



"Inzicht en optimalisatie van rolstoelprestaties door innovatieve vermogensmonitoring"

~ Rowie JF Janssen

Het monitoren van vermogen tijdens trainingen en competities, in combinatie met gestandaardiseerde testen in een laboratoriumomgeving, biedt rolstoelatleten en hun coaches waardevolle inzichten in prestaties. Dankzij directe feedback over het geleverde vermogen, ondersteund door wetenschappelijke kennis, kunnen gerichte trainingsrichtlijnen worden opgesteld. Daarnaast is het mogelijk om activiteiten te optimaliseren, wedstrijdstrategieën aan te scherpen en rolstoelentechnisch te verbeteren en op maat af te stellen. Dit alles draagt bij aan het creëren van optimale randvoorwaarden die essentieel zijn voor topprestaties tijdens wedstrijden.

Effectieve testen

Met een gestandaardiseerd testprotocol op de rolstoelergometer verzamelen we cruciale gegevens, zoals afstand, snelheid en vermogen. Deze informatie wordt geanalyseerd om prestaties te verbeteren. In het lab hebben we specifieke testen ontwikkeld voor sprint-, anaerobe en aerobe prestaties. Deze methoden helpen atleten hun fysieke capaciteiten te maximaliseren en stellen coaches en wetenschappers in staat om samen prestaties te verhogen. De combinatie van technologie, wetenschap en praktijk vormt zo een stevige basis voor succes in de rolstoelsport.



Bekijk deze video over Wheelpower <https://www.zonmw.nl/nl/sportonderzoek#section-14689>

Rolstoelergometer

De rolstoelergometer (ontwikkeld door Lode B.V.¹, zie onderstaande foto's) is een innovatieve tool die speciaal ontworpen is om atleten te testen in hun eigen (sport)rolstoel. Met deze geavanceerde ergometer kunnen atleten hun op maat gemaakte sportrolstoel plaatsen op twee afzonderlijke rollen, wat een unieke en sport-specifieke testomgeving creëert.

De twee geïnstrumenteerde rollen bieden de mogelijkheid om de weerstand aan te passen, zodat verschillende ondergronden kunnen worden gesimuleerd of intensieve testen met hogere weerstand uitgevoerd kunnen worden. Een bijzonder voordeel is dat deze aparte rollen ook inzicht bieden in asymmetrie: hoe verschillend duwt een atleet met links in vergelijking met rechts? Dit biedt waardevolle informatie voor zowel de atleet als de coach om prestaties te optimaliseren.



Afbeelding 1: rolstoelrugby atleet op de ergometer

Behoefte aan universeel protocol

Onderzoekers van het [Wheelpower project](#) hadden als doel om de volledige fysieke capaciteiten van atleten te kunnen meten middels sprint- en uithoudingstesten op de rolstoelergometer.

De onderzoekers hebben gekeken naar bestaande literatuur voordat een protocol is ontwikkeld voor deze sprint- en uithoudingstesten. Verschillende studies hebben onderzoek gedaan naar het rolstoel-specifieke sprint- (anaeroob) en uithoudingsvermogen (aeroob) van rolstoelatleten. Deze studies hebben echter verschillende atleten geïncludeerd, verschillende apparatuur gebruikt en daarbovenop ook verschillende testprotocollen, alsook verschillende uitkomstmaten gerapporteerd.² De onderzoekers concludeerden dat er behoefte is aan één universeel protocol.

Van grote uitdaging tot validiteit

Het opstellen van een universeel testprotocol voor rolstoelatleten is een uitdaging, omdat iedere atleet uniek is. Ter illustratie: Een maximaal inspanningstest om het aerobe vermogen te meten begint vaak met een lichte start, waarbij de weerstand elke minuut stapsgewijs wordt verhoogd totdat de atleet niet meer verder kan.

Hoewel dit principe eenvoudig lijkt, is er een uitdaging wanneer dezelfde weerstand stappen voor iedereen wordt gebruikt.

Sommige atleten kunnen al na vijf minuten volledig uitgeput raken, terwijl anderen de test met gemak twintig minuten volhouden. Deze grote verschillen benadrukken het belang van een individuele aanpak, waarbij de test wordt afgestemd op de specifieke capaciteiten van elke atleet om betrouwbare resultaten te garanderen.

Om deze verschillen te overbruggen en de testduur te standaardiseren (zodat deze ongeveer tien minuten duurt voor elke atleet), is een gestandaardiseerd maar geïndividualiseerd protocol ontwikkeld. Hierbij wordt gebruikgemaakt van eerdere prestatiegegevens van de atleet om het aerobe vermogen in te schatten. Op basis van deze schatting wordt een protocol op maat ingesteld dat aansluit bij de individuele capaciteiten van de atleet.

