

Bewegingsanalyse



**VLAAMSE
TRAINERSSCHOOL**
SPORT VLAANDEREN - SPORTFEDERATIES
UNIVERSITEITEN EN HOGESCHOLEN LO

//

Colofon

Titel	Bewegingsanalyse
Auteur	VTs-secretariaat, Van Caekenberghe lne met herwerking van Sven Marien
Uitgever	Sport Vlaanderen - Vlaamse Trainersschool Arenberggebouw, Arenbergstraat 5 1000 Brussel
Telefoon	+32 2 209 47 21
Editor	VTs-secretariaat
E-mail	vtst@sport.vlaanderen

© Vlaamse Trainersschool 2023

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

//

Inhoudsopgave

DEEL 1 	KADER BEWEGINGSANALYSE	9
Hoofdstuk 1	Wat is bewegingsanalyse?	10
1.1	Inleiding, situering en visie	10
1.2	Verschillende stappen binnen bewegingsanalyse.....	11
Hoofdstuk 2	Waarom integreren van bewegingsanalyse?	13
DEEL 2 	THEORETISCHE BASISPRINCIPES BIOMECHANICA.....	15
Hoofdstuk 1	Definitie en doelstelling.....	16
Hoofdstuk 2	Situering biomechanica binnen bewegingsanalyse	20
Hoofdstuk 3	Mechanica	21
3.1	Basisbegrippen.....	21
3.1.1	Lichaam.....	21
3.1.2	Grootheden.....	21
3.1.3	Assenstelsel	22
3.1.4	Beweegtypes	24
3.2	Kinematica en kinetica.....	26
3.2.1	Kinematica: hoe beweegt iets?.....	27
3.2.2	Kinetica: waarom beweegt iets?	27
3.3	Lineaire beweging (translatie)	27
3.3.1	Kinematica.....	27
3.3.2	Kinetica.....	31
3.4	Angulaire beweging (rotatie).....	37
3.4.1	Kinematica.....	37
3.4.2	Kinetica.....	38
3.5	Samengestelde bewegingen	40
3.6	Translatie van één punt in een rechte lijn aan constante snelheid.....	40
3.6.1	Kinematica en kinetica.....	40
3.6.2	Voorbeelden	42
3.7	Beweging van één punt in een rechte lijn aan veranderende snelheid.....	42
3.7.1	Kinematica en kinetica.....	42
3.8	Beweging van één punt in meerdere dimensies.....	43
3.8.1	Kinematica en kinetica.....	43
Hoofdstuk 4	Biomechanica.....	46
4.1	Anatomie en antropometrie	46
4.2	Lichaamszwaartepunt.....	46
4.3	De kinetische keten	48
DEEL 3 	PRAKTISCHE TOEPASSING VAN BEWEGINGSANALYSE.....	50
Hoofdstuk 1	Verschillende toepassingsgebieden	51

1.1	Algemene bewegingsanalyse in een sporttakspecifieke context.....	51
1.2	Technische/Biomechanische bewegingsanalyse in een sporttakspecifieke context.....	53
1.2.1	Beeld.....	53
1.2.2	Beweging.....	54
1.2.3	Implementatie.....	56
1.3	Lichaamsscreening.....	57
1.4	Totaal evaluatie binnen de bewegingsanalyse.....	58
Hoofdstuk 2	Het gebruik van kwalitatieve beelden	61
2.1	Positionering van de camera.....	61
2.2	Belichting	63
2.3	Uitlijning van de camera.....	63
2.4	Grootte en positionering van het object.....	64
2.5	Technische instellingen van je camera.....	65
2.6	Samenvattend	66
Hoofdstuk 3	Springen.....	68
3.1	De theorie.....	68
3.2	Nuttige weetjes	71
3.2.1	Waarom de armen inzetten bij het springen?	71
3.2.2	Waarom spring je hoger bij een counter-movement jump dan bij een squat jump?	71
3.2.3	Welke gewrichten dragen bij tot springen?.....	72
3.2.4	Belangrijke compensaties bij het springen.....	73
3.2.5	Andere invloeden bij het springen.....	73
Hoofdstuk 4	Lopen	75
4.1	Theorie.....	75
4.2	Nuttige weetjes	76
4.2.1	Hoe kan je sneller lopen?.....	76
4.2.2	Is lopen een efficiënte voortbewegingsvorm?	77
4.2.3	Wat is het verschil tussen sprinten en lopen?	78
DEEL 4 	LIJSTEN	80
Hoofdstuk 1	Relevante lectuur.....	81
Hoofdstuk 2	Referentielijst.....	82

Lijst met figuren

<i>Figuur 1: Bewegingsanalyse een procesmatige aanpak (Bron: Multimedia, Sport Vlaanderen).....</i>	<i>11</i>
<i>Figuur 2: Objectiviteit?.....</i>	<i>13</i>
<i>Figuur 3: Orthogonale assenstelsels bestaande uit één, twee of drie dimensies.....</i>	<i>23</i>
<i>Figuur 4: Bij deze analyse van de zwemstart wordt gekozen voor een assenstelsel waarbij de horizontale as de zwemrichting (op waterniveau weergeeft). De verticale as valt samen met de richting van de zwaartekracht (@ Kistler).</i>	<i>23</i>
<i>Figuur 5: Lineaire, angulaire en samengestelde bewegingen.....</i>	<i>24</i>
<i>Figuur 6: Overzicht van de kinematica en kinetika van translaties en rotaties.....</i>	<i>26</i>
<i>Figuur 7: Positiebepaling.....</i>	<i>28</i>
<i>Figuur 8: Het onderscheid tussen een gemiddelde en instantane snelheid tijdens de 100m sprint.....</i>	<i>30</i>
<i>Figuur 9: Een stick-figure voorstelling van een counter-movement sprong.....</i>	<i>31</i>
<i>Figuur 10: De kracht van de hand op de kogel kan ontleed worden in een opwaartse en voorwaartse component.</i>	<i>33</i>
<i>Figuur 11: De versnellingswet.....</i>	<i>34</i>
<i>Figuur 12: De reactiewet.....</i>	<i>34</i>
<i>Figuur 13: De krachtpuls is gelijk aan de oppervlakte onder de kracht-tijd curve.....</i>	<i>35</i>
<i>Figuur 14: Hoek.....</i>	<i>37</i>
<i>Figuur 15: In dit geval bedraagt de hoekverplaatsing in het ellebooggewricht 118°.....</i>	<i>37</i>
<i>Figuur 16: Krachten waarvan de richting niet door het zwaartepunt gaan zorgen voor een moment rond het zwaartepunt.....</i>	<i>38</i>
<i>Figuur 17: De wet van behoud van angular momentum.</i>	<i>39</i>
<i>Figuur 18: Spieren zorgen in het lichaam voor krachten die momenten rond gewrichten creëren.....</i>	<i>40</i>
<i>Figuur 19: Vrij lichaamsdiagram en evolutie van positie, snelheid, versnelling en resulterende kracht voor een éénparig rechtlijnige beweging.....</i>	<i>41</i>
<i>Figuur 20: Inwerkende krachten.....</i>	<i>42</i>
<i>Figuur 21: Vrij lichaamsdiagram en evolutie van positie, snelheid, versnelling en resulterende kracht voor een éénparig versnelde rechtlijnige beweging.....</i>	<i>43</i>
<i>Figuur 22: De centripetale kracht.....</i>	<i>44</i>
<i>Figuur 23: De positie van het lichaamszwaartepunt (rood punt) bij verschillende houdingen.....</i>	<i>47</i>
<i>Figuur 24: Met eenzelfde zwaartepuntshoogte (rood punt) kan een hogere lat (geel t.o.v. groen punt) overschreden worden met de Fosbury-techniek.....</i>	<i>47</i>
<i>Figuur 25: Segmentshoeken en gewrichtshoeken.....</i>	<i>48</i>
<i>Figuur 26: Gewrichtshoek versus tijd.....</i>	<i>48</i>
<i>Figuur 27: Classificeren van lopen als vaardigheid (Bron: https://www.scoilnet.ie/pdst/physlit/videos/).</i>	<i>52</i>
<i>Figuur 28: Methodiek technisch/biomechanische bewegingsanalyse.....</i>	<i>53</i>
<i>Figuur 29: Zijaanzicht, camerapositie loodrecht op het sagittaal vlak (dieptevlak).....</i>	<i>54</i>
<i>Figuur 30: Vier sleutelmomenten tijdens een loopcyclus (Bron: Mendiguchia J. et al).....</i>	<i>54</i>
<i>Figuur 31: Bewegingsanalyse standworp.....</i>	<i>55</i>
<i>Figuur 32: Vergelijking referentie met handbalspeelster van een standworp.....</i>	<i>56</i>
<i>Figuur 33: Squat binnen een lichaamsscreening (a,b,c links naar rechts).....</i>	<i>57</i>
<i>Figuur 34: Evaluatiedocument lichaamsscreening.....</i>	<i>58</i>
<i>Figuur 35: Sporttechnische beweging versus lichaamsscreening (Bron: Fysieke voorbereiding van ruiters, K. Huts).....</i>	<i>59</i>
<i>Figuur 36: Beweegvlakken vanuit anatomische oogpunt.....</i>	<i>62</i>
<i>Figuur 37: Camerapositie.....</i>	<i>62</i>
<i>Figuur 38: Belichting.....</i>	<i>63</i>
<i>Figuur 39: Voorbeeld van beeldmateriaal, genomen met een niet-uitgelijnde (A) en een uitgelijnde (B) camera.....</i>	<i>63</i>

<i>Figuur 40: Stappenplan i.f.v. camera uitlijning.....</i>	<i>64</i>
<i>Figuur 41: Grootte en positionering van de atleet binnen het beeld.....</i>	<i>65</i>
<i>Figuur 42: Opnames met verschillende sluitertijd instellingen.....</i>	<i>66</i>
<i>Figuur 43: Biomechanica van een counter-movement sprong.....</i>	<i>68</i>
<i>Figuur 44: Sprong met arminzet (Bron: Pixabay).....</i>	<i>71</i>
<i>Figuur 45: Biomechanica van lopen.....</i>	<i>76</i>
<i>Figuur 46: Fouten in de algemene looptechniek (Bron: https://compedgept.com/blog/common-running-form-errors/).....</i>	<i>76</i>
<i>Figuur 47: Grondreactiekrachten tijdens het versnellen bij een sprint.....</i>	<i>78</i>

Lijst met tabellen

<i>Tabel 1: Basisgrootheden gebruikt in de mechanica.....</i>	<i>22</i>
---	-----------

Inleiding

De cursustekst 'Bewegingsanalyse' zal je meer inzichten geven over het belang om objectief te analyseren binnen het trainingsproces. De docent zal tijdens de lessen duidelijk accenten en opdrachten geven, zodat je de basisprincipes kan vertalen binnen je sport en weet welke informatie essentieel is voor het examen.

Bijkomende informatie kan zorgen om theoretische begrippen en methodieken beter te begrijpen en daarnaast extra uitdieping te voorzien.



Bijkomende informatie

Praktijktips worden in aparte kaders vermeld en hebben de bedoeling om enkele praktische vertalingen te geven over de theorie, zodat je dit nog sneller kan omzetten in de praktijk.



Praktijktips

Aangezien niet alle opdrachten kunnen terugkomen in de lessen is het nuttig om deze zelf op te lossen, waardoor je nog beter inzicht kan krijgen over de praktische toepassing van de theorie.



Opdrachten

De structuur van elk hoofdstuk wordt gelijkvormig gehouden:

- Vooraan elk hoofdstuk:
 - de belangrijkste **doelstellingen van het hoofdstuk**
 - voorafgaande **opdracht**
- Achteraan elk hoofdstuk:
 - **aandachtspunten** en de **belangrijkste sleutelbegrippen**
 - enkele **studievragen**
 - afsluitende **opdracht**

De opdrachten dienen louter voor het versterken van je denkproces en om te zorgen dat je de theorie en begrippen beter kan vertalen naar je eigen context.

Deze cursus tracht in een aantal stappen inzicht te verschaffen in bewegingsanalyse om objectievere beslissingen te maken binnen je trainingsproces. De volgende onderdelen komen aan bod:

- **Deel 1:** Een ruim kader over bewegingsanalyse en hoe je dit kan gebruiken binnen je trainingspraktijk.
- **Deel 2:** Biomechanische basiskennis om bewegingen in verschillende omstandigheden beter te begrijpen.
- **Deel 3:** Hoe kan ik met bewegingsanalyse omgaan in de praktijk?

Deel 1 | Kader Bewegingsanalyse

Hoofdstuk 1 Wat is bewegingsanalyse?



Doelstellingen van dit hoofdstuk

Aan het einde van dit hoofdstuk kan je toelichten:

- Wat bewegingsanalyse is?
- Hoe je dit kan inzetten binnen je eigen context?



Opdracht

Beschrijf hoe je momenteel omgaat met bewegingsanalyse binnen je sport. Welke informatie gebruik je om trainingsaanpassingen uit te voeren?

1.1 Inleiding, situering en visie

Om bewegingen beter te begrijpen en te kunnen bijsturen is een goede basiskennis van **anatomie** en inzichten vanuit **biomechanica** noodzakelijk. Eveneens zijn een aantal begrippen uit de **fysiologie** van belang (excentrische en concentrische werking van spieren, stretch-shortening cycle). Voor deze kennis verwijzen we naar de vakken 'Anatomie (basis)' en 'Sportfysiologie (basis)'.

Biomechanica is een basiswetenschap voor de bewegingsanalyse. Het analyseren van bewegingen via **video-opnames** kan zeer zinvol en relevant, maar wordt pas echt krachtig indien de observaties geleid geïnterpreteerd worden met de biomechanica in het achterhoofd. Best is dat de video-opnames voldoen aan de juiste kwaliteit in functie van de doelstelling.

In het verleden waren het voornamelijk enkel biomechanici en topsportcoaches die bewegingsanalyse structureel gingen integreren. Doordat dit nu veel toegankelijker is geworden kan deze methodiek door elke trainer toegepast worden op elk niveau. Door het aanbieden van een gestructureerde werkwijze kan dit een grote meerwaarde betekenen voor je trainingsproces.

Het doel is dan ook:

- Kennis te laten maken met de mogelijkheden van bewegingsanalyse
- Objectief leren kijken naar beelden
- Objectief bewegingen leren beoordelen
- Biomechanische toepassingen leren gebruiken binnen de bewegingsanalyse.

1.2 Verschillende stappen binnen bewegingsanalyse

Het is niet noodzakelijk om onmiddellijk te starten met een zeer technische bewegingsanalyse die in verschillende expertisecentra en universiteiten gebruikt worden met zeer dure en hoog technologische apparaten:

- 3D scanners
- Krachtplatformen
- High-speed camera's

Je kan een eerste stap zetten door regelmatig je eigen sporters te filmen en de beelden objectief te ontleden. Vanuit je eigen ervaring kan je alvast een onderscheid maken tussen de technische betere ('Oog van de meester') en leer je aan de hand van de beelden de beweging nog objectiever te ontleden en uiteindelijk te analyseren. Probeer je niet te laten leiden door veronderstellingen. Bij het onvoldoende begrijpen van zaken die je opvallen is het noodzakelijk om extra hulp in te schakelen en eventueel eenvoudigere bewegingen te filmen die je kunnen helpen om beter te begrijpen waarom een bepaalde uitvoering zo verloopt.

Binnen het volledige proces kunnen we uitgaan van enkele praktische stappen binnen de bewegingsanalyse:

- Algemene bewegingsanalyse in een sporttechnische beweging (start vanuit je eigen referentie)
- Technische/Biomechanische bewegingsanalyse (eventueel koppeling met andere meetapparaten)
- Lichaamsscreening (lichaamsspecifieke evaluatie)
- Totaalevaluatie binnen de bewegingsanalyse.



Figuur 1: Bewegingsanalyse een procesmatige aanpak (Bron: Multimedia, Sport Vlaanderen)



Sleutelbegrippen

Anatomie

Video-opnames

Biomechanica

Lichaamsscreening

Oog van de meester



Studievragen

1. Geef vier praktisch procesmatige stappen binnen bewegingsanalyse?
2. Leg het begrip 'Oog van de meester' uit. Wat zijn hierbij mogelijke valkuilen?



Opdracht

Omschrijf waar je naar kijkt tijdens een technische uitvoering van je sporter? Omschrijf hoe je je kijken nog sterker kan objectiveren.

Hoofdstuk 2 Waarom integreren van bewegingsanalyse?



Doelstellingen van dit hoofdstuk

Aan het einde van dit hoofdstuk kan je toelichten:

- Waarom bewegingsanalyse kan ingezet worden?



Opdracht

Wat is voor jou een referentiebeeld?

Bewegingsanalyse kan op verschillende manieren ingezet worden en op elk niveau. Je zal hierbij een proces doorlopen van je zal geconfronteerd worden met beelden, zeker als je deze grondig gaat ontleden met vele vragen. Deze vragen zal je vaak niet onmiddellijk allemaal kunnen oplossen. Als je je objectief opstelt en zoek naar oplossingen, zal je je enorm kunnen ontwikkelen in het begrijpen van bewegingen.

Beelden zullen je in staat stellen om ook gericht te kunnen **communiceren** met andere trainers en experts en zal je ook toelaten om **multidisciplinair** beter te kunnen werken.

Bij het ontleden van beelden en deze in een juiste context te plaatsen zal je vaak – en soms nog meer dan bij tests – doelgerichte informatie kunnen verzamelen over je sporter. Dankzij die beelden kan je verder analyseren om uiteindelijk belangrijke werkpunten te ontdekken van sporter. Zoals bij tests, is het noodzakelijk om binnen dezelfde context uit te gaan van een referentie (norm). De referentie grondig ontleden, analyseren en begrijpen waarom dit jouw referentie is, is een essentiële stap om je sporter te kunnen vergelijken met de referentie.

Uiteindelijk zal bewegingsanalyse een objectief middel zijn om leerdoelen van je sporter objectiever te kunnen bepalen en je trainingskwaliteit te verhogen. Blijf bewust dat je doorheen je ontwikkeling soms onvoldoende objectiviteit zal hebben om objectief te kijken naar je sporter!



Figuur 2: Objectiviteit?



Referentiebeeld!

Zoek binnen je sport en binnen een afgebakende sporttechnische beweging een referentiebeeld binnen je context.

Voorbeeld:

Welke sporter uit je omgeving zie je als zeer sterk in die beweging en waarom? Communiceer hierover met andere trainers en experts. En komen deze tot hetzelfde besluit?

Je referentiebeeld kan evolueren naarmate je meer inzichten verwerft, maar een referentiebeeld kiezen volledig buiten je context zal praktische moeilijkheden geven om deze doelgericht in te zetten binnen je werking.

Voorbeeld:

Je kiest als referentiebeeld de Olympische kampioen binnen je sport. Stel jezelf hierbij volgende vragen:

- Hoeveel trainingssessie heb je met je sporters?
- Welke is het huidig ontwikkelingsniveau van je sporters?
- Welke stappen heeft de Olympische kampioen al gezet om te komen tot die uitvoering?

Opgelet:

Het referentiebeeld draait om de kwaliteit van bewegen binnen dezelfde taak en context (omgeving). Variaties zijn hierbij mogelijk. Probeer telkens te begrijpen waarom er anders wordt bewogen en dat dit niet steeds wil zeggen dat de kwaliteit hiervan minder is!

Door de beweging te analyseren ga je de context (omgeving), de taak (doel) en de sporter objectiever en bewuster meenemen.



Sleutelbegrippen

Referentiebeeld
Communiceren

Ontleden
Context

Analyseren



Studievragen

1. Wat is de meerwaarde van bewegingsanalyse?
2. Wat is een referentiebeeld? Omschrijf ook de mogelijke valkuilen.



Opdracht

Kies een referentiebeeld en omschrijf waarom je dit referentiebeeld kiest.

Deel 2 | Theoretische basisprincipes biomechanica

Hoofdstuk 1 Definitie en doelstelling



Doelstellingen van dit hoofdstuk

Aan het einde van dit hoofdstuk kan je:

- een aantal toepassingsgebieden van biomechanica binnen en buiten de sport toelichten;
- de specifieke doelstellingen van de biomechanica koppelen aan mogelijkheden van de bewegingsanalyse.



Titel van de Opdracht

Omschrijf je sport aan de hand van biomechanische principes?

Begrijpen hoe en waarom een lichaam beweegt is een essentiële voorwaarde om de beweging (en dus ook de prestatie) te verbeteren. Biomechanica bestaat uit het toepassen van de wetten van de klassieke '**mechanica**' op levende wezens ('bio'). De klassieke mechanica is een onderdeel van de natuurkunde dat beschrijft hoe en waarom voorwerpen bewegen (of net niet bewegen) onder invloed van krachten.



Relevantie van biomechanica

Biomechanica is onder meer een onderdeel van de sportwetenschappen. Dit studiedomein is gekenmerkt door zijn sterk multi- en interdisciplinair karakter. Zo is het moeilijk om exact af te bakenen waar bijvoorbeeld de **anatomie** of **fysiologie** stoppen en de biomechanica begint. Een typisch voorbeeld hiervan is de studie van **spiercontractie** waar zowel methodes uit de biomechanica (bijvoorbeeld het meten van de kracht van de contractie) als uit de fysiologie (bijvoorbeeld de moleculaire huishouding in de spier) zeer nadrukkelijk aanwezig zijn. Biomechanica dient dan ook steeds in het ruimere kader van de sportwetenschappen gezien te worden.

Daarnaast is biomechanica niet louter een onderdeel van de sportwetenschappen maar heeft dit studiedomein een veel groter bereik. Zo wordt biomechanica onder meer gebruikt in volgende domeinen:

- Revalidatiewetenschappen (bv. het onderzoeken van blessuremechanismes)
- Orthopedie (bv. het ontwikkelen van protheses)
- Ergonomie (bv. de bepaling van de ideale afmetingen van trapredes)
- Weefselleer (bv. de ontwikkeling van hartkleppen)

Daarnaast is een ruime kennis noodzakelijk om een totale **bewegingsanalyse** te kunnen uitvoeren.

Het beschrijven van de beweging vormt het onderwerp van het subdomein '**kinematica**', terwijl het analyseren van de oorzaken van de beweging het onderwerp is van de '**kinetica**'.

In sportbiomechanica worden de principes van de biomechanica toegepast op de sportcontext. Hierbij worden twee doelstellingen nagestreefd die essentieel zijn in een succesvolle trainings- en competitiecontext.

Hierbij kan gekeken worden naar de bewegingsuitvoering op zich (bv. het bepalen van de efficiëntie van een bepaalde techniek), maar evenzeer ook naar de interactie met voorwerpen (bv. racket, bal, schoeisel, fiets, enz.) of de omgeving (bv. de ondergrond, hydrodynamica, aerodynamica, enz.).

In deze cursus ligt de nadruk op de mechanica van starre lichamen waarin het lichaam¹ en de voorwerpen waarmee het interageert worden voorgesteld door een keten van onvervormbare lichamen. De principe is een goed startpunt om zich te verdiepen in de biomechanica. Wil men echter een stap verder gaan, dan wint de studie van andere domeinen in de biomechanica aan belang. Een voorbeeld hiervan, is de mechanica van vervormbare lichamen, waarbij de veronderstelling dat elk lichaam onvervormbaar is wegvalt (bv. mechanismes van spierscheuren, vervorming van een bal bij impact, enz.), of vloeistofmechanica (bv. de aerodynamica van een wielrenner, de aerodynamica van een bal die met spin gespeeld wordt en zo van zijn traject afwijkt, de hydrodynamica van een zwemmer). De mechanica van vervormbare lichamen en vloeistofmechanica vallen evenwel buiten het bereik van deze inleidende cursus tot de biomechanica.



