



Faculteit Geneeskunde en Gezondheidswetenschappen
Opleiding Lichamelijke Opvoeding en Bewegingswetenschappen
Voorzitter: Prof. Dr. M. Lenoir

Academiejaar 2014–2015

Opvolging en analyse van de trainingsbelasting en fysieke prestatieparameters bij elite teamsporters

door

Pieter VAN DEN BERGHE

Rud DERIE

Promotor: Prof. Dr. J. BOONE

Co-promotor: Prof. Dr. J. BOURGOIS

Masterproef voorgelegd tot het behalen van de graad van
**MASTER IN DE LICHAMELIJKE OPVOEDING EN
DE BEWEGINGSWETENSCHAPPEN**

” As sport and exercise grow in popularity and commercial impact, they are increasingly influenced by modern technology, novel applications of science being promoted to help solve some of the questions presented by intense activity, and to enhance performance.- Reilly (1983)

Opvolging en analyse van de trainingsbelasting en fysieke prestatieparameters bij elite teamsporters

door

Pieter VAN DEN BERGHE en Rud DERIE

Academiejaar 2014–2015

Samenvatting

Deze scriptie beschrijft de trainingsbelasting en de evolutie in potentiële prestatie-parameters van elite voetbalspelers in een seizoen. Een mobiele applicatie werd ontwikkeld om door middel van session Rating of Perceived Exertion de trainingsbelasting op te volgen. De fysieke evolutie kon geëvalueerd worden via een sportspecifieke testbatterij. Een verbeterde kennis inzake trainingsbelasting, al dan niet in relatie tot de conditionele evolutie, draagt hopelijk bij tot het opstellen en aanpassen van trainingsschema's voor elite voetballers, finaal leidend tot een prestatieverbetering van de atleet of het team.

Wat was er al bekend?

- Het opvolgen van de trainingsbelasting is een belangrijke stap in het plannen van trainingen.
- De trainingsbelasting en de conditionele evolutie werden al apart bestudeerd in verschillende sporten, voornamelijk bij niet-elit atleten.

Wat is er nieuw aan deze studie?

- Opvolging van de trainingsbelasting door middel van van session Rating of Perceived Exertion en via een mobiele applicatie met semi-geautomatiseerde dataverwerking.
- De trainingsbelasting in relatie tot de conditionele evolutie bij een elite voetbalploeg.

Toelating tot bruikleen

“De auteurs geven de toelating deze scriptie voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de scriptie te kopiëren voor persoonlijk gebruik.

Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze scriptie.”

Voorwoord

Bedankt Jan & Jan,

bedankt moeder,

bedankt vader,

bedankt zuster,

bedankt grootouders,

bedankt vriendin,

en bedankt vrienden.

Rud, ook jij bedankt voor de steun!

Een terugblik:

De voorbije jaren wogen zwaar,

doorzettingsvermogen was cruciaal.

Als laatste test

dit belastend onderwerp.

Een volgende levensfase vangt aan,

gepakt met een zak vol herinneringen

en waar voorspoed zal ontspringen.

Alles komt goed...

“Mentors have a way of seeing more of our faults than we would like. It’s the only way we grow.” – Padme

“A boy’s best friend is his mother.” - Hitchcock

“Papa, ik lijk steeds meer op jou.” – Stef Bos

“My sister is a forever friend.” – QOTSA

“Try not to become a man of success.

Rather become a man of value.” Einstein

“Want zij gelooft in mij.” – André Hazes

“I’m glad to be with you,

here at the end of all things.” – Frodo

“So long... partner.” – Toy Story

“Now, where was I?” – Memento

“Success is not final, failure is not fatal: it is the courage to continue that counts.” - Churchill

“Say ‘hello’ to my little friend!” – Al Pacino

“All those moments will be lost in time.- Blade Runner

“Every man’s memory is his private literature.- Huxley

“The scar hat not pained Harry for nineteen years.

All was well ” - Harry Potter

”I think this just might be my masterpiece.” – Inglorious Bastards

Pieter Van den Berghe

Na 2 jaar werken aan deze masterproef ben ik tot de conclusie gekomen dat het schrijven van een dergelijk werk erg lijkt op het opgroeien en opvoeden van een baby tot volwassene (denk ik):

1. In het begin klein en schattig maar het groeit en wordt lastiger naarmate de tijd verstrijkt.
2. Er kruipet zeer veel tijd en energie in, dit soms op de meest bizarre momenten.
3. Net als leren wandelen, is het met vallen en opstaan om vervolgens weer door te gaan.
4. Eens volwassen, is het iets om trots op te zijn. klaar om zijn eigen leven te gaan leiden.

Het opvoeden van deze thesis is iets die natuurlijk niet alleen werd gedaan. Dit werk is met zeer veel mensen in contact gekomen. Deze personen droegen op hun beurt bij tot de vorming van dit werk tot wat het nu uiteindelijk is geworden. Waarvoor dit de gepaste plaats is om deze personen te bedanken.

In de eerste plaats had ik graag prof. dr. Boone en prof. dr. Bourgois willen bedanken voor het opnemen van de rol als wijze grootvaders, die met hun kennis en expertise dit werk met de nodige duwtjes de juiste richting wisten in te duwen.

Daarnaast hebben ook mijn ouders hun rol vervuld door mij te steunen de afgelopen 2 jaar en deze thesis (waarschijnlijk tot vervelens toe) na te lezen.

Voorts nog een bedankting richting de vrienden vriendinnen en ook dé vriendin, zij namen de rol van (al dan niet zatte) nonkel of tante op hen. Dankzij hen was er telkenmale na een zware periode van opvoeding tijd voor een periode van ontspanning.

Uiteindelijk nog een welgemeende dankjewel aan Pieter, die uitstekend de rol als partner op zich nam, dit in goede en kwade dagen.

Rud Derie

Opvolging en analyse van de trainingsbelasting en fysieke prestatieparameters bij elite teamsporters

Derie Rud, Van den Berghe Pieter

(Co-)promotor: Jan Boone, Jan Bourgois

Keywords—Trainingsbelasting, session Rating of Perceived Exertion, periodiseren, fitheidsevaluatie, voetbal

I. ACHTERGROND

Teamsporten beoefend op hoog niveau induceren een fysiologische en psychologische belasting op de spelers. Een bepaald fitheidsniveau is vereist om te copen met de opgelegde belastingen. In functie van prestatie is het bovendien wenselijk de fysieke fitheid optimaal te ontwikkelen. Zo vertoonden elite voetballers een toename in maximale zuurstofopname per tijds-eenheid ($VO_2 \text{ max}$), loopsnelheid op het niveau van de anaerobe drempel en aan $VO_2 \text{ max}$ tijdens de voorbereidingsperiode [1].

Om te presteren op een wedstrijd trainen elite voetballers meermaals per week. Daarbij kan variatie in trainingsbelasting (TL) de prestatie beïnvloeden. Om de wekelijkse TL (TL_{week}) te kwantificeren werd session Rating of Perceived Exertion (sRPE) al gebruikt in elite basketbal [2].

Het doel van deze studie was enerzijds TL kwantificatie tijdens een seizoen en anderzijds nagaan of fysieke prestatie toeneemt bij elite voetbalspelers tussen de voorbereiding en het einde van de reguliere competitie.

II. METHODE

sRPE werd via een zelfontwikkelde applicatie opgevolgd bij een Belgische eersteklasvoetbalteam en trainersstaf gedurende 47 opeenvolgende dagen. De interne TL werd bekomen door de sRPE-score te vermenigvuldigen met de sessieduur.

Bij aanvang van de voorbereidingsperiode en aan het einde van de reguliere competitieperiode werden 16 elite voetbalspelers aan een sportspecifieke testbatterij onderworpen. Deze bestond uit een antropometrische evaluatie, een maximaal progressieve inspanningstest, sprint- en sprongtests.

III. RESULTATEN

Bij geen, 1 en 2 wedstrijden per week bedroeg TL_{week} respectievelijk 777 ± 186 AU, 1270 ± 295 AU en 562 ± 128 AU en verschildde van elkaar (Fig. 1). De gemiddelde TL was 223 ± 51 AU en 80% van de trainingen gebeurde aan lage intensiteit. De wedstrijdbelasting (752 AU) werd als zwaarder ervaren dan de uitgevoerde trainingsvormen (160 - 621 AU). sRPE tussen trainersstaf en spelers bleek overeenkomstig bij lichte, matige en zware trainingsintensiteiten.

De spelers liepen 0.31 ± 0.13 en $0.32 \pm 0.12 \text{ km} \cdot \text{u}^{-1}$ sneller op respectievelijk het niveau van de aerobe en anaerobe drempel. Snelheid bij $VO_{2\text{max}}$ lag $0.37 \pm 0.20 \text{ km} \cdot \text{u}^{-1}$ hoger terwijl $VO_{2\text{max}}$ daalde met $0.76 \pm 0.34 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Squat jump steeg met $1.68 \pm 0.63 \text{ cm}$.

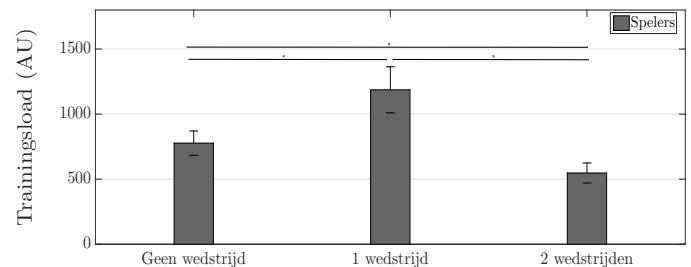


Fig. 1. Wekelijkse trainingsbelasting volgens het aantal wedstrijden.

BMI, $VO_2 \text{ aeroob}$, $VO_2 \text{ anaeroob}$, 5 en 10 m sprint, 5*10 m shuttle run, Counter Movement Jump met en zonder armzwai evolueerden niet ($p > 0.05$). Vetpercentage vertoonde een trend tot significantie (-1.11 ± 0.36 ; $p = 0.09$).

IV. DISCUSSIE

Bij 1 en 2 wekelijkse voetbalwedstrijden lag TL_{week} respectievelijk 1166 AU en 1160 AU lager tegenover elite basket [2]. TL_{week} lag onder de bovenlimiet van 3725 AU voor elite duursporters [3]. De gemiddelde TL-waarde van 223 AU is gelijkwaardig aan die van een Engelse elite voetbalclub met 218 AU [4]. Hoewel ingeplande intensiteit (trainer) en ervaren intensiteit (spelers) kunnen verschillen [5], bleken nadien ingeschatte en ervaren intensiteit door trainer en spelers gelijk te zijn. Aerobe prestatieparameters evolueerden zoals een Grieks elite voetbalteam [1], uitgezonderd $VO_2 \text{ max}$.

V. CONCLUSIE

- sRPE opvolging is in staat om TL bij Belgische elite voetbalspelers te kwantificeren.
- sRPE bezit een onderscheidend vermogen in het aantal wekelijkse wedstrijden, inspanningsvormen en intensiteiten.
- Trainers kunnen de spelers' trainingsintensiteit inschatten.
- De meeste potentiële prestatieparameters vertoonden geen verbetering.

REFERENTIES

- [1] V. Kalaphorakos, G. Ziogas, en S. Tokmakidis, Seasonal aerobic performance variations in elite soccer players, *J Strength Cond Res*, 2011.
- [2] V. Manzi, S. D'Ottavio, F. Impellizzeri, A. Chaouachi, K. Chamari, en C. Castagna, Profile of weekly training load in elite male professional basketball players, *J Strength Cond Res*, 2010.
- [3] C. Foster, Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome, *Med Sci Sports Exerc*, 1998.
- [4] P. Gaudino, F. Iaia, A. Strudwick, R. Hawkins, G. Alberti, G. Atkinson, en W. Gregson, Factors Influencing Perception of Effort (Session-RPE) During Elite Soccer Training, *Int J Sports Physiol Perform*, 2015.
- [5] M. Brink, W. Frencken, en G. Jordet, Coaches and Players Perceptions of Training Dose: Not a Perfect Match, *Int J Sports Physiol Perform*, 2013.

Monitoring and analysis of training load and physical performance in elite team sport athletes

Van den Berghe Pieter, Rud Derie

Supervisors: Jan Boone, Jan Bourgois

Keywords— Training load, session Rating of Perceived Exertion, sports periodisation, performance evaluation, soccer

I. BACKGROUND

High-level team sport athletes are subject to repeated physiological and psychological demands. A certain level of fitness is needed to cope with these demands. In order to maximize performance it is desirable to optimally develop physical fitness. For example, by increasing maximal oxygen uptake (VO_{2max}) and running speed at the level of the anaerobic threshold and VO_{2max} in elite soccer players during preseason [1].

Elite soccer players train several times a week to perform at their best during match play. Furthermore, variation in training load (TL) could influence performance. A possibility to quantify TL is session Rating of Perceived Exertion (sRPE). This method has already been applied in elite basketball [2].

The goal of this study was to quantify TL and to evaluate progression in physical performance parameters in elite soccer players during a season.

II. METHODS

sRPE was monitored per self-made digital application during 47 consecutive days in an elite Belgian soccer team plus coaching staff. Internal TL was calculated by multiplying sRPE by the session duration.

When preseason started and regular competition ended, 16 of these soccer players executed a sport-specific test battery. This involved an anthropometric evaluation, a maximal progressive exercise test, jump and sprint tests.

III. RESULTS

There was a difference in TL_{weekly} between no match (777 ± 186 AU), 1 match (1270 ± 295 AU) and 2 matches (562 ± 128 AU) a week (Fig. 1). Mean TL was 223 ± 51 AU and 80% of all training sessions happened at low intensity. Match load (752 AU) was higher than the training modalities (range, 160 - 621 AU). There were similar sRPE scores between coaching staff and players at low, moderate or high training intensity.

Players ran respectively 0.31 ± 0.13 km·h⁻¹ and 0.32 ± 0.12 km·h⁻¹ faster at the aerobic and anaerobic threshold. The velocity at VO_{2max} was 0.37 ± 0.20 km·h⁻¹ higher while VO_{2max} had a reduction of 0.76 ± 0.34 ml·min⁻¹·kg⁻¹. Squat jump was 1.68 ± 0.63 cm higher. BMI, V_{02 aerobic}, V_{02 anaerobic}, 5 and 10 m sprint, 5*10 m shuttle run, Counter Movement Jump with and without arm-swing did not change ($p > 0.05$). Body fat percentage displayed a trend towards significance ($-1.11 \pm 0.36\%$; $p = 0.09$).

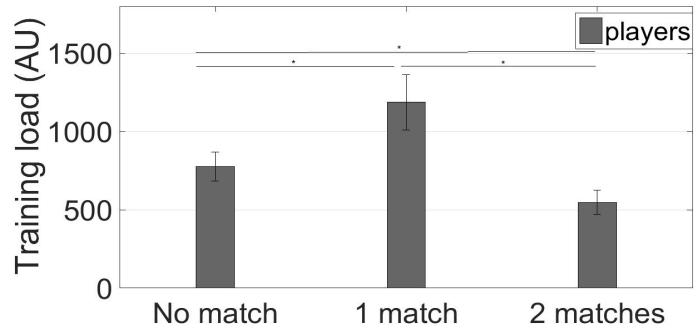


Fig. 1. Comparison among weakly training loads during the no match ($n = 1$), 1 match ($n = 4$) and 2 matches ($n = 2$) a week training microcycles.

IV. DISCUSSION

Compared to elite basketball, TL_{weekly} was 1166 AU and 1160 AU lower for respectively 1 and 2 weekly matches [2]. TL_{weekly} was way below the upper limit of 3725 AU for elite endurance athletes [3]. Mean TL of 223 AU was similar to that of an elite English soccer team with a value of 218 AU [4]. Although coaches' intended sRPE and players' experienced sRPE can differ in soccer [5], estimated and experienced sRPE were not different between coaching staff and players. Aerobic performance parameters did evolve accordingly to a Greek elite soccer team [1], except for VO_{2max} .

V. CONCLUSION

- sRPE monitoring is able to quantify TL in elite Belgian soccer players.
- sRPE has the power to discriminate among the amount of weekly matches, exercise modalities and intensities.
- An expert coaching staff can correctly evaluate the exercise intensity perceived by their team.
- Most latent performance parameters did not show a performance improvement after preseason and regular competition.

REFERENCES

- [1] V. Kalapotharakos, G. Ziogas, and S. Tokmakidis, Seasonal aerobic performance variations in elite soccer players, *J Strength Cond Res*, 2011.
- [2] V. Manzi, S. D'Ottavio, F. Impellizzeri, A. Chaouachi, K. Chamari, and C. Castagna, Profile of weekly training load in elite male professional basketball players, *J Strength Cond Res*, 2010.
- [3] C. Foster, Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome, *Med Sci Sports Exerc*, 1998.
- [4] P. Gaudino, F. Iaia, A. Strudwick, R. Hawkins, G. Alberti, G. Atkinson, and W. Gregson, Factors Influencing Perception of Effort (Session-RPE) During Elite Soccer Training, *Int J Sports Physiol Perform*, 2015.
- [5] M. Brink, W. Frencken, and G. Jordet, Coaches and Players Perceptions of Training Dose: Not a Perfect Match, *Int J Sports Physiol Perform*, 2013.