De onderzoekers van het Wheelpower-project hebben het ontwikkelde protocol eerst gevalideerd in een groep valide proefpersonen.³ Vervolgens is het protocol succesvol toegepast bij rolstoelatleten uit verschillende sporten, waaronder tennis, basketbal, rugby, atletiek en triatlon.⁴

Het protocol

Uit bovenstaande review is één protocol herleid die op een gestandaardiseerde manier wordt afgesteld op ieder individu en bevat alle aspecten die de belastbaarheid van de speler meten: sprint-, anaerobe en aerobe capaciteit.

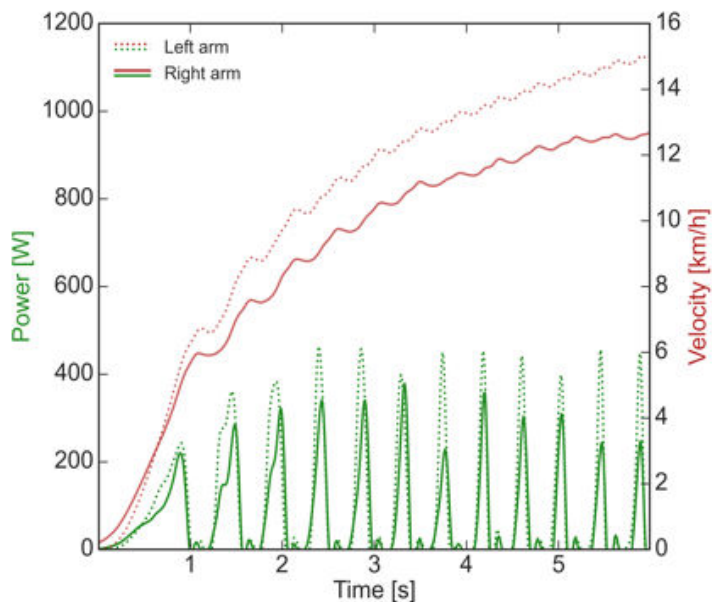
Om de testen goed uit te kunnen voeren op de rolstoelergometer bevat elke test een uitklapveld naar de uitvoering in LEM-software en de data-analyse in Phyton.

Sprint test

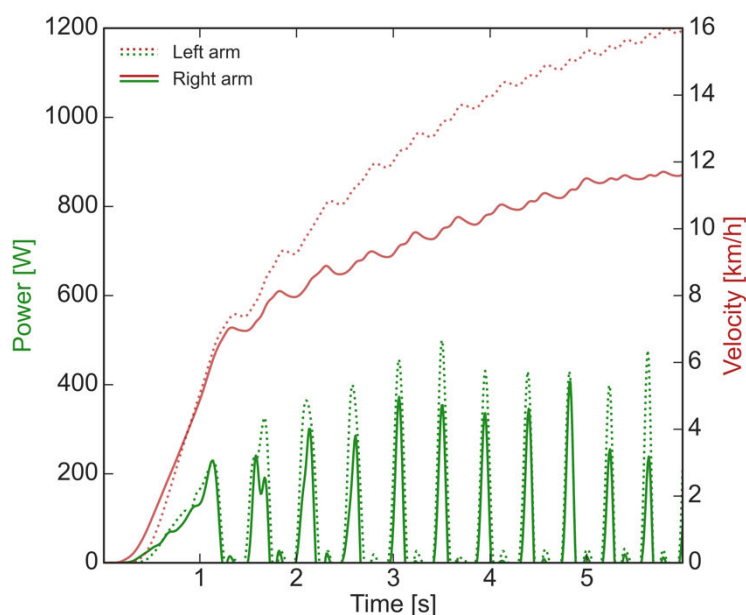
Tijdens deze korte sprinttest wordt een weerstand ingesteld die vergelijkbaar is met die in het veld. Dit maakt het mogelijk om een snelheid te behalen die overeenkomt met wedstrijd omstandigheden. De test biedt inzicht in het vermogen en de duwtechniek waarmee deze maximale snelheid wordt bereikt.

Praktische toepassing: *10s sprint test, uitgevoerd op een ondergrond die op een standaard gymzaal lijkt. Er worden hierdoor vergelijkbare snelheden als in het veld gehaald.*

Voorbeeld toepassing (rugby): Evalueren van oude en nieuwe stoel op asymmetrie. Niemand is symmetrisch, maar we weten vaak niet in welke mate iemand asymmetrisch is. In het veld zie je dit minder goed en ben je in een rechte sprint net zo snel als je mindere arm. In onderstaand plaatje zie je het vermogen en snelheid tijdens een sprint van 10s. De normale lijnen zijn de rechterarm, de stippellijnen de linkerarm. In het eerste plaatje zie je veel verschil tussen links en rechts. Links wordt een snelheid van 16 km/h gehaald, en met rechts 11.5 km/h. In het tweede plaatje is dit verschil een stuk minder: 15 km/h met links en 12.5 km/h met rechts. Gemiddeld gezien veranderd er weinig maar het kan zeer waardevol zijn om je zwakke kant sterker te krijgen in het veld waar je niet enkel rechtdoor sprint maar ook veel moet manoeuvreren.