Toepassingen

Meer en meer bewijst de biomechanica dat ze als onderdeel van een multidisciplinaire sportwetenschappelijke ondersteuning een significante bijdrage kan leveren tot de sportprestatie. Hieronder worden een aantal voorbeelden gegeven van de bijdrage van biomechanica tot de ontwikkeling en prestatiebevordering bij sporters.

Prestatiebevordering

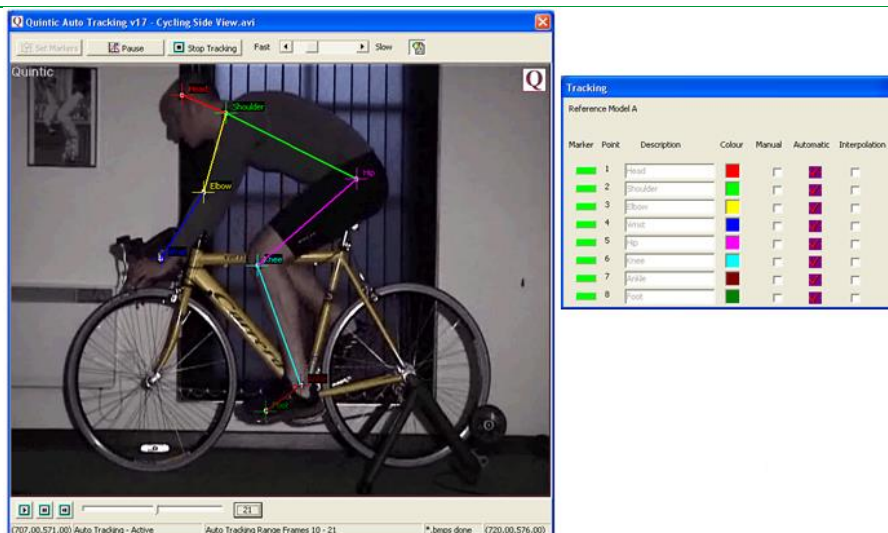
Hoogspringen: de hoogspringtechniek van Tia Hellebaut werd in aanloop naar de Olympische spelen opgevolgd en bijgestuurd door een gespecialiseerd team in samenwerking met de coach.



(© UGent)

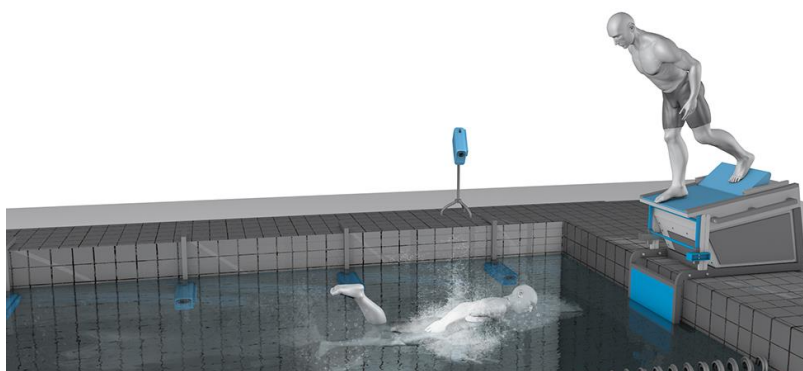
Wielrennen: van de aerodynamica van de uitrusting tot het optimaliseren van de fietsafstelling en traptechniek levert biomechanica een meerwaarde in deze sport.

¹ Met een lichaam wordt elk punt, deel van het menselijk lichaam en/of voorwerp bedoeld dat het onderwerp is van de bewegingsstudie. Dit kan je afhankelijk van de vraagstelling zelf definiëren. Hierbij is het goed steeds te streven naar de eenvoudigst mogelijke voorstelling waarmee de vraag onderzocht kan worden. Heel vaak is dit één punt.



(© Quintic)

Zwemmen: in het hedendaagse zwemmen is de biomechanische begeleiding van zwemmers onontbeerlijk om onder meer het vrije zwemmen, de start- en keerpunten, de kledij en de lichaamssamenstelling te optimaliseren voor de best mogelijke prestatie.



(© Kistler)

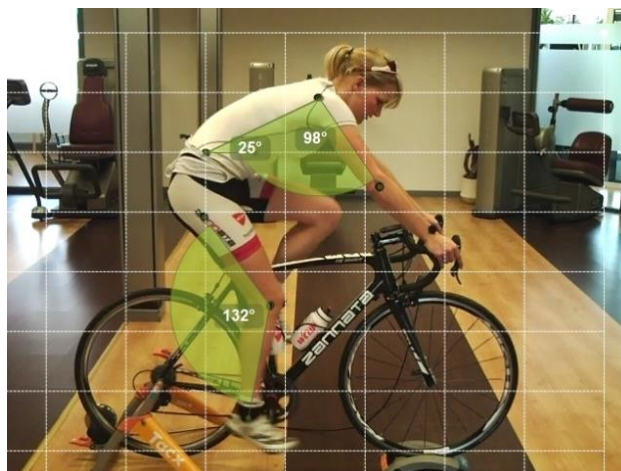
Blessurepreventie

Schoeiseladvies: veel speciaalzaken voor sportschoenen bieden een testing aan waarmee getracht wordt de beste schoen voor een specifieke atleet, activiteit en ondergrond te vinden. Voor sommige topatleten worden zelfs schoenen gemaakt die voldoen aan hun noden. En dit niet enkel in de loopsport, maar evenzo in bijvoorbeeld hockey, voetbal, basketbal, enz.



(© RsScan)

Fietsafstelling: een correcte afstelling van de fiets werkt blessurepreventief.



Biomechanische principes worden vaak geïntegreerd binnen de bewegingsanalyse om nog gericht de analyses te kunnen interpreteren en trainingsaanpassingen voor te stellen.



Sleutelbegrippen

Kinematica

Kinetica

Mechanica



Studievragen

1. Leg het verschil uit tussen kinematica en kinetica?
2. Geef minimaal 2 voorbeelden waarbij biomechanische principes worden ingezet binnen bewegingsanalyse?



Opdracht

Beschrijf enkele biomechanische principes binnen je sport die je kan gebruiken binnen bewegingsanalyse?

Hoofdstuk 2 Situering biomechanica binnen bewegingsanalyse



Doelstellingen van dit hoofdstuk

Aan het einde van dit hoofdstuk kan je:

- de plaats van het vak biomechanica situeren binnen bewegingsanalyse



Opdracht

Welke biomechanische principes gebruik jij binnen je sport binnen de context van bewegingsanalyse?

Wie de basisprincipes van de biomechanica kan toepassen is in staat te begrijpen waarom een sporter beweegt zoals hij/zij beweegt en kan ook onderbouwde hypothesen stellen over hoe de beweging beter zou kunnen. Je vraagt je steeds af na de keuze van een referentiebeeld, waarom dit een referentiebeeld is voor jou. Een andere sporter vergelijken met je referentiebeeld is noodzakelijk om objectief te kaderen wat de verschillen en op zoek te gaan naar de redenen van de verschillen. Vaak zal je hiervoor beroep moeten doen op experts en vraagt dus een multidisciplinaire aanpak.

Biomechanica beoogt een algemeen inzicht te verschaffen tot de elementaire biomechanica van eenvoudige bewegingen. Het beoogt in geen geval een volledig overzicht te verschaffen, maar licht een aantal basisprincipes toe die voor de trainingspraktijk van belang kunnen zijn en je kan helpen om te ontwikkelen binnen de bewegingsanalyse.

Terwijl de eerste stap meer beschrijvend is zal het analyseren binnen de specifieke taak en in die specifieke context meer biomechanische kennis vereisen. Het begrijpen van volgende termen, zoals lichaamsswaartepunt, kinetische ketens, hoekversnelling, hefboomen, ... kunnen je hierbij helpen.

Doorheen de sportspecifieke vakken kan je je verder ontwikkelen om biomechanica en bewegingsanalyse beter toe te passen en je eigen visie te versterken of aan te passen. Dit zal je in staat stellen om nog doelgerichter te communiceren en samen te werken met een multidisciplinair team.



Sleutelbegrippen

Biomechanische principes

analyse



Studievragen

1. Waarom is het belangrijk om biomechanische principes te begrijpen bij de integratie van bewegingsanalyse?



Opdracht

Omschrijf hoe je biomechanische principes zou inzetten om bewegingen beter te begrijpen binnen je sport?

Hoofdstuk 3 **Mechanica**



Doelstellingen van dit hoofdstuk

Aan het einde van dit hoofdstuk kan je:

- de basisbegrippen van de biomechanica correct toelichten;
- een relevant assenstelsel toepassen op een 2D-bewegingen;
- een bewegingen onderscheiden in lineaire, angulaire en samengestelde;
- de kinematica (de beweging, i.e. translatie en rotatie) van eenvoudige lichamen in twee dimensies met correcte, eenduidige terminologie te beschrijven;
- de kinetica (de oorzaak van translatie en rotatie) van eenvoudige lichamen met correcte, eenduidige terminologie beschrijven.

Aan het einde van dit hoofdstuk moet je **niet** in staat zijn om:

- de formules uit het hoofd te kennen en/of toe te passen.



Opdracht

Neem een sterk afgebakend videofragment van een eenvoudige beweging binnen je sport en probeer dit te beschrijven vanuit biomechanische basisprincipes die je momenteel kent.

3.1 **Basisbegrippen**

3.1.1 *Lichaam*

In de biomechanica wordt de term 'lichaam' gebruikt om elk voorwerp, (deel van) het menselijke lichaam, of elke mogelijke combinatie aan te duiden. Vanaf dit punt in de cursus is dat dan ook de betekenis die aan het woord 'lichaam' dient gegeven te worden.

3.1.2 *Grootheden*

Om bewegingen objectief te beschrijven maakt men gebruik van meetbare grootheden. Al lijken deze soms complex (voor de meer geavanceerde toepassingen), toch zijn alle grootheden die in de (bio)mechanica worden gebruikt gebaseerd op **drie basisgrootheden**, namelijk massa, afstand en tijd. Aan de hand van deze drie grootheden kan men alle andere grootheden in de biomechanica zoals kracht, moment, arbeid en energie bepalen:

- **Massa** is de maat voor de traagheid, of anders gezegd een maat voor de weerstand die een voorwerp biedt tegen een verandering in zijn bewegingstoestand. Een voorwerp met een grote massa is dus moeilijker af te remmen dan een voorwerp met een kleinere massa. De SI-eenheid van massa is één kilogram (kg).

- **Afstand** is een maat voor het ruimteaspect. Ruimte kan men beschouwen in één, twee en drie dimensies. Men krijgt dan respectievelijk volgende grootheden lengte (m), oppervlakte (m²) en volume (m³). De SI-eenheid van afstand is één meter (m).
- **Tijd** geeft de temporele aspecten weer. De SI-eenheid van tijd is één seconde (s).



SI-eenheden

De afkorting SI staat voor 'Système International'. Dit systeem is een verzameling van negen basiseenheden dat internationaal wordt gebruikt. De meest bekende SI-eenheden zijn kilogram, meter en seconde. Enkele andere basiseenheden zijn ampère, mol.

Tabel 1: Basisgrootheden gebruikt in de mechanica

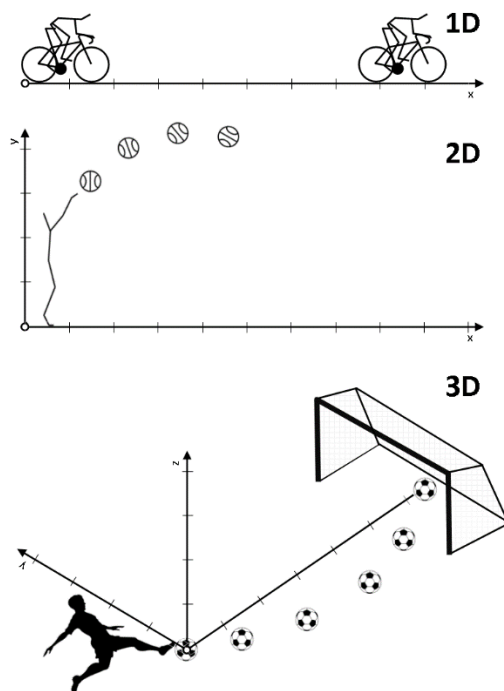
Grootheid	Eenheid	Symbool
Lengte	meter	m
Massa	kilogram	kg
Tijd	seconde	s

3.1.3 Assenstelsel

Het meten of uitdrukken van een afstand kan enkel op zinvolle wijze gebeuren als je eerst bepaalt ten opzicht van wat er wordt bewogen. Dit kan je doen door een assenstelsel te definiëren.

Een assenstelsel wordt steeds gekenmerkt door een oorsprong (het nulpunt), een richting en een zin. Je kan dit vergelijken met het uitrollen van een meetlint. De plaats waar je begint met meten wordt **de oorsprong** of **het nulpunt** genoemd. Vervolgens rol je de meter uit in een bepaalde richting. De positieve zin wordt bepaald door de oplopende volgorde van de getallen op de meter. Vervolgens kan je de eenheden aflezen.

Een dergelijk assenstelsel kan in het eenvoudigste geval in één dimensie verlopen of beschreven worden (bv. een sprinter in de laatste rechte lijn, de bal of pluim die na een smash in een rechte lijn naar de andere zijde van het terrein gespeeld wordt, enz.). Heel vaak verlopen bewegingen niet in slechts één dimensie, maar wordt er afgeweken van deze rechte lijn. Zo kan de beweging ook in twee dimensies beschreven worden (bv. een basketbal die naar doel gegooit wordt maakt zowel een opwaartse als een voorwaartse beweging, hetzelfde geldt voor een verspringer, de analyse van looplijnen van spelers, enz.); en om de werkelijkheid zo dicht mogelijk te benaderen eveneens in alle drie de dimensies (bv. wanneer we willen bekijken hoe in het voetbal een penalty dient getrapt te worden om met spin in de winkelhaak te belanden, enz.). Bij het toevoegen van extra dimensies is het voor de meeste toepassingen het eenvoudigst dat alle assen loodrecht op elkaar staan. Dit wordt een **orthogonaal assenstelsel** genoemd. Daarnaast is het zinvol dat de richtingen van de assen aansluiten bij de beweging en de omgeving (bv. in de bewegingsrichting, in de richting van de zwaartekracht, enz.). Om het niet te complex te maken, worden er maar twee dimensies toegelicht.



Figuur 3: Orthogonale assenstelsels bestaande uit één, twee of drie dimensies

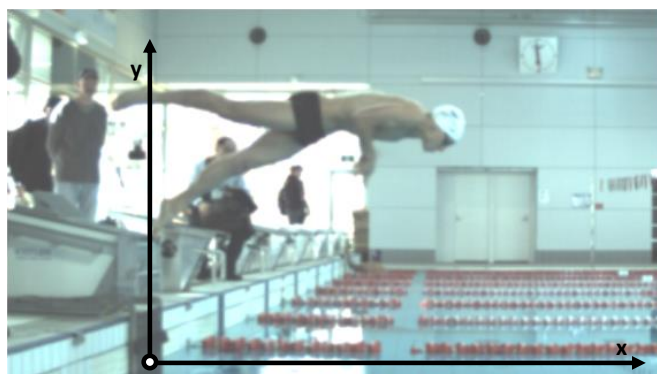


Een assenstelsel als hulpmiddel

Een assenstelsel is een hulpmiddel om de beweging op objectieve wijze te beschrijven en te analyseren en dient geen doel op zich te zijn. Daarom mag je zelf kiezen hoe je je assenstelsel definieert, al zijn er wel een aantal tips om je op weg te zetten een goede keuze te maken.

- Tracht je assenstelsel zo eenvoudig mogelijk te houden door zo weinig mogelijk dimensies te gebruiken waarmee je toch de beweging nog correct kan beschrijven.
- Tracht de assen van je stelsel zo logisch mogelijk te leggen. Leg bijvoorbeeld de eerste as in de voornaamste voortbewegingsrichting. Een goede keuze is ook om steeds de verticale as te laten samen vallen met de richting van de zwaartekracht.

Een voorbeeld uit de praktijk:

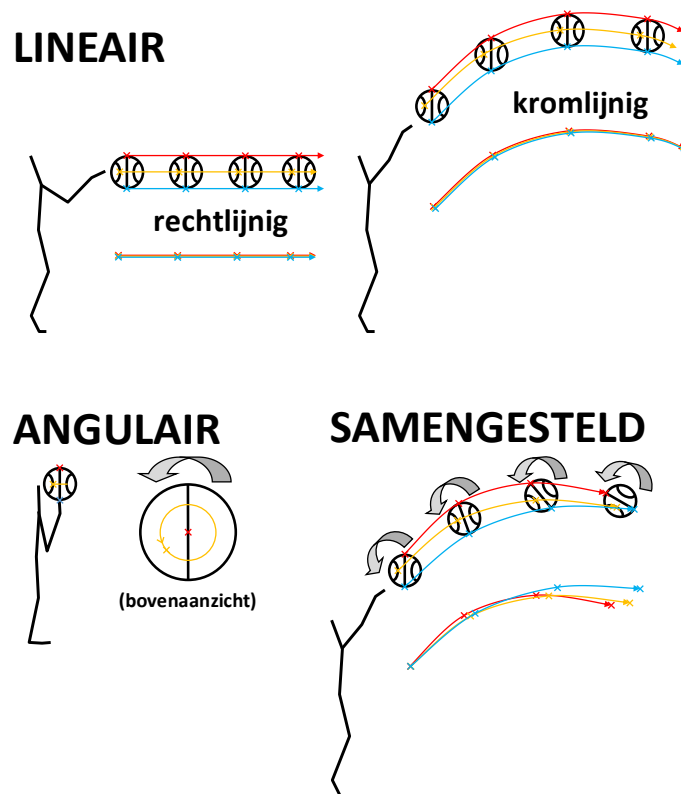


Figuur 4: Bij deze analyse van de zwemstart wordt gekozen voor een assenstelsel waarbij de horizontale as de zwemrichting (op waterniveau weergeeft). De verticale as valt samen met de richting van de zwaartekracht (© Kistler).

3.1.4 Beweegtypes

Bewegingen kunnen op verschillende manieren ingedeeld worden die elk relevant zijn in de biomechanica. Zo kan bekeken worden of het gaat om een lineaire, een angulaire of een samengestelde beweging. Daarnaast kan ook bekeken worden of de snelheid van het lichaam verandert.

Een eerste methode bekijkt dus of het gaat om een 'lineaire', 'angulaire', of een 'samengestelde' beweging. Het is belangrijk om hierin een onderscheid te maken aangezien andere variaties van de bewegingswetten gelden voor beiden.



Figuur 5: Lineaire, angulaire en samengestelde bewegingen

Een beweging wordt beschouwd als lineair wanneer elk punt van het voorwerp eenzelfde pad aflegt (translatie). Wanneer je het traject van elk punt van het lichaam uitzet bekom je parallelle lijnen, per definitie kan je deze perfect op elkaar leggen. Een lineaire beweging kan rechtlijnig zijn (in één dimensie), of kromlijnig (er wordt minstens één bocht genomen in het traject, dit impliceert meerdere dimensies).

Een aantal voorbeelden van (bij benadering) rechtlijnige translaties:

- Een bal die je naar beneden laat vallen.
- Een strakke pas zonder spin.
- Een bal die zonder spin gesmasht wordt.
- Een 100-m sprint vanuit bovenaanzicht gezien.

Een aantal voorbeelden van kromlijnige translaties:

- Een shot in een boogje naar doel zonder spin (basketbal, korfbal, enz.).
- Een hoge pass zonder spin (volleybal).
- De baan die het lichaam beschrijft bij het verspringen.

Een beweging wordt beschouwd als **angulair** als het voorwerp draait (roteert). Dit houdt in dat niet elk punt van het voorwerp hetzelfde traject aflegt tijdens de beweging. De lijnen van deze trajecten zijn niet parallel en kunnen niet op elkaar gelegd worden.

Voorbeelden van zuiver angulaire bewegingen zijn:

- het draaien van een bal op je vingertop (van bovenaf gezien zie je dan dat de punten van de bal cirkels van verschillende groottes beschrijven);
- een reuzendraai aan het rek.

Wanneer **translatie en rotatie** gecombineerd worden spreken we van een samengestelde beweging. In de sport zal deze vorm van bewegen het meeste voorkomen.

Voorbeelden van samengestelde bewegingen zijn:

- een basketbal die met backspin naar de ring gegooid wordt;
- een schoonspringer die in vrije val schroeven en salto's uitvoert;
- een volleybal die met topspin geserveerd wordt.

Een andere manier om bewegingen in te delen is te kijken naar de bewegingstoestand van het lichaam. Als het aan een constante snelheid beweegt (dit kan zowel translatie als rotatie zijn, en de snelheid kan ook nul zijn), dan spreken we van een beweging aan **constante snelheid of een éénparige beweging**.

Voorbeeld:

- De maximale snelheidsfase tijdens een 100m – sprint.

Als het voorwerp verandert van snelheid (translatie en/of rotatie), dan spreken we van een niet-éénparige beweging.

Voorbeeld:

- Een loper die de eindsprint inzet (versnelt).



Bestaan zuiver éénparige bewegingen in de sport ?

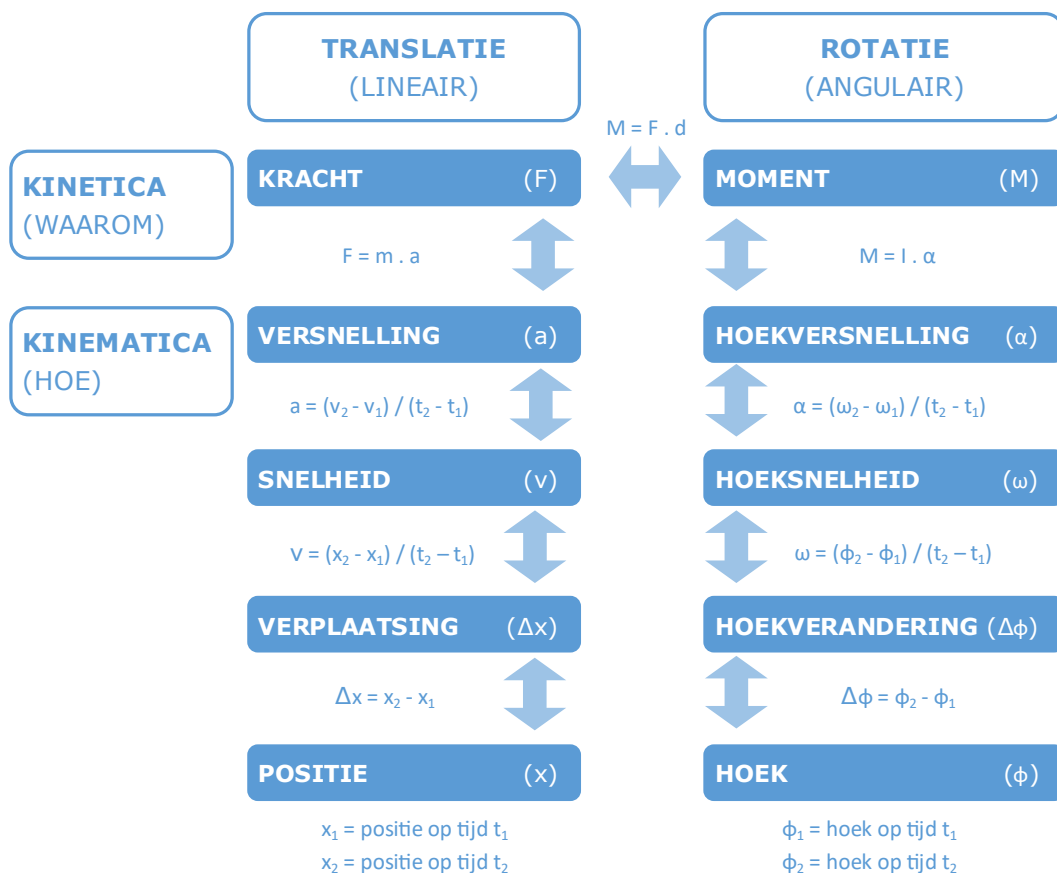
Hoewel ze beschreven worden in de theorie, komen zuivere éénparige bewegingen in de sport slechts zelden voor. Nagenoeg elke beweging wordt gekenmerkt door een veranderende snelheid. Afhankelijk van de vraagstelling is het echter mogelijk de bewegingsvoorstelling te vereenvoudigen tot een éénparige beweging.