Inhoudsopgave

Overzicht	iii
Nederlandstalig abstract	v
Engelstalig abstract	vii
Inhoudsopgave	viii
Gebruikte afkortingen	ix
Lijst van figuren	x
Lijst van tabellen	xii
1 Literatuurstudie	1
1.1 Situering	1
1.2 Training wetenschappelijk benaderd	2
1.3 Trainingsbelasting kwantificeren	7
1.4 Plannen en periodiseren van balsporten in teamverband	18
1.5 Fysieke fitheid in het voetbal	24
1.6 Onderzoeksvragen	28
2 Methode	29
2.1 Ethische goedkeuring	29
2.2 Subjecten	29
2.3 Experimentele procedure	30
3 Resultaten	36
3.1 Trainingsbelasting	36
3.2 Antropometrie en fysieke parameters	38
3.3 Relatie TL - prestatieparameter	43
4 Discussie	44
4.1 Trainingsbelasting	44
4.2 De evolutie van potentiële prestatieparameters	48
4.3 Limitaties	52
4.4 Aanbevelingen voor verder onderzoek	54
5 Conclusie	56
A Bijlagen	58
A.1 Studies betreffende sRPE in een sportsetting	58
A.2 MATLAB programmacode	63
Bibliografie	86

Gebruikte afkortingen

[La]	Concentratie aan lactaat
$[La]_{AD}$	Lactaatconcentratie op de aerobe drempel
$[La]_{AnD}$	Lactaatconcentratie op de anaerobe drempel
$[La]_{max}$	Maximaal opgemeten bloedlactaatconcentratie
AD	Aerobe drempel
AnD	Anaerobe drempel
AU	Arbitraire eenheid
CMJ	Counter Movement Jump
CMJ _{armzwaai}	Counter Movement Jump met armzwaai
CR10	Category Ratio scale 10
EPOC	Excess Post-exercise Oxygen Consumption
GPS	Global Positioning System
HF	Hartslag
HF _{max}	Maximale hartslag
RPE	Rating of Perceived Exertion
SJ	Squat Jump
sRPE	session Rating of Preceived Exertion
THSD	Tukey's honestly significant difference
TL	trainingsbelasting
TRIMP	Training impulse
v_{AD}	Snelheid op de aerobe drempel
v_{AnD}	Snelheid op de anaerobe drempel
$VO_2 \text{ aeroob}$	Zuurstofopname op de aerobe drempel
$VO_2 \text{ anaeroob}$	Zuurstofopname op de anaerobe drempel
$VO_2 \text{ max}$	Maximale zuurstofopname per tijdseenheid

Lijst van figuren

1.1	<i>The integrated performance health management and coaching model.</i> Een multidisciplinaire aanpak bestaande uit specialisten die met de trainer samenwerken ter ondersteuning van de atleet en het team. (Dijkstra <i>et al.</i> , 2014)	2
1.2	Relatie tussen de belasting bij inspanning en het verstoren van de homeostase. (Bahr, 2014)	3
1.3	Schematisch overzicht van inspanningsgebonden adaptaties. (Ohlendieck, 2013)	3
1.4	De arbeidscapaciteit bij een eenmalige belasting en het daaropvolgende herstel. Curve A vervat een zwakke belasting terwijl B daalt tot onder een drempelwaarde waardoor supercompensatie optreedt. Vermoeidheid treedt er sneller op dan fitheid. Aangepast. (Brezhnev <i>et al.</i> , 2011; Yakovlev, 1955)	4
1.5	De supercompensatie theorie bij opeenvolgende trainingssessies (zwarte balken) met adequate herstelperiodes. De verticale as toont de potentiële prestatie. Aangepast. (Flück, 2006; Zatsiorsky en Kraemer, 2006)	5
1.6	Het twee-factorenmodel. Training $w(t)$ fungeert als input en beïnvloedt zowel fitheid als vermoeidheid. De sommatie (Σ) combineert de responsen in één enkele prestatie output $p(t)$. Aangepast. (Morton <i>et al.</i> , 1990)	5
1.7	Een overzicht aan modellen die vermoeidheid trachten te verklaren. (Abbbiss en Laursen, 2005)	7
1.8	Scatter plots van sRPE versus (A) $VO_{2 \text{ piek}}$ en (B) $\%HF_{\text{piek}}$, en (C) $VO_{2 \text{ piek}}$ versus $\%HF_{\text{piek}}$ bij 14 fysiek actieve aan een constante belasting. D-F geeft de gemiddelde respons weer voor sRPE, $VO_{2 \text{ piek}}$ en $\%HF_{\text{piek}}$ bij herhaalde testing. Aangepast. (Foster <i>et al.</i> , 2006)	15
1.9	TLs profiel berekend via sRPE, Edwards' TL en de Polar TRIMP methode (variant op Banister's TRIMP). (Clarke en Farthing, 2013)	17
1.10	Trainingsindeling volgens het (a) geperiodeerd en (b) lactaatdrempel model volgens de sRPE methode. (Algoy <i>et al.</i> , 2011; Seiler en Kjerland, 2006)	18

1.11 Een schematisch jaarplan voor teamsporten. AR=actieve recuperatie; GS = algemene kracht; MC = metabole conditionering; MS = maximale kracht; PR = psychologisch herstel; SSe = sportspecifieke uithouding; SSSP=sportspecifieke kracht en vermogen; TP=techniek perfectioneren; TTS=technisch-tactische vaardigheden. (Issurin, 2010)	19
1.12 Relatie tussen TL, seizoensperiode en het niet-contact blessurerisico in elite rugbyspelers Gabbett (2010)	19
1.13 De evolutie in TL van een professioneel Tunesisch voetbalteam. (Coutts <i>et al.</i> , 2008)	20
1.14 Wekelijkse periodisering in (a) een elite basketbalploeg met wedstrijd op zondag en (b) een U18 voetbalploeg met wedstrijd op zaterdag. Aangepast. (Impellizzeri <i>et al.</i> , 2004)	21
1.15 Ingeplande versus werkelijke trainingsbelasting van een rugbyteam. Grijze staven = ingeplande belasting, zwarte cirkels = werkelijke belasting. (Coutts <i>et al.</i>)	22
1.16 Vergelijking tussen de sRPE ervaren door de spelers (S-RPE) en ingepland door de trainer(S-RIE) via (a) Foster's CR10 schaal met <i>Easy</i> = licht (sRPE <3), <i>moderate</i> = matig (sRPE 3-5) en <i>hard</i> = zwaar (sRPE > 5) en (b) de Borg 6-20 schaal met <i>Easy</i> = licht (sRPE <13), <i>moderate</i> = matig (sRPE 13-14) en <i>hard</i> = zwaar (sRPE > 14). * = p < 0.001. (Brink <i>et al.</i> , 2013; Foster <i>et al.</i> , 2001b)	23
2.1 Ontwikkeling van de applicatie in Filemaker Pro door middel van zelfgeschreven scripts.	30
2.2 Overzicht van de applicatie's interface. a) Spelersmenu: datum, persoonlijk identificatienummer, inspanningsvorm en sRPE-score ingeven. b) Trainersmenu: zoals A plus start- en eindtijd van de sessie. c) Mogelijkheid tot het ingeven van bemerkingen. d) Resultaten opvragen per dag (numerisch) of per week (visueel)	31
2.3 Wekelijkse periodisering. A) geeft de typische week met 1 wedstrijd weer, B) toont de indeling voor een week met 2 wedstrijden. Aangepast. (Oliveira, 2007)	33
3.1 Wekelijkse trainingsbelasting volgens het aantal wedstrijden. * = p < 0.05. 37	37
3.2 Weekprofiel met $TL_{dag,gem}$. volgens het aantal wedstrijden. A) geen wedstrijd ($n = 1$), B) 1 wedstrijd ($n = 4$), C) 2 wedstrijden ($n = 2$) per week.	37
3.3 Vergelijking tussen de ingeschatte (trainer) en gepercipieerde (spelers) trainingsintensiteit. Trainingsintensiteit is gecategoriseerd als licht (RPE < 2; $n = 28$), matig (RPE 3-4; $n = 2$) en zwaar (RPE > 5; $n = 5$). δ = intensiteiten verschillend van elkaar met $p < 0.05$, ns = niet-significant verschil.	38

Lijst van tabellen

1.1	Markers of variabelen om TL en vermoeidheid op te volgen. (Halson, 2014)	8
1.2	Gemodificeerde Category Ratio scale 10. Subjecten geven na inspanning een score op bij navraag van "Hoe intens was jouw training?". VT1 = eerste ventilatiedrempel; VT2 = tweede ventilatiedrempel 2. Aangepast. (Foster <i>et al.</i> , 2006; Seiler en Kjerland, 2006)	12
1.3	Trainingsbelasting, trainingsmonotonie en trainingsbelastingsindex berekenen	14
1.4	Een kort overzicht van potentiële prestatieparameters met gerapporteerde waarden in elite voetbalteams.	27
3.1	Antropometrische kenmerken. Δ = gemiddeld absoluut verschil, ns = $p > 0.05$, * = $p < 0.05$. a = verdediger evolueert verschillend dan middenvelder. F = discrepantie tussen RM en Friedman analyse.	39
3.2	Submaximaal en maximaal uithoudingsvermogen. Δ = gemiddeld verschil, ns = $p > 0.05$, t = $p < 0.10$, * = $p < 0.05$. a = verdediger verschilt van de andere spelposities, b = verdediger verschilt van flankspeler. F = discrepantie tussen RM en Friedman analyse.	41
3.3	Sprint-en sprongresultaten. * = $p < 0.05$, t = $p < 0.10$, ns = $p > 0.05$. F = discrepantie tussen RM en Friedman analyse	42
4.1	Sleutelementen van een duurzaam opvolgingssysteem. Halson (2014). Ingedeeld volgens de werking van de ontworpen applicatie.	53

Hoofdstuk 1

Literatuurstudie

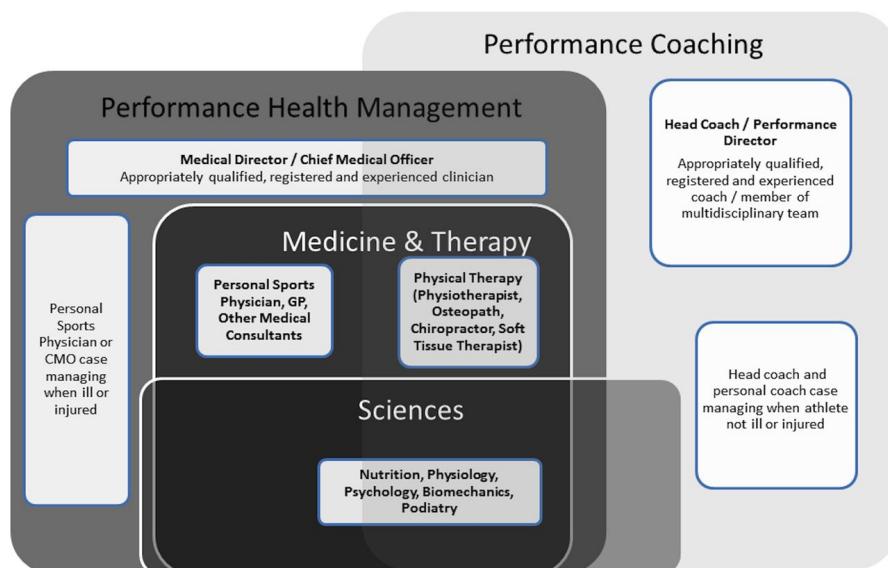
1.1 Situering

Sport wordt wereldwijd gepromooot in het kader van gezondheidspromotie en ziektepreventie. Hierdoor neemt het aantal kinderen en jongvolwassenen die deelnemen aan georganiseerde sportactiviteiten alleen maar toe (Carter en Micheli, 2011). Naast de recreant is er ook de professionele atleet waarbij prestatie centraal staat. Om top-prestaties te bereiken is de trainingskwaliteit een doorslaggevende factor (Bourgois en Vrijens, 2011). Trainers blijven daarom speuren naar moderne en wetenschappelijk onderbouwde methoden om de prestatie van hun atleet of team op een ethisch verantwoorde manier te verbeteren. Voorbeelden zijn aangepaste voedingspatronen (Desbrow *et al.*, 2014), ander materiaal (Yang *et al.*, 2013), betere medische maatregelen (Drezner en Corrado, 2011) en trainingsprogramma's gericht op blessurepreventie (McBain *et al.*, 2012). Naast de trainingskwaliteit is er ook de trainingskwantiteit. Daarbij zou het opvolgen van de trainingsbelasting (TL) een verklaring bieden voor veranderingen in de prestatie (Halson, 2014). Het voorbije decennium werd getracht microtechnologie (bv. accelerometers, hartslag telemetrie, netwerkgebaseerde database software) te integreren in complexe opvolgingssystemen voor de atleet (Coutts, 2014). Maar gebruik van -vaak complexe- technologische snufjes zonder ont gegensprekelijk bewijs van hun validiteit en betrouwbaarheid is problematisch. Het zijn vaak de eenvoudige methoden die het meest effectief blijken (Coutts, 2014). Daarom richt deze studie zich enerzijds op de session Rating of Perceived Exertion (sRPE) methode om TL kwantitatief op te volgen.

Teamsporten beoefend op hoog niveau induceren een fysiologische belasting op de spelers. Bijgevolg is een bepaald fitheidsniveau vereist om te copen met de eisen van de sporttak. In functie van prestatie is het dus wenselijk dat fitheid optimaal wordt ontwikkeld, mogelijkerwijs via fysiologische adaptaties. Sportprestaties zijn immers afhankelijk van fysiologische prestatiedeterminanten eigen aan het individu (Bangsbo *et al.*, 2006). Het andere deel van deze studie evaluateert daarom de evolutie in potentiële prestatieparameters doorheen de voorbereiding en reguliere competitie bij elite teamsporters.

1.2 Training wetenschappelijk benaderd

Een sportprestatie op topniveau vloeit voort uit een langdurig trainingsproces. Sport-training is definieerbaar als “*de fysieke, de technische, de tactische en de psychische en de intellectuele voorbereiding van de sporter met behulp van motorische activiteiten*” (Bourgois en Vrijens, 2011). Succesvol trainen geschieft wanneer trainers duidelijk omschreven kennis en vaardigheden toepassen zodat hun atleet of team gewenste veranderingen ondergaat. Deze veranderingen komen voort uit een interactie van constitutionele factoren, persoonlijkheidsfactoren en trainingsmodaliteiten die training complex maken. Nationale federaties zoals Engeland (Dijkstra *et al.*, 2014) implementeerden daarom een geïntegreerde aanpak met experts uit sportgerelateerde domeinen om de trainer te ondersteunen (figuur 1.1).

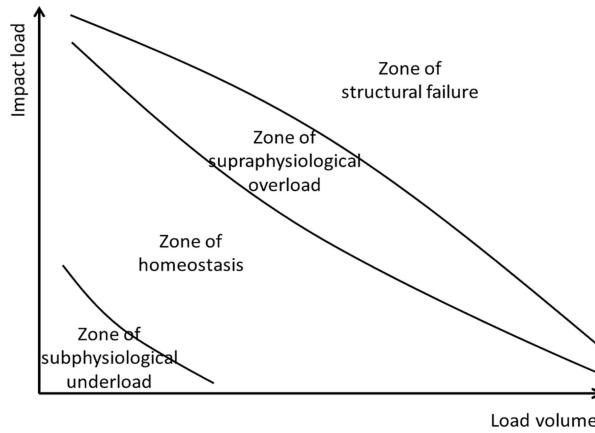


Figuur 1.1: *The integrated performance health management and coaching model.* Een multidisciplinaire aanpak bestaande uit specialisten die met de trainer samenwerken ter ondersteuning van de atleet en het team.(Dijkstra *et al.*, 2014)

1.2.1 Acute aanpassing aan inspanning

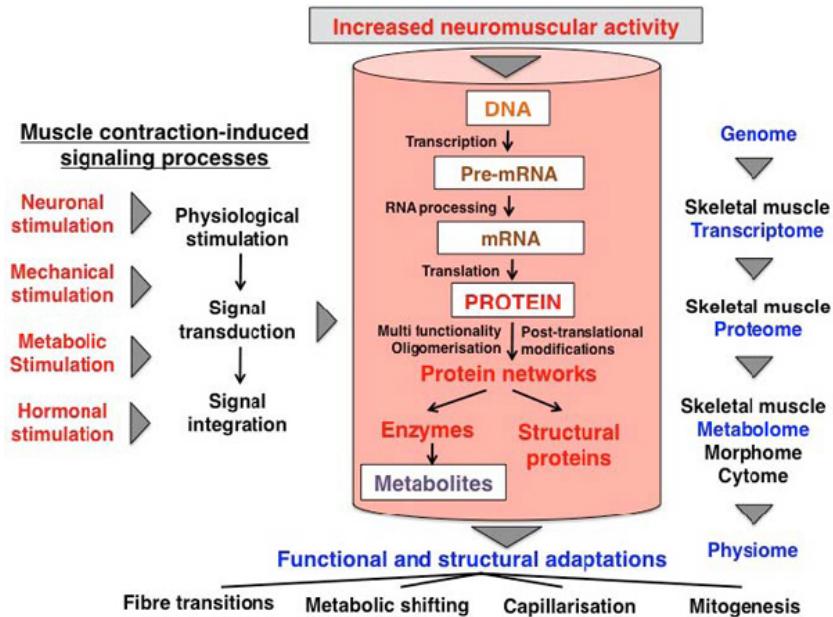
Fysieke activiteit omvat inspanning en is beschrijfbaar als lichaamsbeweging veroorzaakt door het musculoskeletaal stelsel dat resulteert in een verhoogd energieverbruik tegenover rust. Wanneer de belasting bij inspanning het intern evenwicht in het lichaam¹ doorbreekt, is er sprake van suprafysiologische overload (figuur 1.2). Het lichaam reageert op één enkele inspanning indien het intern evenwicht (chemisch) wordt verstoord. Bijvoorbeeld, bij verlaagde pH-waarden in het bloed, waarneembaar door chemoreceptoren, zal er als tegenreactie meer CO₂ worden geëxpireerd. Deze actie zorgt dat de

¹homeostase



Figuur 1.2: Relatie tussen de belasting bij inspanning en het verstören van de homeostase. (Bahr, 2014)

homeostase zo min mogelijk wordt doorbroken. Bij verstoring van de homeostase door overload kunnen katabolische activiteiten optreden. Mogelijke gevolgen zijn een afbraak van structurele eiwitten en een depletie van energievoorraden (Viru en Viru, 2000). De potentiële prestatie zal tijdelijk dalen en het lichaam tracht zijn energievoorraden terug aan te vullen. Vervolgens gebeurt eiwitsynthese, tijdens een proces genaamd regeneratie, waarbij een signaalcascade optreedt (figuur 1.3).



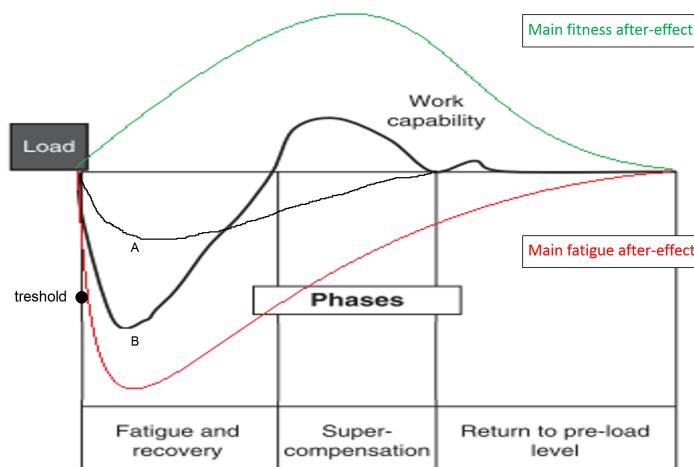
Figuur 1.3: Schematisch overzicht van inspanningsgebonden adaptaties. (Ohlendieck, 2013)

Een lichaamscel gevoelig voor belasting zal bovendien specifiek reageren op het type inspanning (Coffey en Hawley, 2007). Omgeving, voedselinname, aantal uren slaap en het tijdstip van de dag kunnen daarbij de trainingsstimulus beïnvloeden. Afhankelijk van verdere factoren zoals duur, frequentie en intensiteit van de inspanning kan een verschillend trainingseffect door acute aanpassingsprocessen tot stand komen.