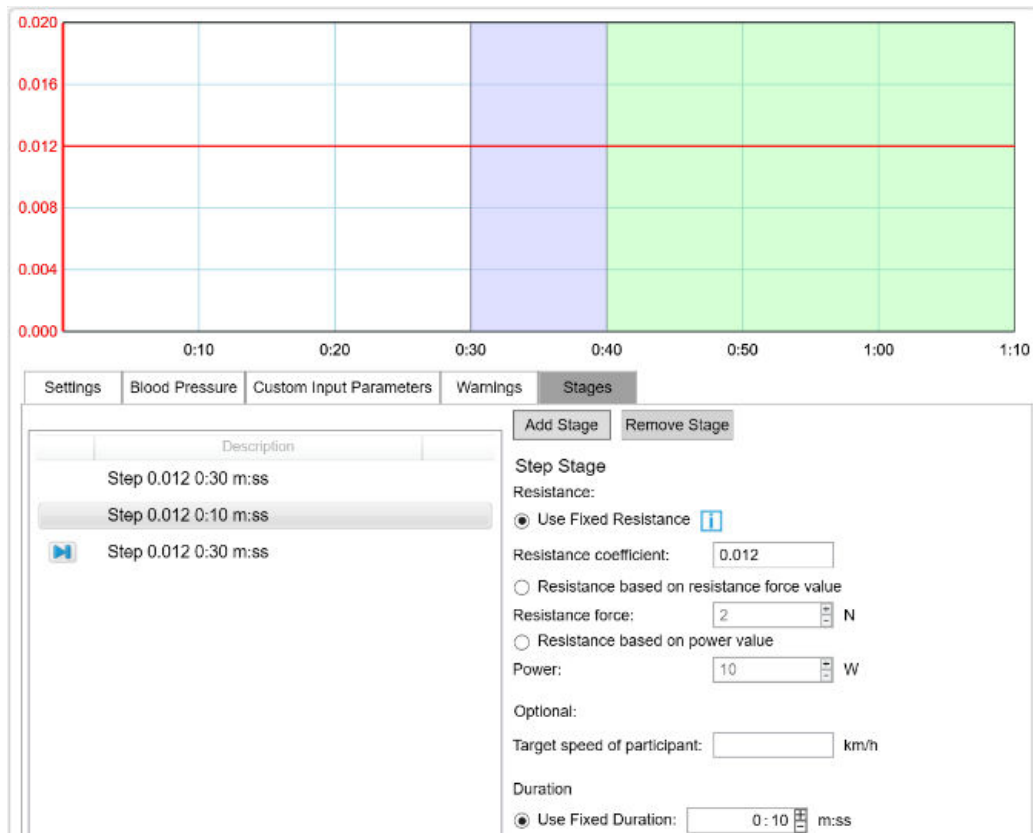
Afbeelding 2: Uitkomst sprinttest in **nieuwe** rolstoel



Afbeelding 3: Uitkomst sprinttest in **oude** stoel

Uitvoering in LEM-software: Maak één protocol met drie stappen.

- *Stap 1: aanloophase van 30s (weerstand = 0.012). Atleet doet niets en testerleider kijkt of data normaal binnenkomt en telt af tot start test.*
- *Stap 2: sprintfase van 10s (weerstand = 0.012). Atleet sprint zo hard hij/zij kan voor 10s. Testleider houdt tijd in de gaten.*
- *Stap 3: uitloophase van 30s (weerstand = 0.012). Atleet hoeft niets te doen en laat rolstoel uitrollen.*



Afbeelding 4: LEM invoer sprinttest

Data-analyse in Python (minimale voorkennis vereist)