Een voorbeeld hiervan is lopen. Lopen wordt gekenmerkt door afremmende en voortstuwende fases die aan elkaar gekoppeld worden. Eigenlijk is dit dus geen éénparige beweging. Echter, indien afremmen en voortstuwen in gelijke mate voorkomen, blijft de snelheid aan het begin en einde van een looppas dezelfde, en blijft de loper over een pas heen gezien aan dezelfde snelheid lopen. Dit kan vereenvoudigd worden tot een éénparige beweging.

Later zullen we zien dat voor bewegingen van de eerste soort (in theorie) geen krachten nodig zijn: deze gaan oneindig aan eenzelfde snelheid door. Om een verandering in de bewegingstoestand te bekomen zijn wel krachten nodig. Hoe krachten (kinetica) uiteindelijk zorgen voor beweging (kinematica) wordt besproken in de volgende paragrafen.

3.2 Kinematica en kinetica

Hoe iets beweegt (**kinematica**) en de redenen voor deze beweging (**kinetica**) zijn onlosmakelijk en wiskundig met elkaar verbonden. Dit geldt zowel voor translatie als rotatie. We zullen in deze paragraaf zien dat hoe iets zich verplaatst (translatie) of draait (rotatie) veroorzaakt wordt door krachten die erop inwerken.



Figuur 6: Overzicht van de kinematica en kinetica van translaties en rotaties

3.2.1 *Kinematica: hoe beweegt iets?*

De kinematica heeft als doelstelling de beweging te beschrijven. Dit kan zowel op kwalitatieve wijze als op kwantitatieve wijze. In het eerste geval worden geen objectieve metingen verricht van geen enkele van de kinematische variabelen. Er wordt bijvoorbeeld gesproken over “een verplaatsing van ongeveer twee paslengtes”, “een snelle of trage beweging”, “een hevige of rustige versnelling”, “een neutrale hoek”, enz. In het geval van een kwantitatieve analyse worden deze variabelen wel objectief gemeten en wordt er bijvoorbeeld gesproken over “een hoek van 45°”, “een snelheid van 2 m/s”, enz. Waar de kwalitatieve aanpak vooral in de trainingspraktijk gebruikt zal worden om een beweging te karakteriseren, is de kwantitatieve aanpak onontbeerlijk in de biomechanica en een gedetailleerde bewegingsanalyse.

Translaties worden beschreven aan de hand van vier elementen die allemaal wiskundig met elkaar en de tijd verbonden zijn: **positie, verplaatsing, snelheid en versnelling**. **Rotaties** worden beschreven aan de hand van **hoek, hoekverandering, hoeksnelheid en hoekversnelling**, die eveneens met elkaar en de tijd verbonden zijn. Met dit laatste wordt bedoeld dat wanneer je het verloop overheen de tijd van één van deze variabelen kent, je de andere ook kan berekenen. Meer specifiek in een wiskundig jargon is snelheid de eerste afgeleide van positie naar de tijd en is versnelling de tweede afgeleide van positie naar de tijd.

3.2.2 *Kinetica: waarom beweegt iets?*

De kinetica heeft als doelstelling de krachten die de beweging (zowel translatie als rotatie) veroorzaken te beschrijven. Verderop in deze cursus wordt beschreven wat krachten zijn en hoe deze gedefinieerd worden. Er wordt ook ingegaan op de methode om de interactie tussen krachten en lichaam te begrijpen (het vrije lichaamsdiagram) en de wetten van Newton bestuderen om het wiskundige verband tussen kracht en beweging te begrijpen.

3.3 Lineaire beweging (translatie)

3.3.1 *Kinematica*

Positie

Symbol: x

Definitie: De positie van een lichaam wordt uitgedrukt ten opzichte van het vooraf gedefinieerde assenstelsel. Deze positie wordt uitgedrukt in coördinaten, en zoals eerder vernoemd kan dit in één, twee of drie dimensies.

Eenheid: In het kader van deze cursus gebruiken we de gangbare SI-eenheden. De eenheid van positie is meter.

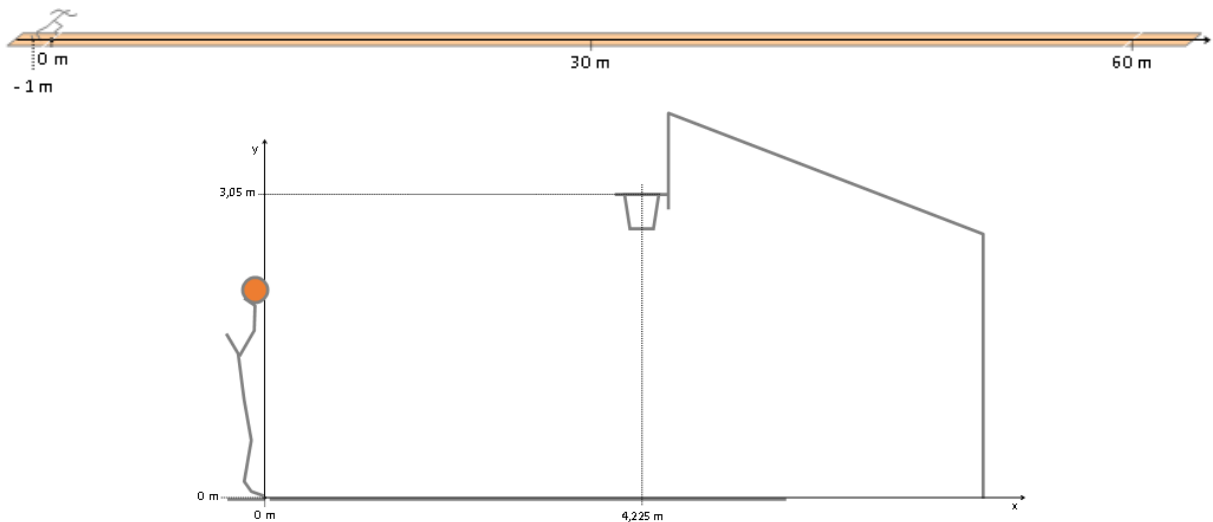


Symbolen in kinematica en kinetica

In de literatuur bestaan verschillende symbolen voor de variabelen die we in deze cursus gebruiken. De in deze cursus gehanteerde symbolen zijn dus slechts een voorbeeld.

Voorbeelden:

- Indien we bij de 60 m sprint de oorsprong aan de startlijn leggen, dan bevindt de finish zich op 60 m. Ten opzichte van hetzelfde assenstelsel bevindt de voet van de sporter in ons voorbeeld zich op -1 m.
- Indien we bij een vrijworp in het basketbal de oorsprong op de vrijworplijn leggen, dan bevindt de bovenkant van de korf zich op 4.25 m voorwaarts, en 3.05 m opwaarts ten opzichte van de vrijworplijn.



Figuur 7: Positiebepaling



Technologie voor positiebepaling

Om positiebepaling te doen in de sport bestaan er verschillende mogelijkheden:

- **Gekalibreerde videobeelden:** indien videobeelden gekalibreerd worden door middel van gekende afstanden kan van elk punt in het beeld de exacte positie bepaald worden.
- **GPS:** je kan een atleet uitrusten met een Global Positioning System sensor. Deze sensoren hebben een nauwkeurigheid van om en bij de drie meter.
- **IPS:** daarnaast bestaat ook de mogelijkheid om een Indoor Positioning Sensor te gebruiken, welke in sommige gevallen een grotere nauwkeurigheid kunnen halen, maar waarvoor de technische vereisten ook hoger zijn.



Verplaatsing versus afstand (afgelegde weg)

Met behulp van de coördinaten die weergeven welk traject het lichaam aflegt kan berekend worden welke de verplaatsing en de afgelegde weg van het lichaam is. Deze zijn niet noodzakelijk gelijk zoals hieronder zal blijken. Het is wel zo dat de kortst mogelijk afgelegde weg steeds gelijk is aan de verplaatsing (anders gezegd is de kortst mogelijke weg tussen twee punten een rechte lijn).

Voorbeeld:

100 m sprinter zijn lichaamsswaartepunt zal steeds meer **afstand** afleggen gezien er afhankelijk van het niveau bij elke pas kleine extra afstanden worden afgelegd links/rechts als boven en onder. De kunst is om dit zoveel mogelijk te beperken. Bewegingsanalyse kan alvast bepalen, hoe efficiënt er wordt gelopen.

Verplaatsing

Definitie: De afstand in vogelvlucht (in rechte lijn) tussen begin- en eindpunt.

In één dimensie gezien komt dit neer op de coördinaat van het beginpunt (x_1) af te trekken van die van het eindpunt (x_2). Gebeurt de verplaatsing in de zin van het assenstelsel, dan bekomen we een positief getal. Is de verplaatsing tegen de zin van het assenstelsel, dan is de verplaatsing negatief.

Symbol: Δx - Formule: $\Delta x = x_2 - x_1$

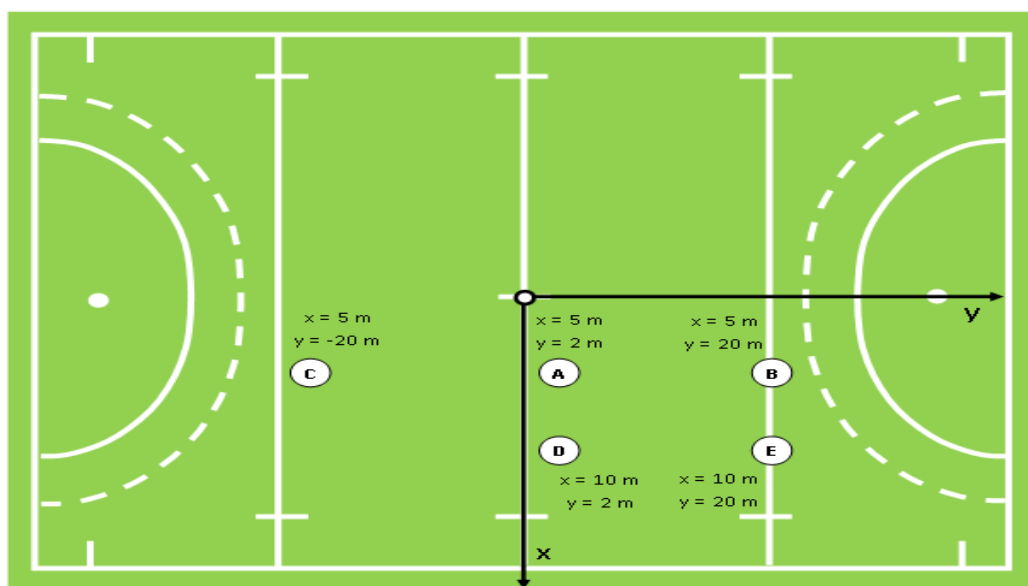
Afstand

Definitie: Waar bij verplaatsing enkel gekeken wordt naar het begin- en eindpunt van de beweging, wordt bij het berekenen van de afstand (afgelegde weg) het volledige traject in rekening gebracht. Er wordt op bepaalde tijdsintervallen bepaald welke de verplaatsing is tussen dat tijdsinterval en het tijdsinterval ervoor. Al deze verplaatsingen worden vervolgens bij elkaar opgeteld. Hoe korter de tijdsintervallen, hoe nauwkeuriger de afgelegde weg bepaald kan worden. Dit komt neer om voor elk tijdsinterval de absolute verplaatsing te bepalen en deze allemaal bij elkaar op te tellen.

Symbol: Δx - Formule: $\Delta x_{tot} = \Delta x_{1 naar 2} + \Delta x_{2 naar 3} + \Delta x_{3 naar 4} + \dots$

(waarbij: $\Delta x_{1 naar 2} = x_2 - x_1$)

Eenheid: meter



Snelheid

Definitie: snelheid wordt gedefinieerd als de afgelegde weg die in een bepaald tijdsinterval wordt afgelegd.

Symbol: v - Formule: $v = \frac{\Delta x}{t_2 - t_1}$

Wiskundig gezien komt dit neer op het delen van de afgelegde weg door de tijd die het lichaam daarvoor nodig had. Dit is wiskundig ook gekend als de eerste afgeleide van positie naar de tijd.



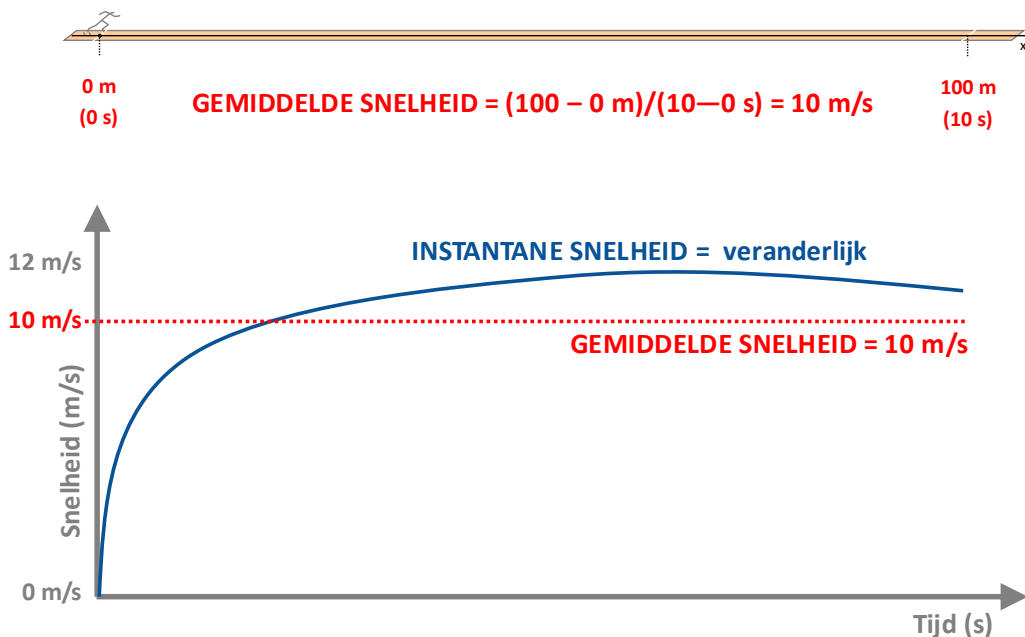
Van kilometer per uur naar meter per seconde en omgekeerd

Heel vaak wordt snelheid niet in m/s uitgedrukt maar in km/u. Er is een eenvoudige omzetting van de ene eenheid naar de andere:

1 km/u = 0.28 m/s (1 m/s = 3.6 km/u)

(1 km = 1000 m; 1 u = 3600 s; 1 km/u = 1000 m / 3600 s = 0.28 m/s)

Snelheid kan je uitdrukken als een gemiddelde snelheid om het volledige traject af te leggen. Hierbij delen we de afgelegde weg door de tijd die nodig was om van begin- naar eindpunt te gaan. Of je kan ook de instantane snelheid bepalen door op korte tijdsintervallen deze berekening te maken. Hoe korter de tijdsintervallen, hoe nauwkeuriger de snelheid bepaald kan worden.



Figuur 8: Het onderscheid tussen een gemiddelde en instantane snelheid tijdens de 100m sprint

Bij een beweging aan constante snelheid zal de gemiddelde snelheid gelijk zijn aan de instantane snelheid (of instantaneous speed). Echter, in de meeste gevallen zal de snelheid veranderlijk zijn. In dat geval is het zinvol om het verloop van de instantane snelheid te bekijken. Zo kan bijvoorbeeld ook de topsnelheid bekeken worden.

Versnelling

Definitie: De versnelling is de maat die aanduidt in welke mate de snelheid verandert over een bepaalde tijd, m.a.w. of een lichaam versnelt of vertraagt.

Symbol: a - Formule: $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$

Wiskundig gezien is dit de verandering van snelheid overheen de tijd, of ook wel de tweede afgeleide van verplaatsing naar de tijd.

Eenheid: $m \cdot s^{-2}$

3.3.2 *Kinetica*

In de voorbije paragrafen werd het hoe van de beweging besproken (de kinematica). In de volgende paragrafen wordt het waarom van de beweging (de krachten die de beweging veroorzaken) besproken: de kinetica.

Kracht

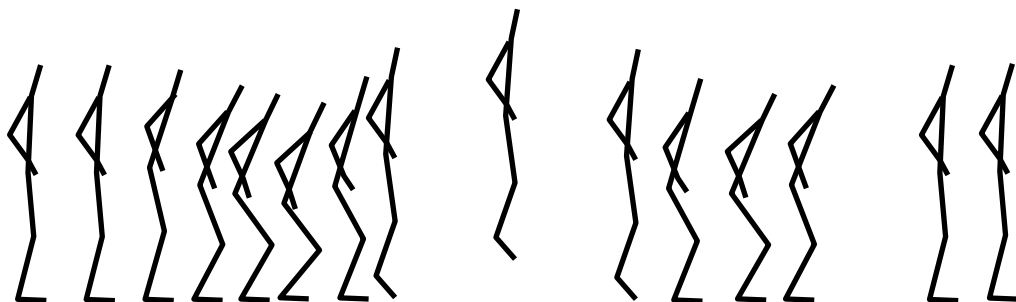
Symbol: F

Definitie: 'iets' dat de bewegingstoestand van een voorwerp verandert.

Eenheid: Newton (N). 1 N is de hoeveelheid kracht die nodig is om een voorwerp van 1 kg met $1 m/s^2$ te laten versnellen.

Een kracht wordt voorgesteld door een **krachtvector**. Deze wordt (gelijkaardig aan een assenstelsel) gedefinieerd door een aangrijpingspunt, een richting en een zin. Het aangrijpingspunt is het punt waarin de kracht inwerkt op het lichaam.

Om de analyse van krachten uit te voeren en aanschouwelijk te maken wordt gebruik gemaakt van een vrij lichaamsdiagram. Dit is meestal de eenvoudigst mogelijke voorstelling van het lichaam dat we willen analyseren. Hierin wordt het lichaam los gedacht van alle omliggende lichamen. De eenvoudigst mogelijke voorstelling van het menselijke lichaam is één punt (het lichaamszwaartepunt, zie verderop in de cursus). Een meer geavanceerde voorstelling in de rigid-body dynamics is een stick-figure, waarin de kinematische/kinetische keten van het lichaam wordt voorgesteld door 'stokjes' die de segmenten voorstellen en door middel van scharnieren met elkaar verbonden zijn.



Figuur 9: Een stick-figure voorstelling van een counter-movement sprong

Alle krachten die inwerken op het lichaam kunnen (volgens de regels van de trigonometrie, o.a. Pythagoras) opgeteld worden. De kracht die we dan bekomen wordt de resulterende kracht genoemd. Krachten die in dezelfde richting en zin werken versterken elkaar. Indien ze in tegengestelde zin werken heffen ze elkaar op. Zo kan, ook al werken er meerdere krachten in op het lichaam, de

resulterende kracht nul zijn. Het is steeds zinvol de krachten te ontleden volgens het assenstelsel dat je hebt gedefinieerd. Een voorbeeld hiervan zie je in **Figuur 10**.

Voorbeelden van krachten die kunnen inwerken op of in een lichaam zijn:

- **Zwaartekracht:** de zwaartekracht is een constante kracht die aangrijpt in het zwaartepunt van het lichaam. Deze kracht versnelt het lichaam in de richting van het centrum van de aarde. Haar grootte wordt bepaald door de massa van het lichaam vermenigvuldigt met de graviteitsconstante (g). Deze laatste is ook gekend als de valversnelling en varieert omgekeerd evenredig met de afstand tot het centrum van de aarde. In België is deze ongeveer 9.81 m/s^2 , wat betekent dat een voorwerp in vrije val (dus zonder dat het luchtweerstand ondervindt) elke seconde 9.81 m/s wint in neerwaartse snelheid.
- **Grondreactiekracht:** dit is de kracht die het lichaam ondervindt van de grond als reactie op de kracht die het lichaam uitoefent op de grond. Deze grijpt aan in het contactpunt met de grond en werkt in dezelfde richting, maar tegengestelde zin als laatstgenoemde kracht.
- **Wrijvingskrachten:** dit zijn krachten die een beweging proberen af te remmen of verhinderen dat een voorwerp in beweging komt (bv. de rolweerstand van wielen, de wrijving tussen klamschoen en klimmuur, de luchtweerstand, enz.)
- **Spierkracht:** spieren zorgen voor de krachten waarmee segmenten rond gewrichten kunnen bewegen of gestabiliseerd worden.

Wetten van Newton

De wetten van Newton vormen de link tussen de kinematica en kinetica. Ze beschrijven hoe krachten gelinkt zijn aan de versnelling van een voorwerp. In het deeltje kinematica zagen we reeds hoe de versnelling zorgt voor een verandering in de bewegingstoestand van een lichaam. Dus uiteindelijk zijn het krachten die zorgen voor een verandering van positie van een lichaam. De modaliteiten van deze omzetting worden beschreven in de wetten van Newton.

Eerste wet van Newton of de 'traagheidswet'

De 'traagheidswet' stelt dat een voorwerp in zijn toestand van rust of van eenparige rechte lijnige beweging blijft, tenzij er een uitwendige kracht op wordt uitgeoefend. Het vermogen van het voorwerp om zijn snelheid te behouden, wordt de traagheid of inertie van het voorwerp genoemd. De term 'traagheidswet' slaat op de idee dat het voorwerp een inertie of traagheid bezit en dat het voorwerp deze toestand van eenparige beweging niet uit zichzelf kan verlaten.



De traagheidswet in actie

Een gevolg van de traagheidswet zie je bijvoorbeeld wanneer iemand geen autogordel draagt en uit de wagen geslingerd wordt bij een ongeluk. Wanneer je aan een bepaalde snelheid rijdt hebben je auto en lichaam samen dezelfde snelheid. Botst de auto echter tegen een muur, dan levert deze muur een kracht op de auto waardoor de auto tot stilstand komt. Als er echter geen gordel is om deze kracht ook op het lichaam te laten inwerken, dan zal het lichaam aan dezelfde snelheid als waarmee de auto reed blijven verder bewegen, met als gevolg dat de persoon uit de wagen geslingerd wordt.

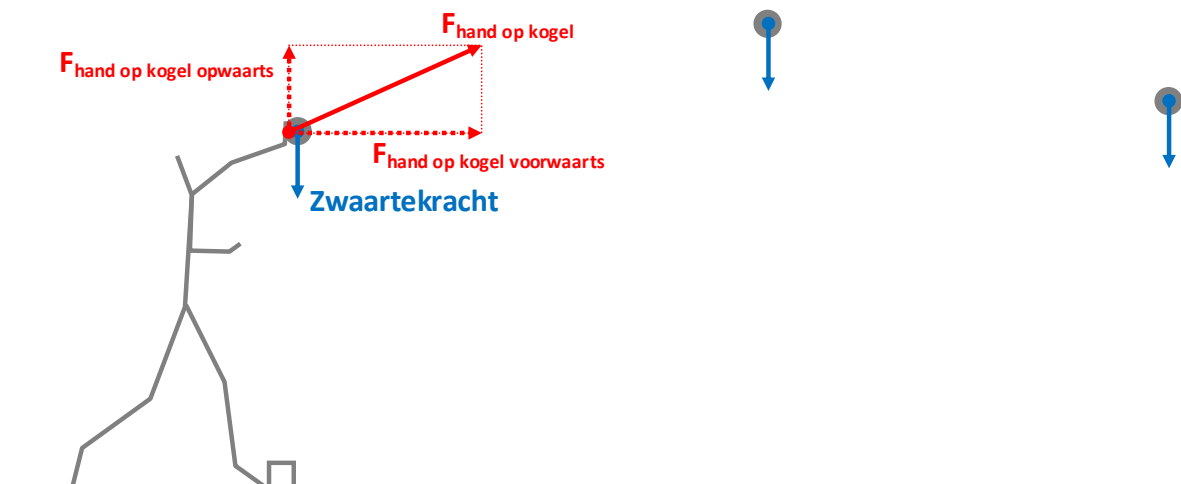
Hetzelfde geldt voor de druk die je in je rug voelt wanneer een trein optrekt, of de neiging om voorover te buigen wanneer de trein vertraagt.

Tweede wet van Newton of de 'versnellingswet'

De tweede wet van Newton stelt dat een uitwendige kracht een voorwerp zal versnellen, in verhouding tot de grootte van de kracht, in de richting van de kracht en omgekeerd evenredig aan de massa van het voorwerp.

$$\Sigma F / m = a \quad \text{of} \\ \Sigma F = m * a$$

Men kan de inwerkende kracht ontbinden in de drie componenten (x,y,z) van het orthogonaal assenstelsel. Dit wil zeggen dat het deel van de kracht in horizontale richting zal zorgen voor een versnelling in horizontale richting. Hetzelfde gaat op voor de andere richtingen.

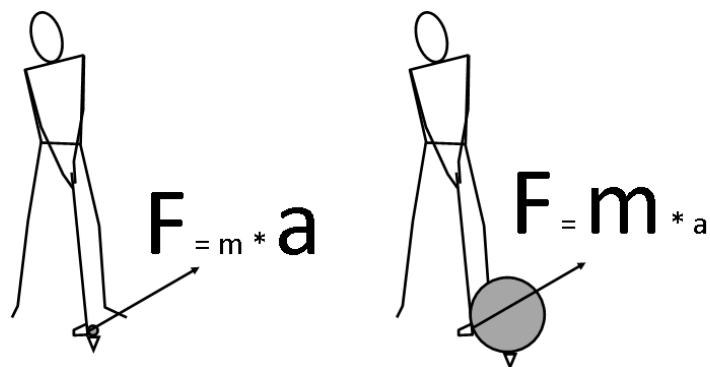


Figuur 10: De kracht van de hand op de kogel kan ontleed worden in een opwaartse en voorwaartse component.

De voorwaartse component zorgt voor een voorwaartse versnelling tijdens het contact met de hand. Indien de opwaartse component van de kracht van de hand op de kogel groter is dan de zwaartekracht zal deze tijdens het contact opwaarts versnellen. Na het contact zal de kogel enkel onder invloed van de zwaartekracht neerwaarts versnellen.

De eenheid van kracht is 'Newton' (N) en komt overeen met de kracht die nodig is om een lichaam met een massa van 1 kg een versnelling van 1 m/s^2 te geven. Vandaar dat de eenheid 'Newton' ook als $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ kan worden beschouwd.

De massa van een lichaam is de kwantitatieve maat van de traagheid of de inertie van het lichaam.



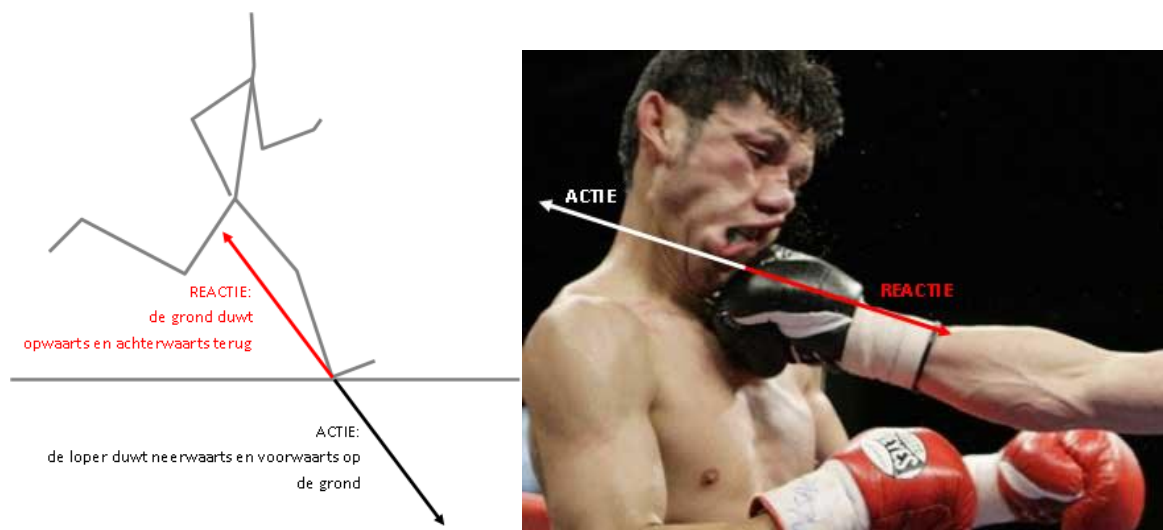
Figuur 11: De versnellingswet.

Indien de atleet een lichte bal met eenzelfde kracht wegslaat als een zware bal, dan zal de lichtere bal een grotere versnelling krijgen dan de zwaardere bal.

Derde wet van Newton of de 'reactiewet'

De derde wet van Newton stelt dat voor elke kracht die wordt uitgeoefend, er een even grote en tegengestelde kracht is. Of anders geformuleerd: wanneer een voorwerp een kracht uitoefent op een tweede voorwerp, zal dit tweede voorwerp een even grote, tegengestelde kracht uitoefenen op het eerste voorwerp.

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$



Figuur 12: De reactiewet.

Voor elke uitgeoefende kracht is er een tegengestelde kracht.

Lineaire impuls-momentum relatie

De impuls-momentum relatie is een vertaling van de wetten van Newton. Het momentum (P) van een lichaam is de hoeveelheid beweging die een lichaam bezit. Deze wordt gedefinieerd als de snelheid van het lichaam vermenigvuldigt met de massa van het lichaam.

$$p = m * v$$

Formule: lineaire impuls-momentum relatie.

De krachtimpuls is de totale hoeveelheid kracht die op het lichaam inwerkt. Deze wordt voorgesteld door de gemiddelde kracht te vermenigvuldigen met de tijd dat deze op het lichaam inwerkt. Een krachtimpuls vergroten kan je dus doen door de grootte van de gemiddelde kracht te vergroten of de kracht langer te laten inwerken. Heel vaak zal het erop neerkomen om de optimale verhouding tussen beide factoren te vinden.

$$\Delta p = p_2 - p_1$$

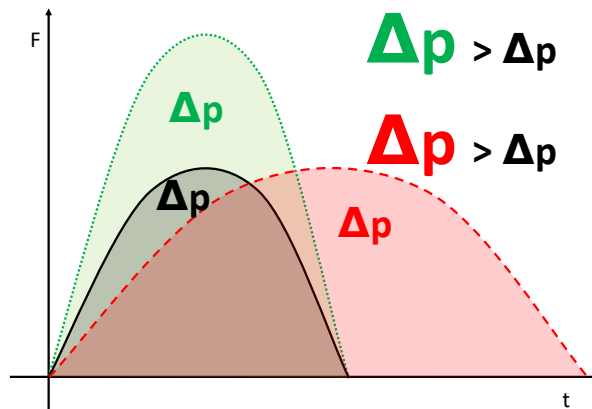
$$\Delta p = F_{gem} * \Delta t$$

Formule: variaties van de lineaire impuls-momentum relatie.



Krachtimpuls is de oppervlakte onder de kracht-tijdscurve

De krachtimpuls kan visueel voorgesteld worden door de oppervlakte onder de kracht-tijdscurve. Je kan een even grote impuls creëren op twee verschillende manieren. In het rode geval wordt enkel de tijdsduur waarin de kracht inwerkt verlengd. In het groene voorbeeld werkt een grotere kracht even lang in. Al worden ze op twee verschillende manieren gerealiseerd, deze beide impulsen zouden even groot kunnen zijn.



Figuur 13: De krachtimpuls is gelijk aan de oppervlakte onder de kracht-tijd curve

Een krachtimpuls zorgt voor een verandering in de grootte van het lineair moment van het lichaam ter grootte van de krachtimpuls zelf. Ter herinnering: de snelheid van een lichaam blijft constant zolang er geen resulterende krachten op inwerken. Vertaald naar deze relatie wordt dit als volgt weergegeven: het lineaire moment van een lichaam blijft constant zolang er geen krachtimpuls op inwerkt. Dit is ook gekend als de wet van het behoud van het lineaire moment.

Deze formule kan je toepassen op elke bewegingsrichting afzonderlijk.



Toepassingen van de krachtpuls in de sport

Deze wet kan aangewend worden om twee doelstellingen die van belang kunnen zijn in de sport te realiseren: het bekomen van de grootst mogelijke snelheid of het laten inwerken van de kleinst mogelijke kracht. We bekijken beide verder in detail.

Willen we een lichaam de grootst mogelijke snelheid geven, dan dient de krachtpuls zo groot mogelijk te zijn. In de praktijk komt dit dan neer op de grootst mogelijke kracht te ontwikkelen en deze zo lang mogelijk te laten inwerken. In de praktijk wordt dit ten dele ook gerealiseerd door wat coaches vertalen als 'door de bal heen slaan', de 'follow through', enz.

Soms kan het ook zinvol zijn om de kleinst mogelijke kracht te laten inwerken op een lichaam. Deze vertaling wordt vooral toegepast in de blessurepreventie. Om blessures te vermijden is het aangewezen om piekkrachten op de anatomische structuren van het lichaam zo laag mogelijk te houden. Denken we aan een zachte landing na een sprong, dempend sportschoeisel, het valbreken in de gevechtssporten, enz. Bij deze voorbeelden dient een bepaald lineair momentum van het lichaam verkleind of zelfs tot nul herleid te worden met krachten die laag gehouden worden. De enige optie is dan om deze lage krachten lang te laten inwerken. Dit wordt mogelijk gemaakt door een remweg te creëren. In plaats van met gestrekte enkels, knieën en heupen te landen zal de atleet door een flexie in deze gewrichten het opvangen van het totale lineaire moment over een langere duur spreiden. Hierbij kunnen dan eventueel ook nog dempende materialen gebruikt worden zoals een valmat welke werkt volgens hetzelfde principe.



Kracht, arbeid, torque, moment, vermogen

Bij het meten van de capaciteiten van een atleet wordt vaak een toevlucht genomen tot het meten van vermogen. Maar wat is dit nu precies?

Om te begrijpen wat vermogen is dienen we eerst het begrip arbeid te begrijpen. Arbeid wordt gedefinieerd als de kracht op het voorwerp te vermenigvuldigen met de verplaatsing in de richting van het voorwerp.

Vermogen is dan de hoeveelheid arbeid die per tijdseenheid wordt geleverd.

3.4 Angulaire beweging (rotatie)

3.4.1 Kinematica

Hoek

Symbol: ϕ

Definitie: Een hoek is in de meetkunde een figuur gevormd door twee halfrechten, benen van de hoek geheten, met een gemeenschappelijk beginpunt. Draait men één van de benen om dit hoekpunt tot hij met de andere samenvalt, dan doorloopt de halfrechte de hoek tussen beide.

Eenheid: In het kader van deze cursus gebruiken we graden ($^{\circ}$) om de hoek uit te drukken.



Figuur 14: Hoek

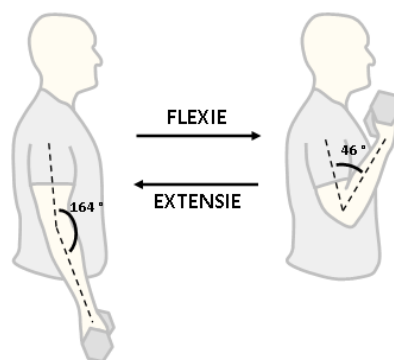
Hoekverplaatsing

Symbol: $\Delta\phi$

Definitie: de verandering in hoek tussen begin- (ϕ_1) en eindpunt (ϕ_2).

Formule: $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$

Eenheid: graden ($^{\circ}$)



Figuur 15: In dit geval bedraagt de hoekverplaatsing in het ellebooggewricht 118°



Range of motion (ROM)

Het verschil tussen de minimale en maximale hoek tussen twee segmenten tijdens een beweging wordt ook wel de bewegingsuitslag of range of motion genoemd. Voor elke gewricht zijn er bepaalde normen over welke hoeken het gewricht 'functioneel' is. Een gewricht kan op verschillende manieren beperkt worden in ROM. Extra informatie is terug te vinden onder het vak Anatomie.

Hoeksnelheid

Symbool: ω

Definitie: de hoeksnelheid wordt bepaald door de hoekverplaatsing over een bepaalde tijd. Indien de hoek toeneemt over de tijd bekomen we een positieve hoeksnelheid, neemt de hoek af naargelang de tijd dan is de hoeksnelheid negatief. In onderstaande formule staat t_1 voor het tijdstip op het beginpunt en staat t_2 voor de tijd op het eindpunt.

Formule: $\omega = (\phi_2 - \phi_1) / (t_2 - t_1)$

Eenheid: $^\circ / s$

Net als bij de lineaire snelheid kunnen we ook voor hoeksnelheid het onderscheid maken tussen de instantane en gemiddelde hoeksnelheid, en een constante en niet-constante hoeksnelheid.

Hoekversnelling

Symbool: α

Definitie: de hoekversnelling geeft weer of en hoeveel de hoeksnelheid toeneemt of afneemt naargelang de tijd verloopt. Indien de hoeksnelheid groter wordt, is de hoekversnelling positief. Neemt de hoeksnelheid af dan is deze negatief.

Formule: $\alpha = (\omega_2 - \omega_1) / (t_2 - t_1)$

Eenheid: $^\circ / s^2$

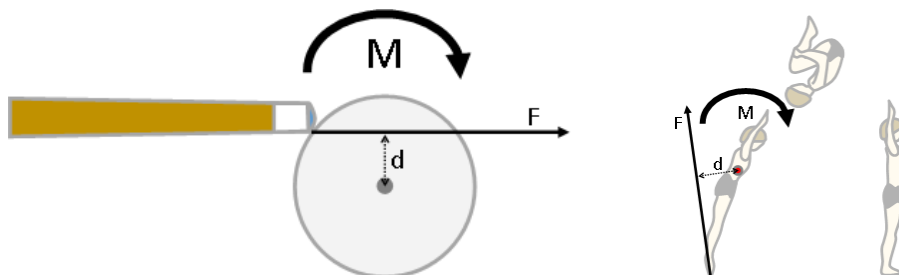
3.4.2 Kinetica

Rotaties worden eveneens veroorzaakt door krachten. Indien de richting van de kracht niet door het zwaartepunt van het lichaam gaat, zorgt deze kracht niet enkel voor een lineaire versnelling, maar eveneens voor een angulaire versnelling door middel van het 'moment' (M) dat gecreëerd wordt.

Hoe verder de kracht van het centrum van het lichaam gaat, hoe groter het moment. Deze afstand (de momentsarm) wordt gemeten als de loodrechte afstand tussen de krachtvector en het zwaartepunt en wordt voorgesteld door het symbool 'd'. Hoe groter de inwerkende kracht, hoe groter het moment.

Formule: $M = F * d$

Kracht en momentsarm bepalen het moment



Figuur 16: Krachten waarvan de richting niet door het zwaartepunt gaan zorgen voor een moment rond het zwaartepunt

Het moment zorgt op zijn beurt voor een hoekversnelling van het lichaam. Gelijkaardig aan translatie is de mate van versnelling afhankelijk van de traagheid van het lichaam. In dit geval is dit de rotationele traagheid (rotationele inertie) voorgesteld door I . Hoe groter de massa van het lichaam, hoe groter I . Hoe meer de massa van een lichaam gecentreerd is, hoe kleiner I , hoe meer de massa verspreid is aan de buitenzijde van het lichaam hoe groter de rotationele inertie en hoe groter het benodigde moment om een voorwerp sneller of trager te laten draaien.

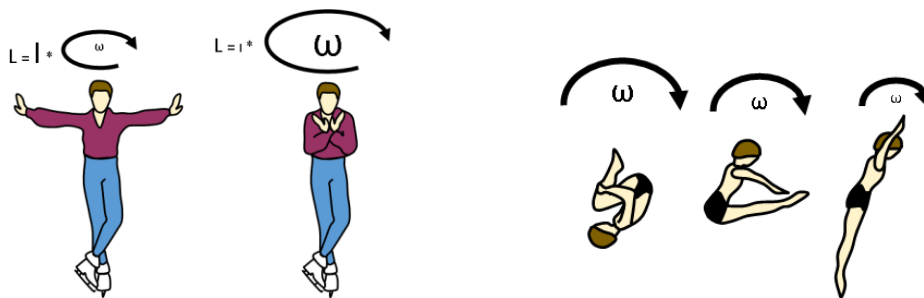
Formule: $M = I * \alpha$

Het moment zorgt voor een angulaire versnelling proportioneel tot de rotationele inertie.

Gelijkaardig aan de lineaire impuls-momentum relatie bestaat er ook een angulaire impuls-momentum relatie. De hoeveelheid rotationele beweging wordt voorgesteld door het angulaire momentum (' L '), en bestaat uit het product van de rotationele traagheid (' I ') en de rotatiesnelheid (' ω '). Zolang er geen moment inwerkt op het lichaam blijft het angulaire momentum constant: dit wordt de wet van behoud van angulaire momentum genoemd. Bij een constant angulaire momentum kan je toch de rotatiesnelheid van een voorwerp beïnvloeden door de rotationele inertie aan te passen: hoe meer de massa van het lichaam gecentraliseerd is, hoe sneller de rotatie zal verlopen. Dit kan je duidelijk zien in pirouettes: indien de atleet de armen gespreid houdt zal de rotatiesnelheid lager zijn dan wanneer de armen dichtbij het lichaam gehouden worden.

Formule: $L = I * \omega$

Het moment zorgt voor een angulaire versnelling proportioneel tot de rotationele inertie.



**Figuur 17: De wet van behoud van angulaire momentum.
Hoe kleiner de rotationele inertie, hoe groter de rotatiesnelheid.**

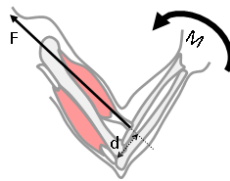


Rotaties van en in het menselijke lichaam

Het volledige menselijke lichaam kan roteren rond elke as die door het lichaamszwaartepunt gaat. De rotationele inertie rond elke as is verschillend, waardoor roteren rond de longitudinale as (bv. schroef) makkelijker is dan rond de frontale as (bv. salto) of sagittale as (bv. radslag).

In de menselijke beweging zijn rotaties uitermate belangrijk. Ook al verplaatst het volledige lichaam zich soms zonder te roteren, dan nog wordt deze translatie gerealiseerd door gewrichten die segmenten ten opzichte van elkaar laat roteren onder invloed van spier- en andere krachten.

In deze voorbeelden wordt het belang van de anatomie die de eigenschappen van het lichaam bestudeerd van belang. Om dergelijke analyses te maken heb je bijvoorbeeld inzicht nodig in de oorsprong en insertie van spieren, maar eveneens in bijvoorbeeld de massa's en rotationele inertieparameters van deze segmenten.



Figuur 18: Spieren zorgen in het lichaam voor krachten die momenten rond gewrichten creëren

3.5 Samengestelde bewegingen

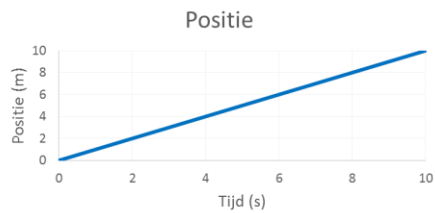
In veel sportcontexten zullen translatie en rotatie samen voorkomen (bv. een volleybal die met spin gespeeld wordt, de 400 m loper die ook in twee bochten alles samen 360° moet draaien, een schoonspringer die tijdens de vrije val complexe rotaties uitvoert, enz.). Wanneer een translatie en een rotatie gecombineerd voorkomen spreekt men van een samengestelde beweging. In dat geval gelden de wetten die gelden voor translatie en voor rotatie tegelijkertijd.

3.6 Translatie van één punt in een rechte lijn aan constante snelheid

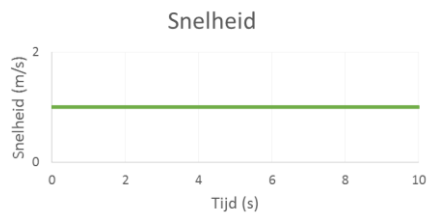
In dit onderdeel bekijken we hoe één punt in één richting aan een constante snelheid beweegt. Dit punt kan in de rigid-body mechanica zo goed als alles voorstellen: van een bal over een been tot een geheel van uitrusting en sporter (bvb. Sporter samen met de zeilboot, sporter op de fiets). In dit deel bekijken we louter hoe we de beweging van dit punt kunnen begrijpen.

3.6.1 Kinematica en kinetica

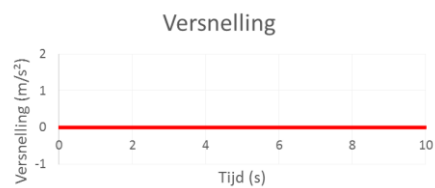
Als er geen resulterende kracht inwerkt op een punt, dan is de versnelling van het punt gelijk aan nul. Dit wil dus zeggen dat de snelheid van het voorwerp niet verandert en constant blijft overheen de tijd (let op: de snelheid kan in dit geval ook nul zijn). De positie van het voorwerp verandert dan rechtevenredig met de tijd (let op: als de snelheid 0 is wil dit zeggen dat het voorwerp ter plaatse blijft). Dit wil zeggen dat gedurende gelijke tijdsintervallen gelijke afstanden afgelegd worden.



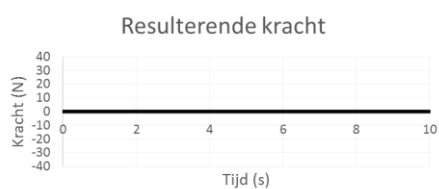
De positie verandert lineair met de tijd. Elke seconde verandert de positie met 1 meter.



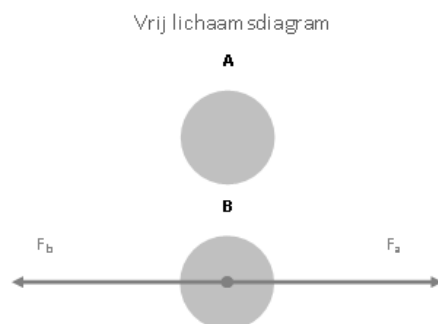
De snelheid is constant (1 m/s) overheen de tijd.



De versnelling is constant (0 m/s²) overheen de tijd.



De resulterende kracht is constant (0 N) overheen de tijd.

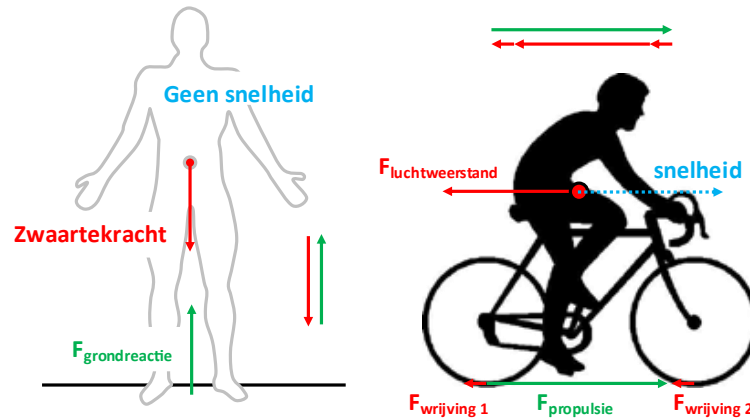


Situatie A: er werken geen krachten in op het punt.

Situatie B: er werken meerdere even grote maar tegengestelde krachten in op het punt, waardoor de resulterende kracht nul is.

Figuur 19: Vrij lichaamsdiagram en evolutie van positie, snelheid, versnelling en resulterende kracht voor een éénparig rechtlijnige beweging

3.6.2 Voorbeelden



Figuur 20: Inwerkende krachten

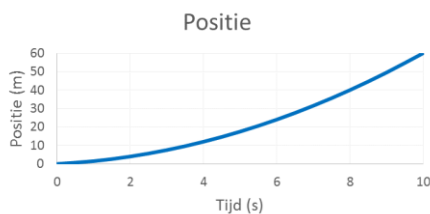
Links – op de sporter in anatomische houding werkt in verticale richting geen resulterende kracht aangezien de grondreactiekracht even groot maar in tegengestelde zin werkt dan de zwaartekracht: de sporter blijft in rust (geen snelheid).

Rechts – op het geheel van wielrenner werkt een propulsiekracht die exact tegengewerkt wordt door de luchtweerstand en de wrijving tussen beide wielen en grond. Hierdoor is er in horizontale richting geen resulterende kracht en blijft de snelheid van de fietser constant.

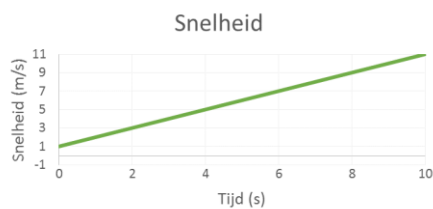
3.7 Beweging van één punt in een rechte lijn aan veranderende snelheid

3.7.1 Kinematica en kinetica

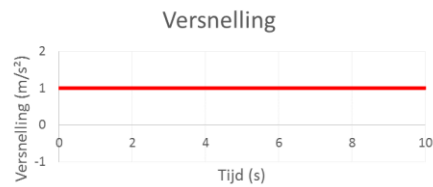
Als er wel een constante resulterende kracht in de bewegingsrichting inwerkt op een punt, dan is er wel een versnelling van het voorwerp. Dit wil zeggen dat de snelheid van het voorwerp recht evenredig verandert overheen de tijd. Gedurende gelijke tijdsintervallen neemt de snelheid steeds in dezelfde mate toe of af. De positie van het voorwerp verandert dan zoals een tweedegraadsfunctie (parabool) overheen de tijd.



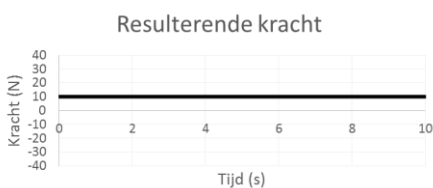
De positie verandert kwadratisch met de tijd. De bekomen curve is een parabolische curve.



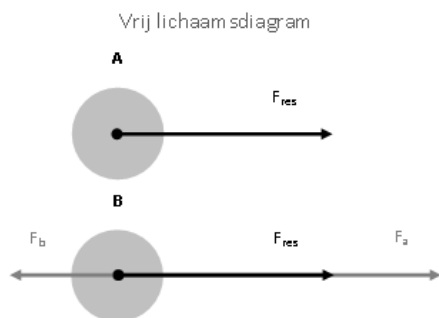
De snelheid verandert lineair overheen de tijd. Elke seconde neemt de snelheid met 1 m/s toe.



De versnelling is constant (1 m/s^2) overheen de tijd.



De resulterende kracht is constant (10 N) overheen de tijd. De massa van het punt is 10 kg.



Situatie A: er werkt één kracht van 10 N in op het punt.

Situatie B: er werken meerdere krachten in op het punt, waarvan de resulterende kracht 10 N is.

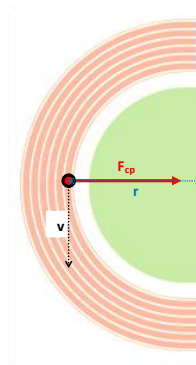
Figuur 21: Vrij lichaamsdiagram en evolutie van positie, snelheid, versnelling en resulterende kracht voor een éénparig versnelde rechte lijnige beweging

3.8 Beweging van één punt in meerdere dimensies

3.8.1 Kinematica en kinetica

Indien het punt afwijkt van de rechte lijn waarop het beweegt, dan is er een kracht nodig om die richtingsverandering te bewerkstelligen, zelfs al blijft de snelheid van het punt constant. De kracht die ervoor zorgt dat een punt van richting verandert is de centripetale (middelpuntzoekende) kracht. Deze staat per definitie steeds haaks op de voortbewegingsrichting (dit is de richting van de snelheid) en zorgt voor wat de 'normale' richting van de versnelling genoemd wordt. Is de middelpuntzoekende kracht de enige inwerkende kracht, dan verandert het punt enkel van richting maar blijft het aan dezelfde snelheid verder bewegen.

Is er naast de middelpuntzoekende kracht nog een kracht aanwezig in de richting van de snelheid, dan zal het punt versnellen of vertragen (onder invloed van de tangentiële component van de versnelling) zoals beschreven in paragraaf 3.4.



Figuur 22: De centripetale kracht

Formule: $F_{cp} = (m * v^2) / r$

De centripetale kracht.

Deze formule toont aan dat om in een cirkel te lopen je een grotere kracht nodig hebt als je massa (m) groter is en/of je snelheid (v) groter is en/of de straal (r) van de bocht die je neemt kleiner is. Dit is een fenomeen dat gekend is uit de atletiek. De sporters in de binnenste banen van een vlakke outdoorpiste zijn benadeeld: zij dienen om hun bocht aan dezelfde snelheid te lopen dan de sporters in de buitenste banen meer middelpuntzoekende krachten te genereren om niet uit de bocht te gaan aangezien hun bocht een kortere straal heeft.



Sleutelbegrippen		
Lichaam	Massa	Afstand
Tijd	Lineair	Angulair
Translatie	Rotatie	Kinetica
Kinematica	Kracht	Moment
Versnelling	Hoekversnelling	Snelheid
Verplaatsing	Hoekverandering	Positie
Hoek	Traagheidswet	Versnellingswet
Reactiewet	Krachtimpuls	Centripetale kracht



Studievragen
1. Beschrijf jouw sporttak in kinetische termen. 2. Beschrijf jouw sporttak in kinematische termen. 3. Leg de link in jouw sporttak met de wetten van Newton. 4. Beschrijf de momenten in een sporttakspecifiek techniek.



Opdracht

Maak een filmpje van één technische beweging binnen je sport en tracht deze te omschrijven vanuit biomechanische principes. Omschrijf hierbij de beweging van de grote segmenten: hoofd, romp, bovenste ledematen (armen) en onderste ledematen (benen).

Hoofdstuk 4 Biomechanica



Doelstellingen van dit hoofdstuk

Aan het einde van dit hoofdstuk kan je:

- het belang toelichten van het lichaamszwaartepunt in de biomechanica;
- toelichten waarom het analyseren en bespreken van de kinetische keten belangrijk is.



Opdracht

Maak een filmpje van een technische uitvoering van je referentiesporter (binnen je eigen context). Omschrijf objectief wat er gebeurt met het lichaamszwaartepunt. Tracht te begrijpen waarom dit gebeurt.

4.1 Anatomie en antropometrie

Voor het correct beschrijven van de beweging van het menselijk lichaam is een goede kennis van de anatomie en antropometrie onontbeerlijk. De anatomie beschrijft de bewegingsmogelijkheden van elk gewricht en benoemt deze eenduidig. Daarnaast is onder meer ook de kennis over aanhechtingen en verloop van spieren en ligamenten van belang indien men hun rol tijdens bewegen wil analyseren. En voor onder meer een correcte berekening van het lichaamszwaartepunt (zie hieronder) is het van belang de lengte en massa van elk segment van de kinematische keten te kunnen inschatten. Het correct opmeten van het lichaam en de lichaamssamenstelling vormt het onderwerp van de antropometrie. Kortom, anatomie en antropometrie zijn basiswetenschappen waarop de biomechanica verder bouwt.

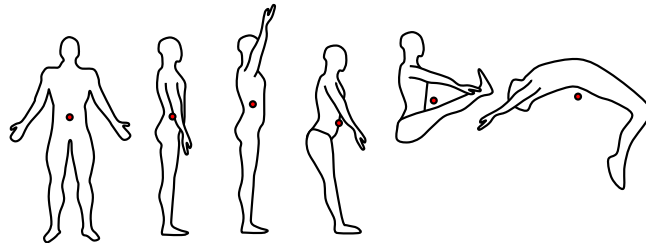
4.2 Lichaamszwaartepunt

In de voorgaande hoofdstukken vereenvoudigden we het menselijk lichaam (soms inclusief attributen) tot één punt. Zoals we zagen maakt dit het ons iets eenvoudiger om de wetten van de mechanica toe te passen. En nog beter: het is ook correct om dit te doen als de juiste methode om dit punt te bepalen wordt gebruikt.

Het punt waarin alle massa van een voorwerp of persoon kan samengevat worden, wordt het lichaamszwaartepunt (LZP, in het Engels body centre of mass, BCOM of COM) genoemd. Dit is eveneens het punt waarin de zwaartekracht inwerkt op het lichaam.

Dit punt heeft geen vaste locatie in het lichaam. Het verplaatst zich mee naargelang er lichaamsmassa verplaatst wordt. Zo bevindt het zwaartepunt zich bij een volwassen persoon die rechtop staat

ongeveer ter hoogte van de navel centraal in het abdomen. Indien deze persoon de armen boven het hoofd brengt, zal het zwaartepunt omhoog schuiven. In sommige gevallen kan het zwaartepunt zich ook buiten het lichaam verplaatsen. Bij een gymnast die een gehoekte salto uitvoert zal het zwaartepunt voor het lichaam vallen, en bij een hoogspringer die met de Fosbury-techniek over de lat gaat zal het zwaartepunt zich onder de rug bevinden.

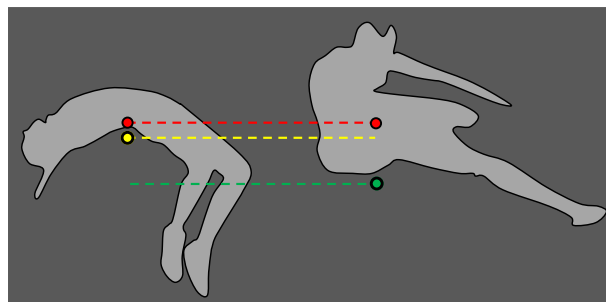


Figuur 23: De positie van het lichaamszwaartepunt (rood punt) bij verschillende houdingen



De efficiëntie van de Fosbury flop

De evolutie van de techniek van het hoogspringen wordt gekenmerkt door een steeds toenemende efficiëntie van de latoverschrijdingstechniek. Waar in de beginjaren het volledige lichaam als één geheel over de lat werd gebracht, wordt in de Fosbury flop techniek gebruik gemaakt van een sequentiële latoverschrijding. Dit wil zeggen dat de kinematische keten slechts deel per deel over de lat gaat. Waar de eerste techniek zich kenmerkt door een zwaartepunt dat zich hoog bevindt ten opzichte van het laagste punt van het lichaam over de lat, wordt de tweede techniek gekenmerkt door een zwaartepunt dat zich zelfs onder het laagste punt van het lichaam in het vlak van de lat kan bevinden. Dit is mogelijk omdat slechts een klein deel van de lichaamsmassa zich over de lat dient te verplaatsen, terwijl de rest van de lichaamsmassa zo laag mogelijk gehouden wordt. Het laagste punt van het lichaam in het vlak van de lat bepaalt de maximale latoverschrijdingshoogte. De maximale hoogte van het lichaamszwaartepunt wordt bepaald door de krachten die op het lichaamszwaartepunt inwerken tijdens de sprong. Dus, eenzelfde hoeveelheid kracht tijdens de afstoot leidt tot eenzelfde maximale hoogte van het zwaartepunt tijdens de latoverschrijving. De lichaamsconfiguratie bepaalt dan hoe hoog het laagste punt van het lichaam zich in het vlak kan bevinden ten opzichte van het lichaamszwaartepunt; en dus ook de maximale latoverschrijdingshoogte.

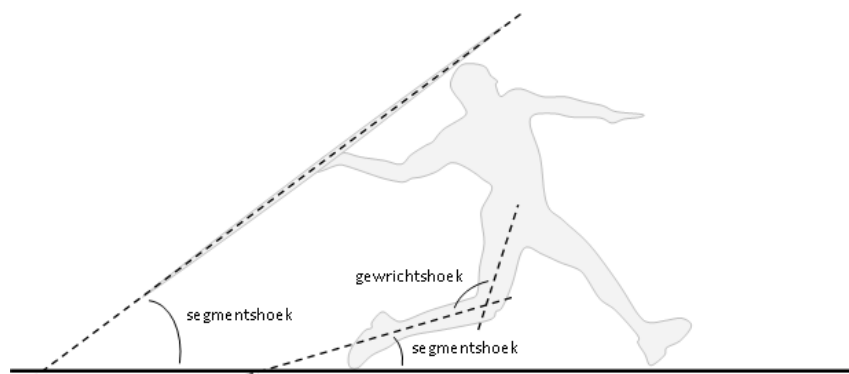


Figuur 234: Met eenzelfde zwaartepuntshoogte (rood punt) kan een hogere lat (geel t.o.v. groen punt) overschreden worden met de Fosbury-techniek

4.3 De kinetische keten

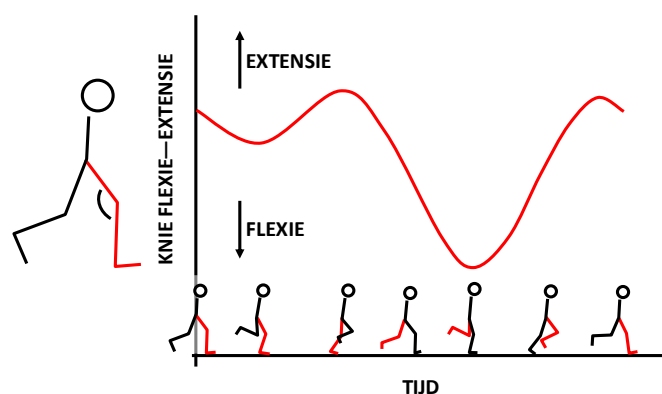
De kinetische keten is de vereenvoudigde voorstelling van het menselijk lichaam dat gebruikt wordt om de beweging te analyseren en te begrijpen. In deze cursus werden de beginselen van biomechanica en bewegingsanalyse voor het volledige lichaam dat werd vereenvoudigd tot één punt besproken. In de biomechanica bestaan daarnaast ook methodes om elk onderdeel van de kinetische keten verder te gaan onderzoeken. In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van de mogelijkheden, zonder evenwel in detail te gaan.

De configuratie van het lichaam (en eventuele attributen) tijdens de beweging kan uitgedrukt worden door de beweging van segmenten ten opzichte van een **vaste referentie** te beschrijven. Dit kan ondermeer door een segmentshoek te beschrijven. Bv.: “bij de afworp bevindt de voorarm zich in het sagittale vlak in een hoek van 45° ten opzichte van de horizontale”.



Figuur 25: Segmentshoeken en gewrichtshoeken

Daarnaast kan ook de beweging van één segment ten opzichte van een ander segment bekeken worden door middel van de **gewrichtshoek** en **gewrichtshoeksnelheid**.



Figuur 26: Gewrichtshoek versus tijd

Nog een stap verder is het berekenen van het krachtmoment en het vermogen rond de gewrichten: hierbij duidt het krachtmoment aan welke spiergroepen voornamelijk actief zijn (bv. de extensoren

of de flexoren), terwijl het vermogen aantoont of deze spiergroepen isometrisch, concentrisch of excentrisch aan het werk zijn.

Vervolgens kan ook de rol van elke spier in de beweging onderzocht worden door middel van modelering en het meten van EMG-activiteit. Van belang in de biomechanica zijn onder meer de contractiele eigenschappen van spieren dewelke zich kenmerken door een specifieke kracht-lengte en kracht-snelheid relatie; en de elastische eigenschappen van de spieren (dewelke toelaten energie op te slaan om die later weer vrij te geven). Eveneens de krachten die inwerken op ligamenten en andere anatomische structuren kunnen berekend worden.



De kinetische keten in een multidisciplinaire sportbegeleiding

De biomechanische ondersteuning van een atleet wordt best geïntegreerd in een multidisciplinaire aanpak van de sportbegeleiding. Zo zijn er heel duidelijk raakvlakken tussen de biomechanica en andere specialismen van de trainingspraktijk die zich (onder meer) focussen op de kinetische keten:

- **Kinesithérapie:** indien de optimale technische uitvoering belemmerd wordt door een slecht of minder optimaal functionerend onderdeel van de kinetische keten, kan dit gecommuniceerd worden naar de kinesitherapeut die dit kan remediëren. Voorbeeld: bij een zwemmer wordt opgemerkt dat tijdens de glijfase de stroomlijning verbeterd zou kunnen worden door een grotere plantairflexie in de enkels. De kinesitherapeut kan zorgen dat de bewegingsuitslag in het enkelgewricht groter wordt.
- **Fysiektrainer:** indien de optimale technische uitvoering belemmerd wordt door een krachttkort kan de fysiektrainer aangesproken worden. Omgekeerd kan de fysiektrainer ook te rade gaan bij de biomechanicus voor input over de optimale posities waarin de functionele kracht voor een bepaalde beweging dient ontwikkeld te worden. Voorbeeld: het ontwikkelen van krachtoefeningen die de positie bij de start op het startblok nabootsen.
- **Nutritionist:** indien de optimale technische uitvoering belemmerd wordt door de lichaamssamenstelling van de atleet kan de voedingsdeskundige aangesproken worden. Voorbeeld: het bepalen van de optimale lichaamssamenstelling in functie van stroomlijning, propulsie en drijfvermogen in het zwemmen.



Sleutelbegrippen

Lichaamszwaartepunt

Kinetische keten



Studievragen

1. Wat is het verband tussen krachttraining en kinetische keten?
2. Wat is de relevantie van het lichaamszwaartepunt verhogen of verlagen?
3. Beschrijf de beweging van het lichaamszwaartepunt in jouw sporttak of in een bepaalde techniek.



Opdracht

Maak een filmpje van een technische uitvoering van een sporter met minder controle over zijn lichaamszwaartepunt (binnen je eigen context). Omschrijf objectief wat er gebeurt met het lichaamszwaartepunt en vergelijk dit met je referentiesporter. Tracht te begrijpen waarom dit gebeurt.

Deel 3 | Praktische toepassing van bewegingsanalyse.

Hoofdstuk 1 Verschillende toepassingsgebieden



Doelstellingen van dit hoofdstuk

Aan het einde van dit hoofdstuk kan je:

- verschillende toepassingsgebieden omschrijven binnen bewegingsanalyse;
- omschrijven hoe je bewegingsanalyse kan inzetten om concretere doelen te bepalen voor je sporter;
- omschrijven wat verschillende stappen zijn binnen de bewegingsanalyse.

Binnen een ruime sportcontext wordt bewegingsanalyse ingezet om extra informatie in te winnen over de **bewegingsefficiëntie** van de sporter. Daarnaast is een objectieve bewegingsanalyse een sterke tool om in te zetten als communicatiemiddel binnen een multidisciplinair team. Een goed opgeleide trainer is in staat om in zijn eigen context een referentiesporter (of referentiebeweging) te omschrijven en toe te lichten waarom dit zo is. Door verdere ontwikkeling van de trainer of verandering van de context kan de referentie aangepast worden. Zonder een duidelijke referentie is het onmogelijk om doelgericht te werken.

Om vanuit de bewegingsanalyse concrete trainingsdoelen te verzamelen is het belangrijk om een procesmatige aanpak te hanteren en samen te werken met een multidisciplinair team. In onderstaande paragrafen geven we hierover een kort overzicht. Het startpunt ligt steeds in de handen van de trainer met de duidelijke omschrijving van de **referentie**.

Beschouw de referentiebeweging van je referentiesporter niet als het ultieme voorbeeld in alle omstandigheden en voor alle verschillende ontwikkelingsniveaus. Maar gebruik dit in eerste instantie om de eerste stap te zetten binnen bewegingsanalyse in je context. De objectieve omschrijving en het begrijpen waarom dit voor jou de referentie is, blijft een noodzakelijke stap. Na het nemen van de stap kan je op een objectieve manier andere sporters binnen dezelfde context vergelijken om stapsgewijs beter te begrijpen wat het verschil is en uiteindelijk waarom dit verschil is ontstaan.



Opdracht

Omschrijf vanuit je context waarom een bepaalde beweging bij vele sporters onvoldoende lukt. Tracht een beeld op te zoeken bij een sporter waarbij de opdracht wel lukt. Tracht te begrijpen waarom dit wel lukt bij de gekozen referentiesporter.

1.1 Algemene bewegingsanalyse in een sporttakspecifieke context.

Om een volledig omschrijving te maken van een beweging is het belangrijk om de juiste context mee te geven en dus zeker drie belangrijke velden mee te nemen die elkaar sterk kunnen beïnvloeden:

- Taak (Wat is de taak?)
Voorbeeld: specifieke technische uitvoering
- Omgeving (Wat is de omgeving?)

Invloeden die betrekking hebben tot de omgevingscontext, voorbeeld: weersomstandigheden, ondergrond, ...

- Organisme (Wat is het organisme?)

Invloeden vanuit metabole en neurale factoren.

Durf een **referentiebeeld** te kiezen van een referentiesporter binnen een sterk afgebakende context die je wil analyseren en bespreken. Start met de bovenstaande velden zo objectief mogelijk te bespreken. Tracht in de volgende stap het beeld dat bestaat uit verschillende frames (afbeeldingen) op te delen in sleutelmomenten. Elk sleutelmoment kan je globaal beschrijven ten opzichte van je totaal referentiekader. De volgende stap in het proces is om te begrijpen waarom de taak of beweging hierdoor succesvol is (referentie). Zonder deze stap te zetten is het gevaarlijk om andere sporters te vergelijken en te evalueren aan de hand van bewegingsanalyse.

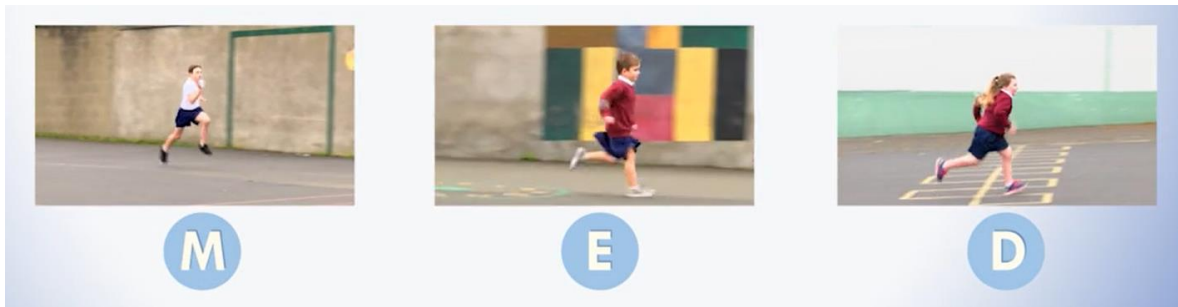


Vaardigheden classificeren

Toepassing vanuit het vak Trainingsmethodiek (basis):

Binnen de ontwikkeling van een jonge sporter is een bepaalde vaardigheid beheerst (referentie binnen die context).

