

*Een goede nachtrust is van belang voor het leveren van prestaties. Maar wat is de relatie tussen motorisch leren en slaap? Kan slaap motorische leerprocessen bevorderen, en daarmee de prestaties van sporters helpen verbeteren? En zo ja, hoe dan?*

## **Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining** Motorisch leren: oefening in combinatie met slapen baart kunst (deel 7)

**Peter J. Beek**

Hoe en in hoeverre draagt slapen bij aan motorisch leren? Hoe kunnen slapen en oefenen het beste in de tijd worden geordend om een zo goed mogelijk leerresultaat te verkrijgen? Moet men direct na het oefenen gaan rusten of is een goede nachtrust voldoende? Op deze vragen beginnen wetenschappelijke antwoorden te komen waarmee de sportpraktijk zijn voordeel kan doen.

### **Meervoudige functie**

Het belang van een goede nachtrust wordt alom onderkend. Dit geldt voor jonge kinderen die overdag allerhande nieuwe ervaringen opdoen die ze moeten verwerken, voor overbelaste werknemers die een 'burn-out' moeten zien te voorkomen en voor prestatiesporters die intensief trainen en dag in dag uit het uiterste van zichzelf vragen. De functie van slaap is echter omstreden en zeker niet enkelvoudig. Verondersteld wordt dat slapen een cruciale rol speelt bij het lichamelijke herstel van de inspanningen gedurende de dag. Tijdens de slaap komen groeihormonen vrij, die de aanmaak van spier- en botweefsel stimuleren. Een andere mogelijke functie van slaap is behoud van energie, zoals het geval is bij de winterslaap. Een derde functie is dat slapen

noodzakelijk is voor het verwerken, bewerken en opslaan van informatie in het brein, kortom voor leerprocessen. In dit artikel concentreren we ons op laatstgenoemde functie.

### **Leren is meer dan oefenen alleen**

In deze serie artikelen over motorisch leren is diverse malen benadrukt dat er een verschil is tussen oefenen en leren en dat een prestatieverbetering tijdens het oefenen niet hetzelfde is als een prestatieverbetering op de langere termijn, zoals gemeten met een retentietest. Prestatieveranderingen tijdens het oefenen kunnen namelijk sterk verschillen van het door de oefeningen bewerkstelligde leerresultaat. Dit verschil kan twee kanten opgaan: enerzijds kan tijdens het oefenen veel vooruitgang worden geboekt zonder dat er bij een retentietest iets geleerd blijkt te zijn, anderzijds is het mogelijk dat een retentietest een sterke verbetering van de prestatie laat zien terwijl tijdens het oefenen nauwelijks verbeteringen zichtbaar waren. Uit deze laatste mogelijkheid blijkt duidelijk dat het leerproces zich niet beperkt tot de oefenperiode als zodanig, maar zich daarna kan voortzetten. Anders

slaapfase	% slaapcyclus	kenmerken	spieractiviteit
1	4-5	lichte slaap	neemt af
2	45-55	ademhaling en hartslag dalen	neemt verder af
3	4-6	diepe slaap; deltagolven	beperkt
4	12-15	zeer diepe slaap; grote deltagolven	zeer beperkt
5: rapid eye movements	20-25	hersengolven versnellen; dromen	ademhaling snel en oppervlakkig

Tabel 1. De diverse fasen van het slapen.

gezegd, het leren speelt zich op een andere tijdschaal af dan het oefenen. Dat motorisch leren de nodige tijd vergt, volgt uit het gegeven dat het voor langere tijd verankeren van een motorische vaardigheid in het geheugen een proces is dat een viertal fasen kent<sup>1</sup>:

- De eerste fase is de *encoderings- of acquisitiefase*; tijdens deze fase wordt er in het brein een eerste geheugenrepresentatie van de taak gevormd. Deze representatie is echter vluchtig en labiel.
- Tijdens de tweede fase, die wordt aangeduid met de term *consolidatie*, wordt de nog vluchtige en labiele representatie meer permanent gemaakt (geconsolideerd). Volgens sommige auteurs<sup>2</sup> bestaat dit proces uit twee deelprocessen, *stabilisatie* en *verrijking* genoemd, waarbij *stabilisatie* betrekking heeft op 'off-line' behoud en onderhoud van de verworven vaardigheid en *verrijking* op de verdere 'off-line' verbetering van de verworven vaardigheid.
- De derde fase in de opbouw van het motorische geheugen wordt eenvoudigweg aangeduid met de term *opslag*; tijdens deze fase wordt de gestabiliseerde en bewerkte representatie in het lange-termijn-geheugen opgeslagen.
- In de vierde en laatste fase, de *op-roepfase*, kan de opgeslagen representatie naar believen uit het lange-termijn-geheugen worden opgehaald voor nader gebruik.