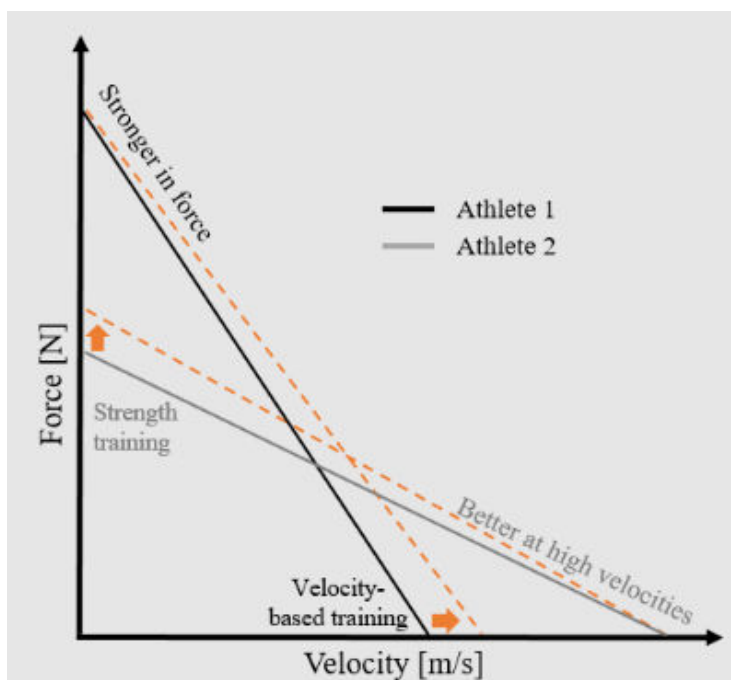
- Stap 1: exporteer de sprint test naar Excel.
- (download python & installeer de [worklab](#) package)
- Stap 2: Analyseer de sprint test op [deze](#) manier. Kopieer dit script naar je eigen computer, en run het.

Wingate test

Bij deze test sprint de atleet gedurende 30 seconden tegen een hoge weerstand, vergelijkbaar met het rijden tegen een steile helling. Hoewel de behaalde snelheid daardoor lager zal zijn, maakt de hogere weerstand het mogelijk om meer kracht te leveren. Deze manier bepaalt het anaerobe vermogen van de atleet.

Praktische toepassing: 30s sprint test, uitgevoerd op een stuk hogere weerstand. Er worden hierdoor een stuk lagere snelheden gehaald als in het veld, wat de mogelijkheid geeft om meer kracht te leveren.

Het vermogen is het resultaat van kracht vermenigvuldigd met snelheid. Om het vermogen te verhogen, moet één van de twee factoren worden verbeterd. Twee rugbyspelers voerden een reeks sprinttesten uit en hun kracht-snelheidscurves werden opgesteld. Atleet 1 is sterker in kracht en kan het meeste baat hebben bij trainen op hoge snelheden, zoals sprinten bergafwaarts of met rugwind. Atleet 2 is beter in hoge snelheden en kan het meeste baat hebben bij het verbeteren van zijn kracht met krachttraining.⁵



Afbeelding 5: Wingate resultaten van twee atleten

Uitvoering in LEM-software: maak één protocol met drie stappen.

- Stap 1: aanloophase van 30s (weerstand = zie Excel sheet). Atleet doet niets en testerleider kijkt of data normaal binnenkomt en telt af tot start test.
- Stap 2: sprintfase van 30s (weerstand = zie Excel sheet). Atleet sprint zo hard hij/zij kan voor 30s. Testleider houdt tijd in de gaten.
- Stap 3: uitloophase van 30s (weerstand = zie Excel sheet). Atleet hoeft niets te doen en laat rolstoel uitrollen.



Afbeelding 6: LEM invoer Wingatetest

Data-analyse in Python (minimale voorkennis vereist)

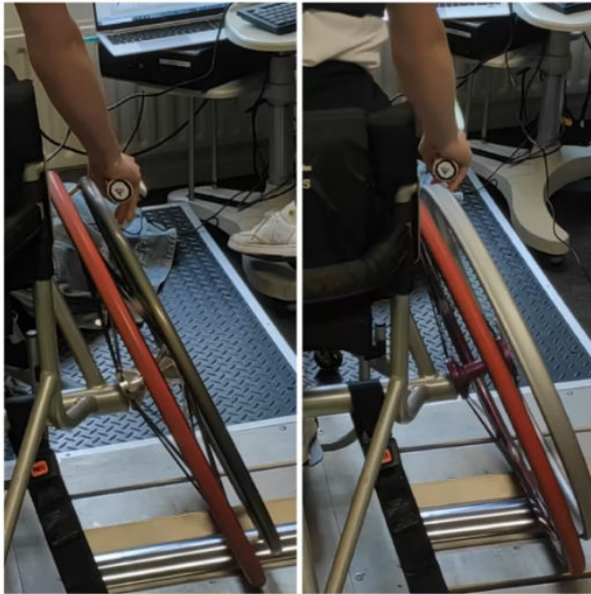
- *Stap 1: exporteer de Wingate test naar Excel.*
- *(download python & installeer de [worklab](#) package)*
- *Stap 2: analyseer de Wingate test op [deze](#) manier. Kopieer dit script naar je eigen computer, en run het.*