1.2.2 Chronische aanpassing aan inspanning

Herhaalde trainingsprikkel in een bepaalde tijdsperiode kunnen chronische adaptaties induceren. Het trainingsproces wordt immers gekarakteriseerd door systematische repetitie van fysieke inspanning. Daarbij zal het lichaamsweefsel zich trachten aan te passen aan de opgelegde belasting. Weibel *et al.* (1991) beschreven naast cardiovasculaire (bv. vergroot slagvolume) ook pulmonale en cellulaire structurele adaptaties (bv. volumetename van de mitochondriën) bij herhaalde (duur)training. Periodieke training met het stelselmatig versturen van de homeostase brengt zowel metabole, cardiovasculaire, musculaire als neurale adaptaties teweeg. Dusdanig zou de atleet gemakkelijker opeenvolgende trainingseenheden verteren. Lange termijn oefeneffecten of trainingsadaptaties zijn geassocieerd met een verandering in prestatie zoals een stijging in vermogen (Borresen en Lambert, 2009; Issurin, 2009).

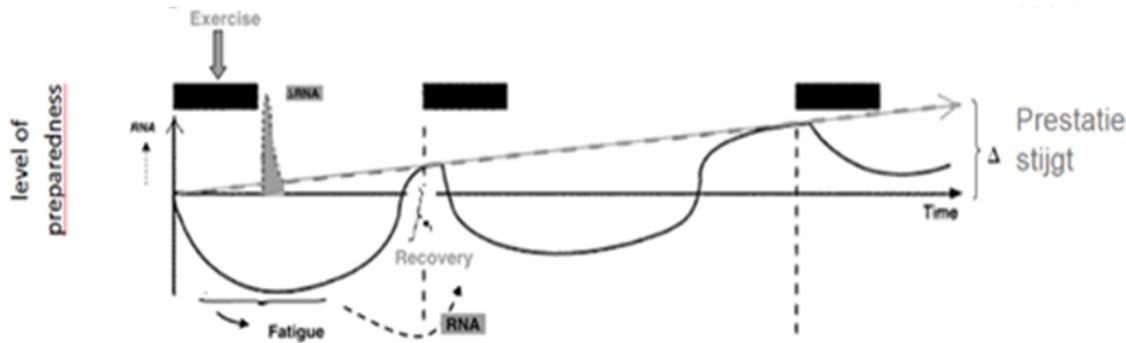
1.2.3 Van supercompensatie naar periodisering



Figuur 1.4: De arbeidscapaciteit bij een eenmalige belasting en het daaropvolgende herstel. Curve A vervat een zwakke belasting terwijl B daalt tot onder een drempelwaarde waardoor supercompensatie optreedt. Vermoeidheid treedt er sneller op dan fitheid. Aangepast. (Brezhnev *et al.*, 2011; Yakovlev, 1955)

Het verschijnsel supercompensatie begint met een acute inspanningsbelasting boven een bepaalde drempelwaarde (figuur 1.4). Het veroorzaakt een proces van vermoeidheid en een gedaalde prestatiecapaciteit. Vervolgens stijgt de prestatiecapaciteit naar het niveau van vóór de belasting. Nadien overstijgt de prestatiecapaciteit zelfs dit niveau en is er sprake van het supercompensatie-oefeneffect. Zonder een nieuwe trainingsprikkel keert de prestatiecapaciteit terug naar het oorspronkelijke niveau. Dit concept werd aangetoond aan de hand van concentratiefluctuaties in biochemische substanties zoals creatinefosfaat (Chagovets, 1957) en glycogeen (Hermansen *et al.*, 1967; Pernow en Saltin, 1971).

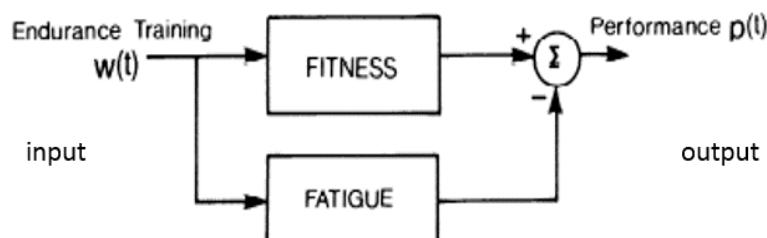
Periodisering is afgeleid uit supercompensatie en is gebaseerd op de gevolgen van veranderingen in belasting. Een cumulatieve overload resulteert daarbij in een krachtigere stimulus voor adaptatie indien adequate herstelperiodes worden ingepland (figuur 1.5) (Bompa, 1999). Zo leiden trainingen die geschieden tijdens de supercompensatiefase tot een toename in prestatievermogen. Het patroon geldt voor zowel ongetrainde als getrainde individuen, maar interindividuele verschillen in de mate van vermoeidheid en de snelheid van herstel na eenzelfde trainingsprikkel bestaan.



Figuur 1.5: De supercompensatie theorie bij opeenvolgende trainingssessies (zwarte balken) met adequate herstelperiodes. De verticale as toont de potentiële prestatie. Aangepast. (Flück, 2006; Zatsiorsky en Kraemer, 2006)

1.2.4 Van inspanning tot prestatie

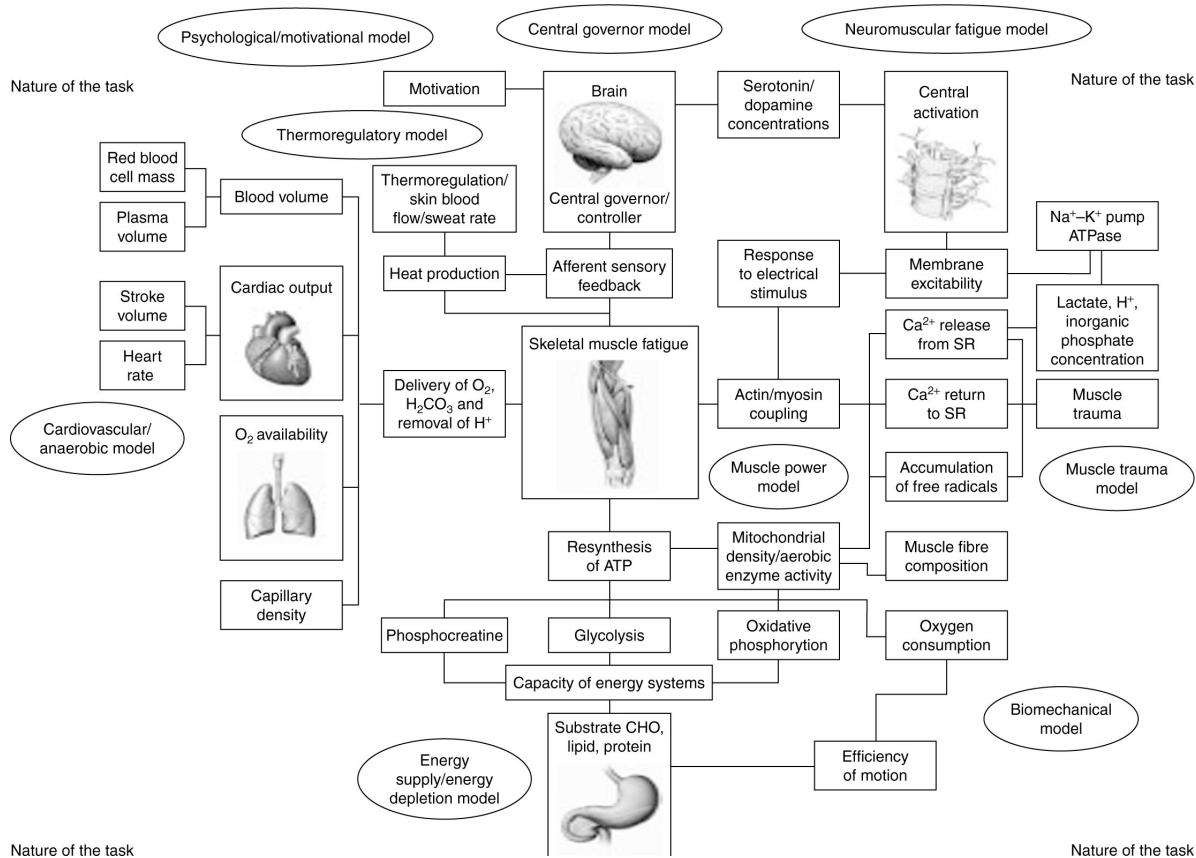
Een topprestatie leveren is het ultieme trainingsdoel van een elite atleet. Het is daarom belangrijk om de relatie inspanning - prestatie te doorgronden. Mathematische modellen trachten de gevolgen van *training loads* (TLs) doorheen de tijd in te schatten. Training wiskundig benaderen valt terug op het dosis-respons of twee-factorenmodel. De dosering (input) wordt gemeten, waarna lichamelijke reacties (output) worden nagegaan. Een gekwantificeerde parameter betreffende trainingsintensiteit is vereist als input voor het modelleren. Gebaseerd op het werk van Banister *et al.* (1975) hebben Morton *et al.* (1990) het *fitness-fatigue* model ontwikkeld dat de fysieke respons op duurtraining analyseert (figuur 1.6).



Figuur 1.6: Het twee-factorenmodel. Training $w(t)$ fungeert als input en beïnvloedt zowel fitheid als vermoeidheid. De sommatie (Σ) combineert de responsen in één enkele prestatie output $p(t)$. Aangepast. (Morton *et al.*, 1990)

Het prestatievermogen is er de som van twee fysiologische responsen, namelijk de fysieke fitheid en de vermoeidheid veroorzaakt door de trainingsdosis. Fitheid weerspiegelt de positieve effecten terwijl vermoeidheid eerder de negatieve effecten van een trainingsstimulus omvat. Deze laatste is, in tegenstelling tot fitheid, onmiddellijk merkbaar tijdens of na het afwerken van een training. Een gebruikelijke definitie van vermoeidheid is "*failure to maintain the required or expected force (or power output)*" (Edwards, 1983), maar het is ook definieerbaar als *-a sensation of tiredness, a physical reduction in force, or the failure of a specific physiological system to maintain homeostatic integrity.*" (Abbiss en Laursen, 2007). Vermoeidheid is één van de meest onderzochte paradigma's en toch bestaat er nog aanzienlijke controverse omtrent de mechanismen die er toe bijdragen (Laurent en Green, 2009). Er zijn fysiologische cues die fungeren als trigger, zowel respiratorisch - metabool (centraal) als perifeer (lokaal) van oorsprong. Mogelijke mechanismen voor tijdelijke vermoeidheid tijdens langdurige, intermittente activiteiten (bv. voetbal) zijn lactaataccumulatie, een verstoerde pH-balans in de spier, opstapeling van plasma K⁺ en creatinefosfaat depletie na korte, intensieve activiteiten. Naar het einde van een wedstrijd toe spelen glycogeendepletie, een daling in bloedglucose, dehydratatie en een verhoogde lichaamstemperatuur hoogstwaarschijnlijk een rol met betrekking tot vermoeidheid (Alghannam, 2012). Figuur 1.7 integreert modellen die het concept vermoeidheid trachten te verklaren (Abbiss en Laursen, 2005). Voornamelijk de aard van de taak zal de fysiologische pathway(s) bepalen.

Naast inzicht in de gevolgen van training op de prestatie biedt het *fitness-fatigue* model perspectieven voor het voorspellen van individuele prestaties. Het is echter gebaseerd op lineaire wiskundige concepten (Taha en Thomas, 2003) terwijl biologische adaptatie een complex en niet-lineair gegeven is (Edelmann-nusser *et al.*, 2002). Edelmann-nusser *et al.* (2002) ontwikkelden daarom een gecompliceerd niet-lineair model, gebaseerd op artificieel neuraal netwerken waardoor de nauwkeurigheid steeg (voorspellingsfout = 0.04%). Meer recent werd een dosis-respons model nog toegepast om de mate van overeenkomst tussen de gesimuleerde en werkelijke prestaties van een Olympische 1500 m finalist (atletiek) na te gaan (McGregor *et al.*, 2009). De opgesomde modellen zijn ontwikkeld voor duurinspanningen en bij ons weten zijn er géén modellen die accurate voorspellingen maken voor balsporten in teamverband. Een eerste stap in het ontwikkelingsproces van een potentieel accuraat model is het beschrijven van de input, namelijk de trainingsdosis.



Figuur 1.7: Een overzicht aan modellen die vermoeidheid trachten te verklaren. (Abbiss en Laursen, 2005)

1.3 Trainingsbelasting kwantificeren

1.3.1 Rationale en methoden voor opvolging

Liefst 91% van Australische en Nieuw-Zeelandse trainers ($n = 55$) werkzaam op een hoog niveau bleek aan één of andere vorm van trainingsopvolging te doen (Taylor *et al.*, 2012). De meerderheid (70%) gaf aan dat het door hun gebruikte systeem zowel focuste op TL kwantificatie als het opvolgen van vermoeidheid en herstel. Ongeveer de helft (55%) stelde dat registratie dagelijks gebeurde. Redenen tot opvolging waren blessurepreventie (29%), de effectiviteit van het trainingsschema evalueren (27%), prestatiebehoud (22%) en overtraining voorkomen (22%).

In het streven naar prestatieverbetering zijn aanpassingen in TL vereist (Halson, 2014). Onder meer de frequentie, duur en intensiteit van trainingssessies worden zodanig ge manipuleerd dat vermoeidheid stijgt of daalt en dit afhankelijk van de trainingsperiode. Een optimale wisselwerking tussen vermoeidheid en fysieke conditie zorgt voor trainingswinst (Bourgois en Vrijens, 2011). Bij het opstarten van een trainingsreeks zal de vermoeidheid sneller toenemen dan de fitheid. Ook een intensieve trainingsperiode (overreaching) zal een opeenstapeling van vermoeidheid induceren. Bij het stopzetten -of reduceren- van trainingssessies zullen beide reacties dalen (detraining), elk aan een

verschillend tempo en eigen aan het individu. Vermoeidheid zal sneller dalen dan fitheid, waardoor er even een prestatieverbetering optreedt. Wanneer vermoede atleten intensief blijven verder trainen kan acute vermoedheid overgaan in functionele overreaching, niet-functionele overreaching of zelfs overtraining met gevolgen voor de prestatie op korte (dagen) en lange (maanden) termijn (Meeusen *et al.*, 2013). Een degelijke indeling inzake vermoedheid is dus relevant in functie van trainingsaanpassingen als competitieprestatie(s) (Pyne en Martin, 2011).

Geschikte TL opvolging kan helpen bepalen of een trainingsprogramma aanpassingen induceert (Halson, 2014). Maar de gouden standaard betreffende TL kwantificatie van de fysiologische stress behorend bij inspanning ontbreekt in praktijksituaties. De eisen tussen de sporttakken verschillen, waardoor diverse TL evaluatiemethoden noodzakelijk zouden zijn (Lambert en Borresen, 2010). Bovendien wordt het opvolgen van teamsporten vaak als lastiger ervaren door de wijde waaier aan trainingsactiviteiten (Halson, 2014). Zo kan een trainingssessie bij teamsporters bestaan uit snelheid, behendigheid, techniek, (an)aeroob vermogen, spierkracht, etc. Potentiële markers voor opvolging bestaan (tabel 1.1), maar slechts weinige hebben een wetenschappelijke onderbouw (Halson, 2014). Veel van wat momenteel geweten is aangaande TL opvolging komt voort uit persoonlijke ervaring of anekdotisch bewijsmateriaal (Halson, 2014). Waar de ene trainer uitgaat van intuïtieve of externe (bv. afgelegde afstand, duur) markers, zal een andere de lichamelijke belasting proberen op te volgen via interne (bv. HF, Rating of Perceived Exertion) markers. In een recente review betreffende TL opvolging suggereert Halson (2014) dat zowel externe als interne markers van waarde kunnen zijn. Dusdanig zou een combinatie van beiden relevant zijn bij TL registratie.

Tabel 1.1: Markers of variabelen om TL en vermoedheid op te volgen. (Halson, 2014)

Variable	Units/descriptors
Frequency	Sessions per day, week, month
Time	Seconds, minutes, hours
Intensity	Absolute, relative
Type	Modality, environment
Maximal effort	Maximum mean power, jump height
Repeat efforts	Number of efforts, quality of efforts
Training volume	Time, intensity
Perception of effort	RPE
Perception of fatigue and recovery	Questionnaires; REST-Q, VAS
Illness	Incidence, duration
Injury	Type, duration
Biochemistry and hormone analysis	Baseline, response to exercise
Technique	Movement deviations
Body composition	Total body weight, fat mass, fat-free mass
Sleep	Quality, quantity, routine
Psychology	Stress, anxiety, motivation
Sensations	Hopeful, neutral, hopeless

REST-Q = Recovery Stress Questionnaire, RPE = Rating of Perceived Exertion,
VAS = Visual Analog Scale

A. Time-motion analyse: Global Positioning System (GPS) en accelerometrie

GPS biedt de mogelijkheid om de afgelegde afstand en loopsnelheid tijdens een inspanning buitenhuis te meten. De accuraatheid is doorheen de jaren verbeterd, maar de foutenmarge bij korte, hoog intensieve activiteiten is hoger dan bij duurinspanning (Barbero-Alvarez *et al.*, 2010). Zo gaven GPS toestellen van een bepaald type tot 6 keer meer versnellingen/vertragingen dan andere toestellen van datzelfde type (Buchheit *et al.*, 2014). Gecombineerd met de hoge kostprijs zijn we niet overtuigd van de praktische bruikbaarheid en de huidige *return on investment* in teamsporten.

Uit 45 competitiewedstrijden van een Noorse elite voetbalclub bleek dat versnellingen (7 - 10%) en vertragingen (5 - 7%) beperkt bijdroegen tot de uiteindelijke wedstrijdbelasting. Enkel het gebruik van accelerometers zou de belasting onderschatte omdat ook andere activiteiten bijdroegen tot de belasting van de spelers.

Het is de relatieve belasting opgelegd aan de atleet (interne TL) en niet de uitgevoerde externe TL die de stimulus voor trainingsadaptatie bepaalt (Viru en Viru, 2000). Daarom zijn verder enkel voorbeelden van interne TL markers weergegeven.