Omschrijf op een objectieve manier waarom dit zo is?



Figuur 27: Classificeren van lopen als vaardigheid (Bron:

<https://www.scoilnet.ie/pdst/physlit/videos/>).

Toelichting bij bovenstaande afbeelding:

M = Mastering (beheersen)

E = Exploring (verkenkend)

D = Develping (ontwikkellend)

Indien je vanuit de referentiebeweging vertrekt kan je die beweging vergelijken met dezelfde beweging of taak onder gelijkaardige omstandigheden.



Praktijkvoorbeeld

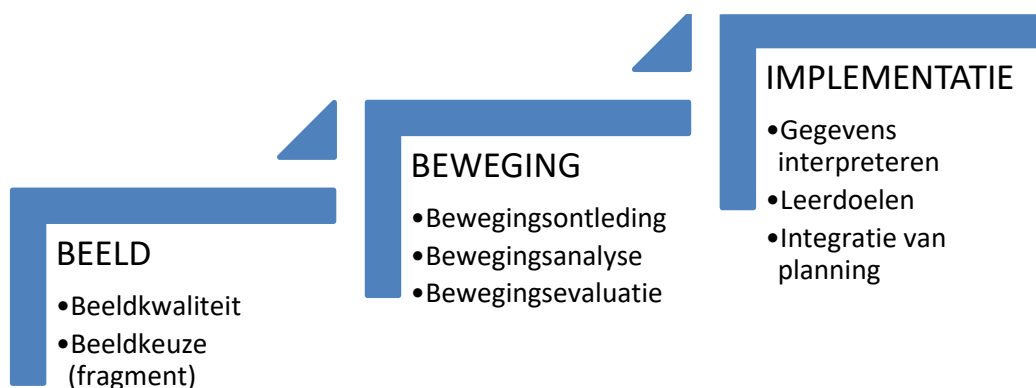
Je sporter beweegt efficiënt gedurende 30", hierna daalt de bewegingsefficiëntie. Wat zijn de mogelijke oorzaken? Ga hierbij weer procesmatig te werk. Wat is het verschil ten opzichte van het referentiebeeld? Wat zijn de mogelijke oorzaken?

Daarnaast kan de analyse gebruikt worden als evaluatietool. Hoe evolueert de sporter doorheen het trainingsproces en worden de gekozen doelstelling bereikt.

1.2 Technische/Biomechanische bewegingsanalyse in een sporttakspecifieke context.

Een expert kan vanuit je bewegingsomschrijving gedetailleerde gaan kijken hoe elk segment ten opzichte van elkaar gepositioneerd is op de verschillende sleutelmomenten en wat er exact gebeurt tussen de verschillende sleutelmomenten. Nadat er een technische/biomechanische bewegingsomschrijving is gebeurd van de referentie en een analyse is gebeurd waarom dit zo is. Kunnen dezelfde stappen ondernomen worden voor andere sporters binnen dezelfde context. Om beter te kunnen begrijpen waardoor de verschillen ontstaan kan er gekozen worden om een lichaamsscreening uit te voeren en daarnaast aanvullende tests.

Verschillende stappen zijn noodzakelijk om kwalitatief aan bewegingsanalyse te doen, zeker als je de stap zet naar een technisch/biomechanische evaluatie voor de praktische ondersteuning van je sporter.



Figuur 28: Methodiek technisch/biomechanische bewegingsanalyse

1.2.1 *Beeld*

Vanuit een algemene bewegingsomschrijving kan je meer gaan afbakenen welk onderdeel van de beweging (beeldfragment) je in detail wil bekijken vanuit een technisch/biomechanische, maar ook functioneel anatomisch oogpunt. Om hierin een gerichte keuze te maken is het handig om een referentiebeeld te hebben. Stel jezelf de vraag in welk aanzicht je het best de omschrijving kan maken voor je bewegingsanalyse. Denk hierbij aan vooraanzicht, zij aanzicht, achteraanzicht en bovenaanzicht. Bekijk dit vanuit de anatomische vlakken (bewegingsvlakken), gekend uit het vak Anatomie (Basis) en neem je beelden loodrecht op deze vlakken.



Figuur 29: Zijaanzicht, camerapositie loodrecht op het sagittaal vlak (dieptevlak).

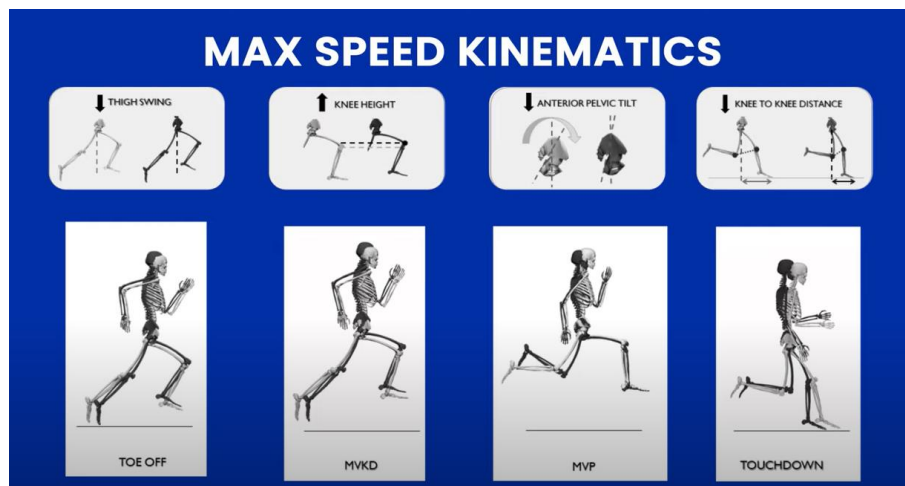
Daarnaast zal in onderstaande hoofdstuk extra toelichting gegeven worden over de beeldkwaliteit en waarmee je best rekening kan houden om te komen tot optimale resultaten.

1.2.2 *Beweging*

Je bepaald vanuit een volledige beweging, welke onderdelen je gericht wil analyseren en evalueren. Afhankelijk van de beeldopname kan je per frame bepalen welk sleutelmoment (key-moment) je wil nemen om de positie te bepalen. Deze positie is best een duidelijk gekozen positie ten opzichte van een vast referentiekader of een objectief gekozen positie vanuit biomechanisch oogpunt.



Sleutelmomenten bij een loopcyclus van een sprinter



Figuur 30: Vier sleutelmomenten tijdens een loopcyclus (Bron: Mendiguchia J. et al)

Toe off = Teen van achterste been komt los van de grond

Maximal knee vertical displacement (MVKD) = Maximale kniehoogte bij opwaarts knieheffing.

Maximal vertical (MVP) = Maximale verticale spreiding van onderste ledematen.

Touchdown = Eerste grondcontact na zweeffase.

Informeer bij je sportfederatie over de sleutelmomenten bij een sporttechnische beweging!

Na de bepaling van de sleutelmomenten kan je deze gedetailleerd omschrijven en analyseren. Het doel in deze stap is alle lichaamsdelen/gewrichten – en dus niet een subjectieve selectie van lichaamsdelen die als belangrijk worden beschouwd binnen een bepaalde sport – ten opzichte van elkaar te beschrijven.

Opgelet

Om de beschrijving zo objectief mogelijk te houden, worden enkel lichaamsdelen/gewrichten beschreven die effectief zichtbaar zijn op het gebruikte beeldfragment. Daarom is het belangrijk vooraf te bepalen welk aanzicht je nodig hebt en de beeldkwaliteit af te stemmen op de type beweging.



Voorbeeld bij een standworp

Key-moment 0: Uitgangshouding		Bewegingsanalyse Key-moment 0: Uitgangshouding	
Links	Rechts	Links	Rechts
Voet / enkel	Staan	Voet / enkel	Staan
Knie	Staan	Knie	Staan
Heup	Staan	Heup	Staan
Bekken	Staan	Bekken	Staan
Romp	Staan	Romp	Staan
Hoofd	Staan	Hoofd	Staan
Schouder / bovenarm	Staan	Schouder / bovenarm	Staan
Elleboog	Staan	Elleboog	Staan
Pols / hand	Staan	Pols / hand	Staan

Key-moment 1: Bepaling van de bal		Bewegingsanalyse Key-moment 1: Bepaling van de bal	
Links	Rechts	Links	Rechts
Voet / enkel	Staan	Voet / enkel	Staan
Knie	Staan	Knie	Staan
Heup	Staan	Heup	Staan
Bekken	Staan	Bekken	Staan
Romp	Staan	Romp	Staan
Hoofd	Staan	Hoofd	Staan
Schouder / bovenarm	Staan	Schouder / bovenarm	Staan
Elleboog	Staan	Elleboog	Staan
Pols / hand	Staan	Pols / hand	Staan

Key-moment 2: Voorwaartse versnelling		Bewegingsanalyse Key-moment 2: Voorwaartse versnelling	
Links	Rechts	Links	Rechts
Voet / enkel	Staan	Voet / enkel	Staan
Knie	Staan	Knie	Staan
Heup	Staan	Heup	Staan
Bekken	Staan	Bekken	Staan
Romp	Staan	Romp	Staan
Hoofd	Staan	Hoofd	Staan
Schouder / bovenarm	Staan	Schouder / bovenarm	Staan
Elleboog	Staan	Elleboog	Staan
Pols / hand	Staan	Pols / hand	Staan

Key-moment 3: Lopen van de bal		Bewegingsanalyse Key-moment 3: Lopen van de bal	
Links	Rechts	Links	Rechts
Voet / enkel	Staan	Voet / enkel	Staan
Knie	Staan	Knie	Staan
Heup	Staan	Heup	Staan
Bekken	Staan	Bekken	Staan
Romp	Staan	Romp	Staan
Hoofd	Staan	Hoofd	Staan
Schouder / bovenarm	Staan	Schouder / bovenarm	Staan
Elleboog	Staan	Elleboog	Staan
Pols / hand	Staan	Pols / hand	Staan

Key-moment 4: Lopen van de bal		Bewegingsanalyse Key-moment 4: Lopen van de bal	
Links	Rechts	Links	Rechts
Voet / enkel	Staan	Voet / enkel	Staan
Knie	Staan	Knie	Staan
Heup	Staan	Heup	Staan
Bekken	Staan	Bekken	Staan
Romp	Staan	Romp	Staan
Hoofd	Staan	Hoofd	Staan
Schouder / bovenarm	Staan	Schouder / bovenarm	Staan
Elleboog	Staan	Elleboog	Staan
Pols / hand	Staan	Pols / hand	Staan

Key-moment 3: Voorwaartse versnelling		Bewegingsanalyse Key-moment 3: Voorwaartse versnelling			
		Links		Rechts	
	Voet / enkel	Dorsiflexie	-	Uitgeduwd op voetpunt	=
	Knie	Extensie	+	Gebogen	=
	Heup	Flexie / externe rotatie	-	Uitgeduwd tot verlengde romp	+
	Bekken			Rechter bekken heift voorwaarts geduwd	+
	Romp	Lateroflexie naar links	+		
	Hoofd	Neutraal			
	Schouder / bovenarm	Abductie / retroflexie	-	Zijwaarts = / naar buiten gedraaid	+
	Elleboog	Flexie (± 90°)	+	Gebogen (± 95°)	-
	Pols / hand	Neutraal	=	In verlengde onderarm	=

Key-moment 4: Lossen van de bal		Bewegingsanalyse Key-moment 4: Lossen van de bal			
		Links		Rechts	
	Voet / enkel	Dorsiflexie	=	Uitgeduwd op voetpunt	=
	Knie	Extensie	+	Gebogen	=
	Heup	Flexie	=	Uitgeduwd tot verlengde romp	=
	Bekken			Rechter bekken heift voorwaarts	=
	Romp	Flexie bovenrug / lateroflexie naar links	+		
	Hoofd	Lichte lateroflexie naar rechts	=		
	Schouder / bovenarm	Abductie	=	Zijwaarts = / voorwaarts / naar binnen gedraaid	+
	Elleboog	Flexie (± 90°)	+	Strekt zich	+
	Pols / hand	Neutraal	=	In verlengde onderarm	=

Figuur 24: Bewegingsanalyse standworp

Om vanuit een bewegingsanalyse te komen tot een bewegingsevaluatie is het belangrijk om een duidelijke keuze te maken over je referentiebeeld en goed te begrijpen waarom je referentie zo beweegt. Daarna is het pas mogelijk om te komen tot een objectieve bewegingsevaluatie. Je evalueert je sporter ten opzichte van je referentie.



Referentiebeeld

Bij de vergelijking van een referentiebeeld ten opzichte van je sporter is het belangrijk om dit te plaatsen in dezelfde context. In vele sporten zijn er vele variaties mogelijk van een bepaalde beweging. Wat belangrijk is, is om te bepalen in welke omstandigheden je kan komen tot de ideale oplossing (beweging). Daarnaast kan er vanuit functioneel anatomisch oogpunt worden bepaald welke vorm het meest rendement kan geven.

Binnen motorisch leren spreekt men vaak over het organisme. Het organisme moet dus in staat zijn om zich te organiseren. De bewegingsanalyse kan helpen dat elke onderdeel van het organisme wel voldoende in staat is om zich te organiseren.



Bewegingsevaluatie handbal standworp

Key-moment 3: Voorwaartse versnelling		Bewegingsevaluatie Key-moment 3: Voorwaartse versnelling		Key-moment 3: Voorwaartse versnelling	
		Voet / enkel		L	R
		Knie			
		Heup			
		Bekken	Bekken parallel met verpliching?		
		Romp	Romp staat in lateroflexie?		
		Hoofd	Hoofd in neutrale positie op romp?		
		Schouder / bovenarm	Rechterbovenarm op schouderhoogte?		
		Elleboog			
		Pols / hand			
Key-moment 4: Lossen van de bal		Bewegingsevaluatie Key-moment 4: Lossen van de bal		Key-moment 4: Lossen van de bal	
		Voet / enkel		L	R
		Knie			
		Heup			
		Bekken	Bekken parallel met verpliching?		
		Romp	Romp staat in lateroflexie?		
		Hoofd	Hoofd in neutrale positie op romp?		
		Schouder / bovenarm	Werparm in endorotatie?		
		Elleboog			
		Pols / hand			

Figuur 25: Vergelijking referentie met handbalspeelster van een standworp

Enkele opvallende evaluatiepunten zijn:

- Beperkt uitduwen van achterste voet
- Geen lateroflexie in romp
- Hoofd niet in neutrale positie
- Rechterbovenarm niet op schouderhoogte

De volgende stap is te begrijpen waarom dit zo is. Daarna kan er pas ingegrepen worden.

1.2.3 Implementatie

Wanneer alle voorgaande stappen tot een goed einde zijn gebracht, kan op basis van met o.a. anatomische en biomechanische basiskennis, met behulp van andere testgegevens (bv. lichaamsspecifieke screening, krachttesten, enz.) en in overleg met andere experts (bv. trainers, fysiek trainer, kinesitherapeut, enz.) overgegaan worden tot het interpreteren van alle verschillende

bevindingen en tenslotte tot het ondersteunen bij de opmaak van een algemene trainingsplanning en het opmaken van trainingsschema's.

1.3 Lichaamsscreening

In de praktijk worden er verschillende variaties van lichaamsscreening gebruikt. Vanuit de wetenschappelijke literatuur is nog geen eenduidig besluit welke lichaamsscreening er best kan gebruikt worden binnen de sport. Ervaringsdeskundigen geven aan om bij een lichaamsscreening objectieve beelden te voorzien. Dit maakt het nog objectiever en beelden kunnen gebruikt worden om te communiceren met het multidisciplinair team. Details over het nut en het gebruik van lichaamsscreening zal aan bod komen binnen het vak Meten en Evalueren. Hier wordt er meer ingegaan over het nut van de beelden en mogelijke vergelijkingspunten met de bewegingsanalyse.

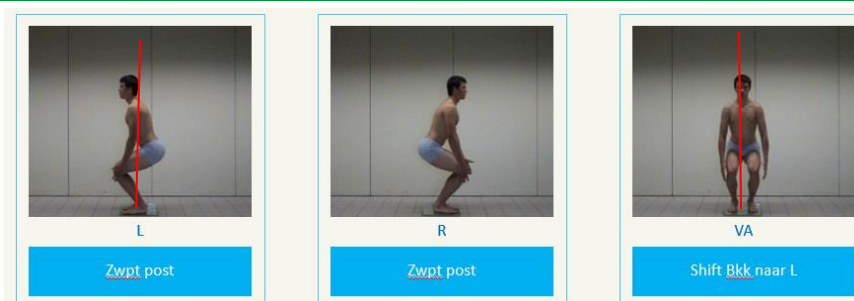
Binnen dit vak is het niet de bedoeling dat je zelf een lichaamsscreening kan uitvoeren en interpreteren, wel is het belangrijk om het nut hiervan te begrijpen en de evaluatie kan gebruiken om kwaliteitsvoller training te geven. Vaak zal een lichaamsscreening afgenomen worden door een bewegingsexpert (gespecialiseerde arts, kinésitherapeut, ...).

Een lichaamsscreening bestaat meestal uit gestandaardiseerde bewegingen die gevraagd worden om uit te voeren door de sporter. De beweging om zich maar ook verschillende bewegingen onderling worden met elkaar vergelijken om te komen tot een evaluatie. Bij een zeer gedetailleerde lichaamsscreening zal men alle mogelijke bewegingen vragen die voor elk gewricht mogelijk zijn. Hiervoor verwijzen we naar het vak Anatomie (Basis).

Er wordt gekeken naar afwijkingen en compensaties ten opzichte van de referentie. De referentie is bepaald vanuit functioneel anatomisch oogpunt. Daarbij worden er objectieve vragen gesteld over de beweging.



Uitvoeringskwaliteit van de squat (protocol lichaamsscreening)

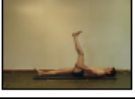
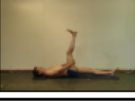
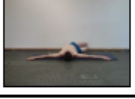


Figuur 26: Squat binnen een lichaamsscreening (a,b,c links naar rechts)

- (a en b) Loodlijn door het lichaamsswaartepunt komt doorheen midden van de voet?
- (c) Blijft het lichaamsswaartepunt centraal bij het buigen door de benen?



Lichaamsscreeningsformulier

1. Staande positie: voorwaartse flexie (zijaanzicht)		Doel: flexibiliteit van wervelkolom Startpositie: stand, voeten op heupbreedte, armen naast lichaam Beweging: voorwaarts buigen en hand plat op grond proberen te plaatsen Evaluatie punt(en): handen plat op de grond met gestrekte benen	JA NEE
2. Staande positie: Squat (zijaanzicht)		Doel: actieve controle op benen en romp belast Startpositie: stand, voeten op heupbreedte, armen naast lichaam Beweging: squat beweging tot 90° flexie in de knieën Evaluatie punt(en): evenwichtige scharnierbeweging tot 90°	JA NEE
3. Staande positie: Squat (vooraanzicht)		Doel: actieve controle op benen belast Startpositie: stand, voeten op heupbreedte, armen naast lichaam Beweging: squat beweging tot 90° flexie in de knieën Evaluatie punt(en): rechtlijnige verplaatsing van de benen (evenwijdig)	JA NEE
4. Zit positie: armen heffen (zijaanzicht)		Doel: actieve controle van de armen en romp Startpositie: spontane zithouding, armen naast het lichaam, voeten op grond Beweging: gestrekte armen voorwaarts heffen, zo ver mogelijk en terugkeren Evaluatie punt(en): komen de armen tot naast de oren zonder compensatie	JA NEE
5. Liggend: Extensie wervelkolom (zijaanzicht)		Doel: flexibiliteit van wervelkolom Startpositie: buiklig met gestrekte benen naast elkaar, handen onder de schouders Beweging: armen strekken tot een volledige extensie van de rug en terugkeren Evaluatie punt(en): heup blijft op de grond	JA NEE
6. Liggend: Flexibiliteit posterieure beenspieren (Links)		Doel: flexibiliteit hamstrings Startpositie: ruglig, knie boven heup, armen ondersteunen been Beweging: been uitstrekken (Links) Evaluatie punt(en): knie blijft boven de heup en wordt volledig gestrekt	JA NEE
7. Liggend: Flexibiliteit posterieure beenspieren (Rechts)		Doel: flexibiliteit hamstrings Startpositie: ruglig, knie boven heup, armen ondersteunen been Beweging: been uitstrekken (Rechts) Evaluatie punt(en): knie blijft boven de heup en wordt volledig gestrekt	JA NEE
8. Liggend: Rotatie lumbale wervelkolom (Links)		Doel: mobiliteit lumbale wervelkolom Startpositie: ruglig, armen gespreid, handen op de grond, knieën gebogen Beweging: draai beide knieën tot tegen de grond en terugkeren Evaluatie punt(en): armen en schouders blijven tegen de grond	JA NEE
9. Liggend: Rotatie lumbale wervelkolom (Rechts)		Doel: mobiliteit lumbale wervelkolom Startpositie: ruglig, armen gespreid, handen op de grond, knieën gebogen Beweging: draai beide knieën tot tegen de grond en terugkeren Evaluatie punt(en): armen en schouders blijven tegen de grond	JA NEE

Figuur 27: Evaluatiedocument lichaamsscreening

1.4 Totaal evaluatie binnen de bewegingsanalyse.

Als je weet wat de werkpunten zijn vanuit biomechanische en technisch oogpunt en je weet wat de oorzaken zijn vanuit fysiek oogpunt kan je starten met de bepaling van de prioriteiten in functie van het ontwikkelingsniveau van je sporter. Houd hierbij ook rekening met de mentale en cognitieve ontwikkeling. Vaak zal het noodzakelijk zijn om de noodzakelijke lichamelijke basiseigenschappen voldoende op punt te krijgen om sporttechnische stappen voorruit te zetten.

Bovenstaand proces vraagt heel wat ervaring. Vraag daarom zeker hulp aan experts. Duidelijke communicatie zal hierbij zeer belangrijk zijn. Gebruik hierbij de noodzakelijke beelden.



Frustratie vermijden!

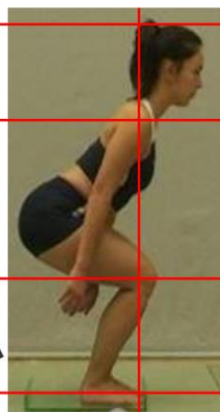
Ik heb een sporttechnische oefening al meer dan 100x herhaald en toch blijft mijn sporter dezelfde fout maken. Dit is zowel frustrerend voor de sporter als jezelf. Stel jezelf de vraag waarom het je sporter niet lukt om de oefeningen volledig te beheersen?

- Wat zijn de vaardigheden die de sporter moet beheersen voor de oefening?
- Welke delen van de beweging lukken niet?
- Wat is de oorzaak hiervan?
- Hoe objectiever ik die oorzaken?
- Zoeken naar oplossingen via een SMART-plan.



Bewegingsanalyse versus lichaamsscreening

Mogelijks zijn er bepaald sporttechnische bewegingen die je sporter onvoldoende beheerst, doordat bepaalde gewrichten onvoldoende worden ondersteund om die bepaalde beweging uit te voeren.



- Perceptie/dissociatie wervelkolom
- Actieve controle wervelkolom
- Actieve controle bekken
- Actieve controle heupen
- Lenigheid/mobiliteit enkels
- Perceptie/dissociatie armen
- Enz.