Sub maximale inspanningstest

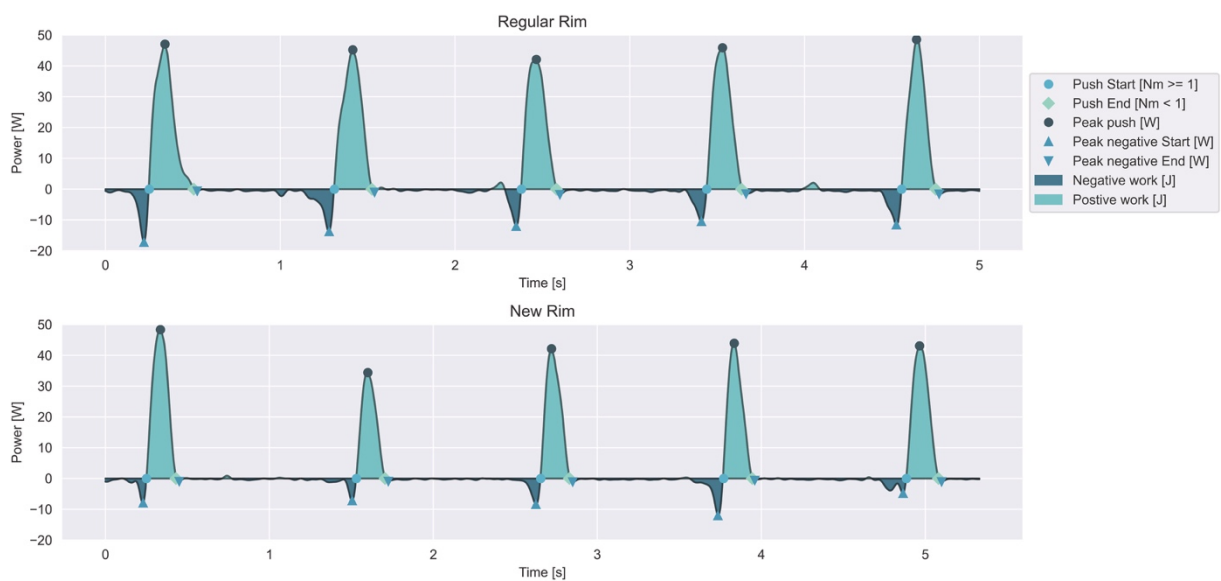
Tijdens deze test rijdt de atleet twee blokken van vier minuten op een vaste, comfortabele snelheid, waarbij er geen moeite is met de coördinatie van de armen. De weerstand wordt ingesteld op 20% van de maximale aerobe capaciteit tijdens het eerste blok en op 40% tijdens het tweede blok. Dit biedt de mogelijkheid om de duwtechniek in detail te analyseren. Daarnaast kan met behulp van ademgasanalyse worden gemeten hoe efficiënt de rolstoel wordt aangedreven.

Praktische toepassing: 4 minuten rustig rijden, uitgevoerd op een ondergrond die op een standaard gymzaal lijkt. Dit wordt vaak in combinatie met ademgasanalyse gedaan zodat we de pushtechniek kunnen bekijken in combinatie met de verbruikte energie.

In het rolstoeltennis moeten atleten hun rolstoel duwen met een racket in de hand. Dat brengt een extra uitdaging met zich mee en willen we graag zo efficiënt mogelijk maken. Bij het rolstoelrijden grijp je de hoepel elke keer aan, en hierdoor rem je altijd wel een beetje. Maar met een tennisracket in je hand, rem je een stuk meer wat natuurlijk niet bevorderlijk is voor de voorwaartse snelheid. Om dit remmen te compenseren moet je extra hard duwen, wat weer voor minder efficiënte en hogere piekbelasting zorgt. In dit onderzoek hebben we een nieuwe vorm hoepel systematisch onderzocht en gevonden dat je er inderdaad minder mee remt en hierdoor minder hogere piekkrachten hebt⁶.