B. Zuurstofverbruik en lactaat

Bij duurinspanningen stelt het zuurstofverbruik (VO_2) het metabool verbruik in verhouding tot de trainingsintensiteit voor. De EPOC-methode baseert zich op verhoogde VO_2 -waarden waarneembaar na (duur)inspanning (Gaesser en Brooks, 1984). Het is een non-invasieve methode om individuele TLs te kwantificeren. Nadelen zijn de complexe berekeningen en de nood aan duur materiaal. De mogelijkheid om VO_2 tijdens training en competitie na te gaan is bovendien sterk gelimiteerd.

Bloedlactaat ([La]) is een analoge intensiteitsmarker. De tijd tussen de inspanning en het meetmoment is van belang, aangezien bloedlactaatverwijdering de lactaatkinetiek mee bepaalt en dus de uitkomst beïnvloedt. Ook zijn er potentieel verstorende variabelen zoals koolhydraatinname. Mujika *et al.* (1996) trachtten de trainingsbelasting bij goed getrainde zwemmers te kwantificeren via trainingseenheden gebaseerd op trainingszones bepaald via bloedlactaat. Berdejo-del Fresno en González-Ravé (2012) geven aan geen weet te hebben van teamsporten die dergelijke methode toepassen.

C. Training impulse (TRIMP)

Banister (1991)'s TRIMP ontstond tijdens de opmars van de draagbare hartslagmeters. De formule gebruikt hartfrequentie (HF) als indirecte marker voor het weerspiegelen van de TL tijdens steady-state inspanning:

$$TRIMP = \text{trainingsduur (min)} * \Delta HF_{ratio} * e^b * \Delta HF \quad (1.1)$$

$$\Delta HF_{ratio} = (\text{HF}_{\text{gemiddeld}} - \text{HF}_{\text{rust}}) / (\text{HF}_{\text{maximaal}} - \text{HF}_{\text{rust}})$$

$$e = 0.64 \text{ (man)} \text{ en } 0.86 \text{ (vrouw)}$$

$$b = 1.92 \text{ (man)} \text{ en } 1.672 \text{ (vrouw)}$$

Edwards (1993) ontwikkelde vervolgens de *summated-heart-rate-zone* methode om een TRIMP te bekomen. TL wordt dan bepaald via vijf HF-zones op basis van %HF_{max}. Vermenigvuldig de totale tijd doorgebracht in elke trainingszone met de coëfficiënt behorend tot die zone, namelijk 1 = 50 – 60% HF_{max}, 2 = 60 – 70% HF_{max}, 3 = 70 – 80% HF_{max}, 4 = 80 – 90% HF_{max} en 5 = 90 – 100% HF_{max}. De optelsom per zone vormt de TRIMP. Deze zoneberekening maakt een onderscheid tussen bepaalde trainingslevels en blijft mathematisch simpel (Berdejo-del Fresno en González-Ravé, 2012). Criteriumvalideit tussen Banister's and Edwards' TL vertoonde een sterke correlatie bij duurlopen ($r = 0.98$; 95% CI: 0.96 to 0.99) (Borresen en Lambert, 2008). Helaas zijn de coëfficiënten niet gebaseerd op fysiologische of wetenschappelijke data. De verdeling ervan blijft dus arbitrair. Overigens heeft een slecht contact met de borstkas ontbrekende data tot gevolg en daarnaast is HF een (te) zwakke marker bij korte, hoog-intensieve inspanning (bv. plyometrie, maximale krachtraining) (Foster *et al.*, 2001a), waarschijnlijk omdat zware krachtraining meer het neuromusculair dan het cardiorespiratoir systeem belast. Berdejo-del Fresno en González-Ravé (2012) suggereren dat TRIMPs enkel bruikbaar zijn bij aerobe duurtraining en niet toelaten om technische of krachtsessies -met een predominante anaerobe energielevering- te kwantificeren. De bruikbaarheid voor intermittente inspanning van korte duur en aan hoge intensiteit moet nog ontegensprekelijk worden aangetoond (Lambert en Borresen, 2010). Lambert en Borresen (2010) waren verder niet overtuigd van de TRIMP methode betreffende bruikbaarheid en nauwkeurigheid in teamsporten. Recent stelden Scanlan *et al.* (2014) voor basketbal: "*HR-based models were less effective in detecting periodized increases in training load, particularly during court-based, intermittent, multidirectional drills.*". De intermittente aard van de taak met afwisselende activiteit variërend in intensiteit en duur zorgt voor bepaalde moeilijkheden. Zo gaan veranderingen in intensiteit gepaard met een verandering in hartfrequentie, maar deze verandering gebeurt met enige vertraging. Het duurt ~1 - 2 min om 90 - 95% HF_{max} te bereiken.

Stagno *et al.* (2007) suggereerden dat hun *team* TRIMP methode accuraat de TL in teamsporten tijdens een competitieseizoen nagaat. Maar in een zeer intermittente sport-tak zoals volleybal werd de TL beter weergegeven door middel van Edwards' methode of via gepercipieerde vermoeidheid (Bara Filho *et al.*, 2013).

Akubat *et al.* (2012) raadden aan om Manzi *et al.*'s *individualised* TRIMP (iTRIMP) te gebruiken. iTRIMP maakt gebruik van individuele HF- en lactaatprofielen en omzeilt op die manier de arbitrale wegingsfactoren van traditionele TRIMPs. De wekelijkse

iTRIMP correleerde beter met de individuele verandering in snelheid op de 2 mmol/L drempel dan de Banister en team TRIMP methode bij jonge elite voetbalspelers ($n = 9$) (Akubat *et al.*, 2012). Deze methode bezit het potentieel om individuele veranderingen in fysieke prestatieparameters (snelheid op de 2 en 4 mmol/L drempel; $R^2_{2\text{mmol/L}} = 0.74$ en prestatie op de 5 en 10 km ($R^2 = 0.67$)) bij duurlopers te voorspellen (Manzi *et al.*, 2009).

D. Rating of Perceived Exertion

Rating of Perceived Exertion (RPE) is ontstaan als een maat voor de inspanningsintensiteit. Het werd door Meeusen (2009) gedefinieerd als “*a subjective interpretation of an integrative signal, which probably resides from peripheral and central mechanisms*”. Één enkele indicator integreert centrale (cardiorespiratoir, centraal zenuwstelsel, etc.) en perifere (spieren, gewrichten, etc.) stimuli in (Borg, 1982). RPE is dus de weerspiegeling van de psychofisiologische belasting -vermoeidheid- op een bepaald tijdstip. Het zou daarbij niet uitmaken of de inspanningsvorm plyometrie, krachttraining of hoge intensiteit intervaltraining betreft (Foster *et al.*, 2001a). Volgens de originele Category Ratio scale 10 (CR10) is een RPE-score tussen 0 (rust) en 10 (bijna maximaal) mogelijk. Eenmaal ouder dan acht jaar kan een RPE-schaal ingeschakeld worden om verschillen in inspanningsintensiteit te detecteren (Groslambert en Mahon, 2006). Om accuraat te meten is een *fixed star* of referentiepunt aangewezen (Borg en Borg, 2001), bijvoorbeeld de intensiteit of ervaren vermoeidheid tijdens een bepaalde training. Uit meta-analyse blijkt dat de Borg RPE-schaal als valide kan beschouwd worden, maar dat de validiteit varieert naargelang de sporttak en intensiteit (Chen *et al.*, 2002). RPE zou vooral bruikbaar zijn tijdens niet-continue (bv. intermittente en sprint) oefeningen om de relatieve inspanningsintensiteit te bepalen terwijl HF (%HF_{max}) gepaster is tijdens duurtrainingen (Wong *et al.*, 2011). De goede interne consistentie (ICC > 0.60) van RPE voor verschillende inspanningsvormen, bij mannen en vrouwen van verschillende leeftijden en met verschillende expertiseniveaus toont de bruikbaarheid aan (Haddad *et al.*, 2014b). Er bestaan alternatieve doch gelijkaardige RPE-schalen voor volwassenen: Basketball Training Load Control Tool (Berdejo-del Fresno en González-Ravé, 2012), BORG 6-20 RPE scale, Category Ratio scale 20 en 100 (Borg en Borg, 2002), Absolute Magnitude Estimation (Borg en Borg, 2002), OMNI scale (Utter *et al.*, 2004), Visual Analogic scale training load (Rebelo *et al.*, 2012), Estimated Time Limit scale (Garcin *et al.*, 1999), 10-point effort perception scale (Leung en Tong, 2008), etc. Voor blinden werd zowaar een schaal in braille ontworpen (Buckley *et al.*, 2000). Naast spieractivatie (Schlader *et al.*, 2010) kan een RPE-score beïnvloed zijn door de ervaring op het hoogste nationale niveau (Rogalski *et al.*, 2013), partiële zuurstofdruk (Johnson *et al.*, 2009), lichaamstemperatuur (Schlader *et al.*, 2010), voedingsstatus (Seifert *et al.*, 2012), motivatie door de trainer (Rampinini *et al.*, 2007b), het geslacht van de observator (Boutcher *et al.*, 1988), ras (Hasson *et al.*, 2011), vitamines en cafeïne suppletie

(Doherty en Smith, 2005; Huck *et al.*, 2013; Killen *et al.*, 2013), genetische verschillen (Bryan *et al.*, 2007), het tijdstip van de dag (Kunorozva *et al.*, 2014) en de sociale druk van teamspelers tijdens quotering (Haddad *et al.*, 2014b). We vonden geen consensus in de literatuur over compressiekousen, acute slaapdeprivatie en trainerservaring de (ses-sion)RPE perceptie significant zou wijzigen. Ook is het nog niet duidelijk welke rol het brein speelt in de processen en mechanismen bij het tot stand komen van RPE (Eston, 2012).

1.3.2 Session Rating of Perceived Exertion

Vanwege de noodzaak om TL te kwantificeren en de beperkingen van HF-afhankelijke technieken ontwikkelden Foster *et al.* (1996) de session Rating of Perceived Exertion (sRPE) methode. Het voorbije decennium is de sRPE-methode een populaire tool geworden om TL op te volgen in diverse sporten (bijlage A). Na een trainingssessie wordt aan de atleet gevraagd hoe lastig hij/zij de globale sessie vond. Tabel 1.2 toont de mogelijke quoteringen volgens Foster *et al.* (2001a)'s gemodificeerde CR10 schaal. Seiler en Kjerland (2006) claimen daarbij dat bepaalde scores er overeenstemmen met de ventilatiedrempels.

Tabel 1.2: Gemodificeerde Category Ratio scale 10. Subjecten geven na inspanning een score op bij navraag van "Hoe intens was jouw training?". VT1 = eerste ventilatiedrem-pel; VT2 = tweede ventilatiedrempel 2. Aangepast. (Foster *et al.*, 2006; Seiler en Kjerland, 2006)

Rating	Verbal anchor
0	Rest
1	Very easy
2	Easy
3	Moderate
4	Sort of hard
5	VT1
	Hard
6	
7	VT2
	Very hard
	Very, very hard
	Near maximal
10	Maximal

De sRPE methode is simpel in gebruik, niet-invasief en budgetvriendelijk. De eenvoud van de methode leent zich tot gebruik in prestatiegerichte omgevingen. Zo is één meetmoment praktischer dan verschillende afnames tijdens een trainingssessie. Deze eenmalige zelfgerapporteerde inschatting na inspanning is namelijk niet significant verschillend

van afzonderlijke RPE meetmomenten tijdens krachttraining (Egan *et al.*, 2006). Hoewel sRPE als maat voor de inspanning wordt aanzien, zal het indirect ook een aandeel van het trainingsvolume in rekening brengen (Green *et al.*, 2009). Maar op een vrij korte tijdsduur (<1 u) aan submaximale intensiteit zal de wijziging in sRPE minimaal zijn. Descriptieve data toonden een lineaire stijging in sRPE score (< 0.5 / 10) ten opzichte van 20 versus 30 versus 40 minuten lopen aan ~70% van de maximale zuurstofopname per tijdseenheid ($\text{VO}_2 \text{ max}$) bij 10 fysiek actieve mannen (22.6 ± 2.1 jaar, $\text{VO}_2 \text{ max} = 48.9 \pm 10.5$ ml/min/kg), maar zonder significant verschil tussen de condities (Green *et al.*, 2009). Bij adolescente taekwondoërs droeg de duur maar voor 3.2% bij tot de sRPE-score na 368 traditionele trainingen (Haddad *et al.*, 2014a). Maar een 20x100m trainingssessie aan *critical speed*² zorgde bij 13 matig getrainde zwemmers (21.1 ± 1.1 jaar, 178 ± 6 cm, 74.1 ± 8.3 kg, 100m freestyle = 60.2 ± 2.9 s) voor een hogere sRPE-score dan 10x100m (Barroso *et al.*, 2015). De variatiecoëfficiënt (CV) in sRPE nam er toe met 2.3% omdat 2 van de 13 zwemmers een status-quo in sRPE vertoonden tussen de 2 sessies. In een recente review nuanceren Abbiss *et al.* (2015) dat *effort* en *exertion* lichtjes andere concepten zijn die in de literatuur vaak onderling verwisseld worden. Opgelet: een uitgestelde meting bij inspanning is vaak onpraktisch (Singh *et al.*, 2007) maar toch wenselijk om een wash-out periode te verkrijgen na het afwerken van de laatste oefening. Op die manier wordt een globale perceptie bekomen zonder een beduidend effect van de laatst uitgevoerde oefening op de quötering (Kraft *et al.*, 2014). Maar Fanchini *et al.* (2015) vonden onlangs dat na 1 uur voetbaltraining met 3 blokken van 20 minuten aan lichte, matige en zware intensiteit de sRPE-score na inspanning niet significant verschildde van diegene 30 minuten nadien ($p = 0.57$). Eston (2012) gaf aan: "*It is clear from the literature that Foster's scale has proven practical value, is simple to apply, and has become a popular and valid means of estimating training load across a wide range of activities.*"

Vermenigvuldigen van iemands sRPE-score met de desbetreffende inspanningsduur leidt tot een TL (Alexiou en Coutts, 2008). Bij krachttraining kan ook het aantal herhalingen in plaats van de tijdsduur in beschouwing worden genomen (Egan *et al.*, 2006). Op basis van wekelijkse TLs zijn de trainingsmonotonie en belastingsindex te berekenen (tabel 1.3). Al deze concepten worden uitgedrukt in arbitraire eenheden (AU). Het concept trainingsmonotonie is gerelateerd aan het induceren van overtraining bij de combinatie van eenzijdige duurtrainingen en hoge TLs (Foster, 1998). Het belang van variatie in TL werd aanvankelijk aangetoond bij racepaarden (Bruin *et al.*, 1994). De paarden tolereerden een progressieve verhoging in TL zolang zware trainingsdagen afgewisseld werden met lichte trainingsdagen. Eens de TL op de hersteldag toenam, daalde de prestatie en vertoonden de dieren symptomen van overreaching. De piekprestatie van een roeier ontbrak bij monotonie > 3 in de aanloop naar een competitie (Suzuki *et al.*, 2003a,b). Een monotonie van 0.74 op jaarbasis geeft aan dat het trainingsprogramma

²Na uitvoering van 200m en 400m werden tijden geplot ten opzichte van de afstand. Via een regressielijn kon de hellingsgraad of *critical speed* voor elke zwemmer worden berekend.

van een elite 400 m loper gevarieerd was, bovendien werd zijn besttijd verbeterd (Suzuki *et al.*, 2006). Dit impliceert dat een lage monotonie, en dus een grote variatie in TL, potentieel prestatiebevorderend is en een preventieve invloed uitoefent op blessure/ziekte. De belastingsindex is relevant bij hoge TLs. Een toename in belastingsindex kon al gerelateerd worden aan het optreden van ziekte³ met ook een daling in speeksel immunglobuline A (Putlur *et al.*, 2004). Over een 9 weken trainingsperiode in een groep getrainde vrouwelijke voetbalspelsters was 64% van de ziekten er geassocieerd aan een voorgaande piek in monotonie en belastingsindex. TL_{week} fluctueerde er tussen 2000 en 3600 AU. Bij hoge waarden is extra aandacht voor herstel aangewezen, want een lange recuperatietijd zal de belastingsindex verlagen (Alexiou en Coutts, 2008). Toch zouden sommige triatleten zelfs tot 7200 AU/week verdragen zonder tekenen van overtraining te vertonen (Coutts *et al.*). TL, monotonie en belastingsindex zijn potentiële indicatoren betreffende overreaching naast objectieve indicatoren zoals een daling in HF_{max} na een zware trainingsperiode.