Uit wetenschappelijk onderzoek is de

laatste decennia gebleken dat slapen 'off-line' motorisch leerprocessen kan bevorderen, of anders gezegd, dat slapen kan leiden tot verbeteringen in een motorische vaardigheid zonder dat daartoe extra oefening vereist was. Alvorens de belangrijkste resultaten en inzichten in dit boeiende veld van onderzoek aan een nadere bespreking te onderwerpen is het zinvol om de belangrijkste kenmerken van slaap kort samen te vatten.

### Kenmerken van slaap

Gedragmatig wordt slaap gekenmerkt door een verminderde motorische activiteit, een afgenomen ontvankelijkheid voor prikkeling, stereotiepe houdingen en – in tegenstelling tot bijvoorbeeld coma – relatief eenvoudige omkeerbaarheid.<sup>3</sup> Tijdens de slaap worden verschillende fasen onderscheiden. De indeling is gebaseerd op metingen van hersengolven (elektro-encefalogram; EEG), spieractiviteit (elektromyogram; EMG) en oogspieractiviteit (elektro-oculogram; EOG). Grote, langzame uitslagen in het EEG treden op als grote groepen hersencellen tegelijkertijd vuren en duiden op rust en ontspanning; niet-synchrone activiteit treedt op wanneer men zich inspant of concentreert. Kleine uitslagen in EMG en OCG duiden op ontspannen spieren, grote op actieve spieren en bewegingen. Het meest algemene onderscheid is dat tussen de zogenoemde 'rapid eye movement'-slaap of REM-slaap en de niet-REM-slaap. Tijdens de REM-slaap bewegen de ogen snel heen en

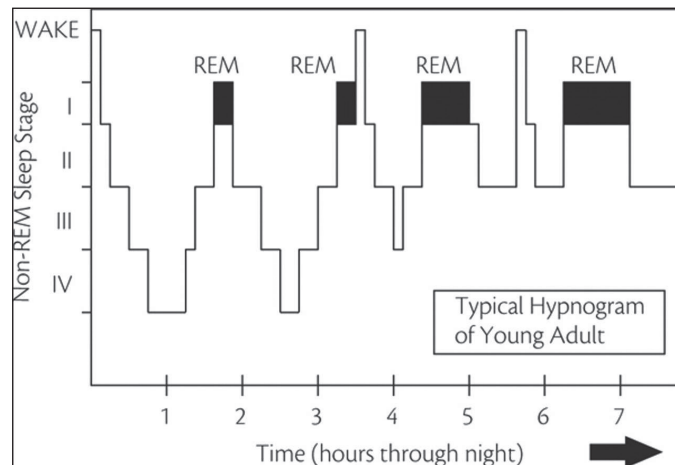
weer, waardoor het EOG veel activiteit vertoont. Het EEG laat tijdens deze fase veel niet-synchrone hersenactiviteit zien, vergelijkbaar met het EEG van een wakker en alert individu (REM-slaap wordt daarom ook wel 'paradoxe slaap' genoemd). Tijdens de niet-REM-slaap maken de ogen langzaam rollende bewegingen, met hier en daar een uitschieter en vertoont het EEG grote, langzame golven met frequenties van 3 tot 14 Hz. De spieren zijn tijdens de niet-REM-slaap ontspannen en vertonen weinig activiteit. Binnen de niet-REM-slaap worden op basis van het EEG vervolgens weer vier verschillende fasen onderscheiden, waarbij fase 1 gepaard gaat met de hoogste frequenties en fase 4 met de laagste frequenties. Tijdens fasen 1 en 2 valt men langzaam in slaap en wordt de slaap geleidelijk dieper; geluiden in de omgeving kunnen de slaap echter nog verstoren. Tijdens fasen 3 en 4 is de slaap het diepst; deze fasen worden aangeduid met de term 'slow wave sleep'. Tijdens alle fasen is er sprake van dromen, maar tijdens de REM-slaap zijn de dromen het levendigst; dit zijn de dromen die mensen zich herinneren als ze gewekt worden. De belangrijkste kenmerken van de vijf slaapfasen zijn samengevat in tabel 1, waarin ook het percentage van de slaapcyclus dat in de betreffende fase wordt doorgebracht is aangegeven. Tijdens de nachtrust wordt de slaapcyclus meerdere keren doorlopen. Dit blijkt uit het hypnogram, een grafiek waarin wordt weergegeven wanneer

