijs kennis laten maken met toponderzoek van de Radboud Universiteit. Het gaat daarbij om wetenschap in de volle breedte, dus alfa-, bèta-, gamma- en medisch-onderzoek. De boeken zijn een bron van inspiratie voor leraren om wetenschap de klas in te brengen en leerlingen eigen onderzoek te laten doen.

Wetenschappelijke thema's de klas in

De Radboud Universiteit reikt elk jaar de Radboud Science Awards uit aan drie topwetenschappers die in het afgelopen jaar een belangrijke doorbraak hebben gehad in hun onderzoeksgebied. Samen met leraren (in opleiding) en het WKRU vormen de winnaars een Radboud Science Team. Met het team ontwikkelen ze een set activiteiten waardoor leerlingen kennis opdoen over de inhoud van het onderzoek en de manier van onderzoek doen. De bedoeling is dat leerlingen enthousiast en nieuwsgierig worden en dat er veel vragen bij hen opkomen. Uiteindelijk formuleren de leerlingen in groepjes één vraag die ze zelf gaan onderzoeken.

Na afloop van het project beschrijven de onderzoekers de inhoudelijke achtergrond van het thema. Deze wordt samen met de ervaringen en activiteiten in de klas gebundeld tot een hoofdstuk in de boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!*. Het boek wordt gepresenteerd op de Winterschool van het WKRU. Tijdens deze professionaliseringsdag op het gebied van wetenschap en onderzoekend leren geven de winnende onderzoekers een inhoudelijke lezing over het thema. Daarnaast geven de Radboud Science Teams een workshop aan collega-leraren, leraren in opleiding en pabo-docenten. Met de inzichten uit de Winterschool kunnen zij met de thema's en onderzoekend leren aan de slag in de klas.

Leidraad onderzoekend leren

Bij de boekenreeks hoort een leidraad onderzoekend leren (Van Baren-Nawrocka & Dekker, 2019). Leraren kunnen met behulp van deze leidraad een project onderzoekend leren vormgeven in de klas. In de leidraad staat een uitgebreide beschrijving van de zeven stappen van onderzoekend leren. Het biedt handvatten en suggesties voor de manier waarop de leraar de leerlingen kan begeleiden bij het onderzoeksproces. De leidraad wordt ontwikkeld door het WKRU en regelmatig herzien op basis van nieuwe inzichten uit de literatuur en ervaringen in de klas. De meest recente versie is altijd online beschikbaar op de website www.wetenschapdeklasin.nl.

Website met aanvullend materiaal

Aan de boekenreeks is een website gekoppeld, www.wetenschapdeklasin.nl, waar per thema alle activiteiten en benodigde materialen (zoals werkbladen en filmpjes) te vinden zijn. Daarnaast bevat de website veel informatie over onderzoek door leerlingen, zoals de leidraad onderzoekend leren, alle hulpmiddelen van het WKRU, voorbeelden uit de praktijk, artikelen en links naar verdiepende informatie. Met uitzondering van het laatste boek staan tevens alle thematische hoofdstukken in digitale vorm op deze website.

Thema's per boek

- Boek 9** **Sport** – Wat is het effect van intensief sporten op de gezondheid van ons hart?
Slimme computers – Hoe kunstmatige intelligentie dokters kan helpen bij het stellen van een diagnose
Automatisch gedrag – Het nut van automatisch gedrag en hoe lastig het is om het te onderdrukken
+ een didactisch hoofdstuk: *'Dialogische gesprekken voeren: Hoe doe je dat?'*
- Boek 8** **Kleding** – Wat zegt kleding over onze identiteit en welke impact heeft kleding op mens en milieu?
Magneten – Ontdek hoe magneten werken en welke invloed licht hierop heeft
Protest – Staken is besmettelijk: hoe werkt die beïnvloeding door anderen?
+ een didactisch hoofdstuk: *'Vragen wat je echt wilt weten'*
- Boek 7** **Malaria** – Hoe worden muggen door mensen besmet met malaria?
Jheronimus Bosch – Wat maakt deze schilder zo bijzonder?
Geheugen – Hoe kun je het best dingen onthouden?
+ een didactisch hoofdstuk: *'Nieuwsgierig door observeren'*
- Boek 6** **Molecuulbotsingen** – Eigenschappen van botsende moleculen bij extreem lage temperaturen
Stress – Ontdek verschillende manieren waarop je op stress kunt reageren
Taal der zintuigen – De invloed van taal en cultuur op zintuigelijke waarnemingen
+ een didactisch hoofdstuk: *'Begeleiden vanuit een groeimindset'*
- Boek 5** **Typisch Nederlands** – Kenmerken en vorming van de Nederlandse identiteit
Elkaar begrijpen – Hoe komt het dat we elkaar begrijpen?
Het oog – De werking van het oog en wat er mis kan gaan
+ een didactisch hoofdstuk: *'Het begint met nieuwsgierigheid'*
- Boek 4** **Het Higgsdeeltje** – De ontdekking van het deeltje dat zorgt dat dingen gewicht hebben
Netwerken in het brein – Hoe werkt ons brein en wat is de relatie met DNA?
Het wonderkind David Gorlaeus – Wat voor invloed heeft leeftijd en ervaring op ons denken?
- Boek 3** **Waarnemen en bewegen** – De relatie tussen waarnemingen en het coördineren van bewegingen
Onder invloed – De invloed van de omgeving op risicovol gedrag
Gevaarlijke ideeën – Het verband tussen ideeën en veranderende regels in de maatschappij
- Boek 2** **DNA** – Erfelijkheid en kopieerfoutjes in je DNA die je leven kunnen bepalen
Gedrag – Hoe zorgen je hersenen ervoor dat je verleidingen kunt weerstaan?
Infecties onder de loep – De groei en eigenschappen van bacteriën en schimmels
- Boek 1** **Angst** – Wat is angst en hoe kun je het beïnvloeden?
Grafeen – Wat zijn de verschillende unieke eigenschappen van grafeen?
Denkbeelden over het begin – Hoe tijd, plaats en cultuur onze denkbeelden bepalen