Tabel 1.3: Trainingsbelasting, trainingsmonotonie en trainingsbelastingsindex berekenen

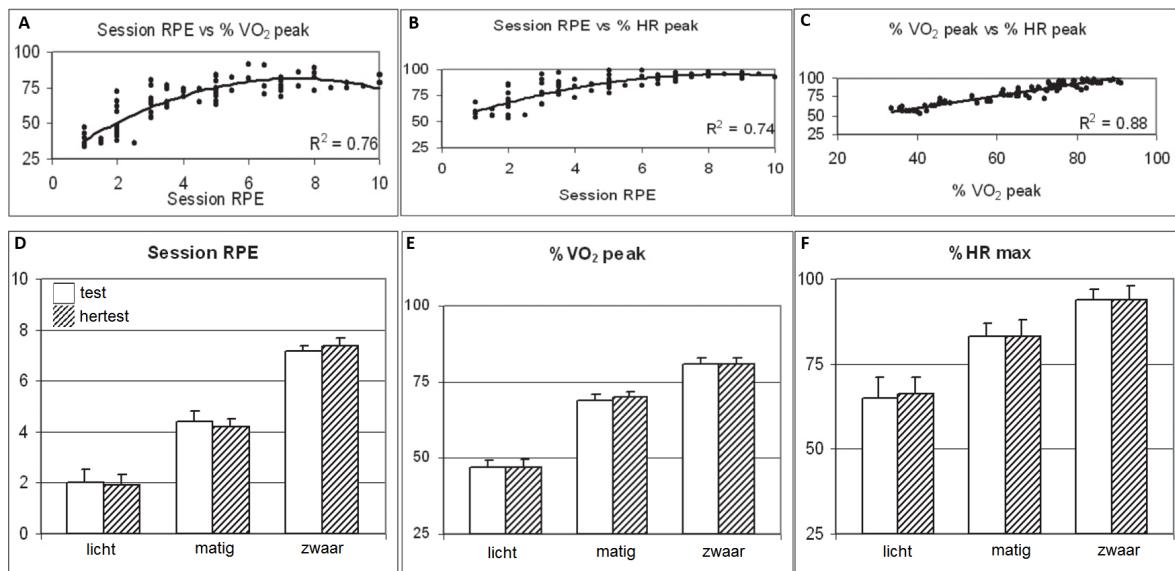
Trainingsbelasting (AU)	= sRPE (0 - 10) * trainingsduur (min)
Trainingsmonotonie (AU)	= $TL_{dag.gem}$ / standaarddeviatie TL_{dag} per week
Trainingsbelastingsindex (AU)	= TL_{week} * trainingsmonotonie

Validiteit en betrouwbaarheid

A. Individuele sporten In 2001 concludeerden Foster *et al.* reeds dat sRPE een valide methode is om TL te kwantificeren over een variëteit aan inspanningsvormen. Een klassieke studie van Foster *et al.* (2001a) concludeerde dat getrainde recreanten ($m = 6$, $F = 6$; ± 20 jaar; VO_2 piek = 54.6 ± 2.4 , 46.2 ± 3.55 ml/min/kg; piekvermogen = 4.52 ± 0.52 , 3.68 ± 0.38 W/kg) een constante inspanning uitvoerden op de fiets gedurende 30, 60 en 90 min aan een intensiteit $\sim 90\%$ anaerobe drempel (AnD). Ook werden 30 min intervalsessies uitgevoerd aan +10, +25 en +50% van het gemiddeld vermogen op 90% AnD met afwisselend 60s arbeid en 60s actieve recuperatie. Nog 3 sessies werden afgewerkt aan het gemiddeld vermogen $\pm 25\%$ tijdens 30s/30s, 60s/60s, 120s/120s als arbeid-rust ratio. sRPE en TRIMP werden geregistreerd. Deze markers werden ook opgevolgd bij 14 mannelijke student basketbalspelers (20.2 ± 1.5 jaar, 191.4 ± 4.9 cm, VO_2 piek = 4.60 ± 0.50 ml/min/kg) tijdens een onbekend aantal trainingen en competitiewedstrijden. Hoewel de sRPE-methode een beduidend hogere TL opleverde dan de TRIMP bleek uit regressie-analyse dat deze markers een visueel soortgelijke evolutie vertoonden voor alle inspanningsintensiteiten, en dit zelfs bij verschillende populaties. We merken op dat de sterke overeenkomst bij het fietsen ($r = 0.90$) afzwakte voor basketbal ($r = 0.75$) (Foster *et al.*, 2001a). Diezelfde onderzoeksgroep valideerde sRPE

³Gedefinieerd als een situatie waarin de atleet voelt dat hij gelimiteerd is in of niet in staat is om de training of inspanningssessie uit te voeren. Bij o.a. griep, verkoudheid, etc.

tegenover VO_2 piek en $\%HF$ piek voor het kwantificeren van duurinspanning bij 14 fysiek actieven ($m = 7$, 33 ± 16 jaar; $F = 7$, 3 ± 1 jaar) (Foster *et al.*, 2006). Zij liepen telkens 30 min aan een constante belasting van 40 - 50%, 60 - 70 of 80 - 90% VO_2 piek. Er was een significant niet-lineair verband tussen sRPE en $\%VO_2$ piek ($R^2 = 0.76$) en $\%HF$ piek ($R^2 = 0.74$) (fig. 1.8). Toch lagen deze waarden lager dan wanneer $\%VO_2$ piek tegenover $\%HF$ piek werd uitgezet ($R^2 = 0.88$). De tests werden herhaald. Algemeen was er een zeer sterk verband ($r = 0.88$) tussen de test en hertest. Naast $\%VO_2$ piek en $\%HF$ piek bleek ook sRPE betrouwbaar te zijn bij duurinspanning want er waren geen significante verschillen tussen test en hertest in de lichte, matige en zware sessies.



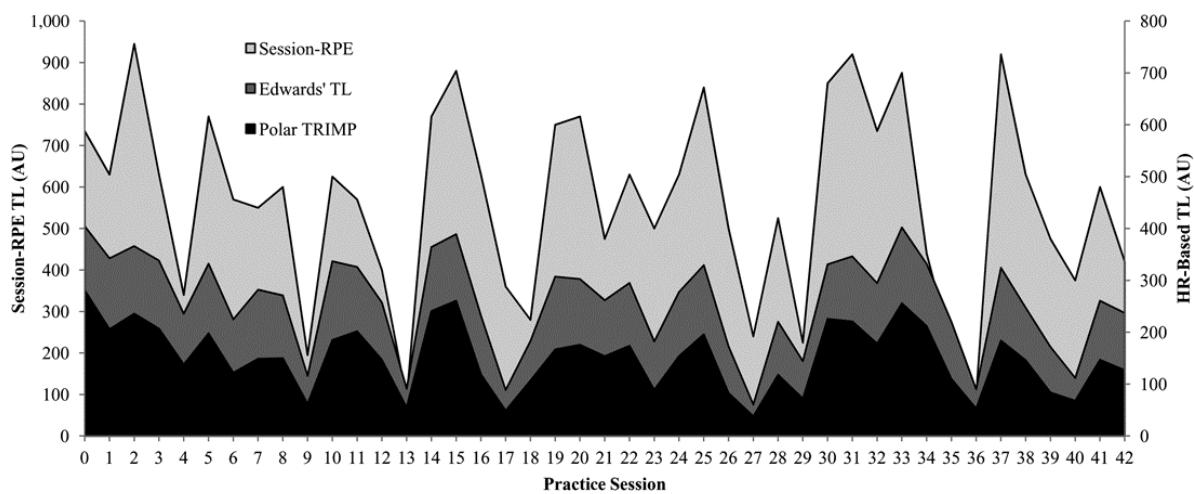
Figuur 1.8: Scatter plots van sRPE versus (A) VO_2 piek en (B) $\%HF$ piek, en (C) VO_2 piek versus $\%HF$ piek bij 14 fysiek actieven aan een constante belasting. D-F geeft de gemiddelde respons weer voor sRPE, VO_2 piek en $\%HF$ piek bij herhaalde testing. Aangepast. (Foster *et al.*, 2006)

Goed getrainde competitiezwemmers ($n = 12$, 22.3 ± 3.1 jaar, 71.8 ± 11.6 kg, 175.0 ± 9.0 cm) actief op nationaal niveau voerden 20 uiteenlopende trainingssessies uit na 1 maand familisaratie met de sRPE-methode (Wallace *et al.*, 2009). Opmerkelijk was de interindividuele variatie in sRPE met enerzijds HF-gebaseerde methoden ($r = 0.55 - 0.94$) en anderzijds afstand ($r = 0.37 - 0.81$). Bij deze laatste is de correlatie lager daar deze externe marker geen rekening houdt met de trainingsintensiteit. Zo zal 10^*100 m aan een intensiteit op de aerobe drempel als minder belastend ervaren worden dan zo het snel afleggen van 10^*100 m. Wallace *et al.* (2009) vermoedden dat de lage correlaties te wijten zijn aan één of meerdere trainingssessies met een hoger aandeel aan interval. Zulke intermittente arbeid zou verantwoordelijk kunnen zijn voor de toename in RPE-score ten opzichte van HF. De relatie sRPE - HF wordt dus beïnvloed door de trainingsactiviteit. Bijvoorbeeld, 10 jeugdige taekwondoërs (13.1 ± 2.4 jaar) vertoonden na 308 individuele trainingssessies met $TL_{gem} = 263 \pm 169$ een matige correlatie met aerobe training ($r = 0.60$) en technisch-tactische training ($r = 0.60$) terwijl er een zwak

verband was met intermittente oefening/plymetrie/snelheid ($r = 0.32$) ten opzichte van Banister's TRIMP (Haddad *et al.*, 2011). Door de zwakke overeenkomst van sRPE met HF bij korte hoog-intensieve inspanningen, met stijging in sRPE zonder overeenkomstige stijging in HF, zou HF registratie tijdens zulke inspanningsvorm niet voldoen als opvolgingstool (Haddad *et al.*, 2011).

B. Teamsporten Bijna 10 jaar na Foster *et al.* (2001a) vonden Manzi *et al.* (2010) een verband tussen sRPE en Edwards' TL ($r = 0.85$, $d = 0.64$) bij 8 elite basketbalspelers van Europees niveau voor 200 trainingssessies. De interindividuele variantie in correlatie ging van $r = 0.69$ (CI (95%), 0.33 - 0.87) tot $r = 0.83$ (0.62 - 0.93) voor 25 van de trainingssessies. Een intraclass correlatie coëfficiënt (ICC) van 0.95 gaf er een uitstekende betrouwbaarheid aan voor predominante aerobe inspanningen gecombineerd met korte en intensieve, doch frequent intermittente acties. Figuur 1.9 visualiseert de mate van overeenkomst tussen sRPE en Polar TRIMP ($r = 0.78$) en Edwards' TL ($r = 0.80$) van een universitair Canadian football team ($n = 20$, 22 ± 1 jaar, 183 ± 6 cm, 102 ± 18 kg) tijdens competitie. Er waren matige tot sterke correlaties ($r = 0.50$ - 0.91) tussen sRPE en TRIMP (Edwards, Banister, and Lucia) bij 19 jonge voetbalspelers (17.6 ± 0.7 , 70.2 ± 4.7 kg, 178.5 ± 4.8 cm, vet% = $7.5 \pm 2.2\%$, $VO_2 \text{ max} = 57.1 \pm 4.0$ ml/min/kg) tijdens de eerste 7 weken van het competitieseizoen. Bij 15 Braziliaanse volleyballers spelend op het hoogste nationale niveau bleken Stagno's en Edwards' TRIMP zwak te correleren met sRPE (Bara Filho *et al.*, 2013). Bijgevolg is sRPE een mogelijkheid om de interne TL te evalueren bij balsporten in teamverband die gekenmerkt zijn door zeer korte periodes aan hoge intensiteit afgewisseld met langere periodes aan lage intensiteit. Ondanks het intermittente karakter vertoonden 10 Italiaanse elite teamgymnasten (21.7 ± 1 jaar; 164.9 ± 6.6 cm, 54.6 ± 5.4 kg, ex-nationaal kampioenen) sterk significante correlaties tussen sRPE en Edwards' TRIMP ($r = 0.77$ - 0.92) na 2 uur durende trainingssessies (grond, trampoline, tumbling) (Minganti *et al.*, 2010). Overigens vonden Minganti *et al.* (2010) geen significant verschil tussen de CR10 en 100 mm VAS-schaal met zeer sterke correlaties tussen beide ($r = 0.92$ - 0.97). Dit impliceert dat een 100 mm VAS-schaal gaande van totaal niet intens tot extreem intens in staat is om de inspanningsintensiteit -of de mate van vermoeidheid- analoog te registreren. Enigszins merkwaardig omdat de CR10 schaal kritiek kreeg ongevoelig te zijn voor kleine veranderingen in inspanningsintensiteit. Alhoewel, criteriumvaliditeit tussen CR10 en CR100 bij 21 mannelijke rugbyspelers (19.0 ± 1.8 jaar, 83.92 ± 7.88 kg) vertoonde evenwaardig sterke verbanden tussen enerzijds CR10- en CR100-afgeleide sRPE en anderzijds Banister's en Edward's TRIMP (CR10: $r = 0.83$ en 0.83, CR100: $r = 0.80$ en 0.81) (Scott *et al.*, 2012). Maar in de additionele betrouwbaarheidsanalyse bij 10 fysiek actieve mannen bleek de betrouwbaarheid problematisch bij een korte, gewijzigde YoYo IR1 test. Zo lag de CV op 31.9% (0.66 ICC) en 38.6% (0.70 ICC) voor respectievelijk CR10 en CR10 na 8 minuten intermittent lopen (10 - 13. km/u) ondanks

standaardisatie van het trainingsschema en de voedsel- en drankinname gedurende de studieperiode. De betrouwbaarheid was lager wanneer aan 10 km/u werd gelopen bij CR10 (34.8 vs. 21.2 %CV, 0.55 vs. 0.66 ICC) en CR100 (52.4% vs. 25.5 CV, 0.55 vs. 0.79 ICC) ten opzichte van 8 minuten aan 13 km/u. Misschien is de sRPE via CR10 voor kortdurende intermittente activiteiten aan een eerder lage intensiteit onvoldoende gevoelig. Ook bij 20 amateurvoetballers ($VO_2 \text{ max} = 56.3 \pm 4.8 \text{ ml/min/kg}$) was de betrouwbaarheid betreffende CR10 beter bij een hogere inspanningsintensiteit (Rampinini *et al.*, 2007b) met de CV gaande van 5.5 tot 31.9% voor allerlei small-sided spelvormen (3*4 min met 3 min actieve recuperatie). Bovendien was de intra-individuele variabiliteit er hoger in lactaat- dan RPE-scores. Nochtans kon de combinatie [La] en HF 57.8% van de variantie in RPE verklaren terwijl HF alleen slechts 43.1% voorspelde uit 67 trainingen met *small-sided games* (3*4 min met 3 min actieve recuperatie) over een volledig competitieseizoen bij 20 amateurvoetballers (Coutts *et al.*, 2009). Ook bij 19 U19 voetballers ($n = 19$) verklaarde HF nog geen 50% van de sRPE-scores na 476 trainingen (Impellizzeri *et al.*, 2004). Over een volledig competitieseizoen van een team in de Premier League -Manchester United- konden externe TL markers zoals de submaximale loopsnelheid ($> 14.4 \text{ km/u}$; $r=0.11$), het aantal impacten ($r=0.45$) en versnellingen ($> 3 \text{ m/s}^2$; $r=0.37$) de TL door middel van sRPE matig voorspellen. Gaudino *et al.* (2015) besloten dat dit het gebruik van sRPE ondersteunt als multifactoriële marker voor TL in elite voetbal. Diezelfde onderzoeksgroep rapporteerde dat gepercipieerde vermoeidheidsscores gevoelig waren om dagelijkse, individuele of gemiddelde, fluctuaties in totaal afgelegde loopafstand aan submaximale intensiteit te onderscheiden waren bij top elite voetballers tijdens een deel van de competitiefase (Thorpe *et al.*, 2015).

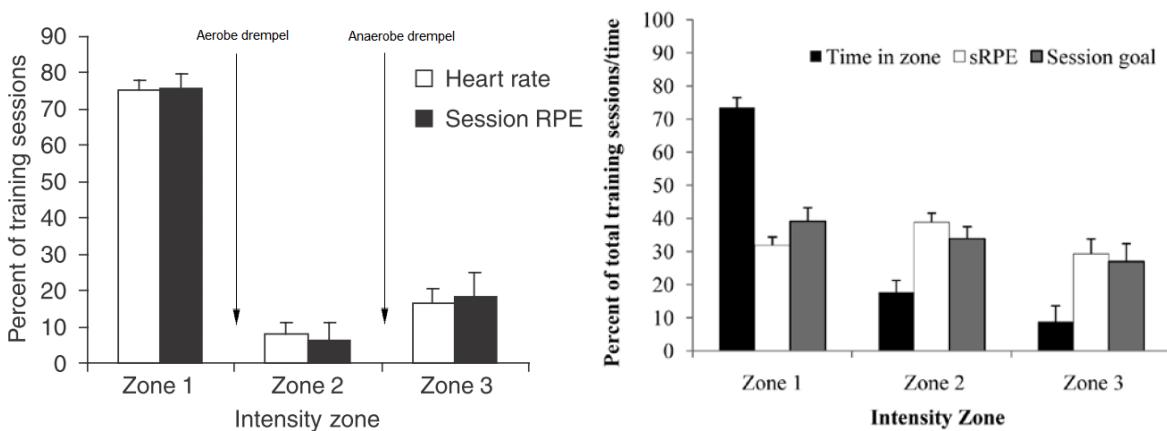


Figuur 1.9: TLs profiel berekend via sRPE, Edwards' TL en de Polar TRIMP methode (variant op Banister's TRIMP). (Clarke en Farthing, 2013)

1.4 Plannen en periodiseren van balsporten in teamverband

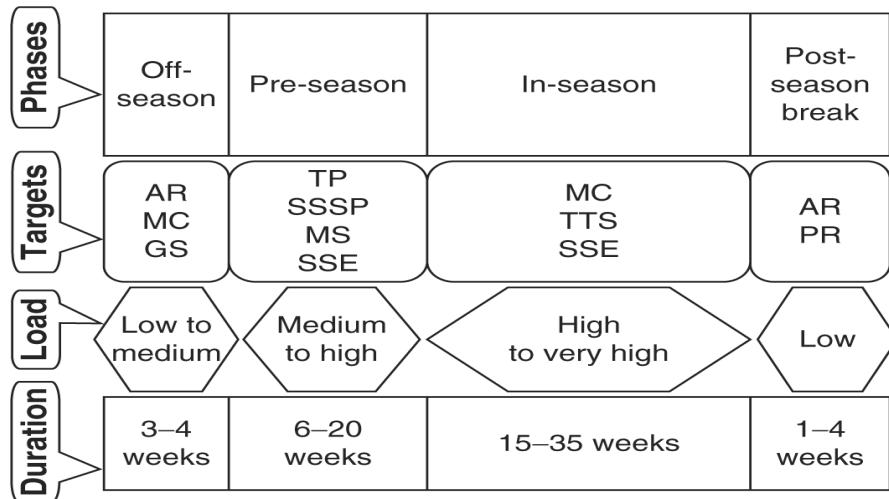
1.4.1 Trainingsindeling

Figuur 1.10 toont 2 algemeen geldende modellen. Het gepolariseerd trainingsmodel werd aanvankelijk beschreven bij goed getrainde cross-country skiers tijdens de specifieke voorbereidingsperiode (Seiler en Kjerland, 2006). Liefst $76 \pm 4\%$ van de trainingen gebeurde in de lichtste zone onder de aerobe drempel tegenover $18 \pm 7\%$ zware sessies met inspanningen boven de anaerobe drempel. Deze indeling werd nadien bevestigd bij 3 elite marathonlopers (Stellingwerff, 2012). In de 26 weken voorbereiding op de Olympische Spelen kwam het gepolariseerd model ook tot uiting bij elite roeiers (Plews *et al.*, 2014). De auteurs concludeerden daarbij ”*periodized low-intensity training may be benefic for optimal training programming*” omdat 4 van de 9 roeiers er het podium haalden. Recreatieve 10 km lopers (Muñoz *et al.*, 2014), getrainde wielrenners (Neal *et al.*, 2013) en elite snelschaatsers (Yu *et al.*, 2012) haalden meer profijt uit het gepolariseerd model dan het lactaatdrempel model over verschillende tijdsperiodes. In intermittente teamsporten schijnt een gepolariseerde trainingsaanpak niet de norm te zijn. In de voorbereidingsperiode van een elite voetbalteam gaf sRPE opvolging aan dat training meestal in de zone tussen de aerobe en anaerobe drempel voorvalt (Algoy *et al.*, 2011). Gedurende 26 competitieweken werden de meeste trainingen in een elite rugbyteam uitgevoerd aan matige intensiteit (Moreira *et al.*, 2015).