Figuur 35: Sporttechnische beweging versus lichaamsscreening (Bron: Fysieke voorbereiding van ruiters, K. Huts)



Sleutelbegrippen

Beeldkwaliteit
Bewegingsanalyse

Beeldfragmentatie
Bewegingsevaluatie

Bewegingsontleding (-omschrijving)
Referentiebeeld



Studievragen

1. Geef in volgorde de opeenvolgende stappen van het bewegingsanalyse/-evaluatie stappenplan?
2. Geef twee redenen waarom beeldfragmentatie een belangrijke stap is binnen het bewegingsanalyse/-evaluatie stappenplan?
3. Geef drie belangrijke richtlijnen voor de definitie van een sleutelmoment (key-moment)?
4. Wat is het verschil tussen 'bewegingsanalyse' en 'bewegingsevaluatie'?
5. Wat karakteriseert een kwaliteitsvolle bewegingsanalyse?
6. Wat is het cruciale ingrediënt voor een kwaliteitsvolle bewegingsevaluatie?
7. Wat is de meerwaarde van een lichaamsscreening binnen een totaal evaluatie binnen de bewegingsanalyse?
8. Wat is een belangrijk concept bij de bepaling van een eigen referentiebeeld?



Opdracht

Omschrijf een beweging uit je sport die je wil analyseren en geef aan waarom. Omschrijf alle verschillende stappen die je kan zetten om bij je sporter te analyseren, waarom die beweging nog onvoldoende beheerst kan worden. Hoe zou je dit praktisch aanpakken?

Hoofdstuk 2 Het gebruik van kwalitatieve beelden



Doelstellingen van dit hoofdstuk

Aan het einde van dit hoofdstuk kan je:

- omschrijven waaraan een kwalitatief beeld best voldoet voor bewegingsanalyse.



Opdracht

Omschrijf wat voor jou een kwalitatief beeld is binnen bewegingsanalyse?

Je begint steeds te omschrijven wat je doel is en waarom je hiervoor beelden wil gebruiken. Zonder de eerste stap kan je niet bepalen aan welke voorwaarden je beeld moet voldoen.

Blijf bewust dat het menselijk oog zijn beperkingen heeft en dat het daarom noodzakelijk is om kwalitatieve beelden te gebruiken als ondersteuning van je eigen waarneming. In onderstaande paragrafen worden enkele belangrijke aandachtspunten aangegeven die je best afstemt met de doelen van de gebruikte beelden.



Zien ≠ kijken

Zien kan je omschrijven als het waarnemen van beelden, maar kijken is de bewuste en aandachtige vorm van 'direct zien'. Dit wil zeggen dat de kijker weet wat hij ziet en dit ook kan benoemen. 'Kijken' is bijgevolg het resultaat van de interactie tussen de ogen en hersenen.

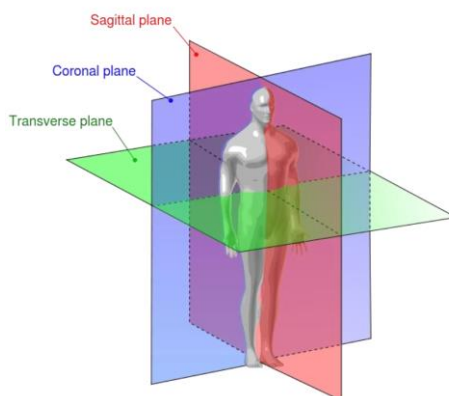
Ben je bewust dat bij het kijken er heel wat beperkingen zijn en dat je vaak veronderstellingen als waarheid gaat ervaren.

Doe de oefening:

- Awareness test: <https://www.youtube.com/watch?v=Ahg6qcgoay4> (Bron: YouTube)
- Double Dutch brain game: <https://www.youtube.com/watch?v=iiEzf3J4iFk> (Bron: YouTube)

2.1 Positionering van de camera

Indien een camera verkeerd wordt gepositioneerd zal een trainer onvermijdelijk verkeerde informatie uit een beeld halen. Daarom raden we voor een technische en biomechanische ontleding van een beweging om loodrecht op het beweegvlak te filmen.



Figuur 36: Beweegvlakken vanuit anatomische oogpunt



Voorbeeld van een 'Set Shot'

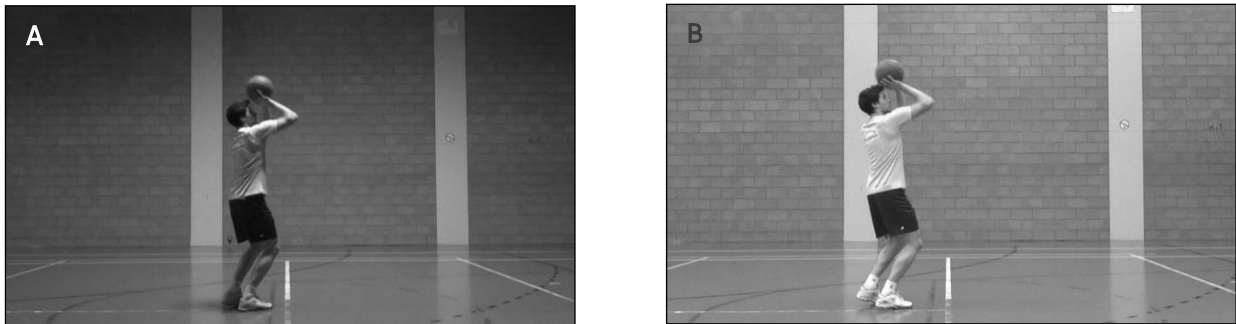
Indien je geïnteresseerd bent in de buiging van enkel, knie en heup tijdens de uitvoering van een 'Set Shot' is beeldfragment C het meest geschikt om een bewegingsanalyse uit te voeren. Beeldfragment C is immers het enige beeld dat loodrecht op de bewegingsrichting van de voor de trainer relevante gewrichten georiënteerd staat. Op dit beeldfragment - in tegenstelling tot beeldfragment B - overlappen de rechter enkel, knie en heup immers perfect deze aan de linker zijde. De oriëntatie van beeldfragmenten A en B gebeurt daarentegen niet t.o.v. de bewegingsrichting.



Figuur 37: Camerapositie

2.2 Belichting

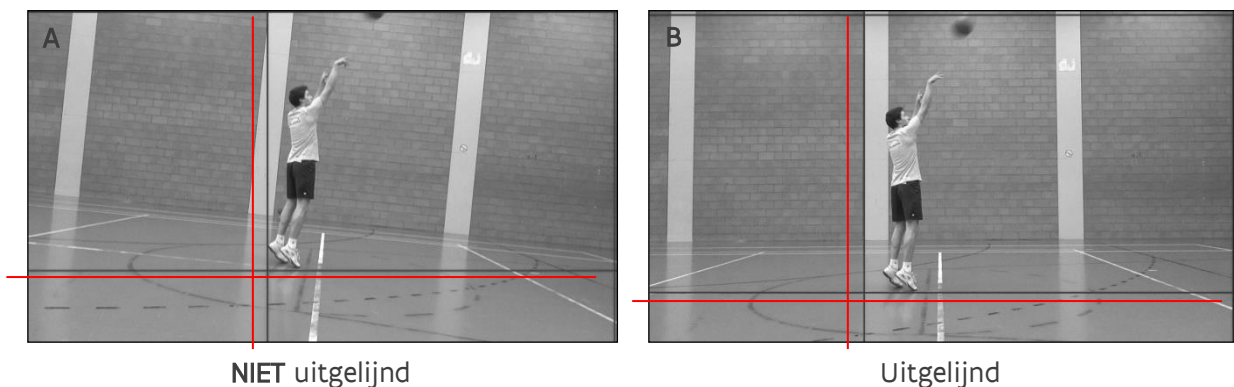
Bij het maken van kwaliteitsvolle beelden dient verder rekening te worden gehouden met allerlei omgevingsfactoren zoals o.a. richting van inkomend (zon)licht, tegenlicht, schaduwen, storende objecten (mensen die voor de lens lopen), enz. Deze factoren kunnen erg storend en zelfs beïnvloedend zijn wanneer effectief tot bewegingsanalyse wordt overgegaan. Figuur 43 A is een voorbeeld van niet optimale belichting.



Figuur 38: Belichting

2.3 Uitlijning van de camera

Beeldmateriaal bestemd voor het uitvoeren van bewegingsanalyses kan best schokvrij opgenomen worden (bv. met een statief) met een camera die uitgelijnd werd ten opzichte van een vaste achtergrond.



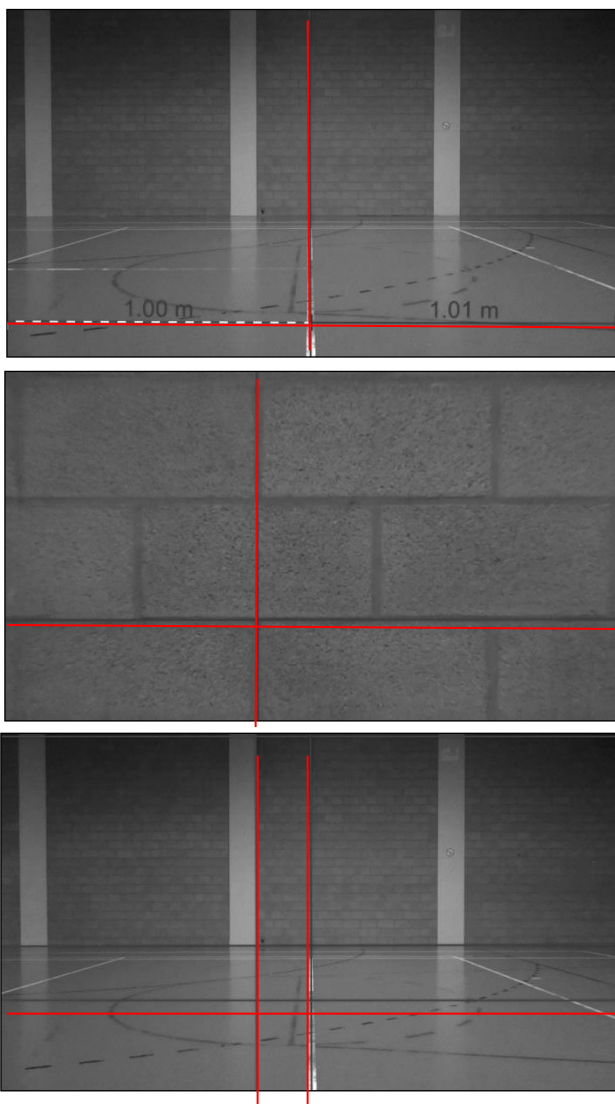
Figuur 39: Voorbeeld van beeldmateriaal, genomen met een niet-uitgelijnde (A) en een uitgelijnde (B) camera

Zoals je waarschijnlijk zelf kan ervaren op basis van de beelden hierboven, geeft het beeld afkomstig van de uitgelijnde camera (B) een correctere weergave van de realiteit.



Praktijktip: Hoe lijn ik een camera uit?

Je camera uitlijnen vraagt een beetje oefening maar kan je als volgt doen (Figuur 28):



1. Plaats je camera/statief loodrecht t.o.v. de achtergrond.
2. Zoom in op de achtergrond en lijn de camera vervolgens (door het kantelen van de statief kop of het in/uittrekken van statiefpoot) horizontaal en verticaal uit ten opzichte van deze achtergrond.
3. Zoom opnieuw uit controleer de verschillende parameters (= de loodrechte positie t.o.v. de achtergrond, de horizontale uitlijning en de verticale uitlijning) een laatste keer.

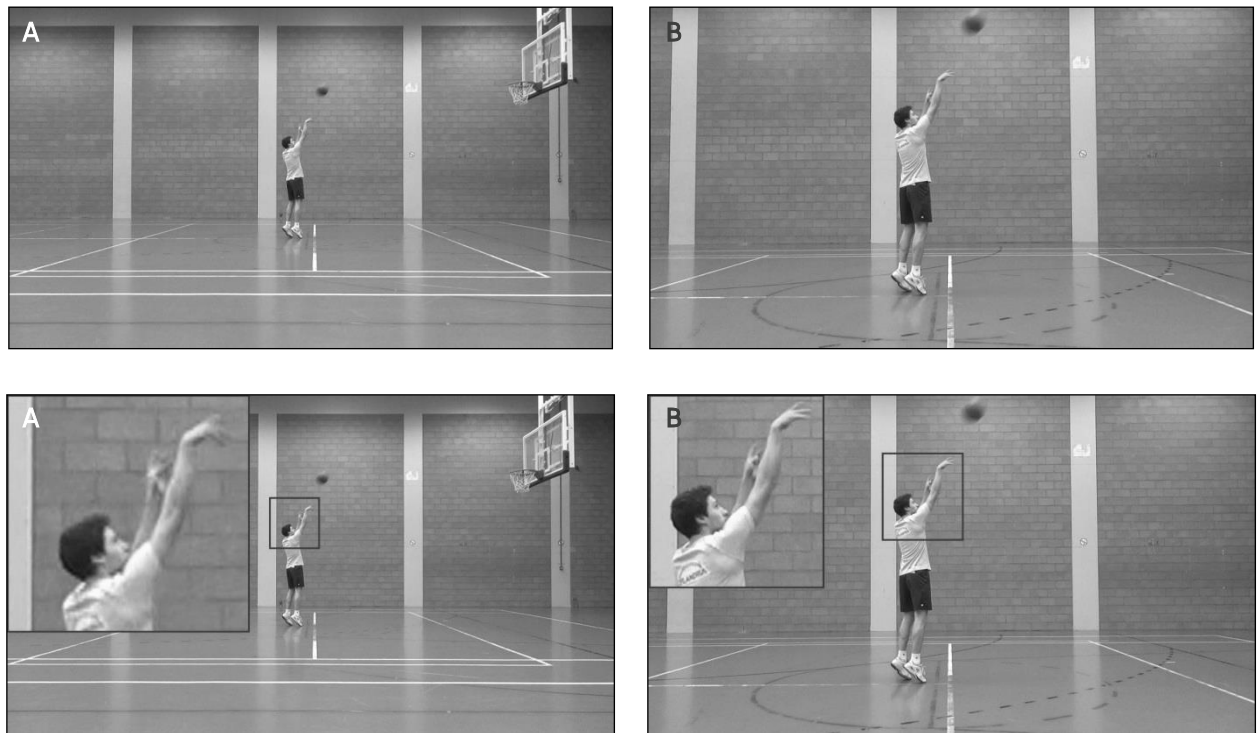
Figuur 28: Stappenplan i.f.v. camera uitlijning

Let op: wanneer je met de camera een beweging willen volgen (vb. draaien van de camera om een volledige bocht te kunnen filmen), dienen stap 2 en 3 herhaald te worden in een positie van 90° horizontaal gedraaid t.o.v. de eerste positie (achtergrond).

2.4 Grootte en positionering van het object

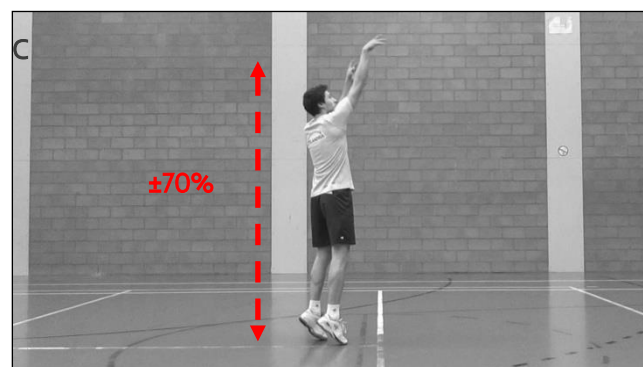
Op een bruikbaar beeld staat de sporter in het midden van het beeld en maakt hij/zij ongeveer 70% van de totale beeldhoogte uit (zie Figuur 29B en Figuur 29C). Dit is vooral belangrijk i.f.v. duidelijke / scherpe waarneembaarheid van alle ledematen. Indien een sporter 'te klein' gefilmd wordt, kan het

zijn dat na het inzoomen bepaalde lichaamsdelen niet langer duidelijk afgeleid / scherp waar te nemen zijn (zie Figuur 29A).



GEEN optimale grootte

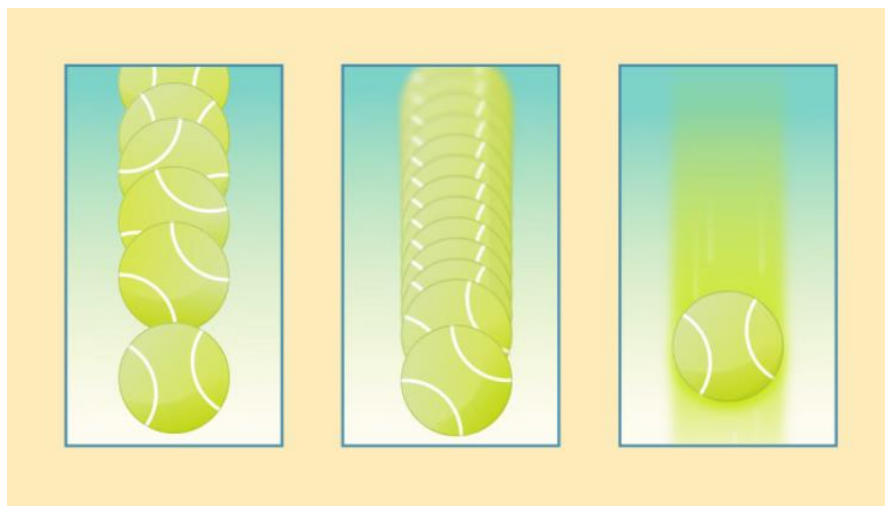
Optimale grootte



Figuur 29: Grootte en positionering van de atleet binnen het beeld

2.5 Technische instellingen van je camera

Indien je zeer gedetailleerd wil analyseren zal het noodzakelijk zijn om aan een hoger aantal beelden per seconden op te nemen (frames per second = FPS) om dus een exact sleutelmoment te kunnen bepalen. Maar bij zeer snelle bewegingen kan het ook zijn dat de 'shutter speed' (sluiter tijd) zal aangepast moeten worden om het beeld toch scherp te krijgen.



Figuur 30: Opnames met verschillende sluitertijd instellingen



Frame rate (FPS) versus shutter speed

Wil je meer weten over enkel technische instellingen om 'slow motion' beelden scherp te krijgen bij zeer snelle uitvoeringen, denk hierbij aan o.a. golf, tennis, badminton, ..., bekijk dan het onderstaande filmpje.

<https://vimeo.com/blog/post/frame-rate-vs-shutter-speed-setting-the-record-str/> (Bron: Vimeo, Sam Morrill)



Praktijktips

Dankzij smartphone en tablet kan iedere trainer vandaag de dag beelden opnemen. Hoewel dit perspectieven biedt op het vlak van visuele feedback, wordt in functie van een diepgaande bewegingsanalyse/-evaluatie nog steeds geopteerd voor de reeds langer bestaande videocamera met statief. De mogelijkheden van deze laatste (o.a., manueel aanpassen van shutterspeed, iris-opening, enz.) maken dat snelle, complexe bewegingen toch scherp afgelijnd opgenomen en nadien afgespeeld kunnen worden. Op beelden afkomstig van camera's, smartphones en tablets – zonder deze manuele instellingsmogelijkheden – zijn snel bewegende voorwerpen en/of lichaamsdelen daarentegen enkel 'wazig' zichtbaar en dit onafhankelijk van eventuele high-speed opname (vb. 100 FPS) functionaliteiten.

Voor een algemene bewegingsanalyse is het vaak voldoende om op te nemen aan 50 FPS met het behouden van de standaard automatische instelling, indien ook het licht voldoende helder is. Bij aanpassingen kan je best advies vragen aan specialisten.

2.6 Samenvattend

Als je aan de slag gaat met bewegingsanalyse baken dan goed af welke prioriteiten je wil in beeld brengen en zorg dat de beelden voldoende geschikt zijn om de bewegingsanalyse uit te voeren. Hierbij de belangrijkste richtlijnen:

- Zorg voor een juiste camerapositionering
- Zorg voor voldoende belichting
- Zorg voor een juiste uitlijning van je camera.
- Zorg dat de objectgrootte juist is, ongeveer 70% van je totaalbeeld en in het midden
- Pas de technische instellingen van je camera aan om voldoende beeldkwaliteit te bekomen.

Vermijd om tijdens de opname in te zomen of (snel) te bewegen met je camera. Dit maakt ook de standaardisatie van de beelden moeilijk.



Sleutelbegrippen

Camerapositionering

Camera uitlijning

Frames per seconds (FPS)



Studievragen

1. Geef minimaal twee voorbeelden hoe je kan komen tot een kwalitatieve beeldopname voor een bewegingsanalyse?
2. Wat is de eerste stap die je zet voordat je beelden maakt of aanvraagt voor bewegingsanalyse?
3. Waarom is het belangrijk om te werken met aangepaste beelden voor bewegingsanalyse? Geef hierbij een praktisch voorbeeld.



Opdracht

Maak van je sporter een kwaliteitsvol beeld dat voldoende geschikt is om een bewegingsanalyse uit te voeren. Welke stappen heb je hiervoor ondernomen?

Hoofdstuk 3 Springen



Doelstellingen van dit hoofdstuk

Aan het einde van dit hoofdstuk kan je:

- de link toelichten tussen kinetica en kinematica bij het springen;
- binnen je eigen context een referentiesprong omschrijven.

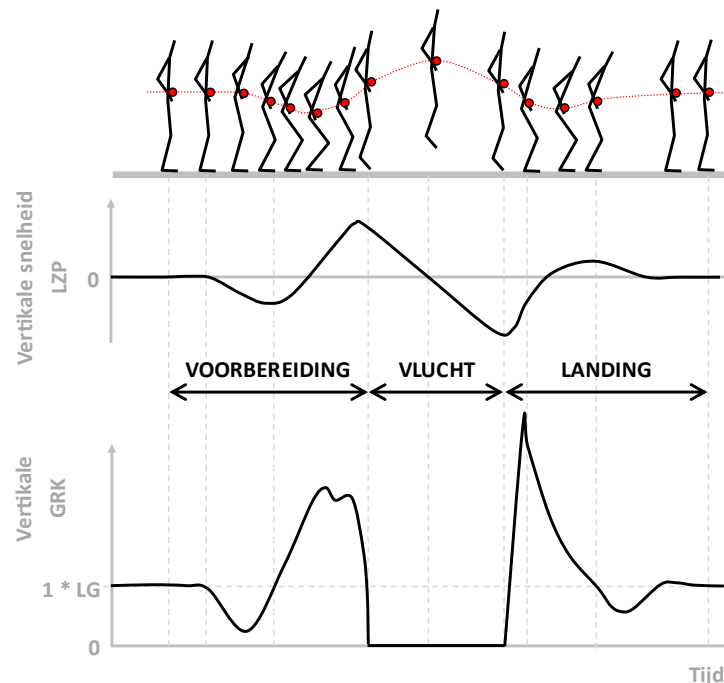


Opdracht

Omschrijf minimaal twee verschillende manieren van springen en beschrijf de verschillen.

3.1 De theorie

In het eenvoudigste geval (in één dimensie) kunnen we springen bekijken als een sprong recht omhoog. Een sprong kunnen we chronologisch en mechanisch onderverdelen in **drie fases**: de voorbereiding, de vluchtfase en de landing. Binnen de bewegingsanalyse kan je na de opname het beeld op vijf sleutelmomenten omschrijven en ontleden: startpositie (1), diepste punt lichaamsswaartepunt (2), los komen van de grond (3), hoogste punt lichaamsswaartepunt (4), diepste punt lichaamsswaartepunt na landing (5).



Figuur 31: Biomechanica van een counter-movement sprong
(GRK = grondreactiekracht, LG = lichaamsgewicht)

De voorbereiding

De voorbereiding loopt vanaf het ogenblik dat de sporter in rust staat tot en met het laatste contact met de grond. Wanneer een persoon in rust staat op de grond werken twee krachten in op de persoon: de zwaartekracht en de grondreactiekracht. Beiden zijn even groot en hebben dezelfde richting (verticaal), maar werken in tegengestelde zin (respectievelijk neerwaarts en opwaarts). Daardoor is de resulterende kracht op het lichaam 0 en blijft het lichaam in rust.

Indien aan de sporter geen instructies meegegeven worden zal de sporter waarschijnlijk een **countermovement jump** uitvoeren. Deze is gekenmerkt door een tegenbeweging (de sporter verlaagt eerst het zwaartepunt) gevolgd door de echte beweging (het opwaarts bewegen van het zwaartepunt). Tijdens de tegenbeweging zien we hoe de grondreactiekracht lager wordt dan het lichaamsgewicht, waardoor het zwaartepunt neerwaarts versnelt en de neerwaartse snelheid steeds groter wordt. Vervolgens wordt deze neerwaartse snelheid opnieuw afgeremd door een grondreactiekracht die groter is dan lichaamsgewicht. Op het diepste punt van de beweging wordt deze neerwaarts uiteindelijk nul en verandert ze nog steeds onder invloed van de opwaarts gerichte resulterende kracht in een opwaartse snelheid. Tot net voor de afstoot blijft het zwaartepunt opwaarts versnellen. De totale impuls veroorzaakt door de resulterende kracht resulteert in een verticale afstootsnelheid, dewelke samen met de hoogte van het zwaartepunt op het ogenblik dat de tenen de grond verlaten de uiteindelijke spronghoogte zal bepalen.



Vaak voorkomende compensaties (sleutelmoment 2)

- Beeld vooraanzicht:
 - Enkel(s): één of beide naar overpronatie (binnenwaarts)
 - Knieën: één of meerder knieën kantelen binnenwaarts
 - Bekken: zijwaartse verplaatsing naar L of R (loodlijn doorheen lichaamszwaartepunt is niet meer centraal)
- Beeld zijaanzicht:
 - Enkel(s): beperkte dorsiflexie
 - Knieën: te veel of te weinig flexie (buiging)
 - Bekken + wervelkolom: verlies van neutrale wervelkolom
 - Hoofd: onvoldoende behouden van neutrale hoofdpositie
- Algemeen balans verlies of asymmetrie

De vluchtfase

Tijdens de vluchtfase is de sporter niet langer in contact met de grond en is de enige inwerkende kracht de zwaartekracht. De resulterende kracht is dus steeds gelijk aan de zwaartekracht waardoor het lichaamszwaartepunt neerwaarts versnelt wordt. Dit zorgt in eerste instantie voor een steeds kleiner worden van de opwaartse snelheid tot deze op het hoogste punt 0 wordt, waarna het zwaartepunt een neerwaartse snelheid krijgt die met de grootte van de valversnelling steeds groter wordt.



Vaak voorkomende compensaties (sleutelmoment 4)

- Beeld vooraanzicht:
 - Enkel(s): één of beide naar overpronatie (binnenwaarts)
 - Knieën: één of meerder knieën kantelen binnenwaarts
 - Bekken: zijwaartse verplaatsing naar L of R (loodlijn doorheen lichaamszwaartepunt is niet meer centraal)
- Beeld zijaanzicht:
 - Enkel(s): te grootte dorsiflexie
 - Knieën: te veel of te weinig flexie (buiging)
 - Bekken + wervelkolom: verlies van neutrale wervelkolom
 - Hoofd: onvoldoende behouden van neutrale hoofdpositie
- Algemeen balans verlies of grote asymmetrie.

De landing

Tijdens de landing dient het lineaire momentum dat opgebouwd werd tijdens de vluchtfase afgebouwd te worden tot nul zodat de atleet weer in rust op de grond staat. Dit afremmen gebeurt door een opwaarts gerichte resulterende kracht gedurende een bepaalde tijd te laten inwerken. Wanneer de sporter weer in rust is zal de verticale grondreactiekracht gelijk zijn aan de zwaartekracht (lichaamsgewicht).



Vaak voorkomende compensaties (sleutelmoment 5)

- Beeld vooraanzicht:
 - Romp: lateroflexie L of R
- Beeld zijaanzicht:
 - Enkel(s): beperkte plantair flexie
 - Knieën + heupen: beperkte strekking
 - Bekken + wervelkolom: voorover of achterover stand
 - Hoofd: onvoldoende behouden van neutrale hoofdpositie
- Algemeen balans verlies of grote asymmetrie.



Lichaamsscreening

Sommige compensaties mogelijks tekorten zullen terug te zien zijn in de meer analytische bewegingen binnen de lichaamsscreening. Een combinatie van alle informatie kan prioritaire werkpunten aangeven. Het verbeteren van enkele lichamelijke basiseigenschappen geeft een mogelijk optimalisatie in de bewegingsefficiëntie.

3.2 Nuttige weetjes

3.2.1 *Waarom de armen inzetten bij het springen?*

Wanneer de armen tijdens de afstoot opwaarts versneld worden dragen deze bij tot de opwaartse versnelling van het zwaartepunt (en dus ook de opwaartse grondreactiekrachten). Hierdoor is de verticale snelheid van het zwaartepunt hoger bij de start van de vluchtfase, en zal de maximale hoogte van het lichaamszwaartepunt ook groter zijn.



Figuur 32: Sprong met arminzet (Bron: Pixabay)



Sprong met arminzet

Door de inzet van de armen zal de beweging motorisch moeilijker worden hierdoor kunnen er andere compensaties ontstaan. Timing en algemene controle kan zorgen voor minder bewegingsefficiëntie.

3.2.2 *Waarom spring je hoger bij een counter-movement jump dan bij een squat jump?*

Bij een squat jump (SJ) zal de sporter vanuit een squathouding rechtstreeks omhoog springt (zonder extra neer- en opwaartse beweging). De sporter zal bij een countermovement jump (CMJ) eerst een tegengestelde (neerwaartse) beweging maken vanuit de squathouding, vooraleer opwaarts te springen. Bij deze neerwaartse beweging worden de extensoren van heup (heupstrekkers), knie en enkel voorgerekst (net zoals het uitrekken van een elastiek), waardoor ze vervolgens explosiever kunnen contraheren. Dit zorgt voor grotere verticale grondreactiekrachten, en dus een grotere spronghoogte.



Afwijkingen SJ versus CMJ

Door bepaalde beperkingen en/of compensaties is het mogelijk dat sporters een hogere sprong neerzetten bij de SJ dan bij de CMJ. De bewegingsanalyse kan hierbij helpen om te weten waarom dit is.

Ook kunnen zeer grote verschillen tussen de SJ en CMJ bepaalde 'red flags' opleveren (meer informatie hierover kan teruggevonden worden binnen het vak Meten en Evalueren).

3.2.3 Welke gewrichten dragen bij tot springen?

De kinematiek van springen bestaat uit een strekking die aanvangt in de heup, doorloopt in de knie en eindigt in de enkel. Dit wordt de proximo-distale sequentie genoemd: de beweging start proximaal (heup) en eindigt distaal (enkel) in de keten. Dit sequentieel activeren van gewrichten wordt gebruikt in bewegingen waar het creëren van een maximale snelheid belangrijk is.



De proximo-distale sequentie

De proximo-distale sequentie heeft zowel op mechanisch als op fysiologisch gebied een positief effect:

- Mechanisch omdat er meer gewrichten deelnemen aan de beweging. Er is dus meer spierarbeid mogelijk. Daarbij zetten grote proximaal gelegen spiergroepen de beweging in, gevolgd door kleinere, meer distaal gelegen spiergroepen. Het sequentieel verloop van de bewegingsinzet zorgt voor een optelsom van de deelsnelheden. De vertreksnelheid van de meer distale lichaamssegmenten ligt reeds hoger door de beweging van de meer proximale lichaamssegmenten.
- Fysiologisch omdat in de betrokken agonisten een voorspanning wordt gecreëerd door de traagheid van de meer distale lichaamssegmenten. Het 'achterblijven' van deze lichaamssegmenten maakt een meer explosieve contractie mogelijk van de distale spieren. De verklaring hiervoor is te vinden in de cursus 'Conditionele aspecten van de sportbegeleiding op hoog niveau: Kracht en Snelheid'.

Deze bewering wordt gestaafd door het volgende voorbeeld:

Tijdens de tennisopslag wordt bij het strekken van de elleboog een snelheid gemeten van 44rad/s. De contractie van de elleboogstrekker (*m. Triceps femoris*) is slechts in staat om een snelheid van 20rad/s te genereren. De uiteindelijke snelheid wordt dus mede door een transfer vanuit de meer proximale segmenten mogelijk gemaakt.

In de praktijk kunnen de volgende twee fenomenen deze 'ideale' opeenvolging verstoren:

- De 'missing link':
Wanneer één of meerdere 'segmenten' geen deel uitmaken van de beweging. Dit kan leiden tot een verminderde prestatie of zelfs tot blessures indien de andere segmenten de niet-deelname van het betreffende segment trachten te compenseren. Zo kan bijvoorbeeld bij het bovenhands werpen, het indraaien van de romp worden verhinderd door een verkeerde voetplaatsing of door een verminderde beweeglijkheid van de heup. In dit geval ontstaat er een grotere belasting ter hoogte van de schouder en de elleboog.
- De 'foute timing':
Er ontstaat een grotere belasting in de meer distale segmenten wanneer het overnemen van de beweging door het gewrichtssysteem dat volgt op de in gang zijnde beweging te vroeg of – wat meer in de praktijk voorvalt – te laat gebeurt.

3.2.4 Belangrijke compensaties bij het springen

Vanuit biomechanisch en functioneel anatomisch oogpunt zou je een ideale sprongbeweging kunnen omschrijven, maar vanuit de praktijk is het noodzakelijk binnen de juiste context een referentie te kiezen die voldoende past binnen de taak en voor de gekozen populatie (organisme). Het objectief vaststellen van compensaties (of adaptaties) is niet mogelijk als je vertrekt van een gekozen referentie, maar het oordelen waarom deze compensaties ontstaan en hoe je hiermee best kan omgaan is iets anders.



Bewust aanleren van sprongen

Mogelijke 'red flags' bij het aanleren van sprongen zijn:

- Sterk naar binnen kantelen van enkels en/of knieën
- Controle verlies over lichaamszwaartepunt (en wervelkolom)
- Sterke asymmetrie in beweging

Onderneem verschillende stappen om eerst uit te zoeken waarom deze compensaties ontstaan.

3.2.5 Andere invloeden bij het springen

Hierbij enkele belangrijke factoren die een grote invloed kunnen hebben op sprongefficiëntie en spronghoogte:

- Maturiteit (voor meer informatie kan je terecht binnen het vak Meten en evalueren)
- Lichaamsgewicht
- Spierkracht en vermogen
- Spiertonus versus lenigheid/mobiliteit
- Coördinatie/motoriek



Berekenen van spronghoogte

De maximale hoogte die het lichaamszwaartepunt bereikt kan je berekenen op basis van een aantal meetbare variabelen. De eenvoudigste manier is op basis van de vluchttijd. Hoe langer een atleet in de lucht is, hoe hoger het lichaamszwaartepunt gaat (ten opzicht van de hoogte van het lichaamszwaartepunt bij het verlaten van de grond).

$$\text{spronghoogte} = \frac{9.81 * \text{vluchttijd}^2}{8}$$

Deze formule gaat enkel op wanneer de atleet in dezelfde houding landt als waarin hij afstoot. Door bijvoorbeeld met gebogen knieën te landen kan een atleet de test bedriegen. Hij vergroot de vluchttijd, zonder echter hoger te springen (enkel door dieper te vallen).



Sleutelbegrippen

Counter-movement sprong (CMJ)

Squat jump (SJ)

Proximo-distale sequentie



Studievragen

1. Geef drie fases aan van een sprong en omschrijf elke fase?
2. Wat is het verschil tussen een squat jump en een counter-movement jump? Geef aan waarom de kans veel groter is waarom je sporter met een CMJ hoger zal springen.
3. Waarom kan het belangrijk zijn om een standaardsprong te analyseren naast een vergelijkbare sporttechnische uitvoering?



Opdracht

Beschrijf een gelijkaardige beweging als een sprong maar binnen je eigen context? Probeer te achterhalen waarom die beweging zo wordt uitgevoerd?

Hoofdstuk 4 Lopen



Doelstellingen van dit hoofdstuk

Aan het einde van dit hoofdstuk kan je:

- de link tussen kinetica en kinematica van lopen te begrijpen.
- de basisprincipes toelichten van lopen door gebruik te maken van minimaal vier sleutelmomenten (frame)



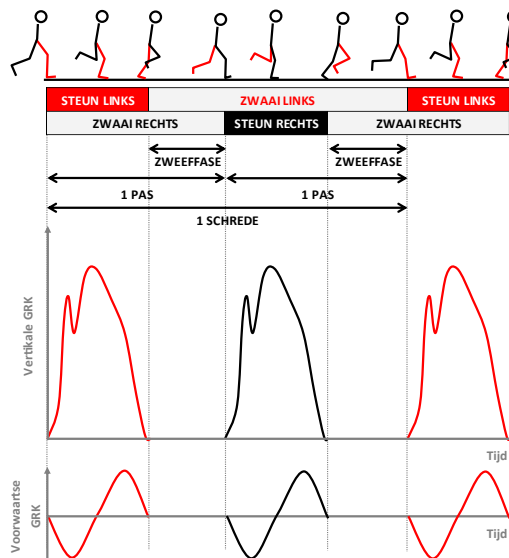
Opdracht

Wat zijn de belangrijkste fouten bij het lopen die je sporters maken? En omschrijf de mogelijke oorzaken hiervan.

4.1 Theorie

Lopen is één van de voornaamste vaardigheden in de sport. Het is een cyclische vaardigheid en wordt gekenmerkt door **éénvoetige steunfases** die afgewisseld worden met **vluchtfases**. Eén cyclus wordt een schrede genoemd en loopt van het plaatsen van één voet tot het opnieuw plaatsen van dezelfde voet. Deze bestaat dus uit twee passen die elk bestaan uit een **voetcontact** en een **vluchtfase**.

Er worden tijdens lopen voornamelijk krachten ontwikkeld in twee richtingen: **verticaal** en **horizontaal**. De verticale krachten zorgen voor het counteren van de zwaartekracht en het realiseren van een vluchtfase. Horizontale krachten beïnvloeden de loopsnelheid. Tijdens het eerste deel waarbij de voet voor het lichaam geplaatst wordt, wordt de snelheid over het algemeen afgeremd aangezien de loper voorwaarts op de grond duwt en de grondreactiekracht de loper dus achteruit duwt. Wanneer de voet zich in het tweede deel van het contact achter het lichaam bevindt, zal de sporter achterwaarts op de grond duwen, waardoor de grondreactiekracht voorwaarts gericht is en de snelheid van de loper opnieuw toeneemt.



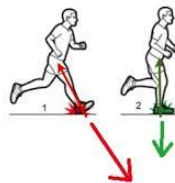
Figuur 45: Biomechanica van lopen



Lopen ≠ sprinten

Bij het verhogen van de loopsnelheid en daarbij de loopefficiëntie te verhogen zal er zoveel mogelijk vermeden worden om een afremmende kracht te genereren bij het plaatsen van de voet. Bij een impact ver voor de loodlijn van het zwaartepunt zal de loper sterk worden afgeremd. Bij grote snelheden zal kunnen beschouwd worden als een 'fout' in de techniek en kan leiden tot overbelasting.

Doormiddel van een grondige bewegingsanalyse kan er onderzocht worden waarom dit gebeurt door de loper en hoe dit kan aangepakt worden.



Figuur 46: Fouten in de algemene looptechniek (Bron: <https://compedgept.com/blog/common-running-form-errors/>)

4.2 Nuttige weetjes

4.2.1 Hoe kan je sneller lopen?

De loopsnelheid wordt bepaald door twee componenten: de **paslengte** en de **pasfrequentie**. Hoe langer de passen, en in hoe kortere tijd de passen gezet worden, hoe groter de snelheid.

Het vergroten van de paslengte, maar ook de pasfrequentie zal van een heleboel factoren afhankelijk zijn, hierbij enkele belangrijke:

- Controle lichaamszwaartepunt

- Bewegingsbereik (actieve range of motion, AROM) benen
- Maximaal vermogen geleverd door beenspieren
- Coördinatie tussen armbeweging en beenbeweging

Maar denk ook aan:

- Type ondergrond
- Type schoenen
- Weersomstandigheden



Praktijktips: Stel de juiste vragen?

- Welk is binnen je context de referentie? (Voorbeeld: een voetballer zal anders sprinten dan een 100m loper en een sporter van 8 jaar zal anders lopen dan een volwassen sporter).
- Waarom is de referentiesporter sneller dan de andere sporters binnen dezelfde context? (Probeer dit zeer pragmatisch aan te pakken bij aanvang). Houd ook rekening dat de snelste niet steeds de beste technische en/of biomechanische uitvoering heeft.

4.2.2 Is lopen een efficiënte voortbewegingsvorm?

Tijdens lopen dient er een significante hoeveelheid kracht ontwikkeld te worden door het lichaam. Toch wordt lopen gezien als een efficiënte voortbewegingsvorm, aangezien een aanzienlijk deel van deze krachten niet geproduceerd dienen te worden door de contractiele elementen van de spieren, maar opgeslagen en losgelaten worden door de elastische componenten van de spieren. In het eerste deel van het voetcontact worden de extensoren van de enkel, knie en heup uitgerokken terwijl ze kracht produceren (i.e. excentrische activiteit). Dit brengt de elastische componenten van de spieren op rek zoals een rekker die uitgerokken wordt. In het tweede deel van het voetcontact wordt deze energie opnieuw losgelaten en zal deze de actieve contractie van de contractiele elementen ondersteunen. Lopen wordt om deze reden vaak vergeleken met het botsen van een bal ('bouncing ball mechanism') of een veer-massa model ('spring-mass model').



Enkele belangrijke herkenningspunten voor een mindere loopefficiëntie.

Enkele belangrijk herkenningspunten kan je terugvinden bij een mindere loopefficiëntie:

- Lange contacttijden en doorzakken van enkel, knie of bekken.
- Onvoldoende heupextensie van het achterste been bij het uitduwen.
- Opgetrokken schouders met korte of beperkte armbeweging (gekruiste coördinatie).
- Sterke protractie en extensie van het hoofd

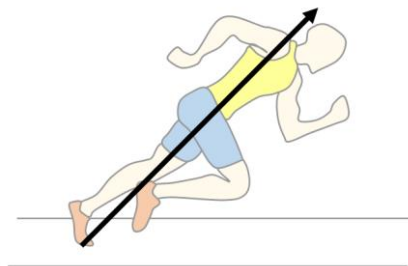
Na het herkennen van bepaalde compensaties of tekorten kan je de reden onderzoeken. Vaak ligt de oorzaak bij beperkingen in lichamelijke basiseigenschappen. Hierbij enkele voorbeelden:

- Spiertoning is te beperkt om een efficiënte 'bouncing actie' te krijgen.
- Controle over armen ten opzichte van de romp is te beperkt om evenwichtige vluchtfase te krijgen waardoor de paslengte kan verkleinen.
- Hoofdpositie kan niet neutraal gehouden worden waardoor er een grote verstoring kan optreden in de controle van het lichaamszwaartepunt en mogelijks behouden van een ontspannen bovenlichaam.

4.2.3 Wat is het verschil tussen sprinten en lopen?

Een sprint bestaat voornamelijk uit twee fases. In de eerste fase wordt de snelheid gradueel verhoogt tot wanneer de topsnelheid bereikt wordt. In de tweede fase wordt getracht om deze snelheid zo lang mogelijk aan te houden.

In de eerste fase is het dus van belang om een zo groot mogelijke versnelling te bekomen. Hiervoor dienen afremmende krachten vermeden te worden. Om de voortstuwende krachten te kunnen ontwikkelen en in evenwicht te blijven dient de loper in de richting van de grondreactiekracht voorover te hellen. Daarnaast zal het voetcontact niet voor het lichaam plaatsvinden, maar onder of achter het lichaam, en zal de voet 'klauwend' neergezet worden. Dit laatste houdt in dat de voet reeds achterwaarts beweegt op het ogenblik dat hij neergezet wordt en zo onmiddellijk een voorwaarts gerichte grondreactiekracht kan uitlokken.



Figuur 47: Grondreactiekrachten tijdens het versnellen bij een sprint



Paradox

Als je de snelste voetbal en de snelste sprinter (100 m) vergelijkt zal je nog grote verschillen ontdekken. Dit heeft natuurlijk te maken met het feit dat de belangrijkste doelen verschillende zijn. Daarom zullen ook de methoden aangepast moeten worden. Door vroeg te specialiseren zal het nog moeilijk zijn om te beperkte fysieke ontwikkelingen nog bij te sturen.

Voorbeeld:

Wat ben je met een voetballer die de snelste is, maar moeilijk van richting kan veranderen?

Aanvullend filmpje:

Cristiano Ronaldo races against sprinter! Tested to the limit.

Bron: <https://www.youtube.com/watch?v=hZqEj-Qyg6U>



Sleutelbegrippen

Steunfase Pasfrequentie	Vluchtfase Bouncing ball mechanism	Paslengte
----------------------------	---------------------------------------	-----------



Studievragen

1. Wat is het meest kenmerk voor lopen ten opzichte van wandelen? Wat maakt dit een voordeel, maar nadelig? Omschrijf dit in je eigen woorden.
2. Wanneer kan een afremmende kracht ontstaan bij het lopen en leg uit wat nadelige gevolgen kunnen zijn?
3. Geef minimaal vier kenmerken, die mogelijks duiden op een sterke loopefficiëntie van biomechanisch oogpunt.



Opdracht

Beschrijf een gelijkaardige beweging als een loopcyclus maar binnen je eigen context? Probeer te achterhalen waarom die beweging zo wordt uitgevoerd?

Deel 4 | Lijsten

Hoofdstuk 1 Relevante lectuur

Van Ingen-Schenau G.J. & Toussaint H.,
1996, *Biomechanica. Theoretische mechanica toegepast op het bewegen van de mens*. VU Boekhandel,
Amsterdam.

Hoofdstuk 2 Referentielijst

In de volgende lijst zijn de standaardwerken opgenomen waaruit de informatie voor deze cursustekst is gehaald.

Van Ingen-Schenau G.J. & Toussaint H.,

1996, *Biomechanica. Theoretische mechanica toegepast op het bewegen van de mens*. VU Boekhandel, Amsterdam.

De Vylder M. & Pion J.,

2010, *Technische aspecten van de sportbeoefening op hoog niveau*. Algemeen Gedeelte Trainer A. VTS – Bloso.

Van Caekenberghe Ine,

2019, *Biomechanica. Trainer B, Algemeen Gedeelte*. Sport Vlaanderen – Vlaamse Trainersschool

Huts Kristof,

2016, *Multimedia. Instructeur B, Algemeen Gedeelte*. Sport Vlaanderen – Vlaamse Trainersschool

Frans Bosch,

2022, *De constraints-led approach kritisch beschouwd*. Sportgericht nr. 4

Timo Beemster,

2022, *Spelsporters zuiniger en sneller laten lopen*. Sportgericht nr. 4

Werkgroep Jeugdtrainer topsport o.l.v. Koen Termont en Karen Opdencamp,

2011, *Jeugdtrainer topsport*. Sport Vlaanderen – Vlaamse Trainersschool

Linken:

Zentrum ® Jurdan Mendigutxia: <https://www.youtube.com/@zentrumsport1>