men in welke fase van de slaap verkeert. Figuur 1 toont het hypnogram van een gezonde, jonge volwassene. Zoals uit de grafiek valt af te lezen wordt de slaapcyclus in dit geval vier keer doorlopen en telkens afgesloten met een periode van REM-slaap. Aan het begin van de nacht, tijdens de eerste slaapcyclus, is de slaap het diepst en houdt de diepe slaap ook het langst aan, terwijl later in de nacht de slaap oppervlakkiger is met relatief veel REM-slaap. Verder blijkt dat een gehele slaapcyclus bij de betreffende persoon circa anderhalf uur beslaat. Deze kenmerken zijn typerend voor het hypnogram van gezonde personen.

### Beknopt overzicht van het initiële onderzoek

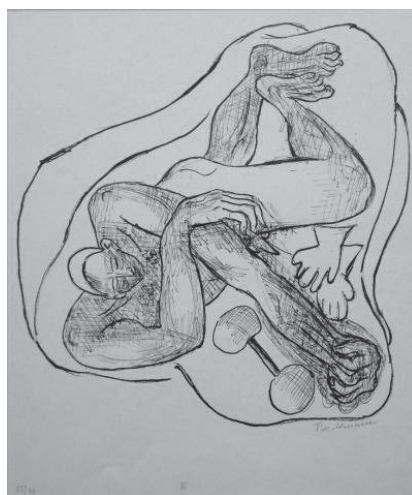
Uit diverse studies is gebleken dat jonge, gezonde proefpersonen beter scoren op een (retentie)test wanneer zij tussen het oefenen en de test een tijd hebben geslapen dan wanneer zij voor eenzelfde tijd wakker zijn gebleven. De studies in kwestie hebben betrekking op het leren van uiteenlopende perceptuele en motorische taken, waarbij het onderzoek zich in eerste instantie vooral richtte op de perceptuele taken.

Zo vonden Stickgold en collega's<sup>4</sup> dat een visuele discriminatietask beter werd geleerd als de proefpersonen na het oefenen minstens 6 uur slapen alvorens getest te worden, waarbij de mate van verbetering groter was naarmate langer dan 6 uur werd geslapen. Voor proefpersonen die gemiddeld 8 uur slapen bleek de mate van prestatieverbetering afhankelijk te zijn van de mate van 'slow wave sleep' tijdens het eerste kwart van de nacht en de mate van REM-slaap tijdens het laatste kwart van de nacht.



Figuur 1. Typisch hypnogram van een gezonde jonge volwassene.

Met betrekking tot motorisch leren hadden Smith en MacNeill al in 1994<sup>5</sup> aangetoond dat slaapdeprivatie de retentie van een motorische taak nadelig kan beïnvloeden, een effect dat zij specifiek toeschreven aan het gebrek aan niet-REM-slaap in fase 2 van de slaapcyclus. Pas in deze eeuw echter werd het effect van slaap op het leren van motorische taken voor het eerst systematisch onderzocht. In een baanbrekende studie toonden Walker en collega's<sup>7</sup> aan dat een nacht slapen na het oefenen van een sequentiële motorische taak (het intikken van de cijfercombinatie 4-1-3-2-4 op een toetsenbord) leidde tot een 20% snellere uitvoering van de taak zonder verlies van nauwkeurigheid, terwijl proefper-



'Slapende atleet' door Max Beckmann (1946).