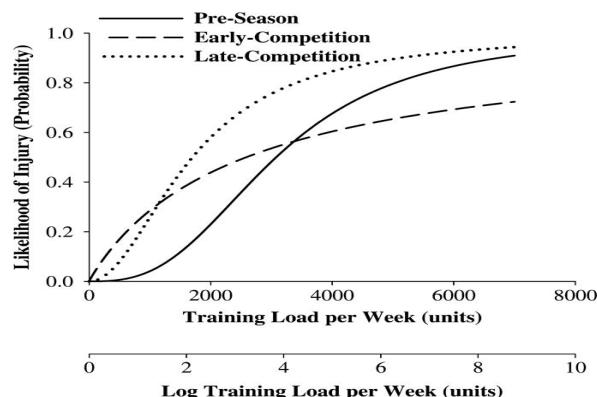
Figuur 1.10: Trainingsindeling volgens het (a) geperceerd en (b) lactaatdrempel model volgens de sRPE methode. (Algoy *et al.*, 2011; Seiler en Kjerland, 2006)

Jaarbasis Een trainingsplan dient de elementen te bevatten om een trainingsdoel of een gewenste prestatie te realiseren. Figuur 1.11 biedt een globale, schematische weergave van een theoretisch jaarplan voor teamsporten. Elite teamsporten volgen meestal niet Matveyev's (1981) klassiek individueel periodiseringssmodel wegens een langdurend competitieseizoen met soms meerdere piekperioden.



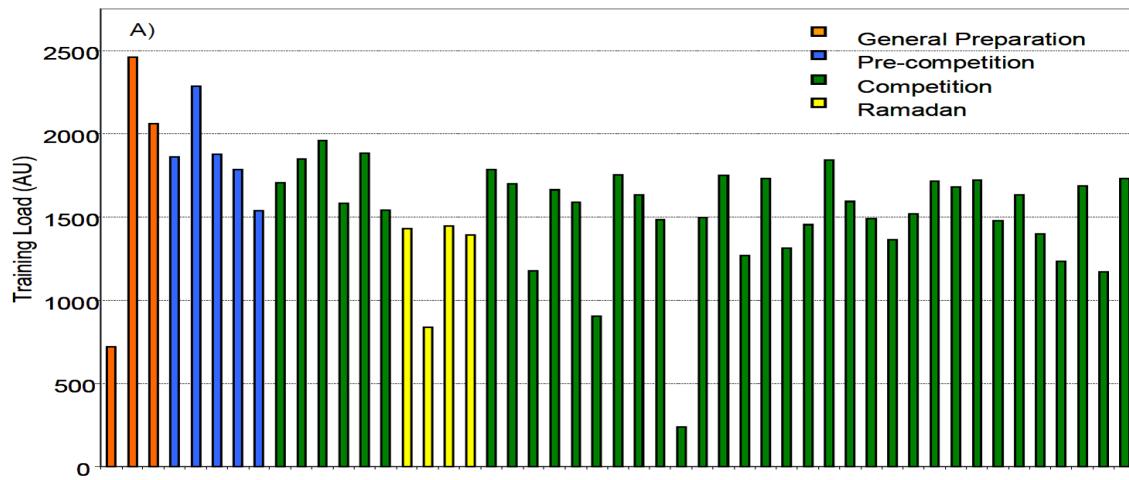
Figuur 1.11: Een schematisch jaarplan voor teamsporten. AR=actieve recuperatie; GS = algemene kracht; MC = metabole conditionering; MS = maximale kracht; PR = psychologisch herstel; SSe = sportspecifieke uithouding; SSSP=sportspecifieke kracht en vermogen; TP=techniek perfectioneren; TTS=technisch-tactische vaardigheden. (Issurin, 2010)

In tegenstelling tot de meeste individuele duursporten werken teamsporters, meer specifiek de basisspelers, om de drie tot negen dagen een competitiewedstrijd af en dit gedurende zes tot acht maanden per jaar. Daarbij leidt een ongebalanceerde stressherstel relatie uiteindelijk tot een gedaald maximaal prestatievermogen. Naast een verminderde prestatie kan ook het blessurerisco stijgen. Teams horen te trainen tussen de minimale TL om een verbetering in fitheid te bekomen en de maximaal tolereerbare TL alvorens blessures toenemen. Na 2 seizoenen opvolging van 91 elite rugbyspelers spelend op het hoogste nationale niveau werd door middel van logistische regressie de invloed van de TL op het niet-contact blessurerisico achterhaald (Gabbett, 2010) (figuur 1.12). De 2 daaropvolgende jaren werd het predictiemodel getoetst aan de werkelijkheid om een indicatie van de sensiviteit (87.1%) en specificiteit (98.8%) te verkrijgen. Dertig procent bezit langdurige, systematische sRPE opvolging het potentieel om het individuele blessurerisco te beperken.



Figuur 1.12: Relatie tussen TL, seizoensperiode en het niet-contact blessurerisico in elite rugbyspelers Gabbett (2010)

sRPE opvolging kan een indicatie verschaffen van de ervaren belasting over een langdurige periode. Bijvoorbeeld, de opgetelde trainings- en wedstrijdbelasting tijdens een volledig seizoen bedroeg 81774 AU (individuele range, 76693 – 86855 AU) bij Australian Football spelers met 2-3 jaar ervaring op het hoogste nationale niveau (Rogalski *et al.*, 2013). Macrocycli met gepercipieerd TL profiel zijn schaars in teamsporten. Voor atleten spelend op het hoogste nationale niveau werd er slechts één studie gevonden voor indoor (Miloski *et al.*, 2012) en outdoor (Coutts *et al.*, 2008) voetbal. Figuur 1.13 toont de belasting van het outdoor voetbalteam op jaarrbasis. De meeste studies betreffende TL bij balsporten in teamverband beschrijven TL gedurende < 13 weken (Clarke en Farthing, 2013; Manzi *et al.*, 2010; Nunes *et al.*, 2014). Als teamsport is voornamelijk voetbal al uitgebreid bestudeerd (Akubat *et al.*, 2012; Alexiou en Coutts, 2008; Algroy *et al.*, 2011; Coutts *et al.*, 2008; Impellizzeri *et al.*, 2004; Putlur *et al.*, 2004).



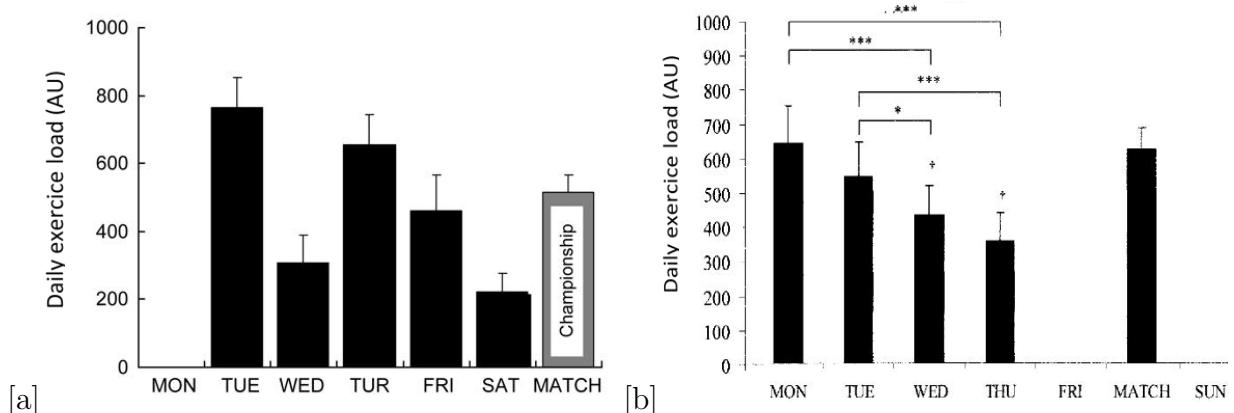
Figuur 1.13: De evolutie in TL van een professioneel Tunesisch voetbalteam. (Coutts *et al.*, 2008)

Voorbereiding versus competitie Periodiseren dient om te variëren in TL met afwisselend zware en lichtere ingeplande perioden waardoor TLs hoogstwaarschijnlijk periodegebonden zijn. Coutts *et al.* (2008) rapporteerden een hogere trainingsbelastingsindex tijdens de voorbereidingsperiode ten opzichte van de competitieperiode. De $\text{TL}_{\text{totaal}}$ van een rugbyploeg lag met ~ 3500 AU tijdens de voorbereiding hoger dan de ~ 2000 AU tijdens de competitie (Coutts *et al.*). Ook beloftevolle Italiaanse voetballers (17.2 ± 0.8 jaar, LG 69.1 ± 4.7 kg, LL 178.1 ± 5.8 cm) van 2 elite voetbalclubs werden tijdens de voorbereiding zwaarder belast dan tijdens de competitie (3475 ± 249 AU versus 2798 ± 322 AU) (Impellizzeri *et al.*, 2006). Een Koreaans voetbalteam spelegend op het hoogste nationale niveau ervoer tijdens een voorbereidingsweek een TL_{week} van gemiddeld 4343 AU die tijdens competitie daalde tot 1703 AU (Jeong *et al.*, 2011). Wahl *et al.* (2014b) omschreven zo een zware trainingsweek in de voorbereiding als een *shock microcyclus* in funct

AU (Algoy *et al.*, 2011). Deze resultaten suggereren dat trainingen tijdens de voorbereiding intensiever zijn dan tijdens het competitieperiode. Denkbare redenen voor dergelijke verschillen:

1. De trainersstaf die intuïtief tracht de totale belasting zo min mogelijk te verstören. In competitie komt de wedstrijdbelasting er immers nog bij.
2. Aanpassingen in TL gebeuren om specifieke trainingsadaptaties te induceren. Bijvoorbeeld, enerzijds de nadruk op fysieke conditionering tijdens de voorbereiding en anderzijds het ontwikkelen van groepsvaardigheden of tactische patronen tijdens de competitiefase.

Wedstrijdgericht weekprofiel sRPE opvolging kan ook de dagelijkse of wekelijkse ervaren TL door een atleet of team weergeven. TL_{week} bedroeg ~ 2000 AU in jonge getalenteerde voetbalspelers (17.6 ± 0.7 jaar, $VO_2 max = 57.1 \pm 4.0$ mL/min/kg) bij 1 wekelijkse wedstrijd (Impellizzeri *et al.*, 2006). TL_{dag} lag drie dagen voor de wedstrijd op 500 - 600 AU in een professioneel Tunesisch voetbalteam, waarna een reductie in belasting volgde in functie van de wedstrijd (Coutts *et al.*, 2008). De spelers voelden zich vermoeid wanneer TL in het midden van de week boven 700 AU steeg. Ook bij elite basketballers was een dergelijk patroon aanwezig gaande van 656 ± 88 AU drie dagen voor de wedstrijd met een reductie in TL tot 222 ± 56 AU de dag voor de wedstrijd (figuur 1.14) (Manzi *et al.*, 2010). Daarentegen ervoeren beloftevolle voetballers (17.6 ± 0.7 jaar, 70.2 ± 4.7 kg, 178.5 ± 4.8 cm) de zwaarste teamtraining op maandag (634 ± 116 AU) met een quasi constante daling tot de laatste weektraining op donderdag (343 ± 65) bij wedstrijd op zaterdag (figuur 1.14) (Impellizzeri *et al.*, 2004). Een loom gevoel is mogelijk bij sterke TL vermindering ($TL < 150$ AU) 1 - 2 dagen voor een wedstrijd (Coutts *et al.*, 2008).

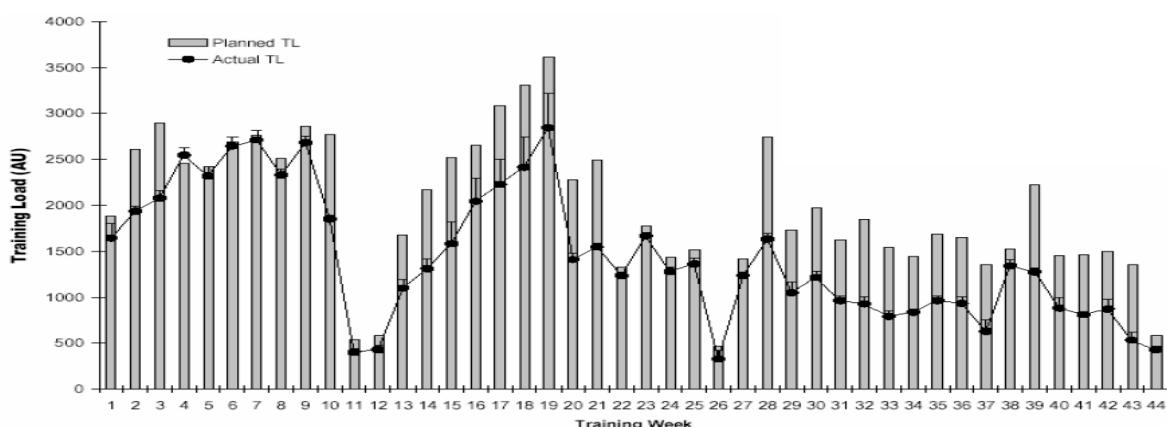


Figuur 1.14: Wekelijkse periodisering in (a) een elite basketbalploeg met wedstrijd op zondag en (b) een U18 voetbalploeg met wedstrijd op zaterdag. Aangepast. (Impellizzeri *et al.*, 2004)

Dagelijkse trainingsactiviteit sRPE opvolging kan bepaalde inspanningsvormen van elkaar onderscheiden. In een duursport zoals wielrennen tijdens de Ronde van Spanje ervoeren elite wielrenners de vlakke etappes als minder belastend dan bergetappes over het midden- of hooggebergte (Rodriguez-Marroyo *et al.*, 2013). In een teamsport zoals volleybal werden fysieke trainingen (5.7 ± 0.8) als lastiger gepercipieerd dan de technisch-tactische trainingsvorm (3.7 ± 0.8) en wedstrijd (4.3 ± 1.4) in een periode van 15 weken sRPE opvolging bij 12 volleybalspelsters uit Spaanse 3de klasse (21 ± 3 jaar, 170.5 ± 6.6 cm) (Rodríguez-Marroyo *et al.*, 2013). Wedstrijdbelasting via sRPE opvolging is afhankelijk van de sporttak. Daar staat tegenover dat elite Australian football spelers tijdens de gemiddelde competitiewedstrijd een inspanningsbelasting van ~ 912 AU te verduren kregen terwijl dit voor looptrainingen slechts 111 AU bedroeg (Rogalski *et al.*, 2013). Naast een mogelijk verschil in volume en fysiologische kenmerken zijn er ook de fysieke contacten die kunnen bijdragen tot de sRPE-waarde.

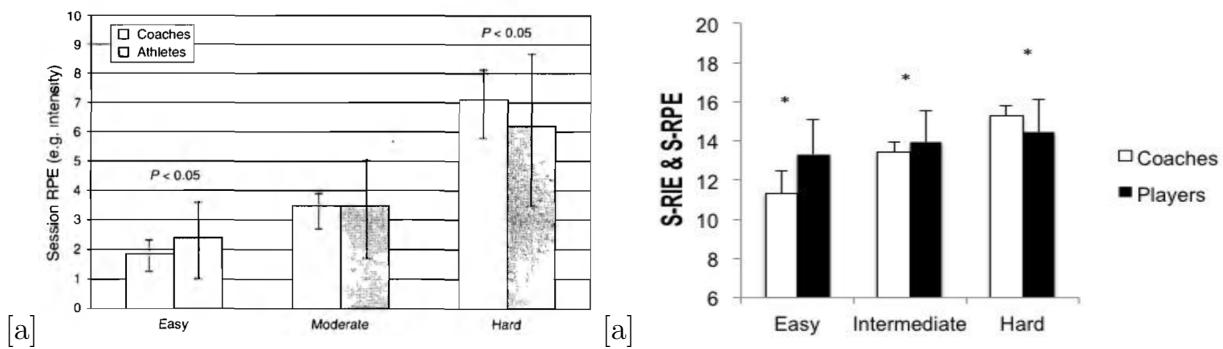
1.4.2 Ingepland versus ervaren trainingsbelasting

Een adequate inschatting van de te ervaren belasting is cruciaal om de gewenste, ingeplande trainingseffecten te bereiken. Wallace *et al.* (2009) stelden dat de perceptie in TL tussen trainers en atleten vaak verschilt. Een misinterpretatie van ingeplande en ervaren sRPE komt dus voor en zo een verschillen zouden tot maladaptatie aan training kunnen leiden. Als één speler hogere sRPE-waarden opgeeft dan de spelersgroep, dan kan deze discrepantie een vroege indicatie zijn voor maladaptatie. Dit kan impliceren dat een speler onvoldoende hersteld is van voorgaande trainingen, bijvoorbeeld door ernstige spierschade (Marcora en Bosio, 2007) of door een verminderde koolhydraatvoorraad in de spier (Jeukendrup *et al.*, 1992). Figuur 1.15 doet dan weer vermoeden dat de werkelijke TL onder de ingeplande TL kan liggen doorheen een volledig seizoen in teamsporten. Het gevolg kan een te lage trainingsprikkel zijn, waardoor geen verbetering in fysieke prestatieparameters optreedt.