Engelse uitgave

Scientific breakthroughs in the classroom: Language of the senses, DNA, Understanding each other & Higgs boson (2017)

Foto- en illustratieverantwoording

Veel van de foto's en een aantal illustraties in dit boek vallen niet onder de Creative Commons Licentie, hetzij omdat ze onder het copyright van derden vallen, hetzij omdat er kinderen op staan, waardoor geen toestemming voor hergebruik kan worden gegeven. Hieronder volgt een lijst met de foto's en illustraties in dit boek, met bijbehorende licentievorm.

Foto's met kinderen en onderzoekers zijn hieronder niet apart vermeld, deze vallen alle onder het copyright van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit ©WKRU 2020. Deze foto's mogen wel worden gebruikt in een integrale kopie van minimaal twee pagina's.

Hoofdstuk 2: Sporten is gezond, toch?

- Evolutie van de mens achter de computer, aangepast van: Évolution du langage C++, door Jae-Zun, Florent B, Olivier H en Theppitak Karoonboonyanan, CC BY-SA 3.0 (bron: commons.wikimedia.org) 21
- Beweegnorm in beeld, © Kenniscentrum Sport, met toestemming geplaatst 22
- Dosis-respons relatie, Reprinted and translated from Exercise at the Extremes: *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 67 no. 3, Thijs Eijvogels, Silvana Molossi, Duck-chul Lee, Michael Emery and Paul Thompson, The Amount of Exercise to Reduce Cardiovascular Events, p. 318, Copyright 2019, with permission from Elsevier 23
- Hypothese over dosis-respons relatie in extreme sporters, vertaald van: Conceptual overview of the "Extreme Exercise Hypothesis", door Thijs Eijvogels, Paul Thompson en Barry Franklin, CC BY 4.0 (bron: doi.org/10.1007/s11936-018-0674-3) 23
- Kransslagaders, aangepast van: Atherosclerosis, door Blausen, adapted by Oregon State University, CC BY-SA 2.0 (bron: flickr.com) 24
- Bloedsomloop, aangepast van: Blood Flow Through the Heart, door OpenStax College, CC BY 3.0 (bron: commons.wikimedia.org) 27

Hoofdstuk 3: Slimme computers helpen de dokter

- Een biopsienaald, CC BY-NC-SA 4.0 Maschenka Balkenhol, Meyke Hermsen, Jeroen van der Laak en Geert Litjens 57
- Een patholoog maakt gebruik van een computerscherm, CC BY-SA 2.0 ZEISS Microscopy (bron: commons.wikimedia.org) 58
- Moeilijk te herkennen kankercellen, CC BY-NC-SA 4.0 Maschenka Balkenhol, Meyke Hermsen, Jeroen van der Laak en Geert Litjens 59
- Herkenning van kankercellen, CC BY-NC-SA 4.0 Maschenka Balkenhol, Meyke Hermsen, Jeroen van der Laak en Geert Litjens 60
- Een lymfeklier onder de microscoop, CC BY-NC-SA 4.0 Maschenka Balkenhol, Meyke Hermsen, Jeroen van der Laak en Geert Litjens 63
- Patholoog kijkt in een microscoop, U.S. Navy, foto door Tom Watanabe, publiek domein (bron: commons.wikimedia.org) 64
- Kankercellendetector, schermafbeelding van geertlitjens.nl/metastaticcellclassifier, programma gemaakt door @brensudol, aangepast door Geert Litjens, onder Apache License 2.0 80

Hoofdstuk 4: Automatisch gedrag

• Telefoongebruik in de auto, door Roman Pohorecki, CC 0 (bron: stocksnap.io)	87
• Kuikentjes en bakjes popcorn, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, samengesteld uit:	89
-Kuikentjes, door Rafael Fernandez, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
-Popcorn, door lee_2, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
-Wielen, door OpenClipart-Vectors, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
• Verloop van computerspel in het lab, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, samengesteld uit:	91
-Hand, door VintageSnipsAndClips, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
-Button, door OpenClipart-Vectors, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
• Straf en beloning, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, samengesteld uit:	92
-Spin, door Mohamed Hassan, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
-Chocola, door Trang Le, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
• Edelstenen die voorkomen in het computerspel, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, samengesteld uit:	95
-Man, door OpenClipart-Vectors, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
-Hand, door VintageSnipsAndClips, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
-Button, door OpenClipart-Vectors, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
• De resultaten van het onderzoek, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, samengesteld uit:	96
-Hand, door VintageSnipsAndClips, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
-Button, door OpenClipart-Vectors, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
• De prefrontale cortex in dieren en mensen, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, aangepast van:	96
Evolution connection, door CNX OpenStax, CC BY 4.0 (bron: cnx.org)	
• Dopamine in de zenuwcel, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, aangepast van:	97
Generic Neurotransmitter System, door NIDA (NIH), publiek domein (bron: commons.wikimedia.org)	

De uitgever heeft uiterste zorgvuldigheid betracht in het achterhalen van de auteursrechten van het illustratiemateriaal in deze uitgave. Mocht u van mening zijn (auteurs)rechten te kunnen doen gelden op illustratiemateriaal in deze uitgave, dan verzoeken wij u om contact op te nemen met de uitgever.

Sponsoren

Het WKRU wordt mogelijk gemaakt door:

Radboud Universiteit



Aanvullende sponsoren:

Radboudumc



HAN_UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES