

University of Groningen

Picking up the pace

Menting, Stein

DOI:
[10.33612/diss.773797642](https://doi.org/10.33612/diss.773797642)

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2023

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):
Menting, S. (2023). *Picking up the pace: the development of pacing behaviour during adolescence*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen.
<https://doi.org/10.33612/diss.773797642>

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Appendices



Summery

The self-regulation of effort distribution (i.e. pacing) plays a key role in facilitating sports performance and exercise participation. Yet, literature about how individuals come to develop the skill of distributing their efforts is remarkably scarce. This thesis aims to investigate what characterizes the development of pacing behaviour during adolescence and study the factors underpinning this development. As a collective, the studies in this thesis provide the first structured investigation of pacing behaviour development during adolescence.

Initial explorations: the pacing behaviour of adolescents

The goal of the research in **Chapters 2-5** was to gain insight into the pacing behaviour of adolescents through observational field studies and laboratory-based experimental research. In **Chapter 2**, the pacing behaviour of male (n=153) and female (n=116) athletes competing in the middle-long distance running (3000m, 5000m and 10,000m) and race walking (5000m and 10,000m) events of the IAAF Under 18 and Under 20 World Championships between 2015 and 2018, was studied. The distribution of velocity per 1000m and the correlation between intermediate position and final ranking were compared between medallists, top 8/12 and the rest of the field. It was demonstrated that adolescent athletes attune their pacing behaviour to the behaviour of their competitors, as the non-medallists attempted to stay with the medallists as long as possible and therefore performed at an unsustainable level of effort.

Further studying the impact of age and the presence of competitors on pacing behaviour, **Chapter 3** observed a large number of short-track speed skaters performing 1500m races (n=9715). Relative section times (lap time as a percentage of total race time) and positioning data were compared between age groups (U17, U19, U21, adult), sex (female, male), and stage of competition (finals, non-finals). Younger short-track speed skaters were relatively faster during the initial phase of the race, relatively slower during the final phase and demonstrated a moderate-to-high correlation ($0.5 > r_p$) between intermediate positioning and final ranking at an earlier point of the race, compared to older speed skaters. The difference in pacing behaviour was largest between the youngest and oldest group, suggesting a development of pacing behaviour throughout adolescence. The pacing behaviour of the youngest group of female speed skaters more resembled the behaviour of adult speed skaters, compared to their male peers.

In **Chapter 4**, the effect of task experience and the presence of competitors on the pacing behaviour of adolescents was studied in a controlled laboratory environment. The participants (n=10, F=3; M=7, 15.8 ± 1.0 years old) performed four 2-km cycling time trials. After a familiarisation trial (visit 1), the trials included the following conditions, in randomized order: no competitor, a virtual competitor starting slow and finishing fast or a virtual competitor starting fast and finishing slow. The competitor was programmed to finish the trial

2% faster than the participant during visit 1. Before starting each trial, the participants were asked to provide an indication of the expected duration of the cycling trial. After gaining experience with the task in the familiarisation visit, the adolescents improved their expectation of the task duration (66.2%), mean power output (8.1%) and finish time (5.1%), but retained the same pacing behaviour. The introduction of a competitor did not impact pacing behaviour or performance.

Chapter 5 explored the resemblance between pacing behaviour and other skilled behaviour, hypothesizing that pacing behaviour would adhere to the same processes associated with the effect of task experience (i.e. acquisition) and age (i.e. development) on skilled behaviour. A systematic search of the Pubmed, Web of Science and PsychINFO databases resulted in 64 empirical studies reporting on the effect of age (<18 years old) (n=33), repeated task exposure (n=29) or differing levels of experience (n=13) on the distribution of effort during exercise. The collective evidence indicated that pacing behaviour development starts in childhood and continues throughout adolescence. This development resembles that of other skilled behaviour as it is characterized by an increasingly better fit to the task demands, encompassing the task characteristics (e.g. duration) and environment factors (e.g. opponents), and is likely driven by age-related physical maturation and cognitive development. In resemblance to established processes in skill acquisition literature, the collected empirical studies demonstrated that exercise task experience improves one's capability to match stimuli (e.g. task demands and afferent signals) and actions (i.e. continuing, increasing or decreasing the exerted effort) with the resulting exercise task performance. These findings suggest that established concepts in the skill acquisition and development literature (e.g. intervention-induced variability and augmented feedback) could be used to improve pacing behaviour and exercise performance.

Longitudinal research: studying development

The initial explorative studies established evidence for an age-related change in pacing behaviour during adolescence. However, to formulate definitive statements about behaviour development, individuals should be monitored over a prolonged period of time. This form of longitudinal research is complicated by the considerable variability in the number of events (junior) athletes compete in, specifically at the international level. In **Chapters 6 and 8**, a method of working within these restrictions was introduced. Multilevel modelling allows for the analysis of longitudinal data with inter-individual variation among the number of measurements and temporal spacing between measurements. It therefore enables the use of competition data to study the development of pacing behaviour in athletes. To better understand the role of the individual-competitor interaction in the development of pacing behaviour, this research method was used to study both swimmers and short-track speed skaters. In **Chapter 6**, data of male short-track speed skaters performing in 1500-m races of at least two Junior World Championships between 2010 and 2018, were collected (140 skaters, 573 race performances). The effect of age (15-20 years old), race type (fast, slow) and stage of competition (final, non-final) on the absolute and relative section times in four

sections of the race was analysed using multilevel models, in which the repeated measures were nested within the individual athletes. With age, the athletes were relatively slower during the initial section of the race, in order to achieve a higher velocity in the critical final sections resulting in a decrease of total race time. The rate of development was most pronounced around 15-16 years old, and more gradual between 17 and 20 years old.

To gain insight into the factors influencing the pacing behaviour of swimmers, in **Chapter 7** the PubMed and Web of Science databases were systematically searched for relevant empirical literature (n=16). It was gathered that the pacing behaviour of swimmers is primarily determined by race distance (100m-1500m) and stroke type (freestyle, backstroke, breaststroke, butterfly). The observed pacing behaviour in swimming shared more resemblance with time-trial events than head-to-head events, most likely due to lane-based set-up inhibiting competitor interaction. The limited number of empirical studies on the pacing behaviour of adolescent swimmers (n=3) indicated that younger swimmers had difficulty in selecting the most appropriate distribution of effort for a specific event as well as consistently maintaining their pacing behaviour throughout multiple races. In **Chapter 8**, a large-scale longitudinal study design was used to investigate the pacing behaviour of swimmers competing in the 100m and 200m freestyle, across five continents between 2000-2021 (100m: n=3498, 47% female; 200m: n=2230, 56% female). Multilevel models in which repeated measures were nested within individual athletes, were used to analyse the influence of age (12-24 years old), race experience (cumulative number of races) and performance level in adulthood (elite, sub-elite, high-competitive) on the 50m relative section times. With age, swimmers develop their pacing behaviour to fit the constraints of the task, indicated by a faster initial 50m in the 100m and a shift towards a more even distribution of effort in the 200m event. The rate of development decreases towards adulthood. Moreover, adolescent swimmers reaching the elite level in adulthood demonstrate a pacing behaviour more resembling that of older swimmers. This differentiation occurs at younger age in females (>13 years) compared to males (>16 years).