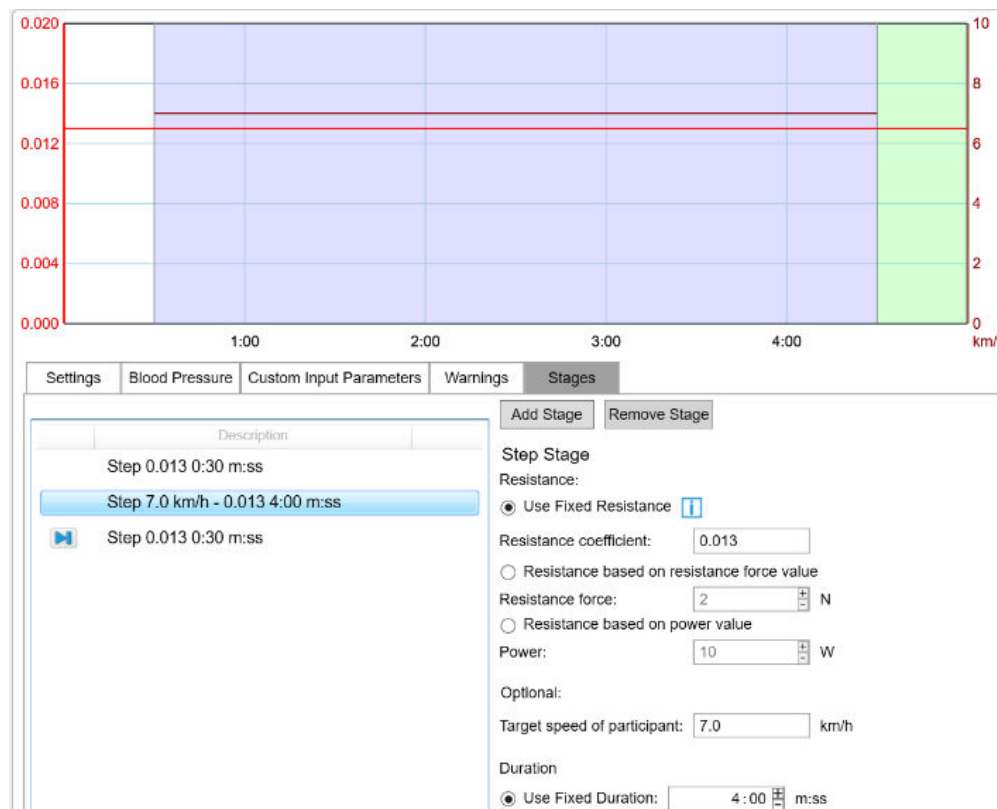
Afbeelding 7: Voorbeeld testen van twee soorten hoepels



Afbeelding 8: Uitkomsten submaximale tekst bij gebruik twee soorten hoepels

Uitvoering in LEM-software: maak twee aparte protocollen met drie stappen. Opbouw en snelheid van de twee protocollen is hetzelfde, enkel weerstand is anders.

- Stap 1: aanloophase van 30s (weerstand = zie Excel sheet). Atleet doet niets en testerleider kijkt of data normaal binnenkomt en telt af tot start test.
- Stap 2: sub max fase van 4min, vul hier ook de target snelheid in (weerstand = zie Excel sheet). Atleet rijdt op een comfortabele snelheid voor 4min. Testleider houdt tijd in de gaten.
- Stap 3: uitloophase van 30s (weerstand = zie Excel sheet). Atleet hoeft niets te doen en laat rolstoel uitrollen.



Afbeelding 9: LEM invoer submaximale inspanningstest

Data-analyse in Python (minimale voorkennis vereist)

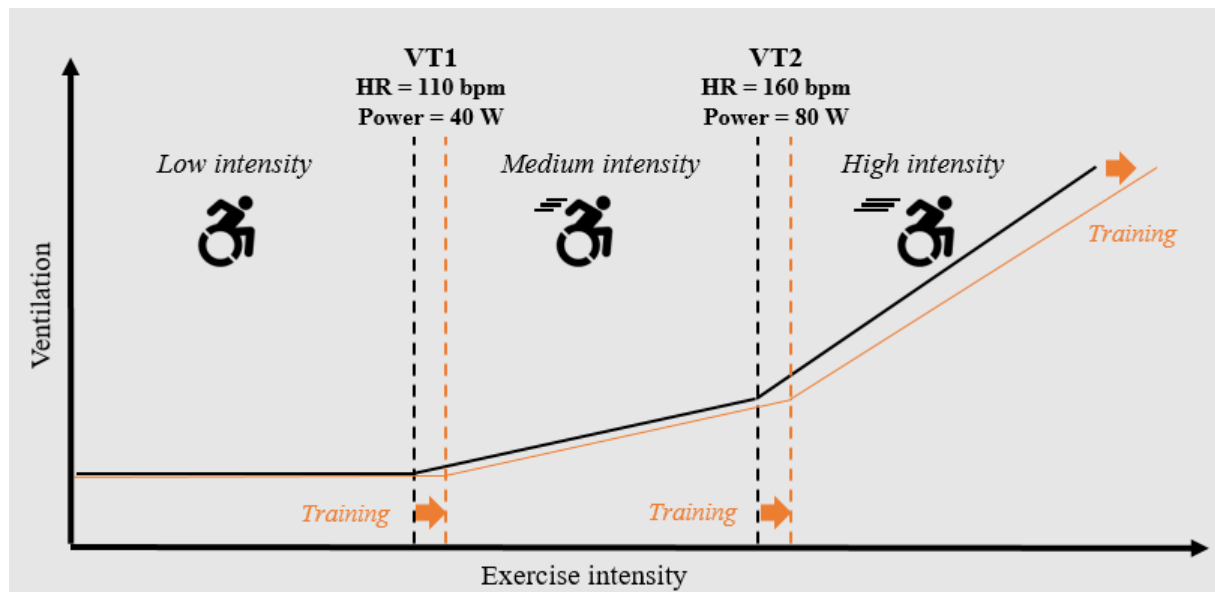
- *Stap 1: exporteer de sub maximale test naar Excel als twee files (exporteer de twee protocollen los van elkaar). Exporteer ook de file van de spirometer (script is gemaakt voor Cosmed of Metamax software).*
- *(download python & installeer de [worklab](#) package)*
- *Stap 2: analyseer de sub maximale test op [deze](#) manier. Kopieer dit script naar je eigen computer, en run het.*

Maximale inspanningstest

Een inspanningstest van 8-12 minuten, uitgevoerd met ademgasanalyse. De test start met een lichte weerstand, die elke minuut wordt verhoogd totdat de atleet niet meer in staat is om de vereiste snelheid te behouden. Het doel van de test is het bereiken van maximale fysieke inspanning, waarbij ademhalingsgegevens en hartslag worden gemeten. Dit proces maakt het mogelijk om de maximale zuurstofopname en het aerobe vermogen van de atleet te bepalen.

Praktische toepassing: *+- 10 minuten rijden met een steeds hogere weerstand. De test begint op een lichte weerstand en wordt elke minuut verhoogd. De test eindigt wanneer de atleet de gevraagde snelheid niet meer kan volhouden.*

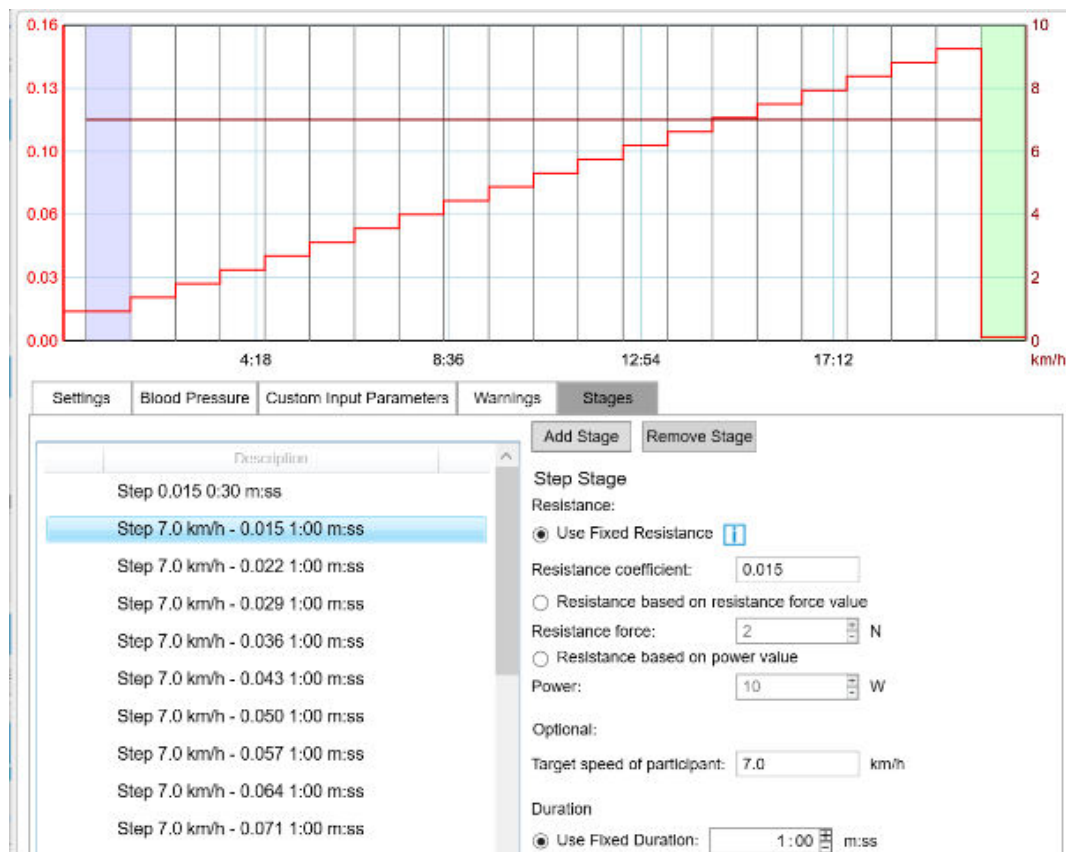
Ventilatoire drempels (VT1 en VT2) worden bepaald tijdens de maximale inspanningstest. Met een intensiteit onder de eerste drempel gebruiken atleten voornamelijk hun aerobe energiesysteem, wat belangrijk is voor langdurige inspanningen en herstel. Tussen de twee drempels in zijn zowel het aerobe als het anaerobe energiesysteem actief, wordt lactaat gebufferd en kan de activiteit 40-60 minuten worden volgehouden. Boven de tweede drempel is het anaerobe systeem de belangrijkste energiebron, begint lactaat zich op te hopen en raken atleten snel vermoeid. Afhankelijk van welke zone voor de atleet het belangrijkste is, kunnen individuele trainingsprogramma's worden opgesteld.



Afbeelding 10: Voorbeeld uitkomst maximale inspanningstest

Uitvoering in LEM-software: maak één protocol met twintig stappen. Elke stap duurt één minuut en de weerstand wordt elke minuut hoger. Snelheid is een comfortabele snelheid waar de atleet geen moeite heeft met de coördinatie van de armen. Dit protocol kan gemakkelijk gemaakt worden door in LEM de start weerstand, stapgrootte en aantal stappen aan te geven. De target snelheid moet per stap worden ingevuld.

- *Stap 1: aanlooffase van 30s (weerstand = zelfde als stap 2). Atleet doet niets, testerleider kijkt of data normaal binnenkomt en telt af tot start test.*
- *Stap 2: eerste stap maximale inspanningstest (weerstand = zie Excel sheet). Vul hier de target snelheid in. Atleet rijdt op deze snelheid voor 1min. Testleider houdt tijd in de gaten.*
- *Stap 3-20: 1 min stap maximale inspanningstest. Vul bij elke stap dezelfde target snelheid in. Weerstand is elke minuut iets hoger, snelheid blijft gelijk. (weerstand = zie Excel sheet)*
- *Einde test: herstelfase van 5min (weerstand = heel laag, i.e., 0.004). Atleet laat stoel uitrollen en kan rustig duwen voor actief herstel.*



Afbeelding 11: LEM invoer maximale inspanningstest

Data-analyse in Python (minimale voorkennis vereist)

- *Stap 1: exporteer de maximale inspanningstest als Excel file, alsook de file van de spirometer (script is gemaakt voor Cosmed of Metamax software).*
- *(download python & installeer de [worklab](#) package)*
- *Stap 2: analyseer de maximale inspanningstest op [deze](#) manier. Kopieer dit script naar je eigen computer, en run het.*

Praktische toepassing

Door testen op een gestandaardiseerde én geïndividualiseerde manier uit te voeren, ontstaat de mogelijkheid om de prestaties van verschillende spelers met elkaar te vergelijken. Daarnaast bieden deze testen de kans om atleten over een langere periode te monitoren, waardoor hun ontwikkeling nauwkeurig in kaart kan worden gebracht. De verzamelde gegevens kunnen worden gebundeld in een database. Dit helpt om steeds meer inzicht te krijgen in wat als 'goede' prestaties wordt beschouwd binnen specifieke sporten of posities. Bovendien kunnen deze testen worden ingezet om gerichte vragen te beantwoorden of uitdagingen aan te pakken, zoals het optimaliseren van rolstoelinstellingen of het verbeteren van trainingsmethoden.

Dankzij het Wheelpowerproject zijn bovenstaande resultaten tot stand gekomen. Focus van het WheelPower project was: het verbeteren van prestaties door het optimaliseren van het vermogen dat rolstoelatleten leveren tijdens trainingen en wedstrijden.

Bronnen

1. Lode rolstoelergometer. <https://www.procarebv.nl/product/lode-esseda-rolstoel-ergometer/>
2. Janssen RJF, de Groot S, van der Woude LHV, Houdijk H, Vegter RJK. Towards a standardized and individualized lab-based protocol for wheelchair-specific exercise capacity testing in wheelchair athletes: a scoping review. *Am J Phys Med Rehabil.* 2021;102(3):261-269. doi:10.1097/PHM.0000000000001941
3. Janssen RJF, Vegter RJK, Houdijk H, van der Woude LHV, de Groot S. Evaluation of a standardized test protocol to measure wheelchair-specific anaerobic and aerobic exercise capacity in healthy novices on an instrumented roller ergometer. *PLoS One.* 2022;17(9):e0274255. doi:10.1371/journal.pone.0274255
4. Janssen RJF, Vegter RJK, Houdijk H, van der Woude LHV, de Groot S. Development of a standardized protocol to measure the (an)aerobic capacity on a roller ergometer among wheelchair athletes. *under Rev.* Published online 2024.
5. Janssen RJF, de Groot S, Van der Woude LHV, Houdijk H, Goosey-Tolfrey VL, Vegter RJK. Force–velocity profiling of elite wheelchair rugby players by manipulating rolling resistance over multiple wheelchair sprints. *Scand J Med Sci Sport.* 2023;33(8):1531-1540. doi:10.1111/sms.14384
6. Rietveld T, Vegter RJK, van der Woude LHV, de Groot S. A newly developed hand rim for wheelchair tennis improves propulsion technique and efficiency in able-bodied novices. *Appl Ergon.* 2022;104(January):103830. doi:10.1016/j.apergo.2022.103830