sonen die voor dezelfde tijdsduur wakker waren gebleven geen significante verbetering in de taakuitvoering lieten zien. In deze studie bleek de mate van verbetering samen te hangen met de mate van niet-REM-slaap tijdens fase 2, vooral later in de nacht. In een vervolgstudie onderzochten Walker en collega's<sup>6</sup> het leren van een sequentiële tiktaak

over meerdere dagen. Uit deze studie bleek dat onmiddellijk na de eerste training kleine verbeteringen in de prestatie gerealiseerd konden worden door extra te oefenen, maar dit bleek niet langer het geval te zijn na de grote oefeningsonafhankelijke verbeteringen die optraden na een nacht slapen. Tevens bleek dat een twee keer zo lange eerste training geen beter leerresultaat opleverde dan een nacht slapen. De mate van slaapafhankelijk leren bleek onafhankelijk te zijn van de mate van trainingsafhankelijk leren. Op basis hiervan meenden de auteurs dat er twee leerprocessen naast elkaar bestaan: één afhankelijk van slaap en de andere van oefenen. Ten slotte werd in deze studie gevonden dat, hoewel het grootste effect bleek op te treden tijdens de eerste nacht slaap na de training, extra nachten slaap tot verdere verbetering van de prestatie leidden. Een interessante en bemoedigende bevinding in dit verband is dat men niet eens een hele nacht hoeft te slapen om profijt te hebben van de heilzame werking van slaap op motorisch leren. Een dutje van 60 tot 90 minuten blijkt al voldoende om de 'off-line' verbeteringen in de uitvoering van motorische taken te bewerkstelligen.<sup>8,9</sup> Tijdens welke fase van de slaap het grootste positieve effect op het leerproces wordt gesorteerd, is nog niet geheel duidelijk. Vermoedelijk is het effect echter het grootst tijdens de con-

solidatiefase, meer in het bijzonder de verrijksingsfase.<sup>2</sup> In het algemeen kan gesteld worden dat zowel REM-slaap als 'slow wave sleep' van belang lijken te zijn voor de consolidatie van geheugenrepresentaties, waarbij sommige geheugensporen meer 'slow wave sleep' lijken te vergen (declaratief geheugen) en andere meer REM-slaap (procedureel geheugen).<sup>10</sup>

### Effect van leeftijd

Een andere relevante vraag is in hoeverre het effect van slaap op motorisch leren afhankelijk is van de leeftijd. De tot dusver geciteerde studies hadden alle betrekking op jonge, gezonde volwassenen. In recent onderzoek kon, opmerkelijk genoeg, het positieve effect van slaap op motorisch leren bij gezonde ouderen niet worden vastgesteld.<sup>11</sup> Een mogelijke verklaring hiervoor is dat ouderen minder lang slapen dan jongeren en zowel REM-slaap als 'slow wave sleep' verhoudingsgewijs minder lang duren. Interessant in dit verband is dat slaap wel het leren van een continue sequentietaak bleek te bevorderen bij ouderen die een beroerte hadden gehad (CVA) en daar chronisch hinder van ondervonden.<sup>11</sup> Deze groep brengt meer tijd door in 'slow wave sleep' dan gezonde ouderen, wat tot voordeel zou kunnen strekken.

### Observeren in plaats van fysiek oefenen

Aanvullend bewijs voor de heilzame werking van slaap op motorische leerprocessen werd geleverd in onderzoek naar leren door middel van observatie. Van der Werf en collega's<sup>12</sup> lieten studenten naar een filmpje kijken waarin een hand werd getoond, waarvan de vingers enkele minuten lang een cijferpatroontje op het toetsenbord intikten, bijvoorbeeld 3-2-1-3. De helft van de studenten kreeg het filmpje om elf uur 's ochtends te zien en de andere helft om 11 uur 's avonds, direct voor het

slapen gaan. Om te voorkomen dat de studenten het patroontje tijdens het kijken actief gingen meetikken, moesten zij continu met één hand alternerend op de 'a'- en de 'alt'-toets drukken. Aan de hand van een retentietest, die ofwel 12 uur later ofwel 24 uur later plaatsvond, werd vervolgens bepaald hoe goed