Experimental research: factors underpinning development

The findings of the observational studies, in combination with the established theoretical rationale of Elferink-Gemser & Hettinga (2017), formed the basis of the experimental studies in **Chapters 9 and 10**. The aim of these studies was to gain a better understanding of the factors underpinning pacing behaviour development. In **Chapter 9**, a group of adolescents (n=18, F=9; M=9, 15.6 ± 2.5 years old) and adults (n=26, F=13; M=13, 26.8 ± 3.1 years old) were tasked with a) performing a 7-minute submaximal cycling trial with the goal of maintaining the goal velocity either with (0-5 minutes) or without (5-7 minutes) additional feedback, and b) a 4-km cycling time trial. Before starting the time trial, the participants were asked to give an estimation of the duration of the 4-km trial. The adolescents were considerably less accurate in their estimation of the task duration and their overestimation was paralleled by a pacing behaviour fitting a longer task (i.e. a more even power output distribution, lower rate of perceived exertion and more pronounced end-spurt). In addition,

in the 7-minute task the adolescents struggled to adhere to the goal velocity when no additional feedback was provided. Within-group analysis revealed that younger adolescents had relatively more difficulties in estimating the task duration and adhering to goal velocity. From this experiment it was gathered that the (meta-) cognitive functions involved in the pre-exercise planning as well as the self-monitoring and adaptation of effort expenditure during exercise underpin the development of pacing behaviour during adolescence. This results in adolescents being more prone to search for sources of feedback from the (social) environment to verify their decision-making regarding effort distribution.

In **Chapter 10**, a group of adolescents ($n=9$, $F=2$; $M=7$, 14.9 ± 2.1 years old) and adults ($n=14$, $F=5$; $M=9$, 24.2 ± 3.2 years old) were tasked with completing four 4-km cycling trials. After a familiarization visit, trials were performed randomly: alone, with the goal to finish the trial as fast as possible, with a competitor and the same goal, or with a competitor and the goal to finish first. Based on the findings from **Chapter 4**, the competitor was programmed to finish 5% faster than the participants during their familiarisation trial. Before each trial, the participants were asked to give an estimation of the task duration. In contrast to adults, adolescents did not demonstrate a change in their estimation of task duration, pacing behaviour or performance over repeated tasks. Furthermore, adolescents altered their pacing behaviour in the presence of a competitor, regardless of the task goal. Yet, adults did this only when instructed to finish before the competitor. It was gathered from these findings that adolescents are still developing the use of task experience to adjust their pre-exercise planning, pacing behaviour and performance. In addition, the adolescents' eagerness to engage with a competitor further verifies this populations' search for external sources of feedback to validate their decision-making regarding effort expenditure during exercise.

Concluding statements

As a collective, the studies in this thesis demonstrate that the development of pacing behaviour 1) starts in late childhood, is most prominent during adolescence and becomes more gradual towards adulthood, 2) occurs at an earlier age in females compared to males, and 3) results in a distribution of effort that better fits the constraints associated with task characteristics (e.g. task duration) and the environment (e.g. competitors). Moreover, the studies reveal the important role of the (meta-) cognitive functions associated with: a) assessing the task demands in relation to one's performance capabilities, b) the self-monitoring and adaptation of one's effort expenditure during exercise, and c) the capability to reflect on past experiences to inform the pre-exercise planning. As these (meta-) cognitive functions are still under development during adolescence, children and adolescents are prone to more intuitive decision-making as demonstrated by their tendency to validate their decision-making regarding effort distribution on stimuli originating from the (social) environment. The findings from this thesis allow for the informed design of interventions and practical tools aimed at supporting the self-regulation of effort distribution. These tools could not only be useful to optimize the performance of athletes, but also to enable children and adolescents to engage in exercise, and promote a healthy lifestyle.

Nederlandse samenvatting

Het indelen van de mate van inspanning tijdens een fysieke taak (*pacing*) is een belangrijke factor bij lichamelijke activiteit en sportprestaties. Er is echter weinig literatuur beschikbaar die beschrijft hoe individuen deze vaardigheid ontwikkelen. Dit proefschrift heeft als doel te bestuderen hoe ons *pacing* gedrag zich ontwikkelt tijdens de adolescentie en om te onderzoeken welke factoren ten grondslag liggen aan deze ontwikkeling. De studies in dit proefschrift vormen het eerste gestructureerde onderzoek naar de ontwikkeling van *pacing* gedrag tijdens adolescentie.

Initieel onderzoek naar het pacing gedrag van adolescenten

Het doel van **hoofdstukken 2-5** was het in kaart brengen van het *pacing* gedrag van adolescenten. Dit is gedaan door middel van het observeren van atleten tijdens wedstrijden en experimenteel onderzoek in het laboratorium. In **hoofdstuk 2** is het *pacing* gedrag onderzocht van atleten (153 mannen, 116 vrouwen) die deelnamen aan de finales van het hardlopen (3000m, 5000m en 10,000m) en snelwandelen (5000m en 10,000m) tijdens de IAAF wereldkampioenschappen onder 18 en onder 20 jaar. *Pacing* gedrag werd gekwantificeerd aan de hand van de snelheid in 1000m secties. Daarnaast werd de correlatie van de positie op de tussentijdse doorkomsten en de uiteindelijke wedstrijduitslag berekend. Deze variabelen werden vervolgens vergeleken tussen de medaillewinnaars, de top 8/12 en de rest van het veld. Uit de analyse kwam naar voren dat deze laatste twee groepen zo lang mogelijk probeerden de medaillewinnaars bij te houden, zelfs als ze hiervoor een tempo moesten aanhouden dat ze niet de gehele race konden volhouden. Dit wijst erop dat atleten in de adolescentie hun *pacing* gedrag aanpassen aan hun concurrenten.