Figuur 1.15: Ingeplande versus werkelijke trainingsbelasting van een rugbyteam. Grijze staven = ingeplande belasting, zwarte cirkels = werkelijke belasting. (Coutts *et al.*)

Afhankelijk van de zwaarte van een sessie kan een trainer de sRPE onder- of overschat-ten. Competitieve middellange en lange afstandslopers van een universiteitsteam gaven een andere intensiteitsscore op dan de ingeplande score door hun trainers (Foster *et al.*, 2001b). Lichte sessies werden er zwaarder ervaren dan aanvankelijk voorzien (2.4 versus 1.8) en de vooraf als zwaar geclassificeerde trainingssessies waren minder zwaar (6.2 ver-sus 7.1) (figuur 1.16). Een gelijkaardig patroon was aanwezig bij 15 elite volleyballers van een Braziliaans team, waarbij zowel de lichte als zwaar ingeplande sessies als matig intensief werden ervaren (Andrade *et al.*, 2014). Bovendien was er enig verschil in sessies aan matige intensiteit tussen spelers en trainer (3.9 vs. 4.6, $p = 0.01$). Ook belofte-volle U17 en U19 voetballers spelend op het hoogste niveau in Nederland ervoeren de lichte en matige trainingen als intensiever dan vooropgesteld door hun trainers terwijl het omgekeerde fenomeen gold bij de zware sessies (figuur 1.16) (Brink *et al.*, 2013). Bij wielrenners (Delattre *et al.*, 2006), competitiezwemmers (Wallace *et al.*, 2009), elite judoka's (Viveiros *et al.*, 2011) was er tevens een over- of onderschatting van de inge-plande TL door spelers, en dit onafhankelijk van de TL grootte. Aanwezigheid op de training zou leiden tot een preciezere inschatting post-inspanning (Rodríguez-Marroyo *et al.*, 2013). Want zowel 2 onervaren (≤ 1 jaar) als 2 ervaren (> 10 jaar) trainers kon-den de TL_{week} in 14 van de 15 opgevolgde trainingsweken van een volleybalteam nadien correct inschatten (Rodríguez-Marroyo *et al.*, 2013). Het TL contrast lag in de eerste week -bij seizoensaanvang- misschien hoger omdat de trainersstaf nog moest peilen naar de capaciteiten van zijn ploeg.



Figuur 1.16: Vergelijking tussen de sRPE ervaren door de spelers (S-RPE) en ingepland door de trainer(S-RIE) via (a) Foster's CR10 schaal met *Easy* = licht (sRPE <3), *moderate* = matig (sRPE 3-5) en *hard* = zwaar (sRPE > 5) en (b) de Borg 6-20 schaal met *Easy* = licht (sRPE <13), *moderate* = matig (sRPE 13-14) en *hard* = zwaar (sRPE > 14). * = $p < 0.001$. (Brink *et al.*, 2013; Foster *et al.*, 2001b)

1.5 Fysieke fitheid in het voetbal

Verder zal in deze scriptie één teamsport uitvoerig besproken worden, namelijk voetbal (σ). Modern voetbal vereist naast technische en tactische vaardigheden een bepaalde fysieke conditie om op hoog niveau te presteren. Elite voetbalspelers leggen namelijk ~ 11 km af tijdens een wedstrijd (Bangsbo, 1994a). Tegenwoordig leggen reservespelers in de Engelse Premier League zelfs ~ 14 km per wedstrijd af (Russell *et al.*, 2014). Daarbij sprinten (> 19 km/u) elite voetballers $\sim 1 - 11\%$ van de totaal afgelegde afstand (Mohr *et al.*, 2003). Want tijdens een wedstrijd gebeurt elke ~ 90 s een sprint die meestal 2 - 4 s duurt (Bangsbo *et al.*, 1991; Rienzi *et al.*, 2000). Voetbal bestaat dus voornamelijk uit een aerobe component gecombineerd met korte, intensieve, intermittente acties die grotendeels berusten op anaerobe energielevering. Er is ook evolutie in het spel. De beste teams hun fysieke capaciteiten nemen toe terwijl lager gerankte teams waarden zoals 30 jaar geleden blijven vertonen (Stolen *et al.*, 2005). Spelers in de Engelse hoogste voetbalklasse lopen 2% meer dan 7 seizoenen geleden (Barnes *et al.*, 2014). Daarbovenop worden er nu 85% meer sprints uitgevoerd, met een gestegen sprintafstand van 35%, ten opzichte van vroeger. Zulke korte maar intensieve acties zijn vaak wedstrijdbepalend (Boone *et al.*, 2012). Tijdens deze korte acties wordt creatinefosfaat gemetaboliseerd. Nadien treedt resynthese op tijdens een relatieve rustperiode (Bangsbo, 1994a). De snelheid van heraanvoer berust daarbij op het aerobe metabolisme (Sahlin *et al.*, 1979). Een sterk ontwikkelde aerobe fitheid is dus een sleutel element in elite voetbal (Oreilly en Wong, 2012). Want een voetbalwedstrijd duurt ongeveer 90 minuten aan gemiddeld $\sim 70\% - \dot{V}O_2 \text{ max}$ (Mohr *et al.*, 2004). Daarmee komt de gemiddelde wedstrijd-intensiteit met $\sim 85\%$ HF_{piek} en ligt dus rond de anaerobe drempel⁴ (Bangsbo, 1994a; Krstrup *et al.*, 2005).

Prestatie-evaluatie binnen het voetbal is complex door diens eigenschappen (Stolen *et al.*, 2005). Onorthodoxe bewegingspatronen zijn er gecombineerd met een wijde *range* aan fysiologische vereisten, leidend tot een variabel en individueel activiteitenpatroon (Oreilly en Wong, 2012). Toch variëren fysieke parameters (bv. totale sprintafstand) minder als technische parameters (bv. aantal tackles) tijdens wedstrijden op het hoogste niveau (Premier League) (Bush *et al.*, 2015). Traditionele methoden om de aerobe fitheid te meten berusten op de $VO_2 \text{ max}$ -test. Deze kan via een continu inspanningsprotocol in labo-omstandigheden worden uitgevoerd. Op die manier wordt een accurate indicatie verschafft van de capaciteit om zuurstof te leveren aan de actieve spiermassa. $VO_2 \text{ max}$ -waarden zijn al gebruikt om succesvolle van niet-succesvolle teams te onderscheiden (Apor, 1988; Russell en Kingsley, 2011; Wisloff *et al.*, 1998). Ploegen met een hogere aerobe capaciteit leggen meer afstand af, voeren meer sprints uit en ondernemen meer acties met de bal (Helgerud *et al.*, 2001). Elite voetballers' relatieve $VO_2 \text{ max}$ varieert algemeen tussen 55 en 65 ml/min/kg (Ekblom, 1986; Hoff *et al.*, 2002; Sporis *et al.*,

⁴De hoogste inspanningsintensiteit waarbij lactaateliminatie gelijk is aan lactaatproductie; Maximal Lactate Steady State

2009), zie tabel 1.4 voor een selectief overzicht. $\text{VO}_{2\max}$ -waarden van top elite spelers werden al door Casajüs (2001) geresumeerd. Een grote groep professionele voetballers ($n = 289$) uit de hoogste Belgische divisie vertoonde een gemiddelde $\text{VO}_{2\max}$ van $57.7 \pm 4.7 \text{ ml/min/kg}$ (Boone *et al.*, 2012). Een professionele Griekse voetbalploeg vertoonde een $\text{VO}_{2\max}$ -waarde van 60.1 ml/min/kg (Kalapotharakos *et al.*, 2011). Ook een voetbalploeg uit de Engelse tweede divisie liet similaire $\text{VO}_{2\max}$ -waarden optekenen met $61.6 \pm 0.6 \text{ ml/min/kg}$ (Clark *et al.*, 2008). Een drempelwaarde van 60 ml/min/kg zou gelden om als 'elite' voetbalspeler beschouwd te worden. Kalapotharakos *et al.* (2011) en Clark *et al.* (2008) bekrachtigen deze stelling door aan te geven dat elite voetbalspelers uit meerdere landen dergelijke drempelwaarde vertonen (Casajüs, 2001; Chamari *et al.*, 2005; Helgerud *et al.*, 2001; McMillan *et al.*, 2005b). Recentelijk besloten Tønnessen *et al.* (2013) uit een sample van 1545 voetbalspelers dat $\sim 62 - 64 \text{ mL/min/kg}$ voldoet aan de aerobe vereisten in elite voetbal (σ). De hoogste $\text{VO}_{2\max}$ -waarde van een elite voetbalploeg bedroeg 67.6 ml/min/kg en van een elite speler 78.4 ml/min/kg (Wisloff *et al.*, 1998). In duursporten ligt de hoogst gerapporteerde waarde op 90.6 ml/min/kg (Burtscher *et al.*, 2011). Naast de bestudeerde populatie zijn verschillen tussen studies toe te schrijven aan het gebruikte protocol (bv. 5 versus 8 min stappenprotocol; Yoon *et al.* (2007)), het metabool meetsysteem (bv. Jaeger Oxycon Mobile versus Pro; Díaz *et al.* (2008)) of de seisoensperiode (bv. tussenseizoen versus competitie). Bijvoorbeeld, aan het einde van een competitieseizoen werden de hoogste $\text{VO}_{2\max}$ -waarden van jonge voetballers (16.1 jaar, 177.6 cm, 64.4 kg) gerapporteerd (Jastrzebski *et al.*, 2012).

Methoden om de prestatie van voetballers te evalueren zijn geëvolueerd doorheen de tijd (Oreilly en Wong, 2012). In een recente review stelden Oreilly en Wong (2012) dat de $\text{VO}_{2\max}$ -test onvoldoende gevoelig is om specifieke aspecten van een voetbalwedstrijd na te gaan. Ook zou enkel een $\text{VO}_{2\max}$ -test onvoldoende gevoelig zijn om spelers -en hun fysiologische aanpassingen- te differentiëren in een voetbalseizoen (Hoppeler en Weibel, 2000). Om fysiologische verschillen tussen spelers van verschillende niveaus aan te tonen, dringt een evaluatie van de aerobe en anaerobe component zich op.

Kijkend naar het anaeroob vermogen sprongen beloftevolle spelers met contract beter ($p = 0.011$) en liepen ze sneller op de 5 m sprinttest ($p = 0.041$) dan die zonder contract (Deprez *et al.*, 2015). Ongeveer 17% van de toekomstige speelminuten kon er worden voorspeld door een sprongtest. Explosiviteit van het onderste lidmaat speelt dus een rol in de ontwikkeling van elite voetballers. Hoewel, verticale spronghoogte bleek geen discriminerende factor te zijn tussen U17, U20 en U21 nationale voetbalteams (Castagna en Castellini, 2013). De Italiaanse nationale jeugdploegen (U17 tot U21) realiseerden een squat jump (SJ) van $37.6 \pm 4.44 \text{ cm}$ en een Counter Movement Jump (CMJ) van $40.5 \pm 4.4 \text{ cm}$ (Castagna en Castellini, 2013). Maar ook in volwassen elite vonden Wisloff *et al.* (1998) geen significant verschil in spronghoogte tussen de hoogst en laagst geclasseerde ploeg uit de Noorse liga. Professionele Franse spelers uit eerste klasse ($n = 29$) sprongen niet hoger dan diegene uit tweede klasse ($n = 34$) bij de CMJ ($p = 0.15$), maar wel bij de SJ ($p < 0.001$) (Cometti *et al.*, 2001). Rampinini *et al.* (2007a) stelden dat

de verticale spongohoogte goed getrainde spelers niet van elkaar onderscheidt en CMJ data van 939 professionele voetbalspelers ondersteunen deze stelling (Haugen *et al.*, 2013), implicerend dat er onvoldoende bewijs is om te claimen dat spongohoogte een prestatiediscriminerende factor in elite voetbalspelers is. Voetballers hun spongohoogte piekt meestal tussen 27 - 30 jaar (Boone *et al.*, 2012). Als indicator voor het algemeen spiervermogen zou de spongohoogte bij voetballers volgens Bourgois en Vrijens (2011) 50.7 cm bedragen. In een review stelt Stolen *et al.* (2005) dat het aannemelijk is dat de verticale spongohoogte voor elite voetbalspelers naar 60 cm neigt. Toch bedroegen de SJ en CMJ van Belgische competitiespelers respectievelijk slechts 40.7 ± 4.6 en 43.1 ± 4.9 cm (tabel 1.4) (Boone *et al.*, 2012). Zelfs de mannelijke Spaanse volleybalploeg -met winst op het Europees kampioenschap 2007- behaalde slechts een CMJ en SJ prestatie van achtereenvolgens 43.9 tot 47.9 cm en van 46.5 tot 49.7 cm over 3 seizoenen (Borràs *et al.*, 2011). Inzake meetnauwkeurigheid wordt een krachtplaat aangeraden als meetinstrument en in mindere mate een contactmat (Dias *et al.*, 2011). De betrouwbaarheid voor SJ, CMJ en een 20m sprinttest met metingen in dezelfde maand is groot met ICC gaande van 0.89 tot 0.95 en een CV tussen 1.9% en 2.6% (Moir *et al.*, 2004). Zolang de testprocedure gestandaardiseerd is met opwarming en zonder statische stretching zou familiarisatie niet nodig zijn (Ndlec *et al.*, 2012; Sayers *et al.*, 2008).

Sprints van 5 tot 40 m kunnen fungeren als evaluatiemethode in teamsporten en werden al meermaals toegepast in elite voetbal (Barbero-Alvarez *et al.*, 2010; Boone *et al.*, 2012; Haugen *et al.*, 2013; Hill-Haas *et al.*, 2009; Shalfawi *et al.*, 2013; Sporis *et al.*, 2009; Tønnessen *et al.*, 2011; Vescovi, 2012; Wisloff *et al.*, 2004). Bij elite voetbalsters konden de 5 en 10 m sprint de basisspelsters differentiëren (Vescovi, 2012). Echter, de reeds aangehaalde Franse spelers uit eerste en tweede klasse hun sprinttijd over 10 m en 30 m verschilden niet significant van elkaar ($p>0.05$) (Cometti *et al.*, 2001). Toch sprintten professionele spelers uit de hoogst aangeschreven Europese liga's enigszins sneller dan diegene uit de lagere liga's (Dupont *et al.*, 2004; Haugen, 2014). Haugen (2014) berekende dat de snelste, huidige voetbalspelers ~ 0.6 s trager waren dan 's werelds snelste sprinters over 40 m. Ook shuttle run tests worden toegepast hoewel de afgelegde afstand sterk kan variëren, bijvoorbeeld 5x10 m (Boone *et al.*, 2012) tegenover 40x15 m (Little en Williams, 2007). Brink *et al.* (2010); Gabbett en Domrow (2007) gebruikten al shuttle run tests om zicht te proberen krijgen op de relatie TL - trainingseffect. De ervaren TL zou daarbij afhangen van de aerobe fitheid, aangezien Milanez *et al.* (2011) voor elite zaalvoetbal stelden: "The $\text{VO}_{2\max}$ plays a key role in determining the magnitude of an individual's perceived exertion during training sessions." Want zowel $\text{TL}_{\text{totaal.gem}}$ ($r = -0.78$) als de gesommeerde TL per speler ($r = -0.75$) correleerden er negatief met de $\text{VO}_{2\max}$ na 4 weken competitie. Bijgevolg percipieerden spelers ($n = 9$) met een betere aerobe fitheid ($> 60 \text{ ml/min/kg}$) gelijkaardige externe belastingen als minder vermoedend dan spelers met een lager fitheidsniveau. Een speler met een $\text{VO}_{2\max}$ van 58 mL/min/kg zou een interne belasting ervaren die $\sim 34\%$ hoger ligt dan die van een speler met een $\text{VO}_{2\max}$ van 63 ml/min/kg bij een gelijkaardige externe belasting.

Tabel 1.4: Een kort overzicht van potentiële prestatieparameters met gerapporteerde waarden in elite voetbalteams.

Cross-sectionele studies	Niveau ~ + land	n	Positie	Antropometrie		VO _{2max} (ml/kg/min)	AnD (%VO _{2max})	Spronghoogte CMJ (cm)	Spronghoogte SJ (cm)
				LL (cm)	LG (kg)				
Bangsbo (1994)	Elite Denemarken	5	K	190,0 (±6,0)	87,8 (±8,0)	51,0 (±2,0)			
		13	CV	189,0 (±4,0)	87,5 (±2,5)	56,0 (±3,5)			
		12	V	179,0 (±6,0)	72,1 (±10,0)	61,5 (±10,0)			
		21	MV	177,0 (±6,0)	74,0 (±8,0)	62,6 (±4,0)			
Boone et al. (2012)	Eerste liga België	14	A	178,0 (±7,0)	73,9 (±3,1)	60,0 (±3,7)			
		17	K	188,2 (±4,5)	84,2 (±5,2)	52,1 (±5,0)		45,6 (±2,6)	42,2 (±2,9)
		60	CV	186,4 (±4,3)	82,5 (±5,0)	55,6 (±3,5)		46,0 (±4,1)	42,4 (±4,2)
		82	V	179,3 (±4,8)	73,4 (±6,4)	61,2 (±2,7)		41,0 (±3,8)	38,6 (±2,8)
		68	MV	181,3 (±4,1)	76,7 (±5,1)	60,4 (±2,8)		41,4 (±3,7)	39,4 (±3,0)
Faina et al. (2012)	Professioneel Italië	62	A	183,5 (±6,7)	78,6 (±4,8)	56,8 (±3,1)		44,2 (±4,2)	41,2 (±4,2)
		27		177,2 (±4,5)	74,4 (±5,8)	58,9 (±6,1)		43,5	40,4
Matkovic et al. (1993)	Eerste liga Kroatië	44		179,1 (±5,9)	77,5 (±7,19)	52,1 (±10,7)			
Puga et al. (1993)	Eerste liga Portugal	2	K	186,0	84,4	52,7			
		3	CV	185,3	75,9	54,8			
		2	V	175	67,5	62,1			
		8	MV	176,8	74	61,9			
		6	A	174,6	71,1	60,6			
Rhodes et al. (1986)	Olympisch team Canada	16		177,3 (±6,5)	72,6 (±6,2)	58,7 (±4,1)		37,7	
Wisloff et al. (1998)	Eerste liga Noorwegen	14		181 (±4,8)	76,9 (±6,3)	67,6 (±4,0)			
Longitudinale studies	Niveau ~ + land	n	Meetmoment -periodes	Antropometrie		VO _{2max} (ml/kg/min)	AnD (%VO _{2max})	Spronghoogte CMJ (cm)	Spronghoogte SJ (cm)
				LL (cm)	LG (kg)				
Casajus (2001)	Eerste liga Spanje	15	september	180,0 (±8,0)	78,5 (±6,5)	65,5 (±8,0)		76,6	47,8
		15	februari	180,0 (± 8,0)	78,5 (±6,45)	66,4 (±7,6)		79,4	41,4 (±2,7)
Helgerud et al. (2001)	Eerste liga Noorwegen	21	8 weken	183,9 (±5,4)	78,4 (±7,4)	60,5 (±4,8)		57,2	
		21		183,9 (±5,4)	78,4 (±7,4)	65,7 (±5,22)			
Heller et al. (1992)	Eerste liga Tsjechië	12		183,0 (±3,5)	75,6 (±3,4)	60,1 (±2,8)		79,4	
		12				59,3 (±3,1)		81,1	
Kalapharakos et al. (2011)	nationale liga Griekenland	12	juli	179 (±6,0)	74,2 (±6,5)	58,1 (±3,1)		75,5 (±3,6)	
		12	oktober		74,6 (±6,5)	60,8 (±2,7)		77,7 (± 3,0)	
		12	januari		74,2 (±6,6)	61,2 (± 2,3)		78,3 (±2,6)	

LL = lichaamslengte, LG = lichaamsgewicht, AnD = anaerobe drempel

Coutts *et al.* (2008) stelden dat er nog maar weinig beschrijvend onderzoek is verricht betreffende periodisering in elite teamsporten. Een van de limitaties betreffende traditionele periodisering in goed getrainde atleten is het gefundeerd kunnen aanbieden van sufficiënte trainingsstimuli en een adequate belasting om verdere progressie te realiseren (Issurin, 2010). Veranderingen in prestatie kunnen daarbij beschouwd worden als de gouden standaard ter opvolging van de trainingseffectiviteit. Knicker *et al.* (2011) claimden overigens dat data betreffende vermoeidheid in sportcompetities schaars zijn. Daarbovenop geven Kalapharakos *et al.* (2011) aan dat "*Future studies should examine the seasonal aerobic performance variation in relation to the training load*". Er is dus nood aan opvolging van de TL om de periodisering in elite ploegsporten te kwantificeren waarbij tevens de evolutie in potentiële prestatieparameters in rekening wordt gebracht.