*Voetballer consolideert zijn techniektraining.*

beide groepen de taak hadden geleerd (de groepen werden hiertoe opgedeeld in subgroepen). Uit de resultaten bleek dat de groep die het filmpje 's avonds voor het slapen had bekeken de taak gemiddeld beter uitvoerde dan de groep die het filmpje de vorige ochtend had gezien. Bij het leren door observatie loont het dus om vlak voor het slapen te gaan oefenen. Van der Werf en collega's hadden dit niet verwacht omdat eerder onderzoek bij het daadwerkelijk, fysiek oefenen van een motorisch taak had aangetoond dat het gunstige effect van slaap onafhankelijk was van de tijd die verlopen was na de oefenperiode: of men nu direct na het oefenen ging slapen of pas 10 uur later, het effect van slaap was hetzelfde. Volgens de auteurs spelen bij het leren door observatie de zogenoemde spiegelneuronen, die deel uitmaken van het neurale imitatie-systeem, een belangrijke rol. Door het actief zijn van dit systeem, zo opperden zij, wordt informatie waarschijnlijk op een andere manier in het geheugen

geconsolideerd dan bij fysieke oefening, waarbij het kennelijk loont om direct na het oefenen te gaan slapen. Dat komt dubbel goed uit: we hoeven ons niet in het zweet te werken en we hebben eindelijk een argument om 's avonds laat nog op de TV naar de backhand van Federer of de dribbelacties van Messi te kijken!

### Afsluitende overwegingen

De literatuur overziend is er al heel wat onderzoek gedaan waarvan de resultaten uitwijzen dat slaap een positief effect heeft op motorisch leren. Hierbij moet wel de kanttekening worden geplaatst dat de gevonden verschillen in leerresultaat mogelijk deels toegeschreven kunnen worden aan niet-specifieke, voor de prestatie op de retentietest nadelige effecten van slaapdeprivatie als zodanig, zoals concentratieverlies. Een robuust effect van slaap op leren is pas aangetoond als er door (meer of beter) slapen beter wordt gescoord op een retentietest op een moment dat de directe effecten op het prestatievermogen zijn verdwenen. Hiervan is in de meeste van de beschreven studies geen sprake. Daarmee blijft er behoefte aan studies met meerdere retentietests, die voldoende lang na het oefenen worden afgenomen.

Ondanks de vele interessante resultaten die met name het laatste decennium zijn verschenen, staat het onderzoek naar de relatie tussen slaap en motorisch leren nog in de kinderschoenen. Er zijn nog heel wat vragen onbeantwoord. Bijvoorbeeld over de aard van de geheugenrepresentaties die door de slaap worden geconsolideerd, over het effect van slaap op de overige fasen van geheugenformatie, over de slaapfasen die vooral van invloed zijn op het leerproces en over de biologische mechanismen die aan deze vorm van beïnvloeding ten grondslag liggen. Daar komt bij dat het meeste onderzoek betrekking heeft op relatief eenvoudige motorische taken. Het zou interessant



zijn om de invloed van slaap te bestuderen bij het leren van complexe bewegingen, bij voorkeur in wisselwerking met de gehanteerde leer methode (leren met een interne versus een externe focus van aandacht, impliciet versus expliciet leren, drillen versus differentieel leren). Het is al met al nog te vroeg om al te stellige uitspraken te doen over de relatie tussen slaap en motorisch leren en over de praktisch relevante vraag hoe oefenen en slapen het beste ten opzichte van elkaar geordend kunnen worden. Het lijkt in ieder geval zaak regelmatig en voldoende lang te slapen, waarbij een 'power nap' tussen de trainingen door zeker geen kwaad kan.

### Referenties

1. Kandel ER, Kupfermann I & Iversen S (2000). In ER Kandel, JH Schwartz & TM Jessell (eds.), Principles of neural science, 4<sup>th</sup> Ed., 1227-1246. New York, NY: McGraw-Hill.
2. Walker MP, Brakefield T, Hobson JA & Stickgold R (2003). Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. *Nature*, 425 (6958), 616-620.
3. Rechtschaffen A & Siegel J. (2000). Sleep and dreaming. In ER Kandel, JH Schwartz & TM Jessell (eds.), Principles of neural science, 4<sup>th</sup> Ed., 936-947. New York, NY: McGraw-Hill.
4. Stickgold R, Whidbee D, Schirmer B, Patel V & Hobson JA (2000). Visual discrimination task improvement: A multi-step process occurring during sleep. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 246-254.
5. Smith C & MacNeill C (1994). Impaired motor memory for a pursuit rotor task following Stage 2 sleep loss in college students. *Journal of Sleep Research*, 3 (4), 206-213.
6. Walker MP, Brakefield T, Morgan A, Hobson JA & Stickgold R (2002). Practice with sleep makes perfect: Sleep-dependent motor skill learning. *Neuron*, 35, 205-211.
7. Walker MP, Brakefield T & Seidman J (2003). Sleep and the time course of motor skill learning. *Learning and Memory*, 10, 275-284.

8. Nishida M & Walker MP (2007). Daytime naps, motor memory consolidation and regionally specific sleep spindles. *PLoS One*, 2, e-341.
9. Backhaus J & Junghanns K (2006). Daytime naps improve procedural motor memory. *Sleep Medicine*, 7, 508-512.
10. Rauch R, Desgranges B & Foret J (2005). The relationships between memory systems and sleep stages. *Journal of Sleep Research*, 14, 123-140.
11. Siengsukon CF & Boyd LA (2009). Does sleep promote motor learning? Implications for physical rehabilitation. *Physical Therapy*, 89, 370-383.
12. van der Werf YD, van der Helm MM, Schoonheim MM, Ridderikhoff A & van Someren EJW (2009). Learning by observation requires an early sleep window. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 18926-18930.

### Over de auteur

Prof. dr. Peter J. Beek is hoogleraar Coördinatie dynamica aan de Faculteit Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit in Amsterdam. Hij is tevens decaan van deze Faculteit.

(Advertentie)



## INTERNATIONAL INSTITUTE FOR TRAINING

I.I.T.V.OF OUDE BAAN 19 5854 PJ NIEUW BERGEN (L) NEDERLAND TEL 0031-(0)485 34 34 26  
E-MAIL [info@toinevandegoolberg.nl](mailto:info@toinevandegoolberg.nl) HOMEPAGE [www.toinevandegoolberg.nl](http://www.toinevandegoolberg.nl)

### ALLROUND CONDITIE / HERSTELTRAINER

- Erkend door het NGS (35 studiepunten) en Korps Mariniers, Atletiekunie (8 studiepunten)
- 12 avonden van 19.30 – 22.30 uur, ca. 50% praktijk
- Hoofdthema's zowel voor individuele sport als teamsport:
  - Revalidatie, conditieopbouw, kracht-, snelheid- en uithoudingsvermogen volgens De Rehaboom® en trainingsprogramma's schrijven
- Cursus start maandag 17 september 2012
- Cursus start woensdag 14 november 2012
- Cursus start maandag 28 januari 2013
- Locatie NSC Papendal te Arnhem
- Cursusprijs € 875,00



Alle genoemde activiteiten kunnen, bij voldoende deelname, in overleg ook op locatie worden aangeboden

### CURSUS FYSIEKE TRAINER VOETBAL

- Erkende methode Betaald Voetbal - NEC-Nijmegen 1ste team
- Feyenoord-Rotterdam 1ste team
- Erkend door Atletiekunie (2 studiepunten)
- 4 dagdelen:
  - Dag 1 14.00 – 21.00 uur
  - Dag 2 09.00 – 16.00 uur
- Hoofdthema's:
  - Opbouw loopvermogen
  - Opbouw kracht
  - Transfer naar voetbal
- Cursusdata:
  - 10 + 11 augustus 2012
- Locatie NSC Papendal Arnhem
- Cursusprijs € 375,00



### WORKSHOPS



- Duur: 3 uur op locatie
- Datum, tijdstip en groepsgrootte in overleg
- Accreditatie KNGF voor RRS/KRS/ARS/HRS/FWS/RB\*

Keuze uit de thema's:

- Rug Revalidatie Systeem (RRS)
- Kracht Revalidatie Systeem (KRS)
- Aeroob Revalidatie Systeem (ARS)
- Heart Rate System (HRS) / Polar Team2 System
- Free-Weight System (FWS) / FitroDyne
- De Rehaboom®
- Onderwerp naar keuze

Groeps prijs per workshop op aanvraag

### DOCENT

#### TOINE VAN DE GOOLBERG, IIT

- Fysieke trainer 1ste team Feyenoord Rotterdam seizoen 2009-2012
- Kerndocent Masteropleiding Sportfysiotherapie Avans+ te Breda / NPI

U kunt voor aanvullende informatie ook contact opnemen:

Telefoon 0485-34 34 26 [www.toinevandegoolberg.nl](http://www.toinevandegoolberg.nl)  
Fax 0485-53 09 54 E-mail  
Mobiel 06-53 33 2678 [info@toinevandegoolberg.nl](mailto:info@toinevandegoolberg.nl)