Het effect van leeftijd en de aanwezigheid van concurrenten op *pacing* gedrag is verder onderzocht in **hoofdstuk 3**. Van een groot aantal shorttrack schaatsers ($n=9715$) werd de relatieve sectietijd (ronde tijd als percentage van de totale duur van de race) van een 1500 m race berekend. Daarnaast werd de correlatie van de positie op de tussentijdse doorkomsten en de uiteindelijke wedstrijduitslag berekend. Deze variabelen werden vervolgens vergeleken tussen leeftijdsgroepen (U17, U19, U21, volwassenen), geslacht (vrouw, man) en competitie ronde (voorrondes, finales). In vergelijking met oudere schaatsers waren jongere schaatsers relatief sneller tijdens het eerste stuk van de race en relatief langzamer tijdens het laatste gedeelte van de race. De positiedata wezen uit dat, in vergelijking met oudere schaatsers, jongere schaatsers relatief minder van positie wisselden tijdens het laatste deel van de race. Deze verschillen in relatieve snelheid en positionering waren het grootst tussen de jongste en oudste groep. Als collectief wekken deze resultaten de suggestie dat het *pacing* gedrag van shorttrack schaatsers zich ontwikkelt tijdens adolescentie. Daarnaast viel op dat in de U17 groep de vrouwelijke schaatsers meer overeenkomsten in *pacing* gedrag vertoonden met de volwassen schaatsers dan de mannelijke schaatsers.

In **hoofdstuk 4** is het effect van ervaring en de aanwezigheid van concurrenten op pacing gedrag getest in een gecontroleerde laboratorium omgeving. In dit experiment reden de proefpersonen ($n=10$, $F=3$; $M=7$, 15.8 ± 1.0 jaar oud) vier 2-km tijdritten op een fietsergometer. De eerste rit werd gebruikt om ervaring op te doen met de taak. De daaropvolgende ritten werden, in willekeurige volgorde, verreden in de volgende condities: a) zonder concurrent, b) met een virtuele concurrent die snel startte en langzaam finishte, en c) met een virtuele concurrent die langzaam startte en snel finishte. De virtuele concurrenten waren geprogrammeerd om de 2-km af te leggen in een tijd die 2% sneller was dan de tijd waarin de proefpersoon deze afstand had afgelegd tijdens de eerste rit. Voor elke rit werd de proefpersonen gevraagd om een inschatting te maken van hoeveel tijd ze nodig dachten te hebben om de rit te voltooien. Na het opdoen van ervaring tijdens de eerste rit verbeterden de adolescenten hun inschatting van de duur van de rit (66.2%), gemiddelde vermogen (8.1%) en eindtijd (5.1%). Er was echter geen aantoonbaar verschil in pacing gedrag. De aanwezigheid van een concurrent zorgde niet voor een aantoonbaar verschil in prestatie of pacing gedrag.

In **hoofdstuk 5** zijn de overeenkomsten tussen pacing en andere aangeleerde vaardigheden onderzocht. In het verwerven van deze aangeleerde vaardigheden spelen de processen van leren (de invloed van ervaring) en ontwikkeling (de invloed van leeftijd) een belangrijke rol. Als hypothese werd gesteld dat de processen van leren en ontwikkeling ook belangrijk zijn in het verwerven van pacing gedrag. Het systematisch doorzoeken van de Pubmed, Web of Science en PsychINFO databases resulteerde in 64 empirische studies die verslag deden van de invloed van leeftijd (<18 jaar oud) ($n=33$), herhaling van de taak ($n=29$) of taakervaring ($n=13$) op pacing gedrag. Als collectief gaven deze studies het beeld dat de ontwikkeling van pacing gedrag start tijdens de kindertijd en zich doorzet tijdens de adolescentie. In overeenstemming met andere aangeleerde vaardigheden, ontwikkelen individuen tijdens de kindertijd en adolescentie een pacing gedrag dat beter past bij de eisen van de taak. Dit omvat onder andere de kenmerken van de taak (zoals de duur van een activiteit) en de omgevingsfactoren (bijvoorbeeld concurrenten). Daarnaast is het aannemelijk dat de ontwikkeling van pacing gedrag voortkomt uit de fysieke rijping en cognitieve ontwikkeling die kenmerkend zijn voor deze leeftijd. Vanuit de verzamelde studies blijkt ook dat het verkrijgen van ervaring met een taak ervoor zorgt dat individuen een betere associatie kunnen maken tussen de stimuli (de eisen van de taak en afferente signalen), de gemaakte acties (het verhogen, verlagen of gelijk houden van de mate van inspanning) en de uiteindelijke taakprestatie. Dit proces komt overeen met de invloed van ervaring op het uitvoeren van andere aangeleerde vaardigheden. Als collectief benadrukt deze studie de overeenkomsten tussen pacing gedrag en andere aangeleerde vaardigheden. Dit leidt tot de suggestie dat de gevestigde concepten voor het verbeteren van aangeleerde vaardigheden waarschijnlijk ook kunnen worden toegepast voor de verbetering van pacing gedrag.

Longitudinaal onderzoek: het bestuderen van ontwikkeling

In de voorgaande studies werd al bewijs geleverd van de verschillen in pacing gedrag tussen adolescenten en volwassenen. Echter, om gefundeerde uitspraken te kunnen doen over ontwikkeling, is longitudinaal onderzoek nodig waarin het gedrag van dezelfde individuen over een langere tijd wordt gemonitord. Een methode hiervoor is de analyse van publiekelijk beschikbare wedstrijddata van dezelfde groep atleten tijdens opeenvolgende seizoenen. De aanzienlijke variabiliteit in het aantal wedstrijden waaraan (junior) atleten deelnemen, vooral op het internationale competitie niveau, vormt echter een complicatie voor het uitvoeren van dit type onderzoek. In **hoofdstukken 6 en 8** is het gebruik van ‘*multilevel modelling*’ geïntroduceerd. Deze methode geeft de mogelijkheid voor het analyseren van data met variatie in zowel het aantal meetmomenten per persoon alsmede de tijd tussen deze meetmomenten. Deze methode maakt het mogelijk om publiekelijk beschikbare wedstrijddata te gebruiken voor longitudinaal onderzoek. Om het effect van de interactie met concurrenten op de ontwikkeling van pacing gedrag beter te begrijpen is deze onderzoeksmethode toegepast bij het bestuderen van zowel zwemmers (weinig interactie tijdens de wedstrijd) als shorttrack schaatsers (veel interactie tijdens de wedstrijd). In **hoofdstuk 6** is de data verzameld van mannelijke shorttrack schaatsers die tussen 2010 en 2018 deelnamen aan de 1500m race in minstens twee wereldkampioenschappen voor junioren (140 schaatsers, 573 observaties). De raceafstand werd in vier secties gesplitst, waarna de absolute en relatieve sectie tijden werden berekend. Het effect van leeftijd (15-20 jaar oud), race type (snel, langzaam) en competitieronde (voorronde, finales) op deze variabelen werd geanalyseerd met gebruik van multilevel modellen waarin herhaalde metingen waren genest binnen individuele schaatsers. De oudere schaatsers reden een relatief langzamere eerste sectie van de race, om vervolgens een hogere snelheid te behalen in de beslissende laatste sectie. Dit ging gepaard met een afname van de totale tijd die nodig was om de raceafstand af te leggen. Uit de modellen blijkt dat het pacing gedrag van shorttrack schaatsers het meest ontwikkelt rond 15-16 jaar, waarna een meer geleidelijke ontwikkeling volgt tussen 17 en 20 jaar.

Het doel van **hoofdstuk 7** was om meer inzicht te krijgen in de factoren die het pacing gedrag van zwemmers beïnvloeden. Met deze reden werden de databases van PubMed en Web of Science systematisch doorzocht op relevante empirische literatuur (n=16). Uit de verzamelde artikelen is naar voren gekomen dat het pacing gedrag van zwemmers voornamelijk wordt beïnvloed door de raceafstand (100m-1500m) en de zwemslag (vrijeslag, rugslag, schoolslag, vlinderslag). Het indelen van zwemmers in hun eigen baan vermindert de interactie met concurrenten, waardoor het pacing gedrag gelijkens vertoont met een tijddrit. Het kleine aantal empirische studies dat het pacing gedrag van jongere zwemmers onderzocht (n=3) concludeerde dat jongere zwemmers het lastig vinden om hun pacing gedrag aan te passen aan de kenmerken van de taak en om hun pacing gedrag constant te houden over meerdere races. In **hoofdstuk 8** is de ontwikkeling van pacing gedrag in het zwemmen bestudeerd. De eindtijd en 50m tijden van een grote groep zwemmers die deelnamen aan 100m en 200m vrijeslag races tussen 2000 en 2021 (100m: n=3498, 47%

vrouw; 200m: n=2230, 56% vrouw) werden verzameld. Met deze data werden modellen gemaakt waarin herhaalde metingen werden genest binnen individuele zwemmers. Deze modellen zijn vervolgens gebruikt om het effect van leeftijd (12-24 jaar oud), race ervaring (cumulatieve aantal races) en prestatieniveau als volwassenen (elite, sub-elite, high-competitive) op de relatieve sectietijden per 50m te analyseren. Als zwemmers ouder worden ontwikkelen ze een pacing gedrag dat beter past bij de kenmerken van de taak. Op de 100m betekent dit een relatief snellere start en op de 200m een meer evenredige indeling van de inspanning over de race. De mate van ontwikkeling neemt af naarmate de zwemmers ouder worden. Zwemmers die uiteindelijk het elite niveau bereiken als volwassenen onderscheiden zichzelf al tijdens de adolescentie doordat zij een pacing gedrag hebben dat meer lijkt op het pacing gedrag van volwassenen. Deze differentiatie doet zich op jongere leeftijd voor bij vrouwen (>13 jaar) dan bij mannen (>16 jaar).

Experimenteel onderzoek: de factoren ten grondslag aan de ontwikkeling

De bevindingen uit de observationele studies, in combinatie met het theoretische rationale van Elferink-Gemser & Hettinga (2017) vormde de basis van de experimentele studies in **hoofdstukken 9 en 10**. Het doel van deze studies was om beter te begrijpen welke factoren ten grondslag liggen aan de ontwikkeling van pacing gedrag tijdens adolescentie. In **hoofdstuk 9** is een groep adolescenten (n=18, F=9; M=9, 15.6 ± 2.5 jaar oud) en een groep volwassenen (n=26, F=13; M=13, 26.8 ± 3.1 jaar oud) gevraagd om twee fysieke taken op een fietsergometer uit te voeren. Tijdens de eerste taak werd aan de proefpersonen gevraagd om 7-minuten lang een doelsnelheid (submaximale inspanning) vast te houden, zowel zonder- (0-5 minuten) als met extra aanwijzingen (5-7 minuten). De tweede taak was een 4-km tijdrit. Voordat de proefpersonen begonnen aan deze tijdrit werd ze gevraagd om een inschatting te maken van hoeveel tijd ze nodig dachten te hebben om de rit te voltooien. Vergeleken met de volwassenen waren de adolescenten aanzienlijk minder accuraat in het maken van deze inschatting. De adolescenten overschatten de tijd die nodig was om de rit te voltooien, wat gepaard ging met een pacing gedrag dat meer past bij een taak van een langere duur (een meer evenredige distributie van vermogen, een lagere mate van ervaren inspanning en een duidelijkere *eindsprint*). Daarnaast hadden de adolescenten relatief meer moeite om in de 7-minuten taak de doelsnelheid te behouden als er geen extra aanwijzingen werden gegeven. Uit een analyse binnen de groep adolescenten bleek dat jongere adolescenten meer moeite hebben met het maken van de tijdsinschatting en het aanhouden van de doelsnelheid, dan oudere adolescenten. Uit dit experiment blijkt dat de (meta-) cognitieve functies die betrokken zijn bij het plannen van de mate van inspanning voor het beginnen van de taak, alsmede het zelf-monitoren en bijsturen van de mate van inspanning tijdens de taak, onderliggend zijn aan de ontwikkeling van pacing gedrag tijdens adolescentie. Dit zorgt er vervolgens voor dat adolescenten meer de noodzaak voelen om hun beslissingen aangaande de mate van inspanning te verifiëren met aanwijzingen vanuit de (sociale) omgeving. Deze bevindingen wijzen erop dat adolescenten hun beslissingen aangaande de indeling van inspanning meer maken vanuit intuïtie ('*intuitive*') dan weloverwogen afweging van de beschikbare opties ('*deliberative*').

In **hoofdstuk 10** is een groep adolescenten ($n=9$, $F=2$; $M=7$, vrouwen, 14.9 ± 2.1 jaar oud) en volwassenen ($n=14$, $F=5$; $M=9$, 24.2 ± 3.2 jaar oud) gevraagd om vier 4-km tijdritten uit te voeren op een fietsergometer. De eerste rit werd gebruikt om de proefpersonen kennis te laten maken met de taak. Vervolgens werden de overige ritten verreden, in willekeurige volgorde, met de volgende condities: a) alleen, met het doel om de taak zo snel mogelijk te voltooien, b) met een concurrent en hetzelfde doel, c) met een concurrent en het doel om de taak te voltooien vóór de concurrent. Gebaseerd op de bevindingen in **hoofdstuk 4**, werd de virtuele concurrent geprogrammeerd om de tijddrit 5% sneller te voltooien dan dat de proefpersonen dit deden tijdens hun eerste poging. Voordat de proefpersonen begonnen aan de tijddrit werd ze gevraagd om een inschatting te maken van hoeveel tijd ze nodig dachten te hebben om de rit te voltooien. In tegenstelling tot de volwassenen was er bij de adolescenten geen verbetering in hun tijdsinschatting, pacing gedrag of prestatie bij de herhaalde taken. Daarnaast pasten de adolescenten hun pacing gedrag aan wanneer er een virtuele concurrent aanwezig was, onafhankelijk of het doel van de taak was gekoppeld aan de concurrent. Anders dan de adolescenten maakten de volwassenen deze aanpassing alleen als ze de instructie hadden gekregen om de taak te voltooien vóór de concurrent. Uit deze bevindingen kan worden geconcludeerd dat het gebruiken van ervaring in het plannen van de mate van inspanning, een vaardigheid is die nog onder ontwikkeling is tijdens de adolescentie. De interactie met de virtuele concurrent wijst erop dat adolescenten op zoek zijn naar externe signalen om hun beslissingen aangaande de mate van inspanning te verifiëren.

Afsluitende verklaringen

Als een collectief laten de studies in dit proefschrift zien dat de ontwikkeling van pacing gedrag 1) start in de laatste fase van de kindertijd, het meest prominent is tijdens de adolescentie en daarna geleidelijk afneemt, 2) op een jongere leeftijd aanvangt bij vrouwen dan bij mannen, en 3) resulteert in een indeling van de mate van inspanning die beter aansluit bij de kenmerken van de taak (zoals de duur van de activiteit) en de omgevingsfactoren (zoals concurrenten). Verder tonen de studies de belangrijke rol van de (meta-) cognitieve functies die betrokken zijn bij: a) het beoordelen van de eisen van de taak in relatie tot de prestatiemogelijkheden van de persoon, b) het zelf-monitoren en bijstellen van de mate van inspanning tijdens de taak, en c) de vaardigheid om ervaringen uit het verleden te gebruiken in het maken van een plan van aanpak. Aangezien deze (meta-) cognitieve functies zich ontwikkelen tijdens adolescentie, zullen kinderen en jongere adolescenten meer geneigd zijn om intuïtieve beslissingen te maken aangaande de mate van inspanning. Daarnaast zullen ze meer de neiging hebben om deze beslissingen te verifiëren aan de hand van stimuli uit de (sociale) omgeving. De bevindingen uit dit proefschrift bieden een theoretische basis voor het ontwikkelen van interventies en praktische hulpmiddelen die gericht zijn op het ondersteunen van de mate van inspanning. Deze hulpmiddelen kunnen niet alleen waardevol zijn voor het verbeteren van sportprestatie, maar ook in meer algemene zin voor het bevorderen van plezier tijdens sport en beweging, wat kan bijdragen aan een gezonde levensstijl.

Words of thanks

In parallel with my personal journey during the writing of this thesis, this section is written in a mix of Dutch and English.

Beste Marije en Floor, het mag duidelijk zijn dat dit proefschrift er nooit was gekomen zonder jullie inzet en enthousiasme. Jullie zijn beide een enorme inspiratie voor mij. Ik hoop ooit de vele lessen die jullie me hebben bijgebracht door te kunnen geven. Jullie hebben me geleerd om een positieve kijk op zaken te behouden, ondanks de vele obstakels die academisch onderzoek met zich mee brengt. Daarnaast hebben jullie me laten inzien dat het niet nodig is zelf alles op te lossen en dat als je de juiste mensen samen brengt, er heel veel mooie dingen kunnen gebeuren.

Marije, jouw eindeloze optimisme is een onuitputtelijke bron van motivatie geweest in de afgelopen jaren. Tijdens mijn bachelor was ik mijn enthousiasme voor sport onderzoek wat kwijt geraakt. Tijdens de vele vakken die door jou gegeven werden in de master zag ik in dat al die droge theoretische kennis kon worden gebruikt om de prestatie van sporters beter te begrijpen. Jouw positieve instelling en enthousiasme heeft mijn interesse in sport onderzoek weer volledig doen ontbranden, met dit proefschrift als resultaat. Je liet me inzien dat wetenschap en sport heel dicht bij elkaar kunnen staan en dat het belangrijk is om constant de praktische toepassingen van onderzoek in het achterhoofd te houden. Je behandelt iedereen met het grootste respect en zal er alles aan doen om ervoor te zorgen dat iedereen zich veilig en op zijn gemak voelt. Je ziet mensen niet alleen binnen hun rol als student of collega, maar toont belangstelling voor de persoon als geheel. Het feit dat je elke meeting die we hebben gehad bent begonnen met de oprechte vraag: "hoe gaat het nu met je" is hiervan een mooi voorbeeld. Helaas moet ik toegeven dat ik ondanks jouw goede instructies nog steeds moeite heb om alle steden van de Elfstedentocht op te noemen. Gelukkig is dat iets waar we de komende jaren nog aan kunnen blijven werken.

Floor, zoals Marije nog graag vertelt was ik toen wij elkaar voor het eerst ontmoette heel erg onder de indruk ("is dat DE Floor Hettinga? Van al die papers over pacing die ik heb gelezen?!"). Naarmate ik je beter leerde kennen bleek je een warm, gezellig en eerlijk persoon te zijn. Jouw drive en passie voor alles wat met wetenschap te maken heeft is zeer imposant en inspirerend. De deur van jouw kantoor stond altijd open voor een kopje koffie ("cappuccino of chai latte?") en een gesprekje over het werk of Wie is de Mol. Uiteraard mogen we de gezellige avonden ook niet vergeten, vooral de gekke cocktails in de Alchemist en Botanist. Daarnaast ben je volgens mij de enige die me zo ver gekregen heeft om voor één avondje voor jouw Ajax te juichen. Door de jaren heen heb je me geleerd om creatief te zijn, om te kijken naar mogelijkheden die ik tot mijn beschikking heb en hier het beste van te maken. Je daagde me uit om mijn grenzen op te zoeken. Heel erg bedankt voor al je steun en advies. Ik kijk uit naar al het moois waar we in de toekomst aan gaan werken.

Dear colleagues and collaborators, thank you for your support and commitment. All of you have helped shape me as a scientist and as a person.

Members of the assessment committee, Prof Lemmink, Prof Savelsbergh and Prof Lamberts, thank you for your time and energy in assessing my thesis. Prof. Edwards, Prof Lemmink, Prof Savelsbergh, Prof Lamberts, Dr. Kempe, Dr. Huijgen, thank you for putting my academic knowledge to the test during my public defence. Thanks to all the Postgrads at Northumbria (Elliot, Matt, Rachel, Emma, Katherine, Ollie, Isobelle, Jakob, Paul, Emily, James, Ruth, Sherveen) for including a weird Dutch guy with packed sandwiches into your midst. Rowie, Bram, Jur, Matthias, Nikki, Eline, Robert, Flavio, Ilka, Andrew, Phil, Inge, Ruby, John, Chris, Gui and Sam, thank you for making the ECSS conferences into highlights of my scientific career. Thanks to everyone at Human Movement Sciences in Groningen, especially Margot and Amy. Although I have not been at the office as much as I would have wanted, you made me feel welcome every time I was there.

Andrew, thank you very much for all your support over the last few years. You are an inspiration and have helped me become a better scientist, writer and person. Mohammed, thank you so much for all the help with my research at Northumbria. Many of the key studies in this thesis would not have been possible without you (and your sofa to crash on!). Your positive energy and dedication to research made the long days in the lab fly by. The many coffee breaks and dinners kept me going during the long weeks of testing and writing. Kandianos, thank you so much for all the help throughout my time in Northumbria. It was amazing to work with someone who was equally enthusiastic about our research, understood the work ethos that was needed to get things done, and could provide a wealth of insights on how to improve our studies. You were an integral part of a lot of the studies in this thesis and I hope that we can keep collaborating in the future. Gui, thanks for the great chats and for being able to share my irritations about doing a PhD. Our conversations were always extremely welcome. Phil, thanks for bringing a smile to my face and poking holes in my research. Ruud, Brian, David, Chris, Bas and Lieke, thank you very much for your support and contributions to various manuscripts. Barbara, het waren de vakken die jij en Marije gaven tijdens de master die bij mij de passie voor sportonderzoek weer hebben doen ontbranden. Tijdens mijn PhD stond je altijd klaar om een helpende hand te bieden. Heel erg bedankt voor alle hulp met het onderzoek. Inge, heel erg bedankt voor je steun tijdens de afgelopen jaren. Je bent tijdens mijn PhD een groot voorbeeld voor me geweest. Je liet me de kracht zien van het samenbrengen van de juiste mensen in de juiste setting, een waardevolle les die ik voor altijd mee zal nemen. Aylin, heel erg bedankt voor de hele fijne samenwerking tijdens ons gezamenlijke project, de momentjes dat we konden bijkletsen en het begrip voor de struggles van het doen van een PhD. Je hebt me veel geleerd over het zijn van een sportwetenschapper. Marco, bedankt voor de vele lessen tijdens mijn bezoek aan Colechester en daarna. Zonder jouw bijdrage was dit proefschrift er nooit gekomen. Jetske, Bjorn, Nick, Sophie, Sander, Berber en Ellen, heel erg bedankt dat ik deel mag uitmaken van geweldige KNSB Talentteam. De samenwerking met jullie heeft geleid tot vele nieuwe inzichten. De energie en passie die jullie in je werk steken werkt aanstekelijk en is een bron van motivatie, bedankt!

Dear friends and family, please accept this doctoral thesis as a letter of apology for the general confusion about my whereabouts in the past couple of years.

Vrienden uit Eersel, waar op de wereld ik me ook bevond, ik wist dat er in de omgeving van Eersel altijd wel iemand klaar zou staan om onder het genot van een koud pilsje een avondje te ouwehoeren. Ondanks alle veranderingen die we hebben doorgemaakt is een ding constant gebleven, en dat is dat ik in jullie gezelschap volledig mezelf kan zijn. Beaudayn, Jos Boon, Ravel, Goose, Yarm, Sebastian, A-A-ron, Tur, Patty, Quen, bedankt! Tycho en Wim, het maakt mij enorm gelukkig dat we ons prachtige bestuursjaar hebben kunnen doorzetten in onze weekendjes weg. Bedankt voor de bordspelletjes, potjes minigolf en escaperooms. Het waren momenten dat ik volledig bezig was met het moment, een uniek gegeven in deze periode waarin ik zo veel aan mijn hoofd had. Pepijn en Joris, heel erg bedankt dat jullie als paranimf een unieke bijdrage wilde leveren aan mijn publieke verdediging. Frédérique, bedankt voor het maken van de prachtige cover art. De Heeren Roks, Van Waardenburg en Diemel, wat hadden we grote plannen, wat is het allemaal anders uitgepakt, en wat is dat toch geweldig. Heeren, bedankt! Alle leden van Heeren Genootschap Sunergos, in het speciaal Theo, Koen, Kasmi, Pieter, Taam, Wouter en Hubert, bedankt voor het ondersteunen en aanmoedigen van mijn ambities, passies en kritische blik. Jasper, Floor, Casper, Bart, Aniek, Michelle, Loes, Yannick, Bob en Sandra, bedankt voor het begrip, ondersteuning en eindeloze hoeveelheid vrolijkheid. In Hydrias, ondanks dat we elkaar nu minder zien, zijn de herinneren aan onze avonturen een blijvende bron van positiviteit. Chris, Jeroen en Lotte, bedankt voor biertjes en baantjes, in zowel Groningen als Belfast! JP, bedankt voor de steun in de afgelopen jaren. William and Maubh, thanks for all laughs during our nights pub quizzing. I am already looking forward to all the laughs that are in our future. Henk en Annelies, bedankt voor de jaren van support en aanmoediging. Gerrit en Marion, heel erg bedankt voor de morele steun en bieden van een luisterend oor.

Laura, bedankt voor het blijven wie je bent. Bedankt voor je optimisme, je appjes, belletjes en je knuffels. Pap en Mam, het is misschien clique, maar zonder jullie was ik nooit zo ver gekomen. Als ik het allemaal niet meer zag zitten kon ik bij jullie mijn frustraties uiten, mijn gevoelens delen en boos zijn zonder reden. Jullie advies heeft me gebracht tot waar ik nu ben ("zet nog even door, en dan kijken we wel verder" en "wat is het ergste wat er kan gebeuren"). De onuitputtelijke liefde en aanmoedigingen zijn meer waard geweest dan ik ooit kan uitdrukken. Bedankt!

Dear Christina, sorry for working until late at night, being tired, grumpy, stressed out and generally horrible. Thank you for making me laugh, allowing me to cry and for your unwavering support. Thank you for all the small moments of happiness. I love you very much.

About the author

Stein Gerrit Paul Menting was born June 22th 1994 in Veldhoven. At school he demonstrated his natural curiosity, often to the annoyance of his teachers. Outside school, Stein was often found in the swimming pool and he had great admiration for the way coach and athlete duo Pieter van den Hoogenband and Jacco Verhaeren used science to achieve sports success. In 2012, Stein moved to Maastricht to study Biomedical Sciences, with a major in Human Movement Sciences. During his time in Maastricht, he joined rowing club M.S.R.V. Saurus and H.G. Sunergos. Here, he found a community of likeminded people who encouraged his ambition and passion for sports. Following his graduation in 2016, Stein moved to Groningen to enrol in the master Sport Science. In Groningen, his academic interests fit well with that



of his lecturers, in particular Dr. Marije Elferink-Gemser. An internship at Innosportlab 'De Tongelreep' afforded him the chance to work in the same swimming laboratory that once sparked his interest in sport science. During his masters, there was also the initial contact with Prof. Florentina Hettinga, who invited him to come and study the topic of pacing at the University of Essex. Under supervision of Marije and Floor, Stein performed a series of academic assignments and a literature review on the topic of pacing behaviour development. His master graduation thesis on the same topic earned him the runner-up position in the Boymansfonds Encouragement-award competition for best masters' dissertations. After finishing his masters in 2018, Stein pitched a continuation of this line of research and was awarded a fully funded 3-year PhD position via the Master-PhD grant from the University Medical Centre Groningen. Stein moved to Newcastle-upon-Tyne to perform the first part of his studies at Northumbria University. During his time as a PhD researcher, Stein was eager to connect with various international collaborators, either at conferences or through shared research projects. Stein was asked to give an oral presentation at the Annual meeting of the European College of Sport Science every year between 2018 and 2023. In 2021, he was invited as a speaker during a highlighted symposium of the American College of Sport Medicine 68th Annual Meeting. Stein won the Top Publication Awards from the research institute SHARE in 2019, 2020 and 2022 for his journal publications studying the development of pacing behaviour using publicly available athlete data. During his PhD project, Stein supervised multiple bachelor and master projects, both as internal supervisor at the Center for Human Movement Sciences and as external supervisor. Stein was co-initiator and co-organiser of the monthly Sport PhD Meetings. These meetings provided

PhD students with an informal environment in which to present and discuss their work with fellow PhD students and staff. In 2021, Stein took up the role as Embedded Scientist at the Dutch Royal Speed Skating Association (KNSB). In this role, he manages the collection, storage and analysis of data in a multi-year research project into the identification and development of talented junior speed skaters. From 2023, Stein works as Research Associate in the Administrative Data Research Centre at Ulster University in Northern Ireland. Here he performs epidemiological research using population-scale datasets, while also continuing to be engaged in various research projects in the field of sports science.

Scientific output

Peer-reviewed journals

Edwards A.M., **Menting S.G.P.**, Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. Time is perceived to slow down during exercise, an effect not compounded by the presence of opponents. *Medicine & Science in Sports & Exercise* (in peer-review process).

Menting S.G.P., Khudair M., Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. Pacing behavior development: the role of task experience and the presence of competitors. *Medicine & Science in Sports & Exercise* (in peer-review process).

Sakalidis K.E., **Menting S.G.P.**, Hettinga F.J. The role of cognition and the social environment in exercise regulation. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* (in peer-review process).

Menting S.G.P., Khudair M., Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. Unraveling the role of (meta-) cognitive functions in pacing behavior development: planning, monitoring and adaptation. *Medicine & Science in Sports & Exercise* (in press).

Van den Brandt F.A.P., **Menting S.G.P.**, Hettinga F.J., Elferink-Gemser M.T. Drafting in long-track speed skating team pursuit on the ice rink. *Journal of Sports Sciences*. 2023;41(5):456-462.

Sakalidis K.E., **Menting S.G.P.**, Hettinga F.J. The role of cognition and social factors in competition: How do people with Intellectual Impairments respond to opponents? *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023;20(3):2670.

Menting S.G.P., Post A.K., Nijenhuis S.B., Koning R.H., Visscher C., Hettinga F.J., Elferink-Gemser M.T. Pacing behaviour development in adolescent swimmers: a large-scale longitudinal data analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2023;55(4):700-709.

Sakalidis K.E., **Menting S.G.P.**, Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. The Role of the Social Environment in Pacing and Sports Performance: A Review from a Self-regulatory Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(23):16131.

Menting S.G.P., Edwards A.M., Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. The acquisition and development of pacing behaviour: a systematic review. *Sports Medicine – Open*. 2022;8(1):143.

Menting S.G.P., Hanley B., Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. Pacing behaviour of middle-long distance running & race-walking athletes at the IAAF U18 and U20 World Championship finals. *European Journal of Sport Science*. 2022;22(6):780-789.

Menting S.G.P., Huijgen B.C., Konings M.J., Hettinga F.J., Elferink-Gemser M.T. Development of 1500-m pacing behaviour in elite youth short-track speed skaters: a longitudinal study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2020;52(5):1099-1108.

Menting S.G.P., Hendry D.T., Schiphof-Godart L., Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. Optimal development of youth athletes towards elite athletic performance: how to coach their motivation, plan training exercise and pace the race. *Frontiers in Sport and Active Living*. 2019;1:14.

Menting S.G.P., Elferink-Gemser M.T., Edwards A.M., Hettinga F.J. Effects of experience and opponents on the pacing behaviour and 2-km cycling performance of novice youths. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2019;90(4):609-618.

Menting S.G.P., Elferink-Gemser M.T., Huijgen B.C., & Hettinga F.J. Pacing in lane-based head-to-head competitions: A systematic review on swimming. *Journal of Sports Sciences*. 2019;37(20): 2287-2299.

Menting S.G.P., Konings M.J., Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. Pacing Behavior of Elite Youth Athletes: Analyzing 1500-m Short-Track Speed Skating. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2019;14(2):222-231.

Dutch journals

Menting S.G.P., Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. Optimaal pacing gedrag: jong geleerd, oud gedaan. *SPORTgericht*. 2020;74(1):41-45.

Conference proceedings

Invited speaker at seminar

Menting, S.G.P. The Development of Pacing Behavior During Adolescence: The Influence of Self-regulatory, Meta-cognitive Skills and Executive Functioning. 68th annual meeting of the American College of Sport Medicine, Virtual Congress.

Oral presentations

Menting S.G.P., Khudair M., Elferink-Gemser M.T. Hettinga F.J. How do we learn to pace the race? Exploring the role of age and cognition in effort regulation. 28th Annual Congress of the European College of Sport Science, Paris, France.

Menting S.G.P., Post A.K., Nijenhuis B.S., Koning R., Visscher C., Hettinga F.J., Elferink-Gemser M.T. Pacing behaviour development of swimmers: a longitudinal analysis of the 200m freestyle. 27th Annual Congress of the European College of Sport Science, Sevilla, Spain.

Van Son B.L., Verhoef T., **Menting S.G.P.** The flying rabbit: the use of a drone to impact pacing behaviour in 1500m running. 27th Annual Congress of the European College of Sport Science, Sevilla, Spain.

Menting S.G.P., Stoter I.K., Hettinga F.J., Elferink-Gemser M.T. The development of pacing behaviour during adolescence differs between men and women: a longitudinal study in long-track speed skating. 26th Annual Congress of the European College of Sport Science, Virtual Congress.

Menting S.G.P., Edwards A.M., Hettinga, F.J. Time for action: the impact of fatigue and the presence of opponents on the perception of time during a 4-km cycling trial. 25th Annual Congress of the European College of Sport Science, Virtual Congress.

Matta G., **Menting S.G.P.**, Edwards A.M., Hettinga F.J., Roelands B., Hurst P. Pacing and performance during the World 24-Hour Mountain Bike Championships. 25th Annual Congress of the European College of Sport Science, Virtual Congress.

Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J., **Menting S.G.P.** Pacing and self-regulation in youth athletes: how to coach youth endurance athletes towards excellence? 25th Annual Congress of the European College of Sport Science, Virtual Congress.

Menting S.G.P., Konings M.J., Huijgen B.H.G., Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. Development of 1500-m pacing behaviour in elite youth short-track speed skaters: a longitudinal study. 24th Annual Congress of the European College of Sport Science, Prague, Czech Republic.

Menting S.G.P., Konings M.J., Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. Pacing behaviour of elite youth short track speed skaters in 1500m head-to-head competition. 23th Annual Congress of the European College of Sport Science, Dublin, Republic of Ireland.

Poster presentations

Menting S.G.P., Konings M.J., Huijgen B.H.G., Elferink-Gemser M.T., Hettinga F.J. A longitudinal study of the development of 1500-m performance and pacing behaviour in world-class youth short-track speed skaters. British Association of Sport and Exercise Sciences Conference, Leicester, United Kingdom.

Research Institute SHARE

This thesis is published within the **Research Institute SHARE** (Science in Healthy Ageing and healthcaRE) of the University Medical Center Groningen / University of Groningen. Further information regarding the institute and its research can be obtained from our internet site: <https://umcgresearch.org/w/share>

More recent theses can be found in the list below.
(supervisors are between brackets)

2023

Nieboer P

Teaching and learning in the operating room: Navigating treacherous waters
(*Prof SK Bulstra, Prof M Huiskes, Dr M Stevens, Dr F Cnossen*)

He Z

Risk factors for elevated blood pressure: focus on perimenopausal women and potential causality
(*Prof H Snieder, Dr CHL Thio, Prof QYZ Qingying Zhang*)

Peeters CMM

Brace therapy and radiographic imaging in adolescent idiopathic scoliosis; where do we stand?
(*Prof PC Jutte, Dr C Faber, Dr FH Wapstra, Dr DHR Kempen*)

Kunkels YK

Early-warning signals derived from physiological and behavioural measures: Is it worth a transition in clinical practice?
(*Dr H Riese, Prof MC Wichers, Dr AM van Roon*)

Bittó-Urbanová L

Adolescents in a digital world: The risks and benefits of the use of digital technology
(*Prof SA Reijneveld, Prof A Madarasová Gecková, Dr JP van Dijk, Dr J Holubčíková*)

Ferraris GMA

Interactions between caregivers and their close ones: psychological wellbeing and willingness to care
(*Prof M Hagedoorn, Prof R Sanderman*)

Karchynskaya V

Adolescents' engagement in physical activity: measurements, risks and outcomes
(*Prof SA Reijneveld, Prof A Madarasová Gecková, Dr AF de Winter, Dr J Kopčáková*)

Horaničová S

Is school not calling? Adolescents' experiences at school, contributing factors and consequences for a healthy development

(Prof SA Reijneveld, Prof A Madarasová Gecková, Dr AF de Winter, Dr D Husarova)

Wang Z

Lifestyle intervention in women with obesity and infertility metabolic and nutritional characteristics and reproductive outcomes

(Prof A Hoek, Dr H Groen, Dr AEP Cantineau)

Nijkamp JW

Studies on stillbirth evaluation

(Prof JJHM Erwich, Prof BW Mol, Dr H Groen)

Maas WJ

Design approach for region-specific improvement of acute stroke care: simulation modelling

to enhance organization

(Prof E Buskens, Dr DJ van der Zee, Dr M Uyttenboogaart, Dr MMH Lahr)

Kamel RAM

Ultrasound and childbirth

(Prof CM Bilardo, Prof MTM Franssen)

Hegeman-Seves BL

Sustained physical activity and health following rehabilitation: Unravelling the role of perceived fatigue and activity pacing behaviour

(Prof LHV van der Woude, Prof R Dekker)

Bickel EA

I'll do it myself: understanding low psychological care uptake in cancer patients with depressive symptoms

(Dr MJ Schroevers, Prof J Fleer, Prof AV Ranchor)

Werf HM van der

Impact on and support needs of young adults growing up with a chronically ill family member: Who cares?

(Prof PF Roodbol, Prof AL Francke, Dr MLA Luttik)

Franzke AW

Machine-learning myoelectric prosthesis control: Towards the advancement of assessing functional use and control skill.

(Dr RM Bongers, Prof CK van der Sluis, Dr A Murgia)

For earlier theses visit the website: [Find Research outputs — the University of Groningen research portal \(rug.nl\)](https://www.rug.nl/research-portal)

START



Research Institute

SHARE