1.6 Onderzoeksvragen

Dit descriptief onderzoek is eerder exploratief dan inferentieel van aard door volgende onderzoeksvragen:

- Verschilt de TL naargelang het aantal wekelijkse wedstrijden?
- Zijn er verschillen in TL tussen de inspanningsvormen?
- Hebben trainersstaf en spelersgroep dezelfde perceptie bij lichte, matige en zware trainingsintensiteiten?
- Maken elite voetbalspelers progressie in potentiële prestatieparameters overeen de voorbereidingsperiode en het reguliere competitieseizoen?
- Bestaat er een lineair verband tussen enerzijds de spelers' gepercipeerde TL en anderzijds hun $\text{VO}_2 \text{ max}$ -waarde en tijd op de shuttle run test?

Hoofdstuk 2

Methode

2.1 Ethische goedkeuring

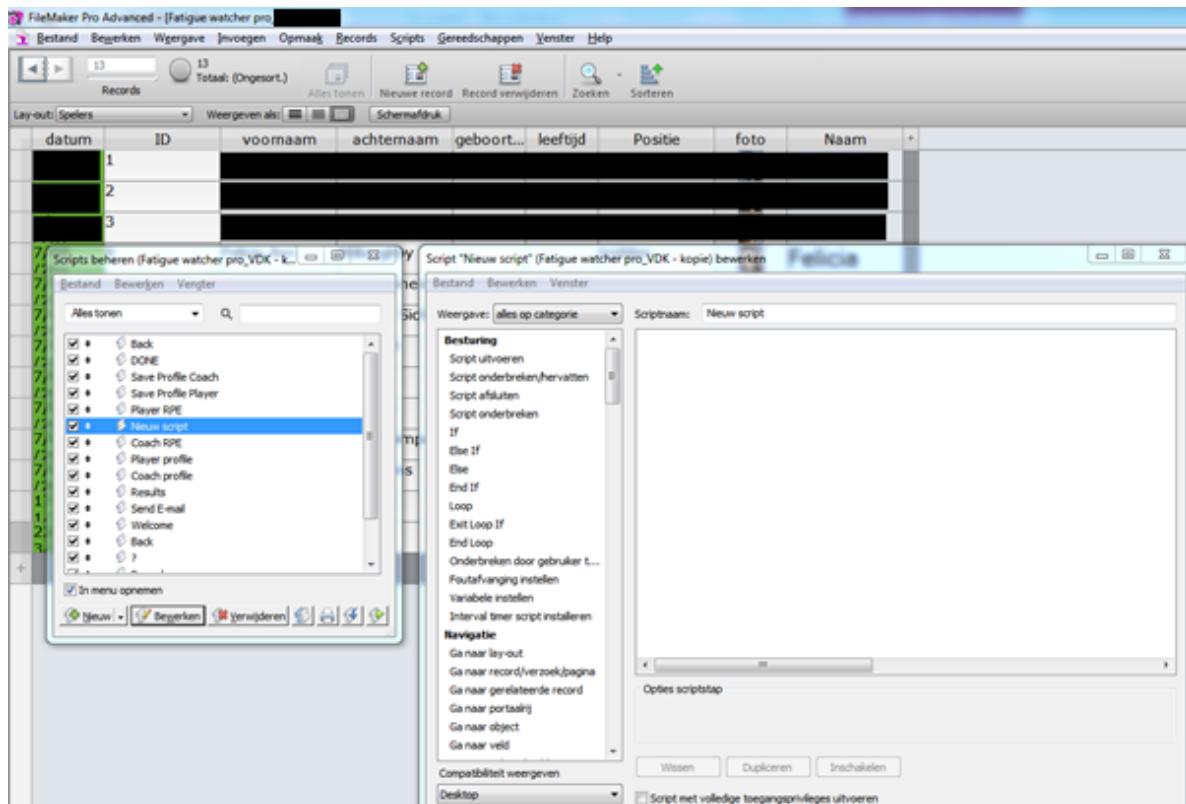
De studie werd goedgekeurd door de Commissie voor Medische Ethisiek verbonden aan het Universitair Ziekenhuis Gent. Na het ontvangen van verbale toelichting en het lezen van de informatiebrief werd schriftelijke toestemming verkregen van alle deelnemers. Alle proefpersonen waren bekend met de potentiële voordelen en risico's bij participatie. De studie is uitgevoerd volgens de ethische standaarden in onderzoek inzake sport en inspanning, rekening houdend met de verklaring van Helsinki (Harriss en Atkinson, 2009).

2.2 Subjecten

De studie werd uitgevoerd bij 28 mannelijke elite voetbalspelers van eenzelfde club (gemiddelde \pm SD, leeftijd = 25 ± 5 jaar, lichaamslengte = 182.1 ± 7.0 cm, lichaamsgewicht = 77.3 ± 8.5 kg). De afgelopen 10 jaar werd de club landskampioen, vice-landskampioen en winnaar van de Belgische Supercup en Beker van België. De elite atleet kan gedefinieerd worden volgens uiteenlopende variabelen. Deze studie opteerde voor de operationele definitie van Lorenz *et al.* (2013) waarbij de elite atleet onder meer op een hoger niveau speelt dan de niet-elite binnen een sporttak. Met voltijds betaalde voetballers spelend op het hoogste nationale niveau (Jupiler Pro League) en met 7 ± 4 jaar ervaring als professionele sporter werd aan bovenstaande voorwaarde voldaan. Ook de hoofdtrainer en fysieke trainer met respectievelijk 6 en 4 jaar ervaring in eerste klasse participeerden. Zij deelden de spelers in naargelang spelpositie: doelman, verdediger, flankspeler, middenvelder of aanvaller.

2.3 Experimentele procedure

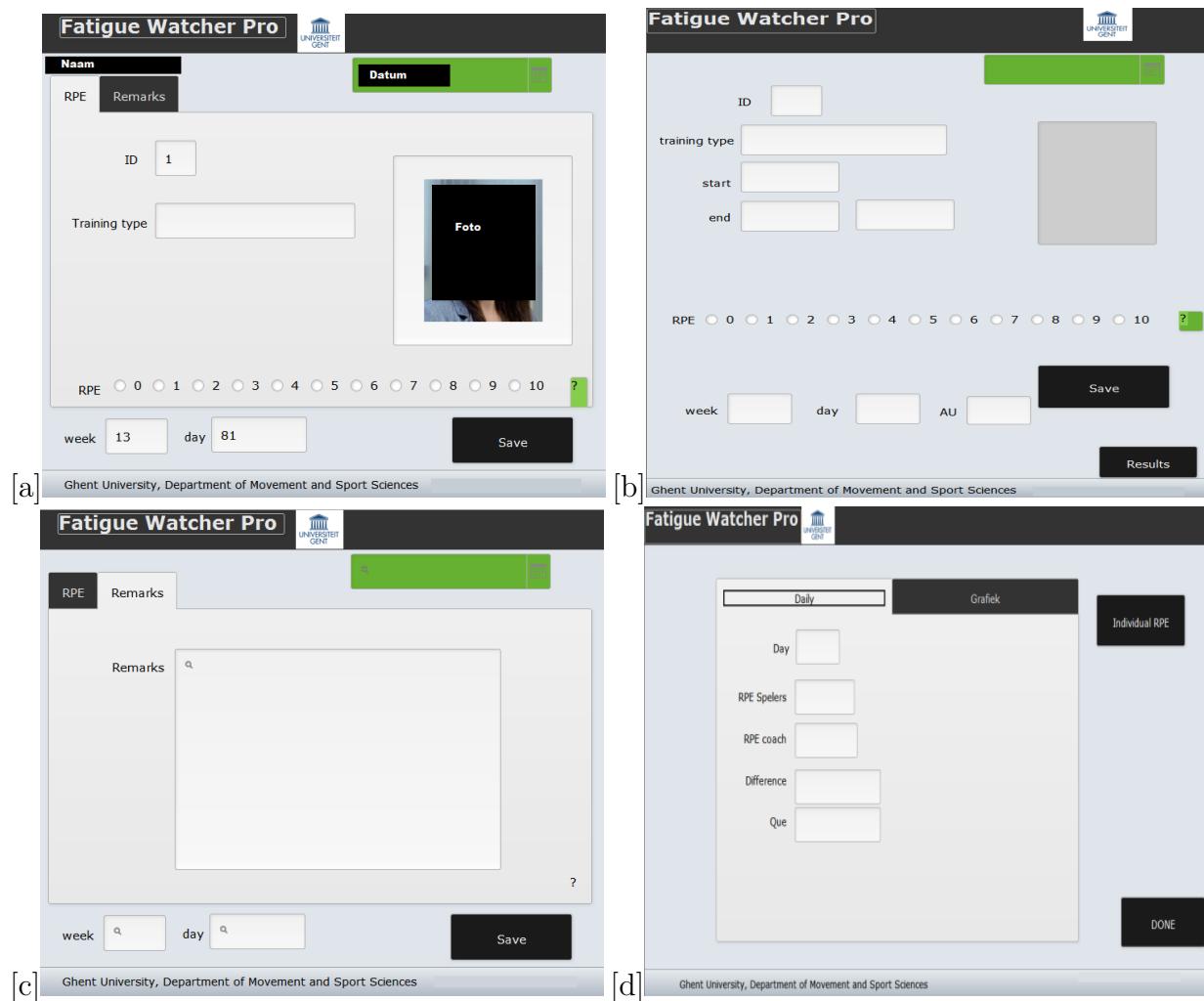
Deel A besloeg een prospectieve single-cohort studie met TL (sRPE * trainingsduur) opvolging tijdens de competitieperiode 2014 - 2015. TL werd verzameld vanaf speeldag 14 in de reguliere competitie tot twee weken voor de winterstop met sRPE registratie na elke afgewerkte trainingssessie in groep. Tijdens elke trainingssessie beschikte de trainersstaf over een iPad tablet (Apple Inc, Cupertino, CA, VS). Hierop was een zelf ontwikkelde applicatie geïnstalleerd via Filemaker Go software (v13.0.4, Filemaker Inc, Santa Clara, CA, VS). Deze applicatie werd ontwikkeld in het commerciële databaseprogramma Filemaker Pro (v12.0, Filemaker Inc, Santa Clara, CA, VS) (figuur 2.1). Filemaker Pro genoot de voorkeur vanwege het gebruiksgemak voor de beginnende softwareontwikkelaar in vergelijking met geavanceerde en op programmeertaal gebaseerde databasesystemen. Filemaker Go kan gebruikt worden in stand-alone modus of als netwerk gebaseerde toepassing. Dit laatste laat toe om datasets vanop verschillende toestellen on demand te synchroniseren. De stand-alone modus werd toegepast omdat er slechts één toestel in gebruik was. Hierbij was er de mogelijkheid om de database via e-mail te verzenden naar een opgegeven contactadres.



Figuur 2.1: Ontwikkeling van de applicatie in Filemaker Pro door middel van zelfgeschreven scripts.

De applicatie liet toe om de gepercipieerde trainingsbelasting, aan de hand van een sRPE-waarde en bijhorende trainingsduur, automatisch te kwantificeren. sRPE registratie was gebaseerd op Fosters' gemodificeerde CR10 schaal (tabel 1.2) (Foster *et al.*,

2001a). Een 0 score werd toegekend op dagen zonder training (Rodríguez-Marroyo *et al.*, 2013). Aan elke speler werd gevraagd "Hoe intens was jouw trainingssessie?". Quotering gebeurde 15 tot 30 min na het afwerken van een training (Foster, 1998). Ook de trainersstaf gaf dan een score in. De trainingsduur liep van aan het begin van de opwarming tot na het afwerken van de laatste oefening, inclusief herstel- en rustperiodes. Verder kon de trainingsvorm, de tijdstip van training en de trainingsfrequentie worden ingegeven in een bijhorende cel (figuur 2.2). De trainingsvormen waren: herstel, technisch-tactisch, voetbalconditioneel, kracht of extensieve duurloop. Elke speler en elk lid van de trainersstaf beschikte over een uniek identificatienummer (rugnummer). Dit laatste maakt het mogelijk om iedere speler te linken aan informatie uit de verschillende cellen.

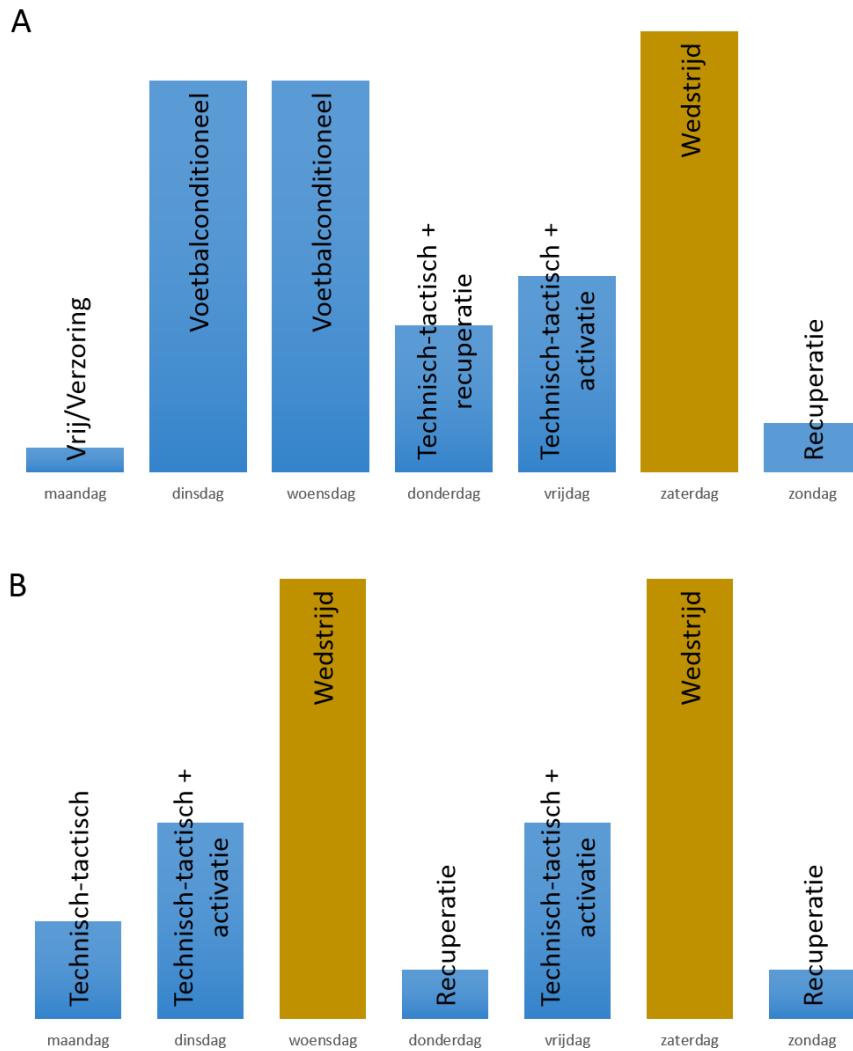


Figuur 2.2: Overzicht van de applicatie's interface. a) Spelersmenu: datum, persoonlijk identificatienummer, inspanningsvorm en sRPE-score ingeven. b) Trainersmenu: zoals A plus start- en eindtijd van de sessie. c) Mogelijkheid tot het ingeven van bemerkingen. d) Resultaten opvragen per dag (numerisch) of per week (visueel)

Het multidisciplinair trainersmodel in figuur 1.1 geeft aan dat een lid van de trainersstaf de atleet hoort op te volgen. Dataverzameling gebeurde daarom door de fysieke trainer na elke ingeplande inspanning op de club. Spelers noch trainers waren bij aanvang van de studie vertrouwd met de applicatie. De makers van de applicatie verschaften uitleg aan de fysieke trainer omtrent het correct gebruik van de applicatie en overhandigden een gebruikershandleiding¹. Ingegeven data konden nadien door de trainersstaf opgevraagd worden als grafiek die de TL_{week} van de trainer versus de spelersgroep toonde. Overigens konden individuele waarden in tabelvorm opgevraagd worden. Tevens werd aangegeven welke spelers geblesseerd of revaliderende waren. Ook werden spelers' sRPE scores van de laatste wedstrijd geregistreerd. Impellizzeri *et al.* (2004) analyseerden alleen de spelers die in een wedstrijd minstens 80 minuten speelden. De geregistreerde belasting is immers tijdsafhankelijk (Foster *et al.*, 2001a). Eventuele vervangingen kunnen dus de groepsbelasting wijzigen. Om de bias inzake wedstrijdbelasting zo laag mogelijk te houden, werden enkel de basisspelers geregistreerd. Bij training in zowel de voormiddag als namiddag werden TLs gesommeerd. TL_{dag} werd opgeteld over de voorbije week (maandag tot en met zondag) om TL_{week} te bekomen. Het middelen van TLs_{dag} gaf $TL_{dag.gem}$. Analoog aan Manzi *et al.* (2010) werden de weken onderverdeeld volgens het aantal wekelijkse wedstrijden, namelijk 0, 1 of 2. $TL_{week.gem}$ werd finaal gekwantificeerd door TLs_{week} te middelen. De week zonder wedstrijd fungeerde als controle om de weken met wedstrijd mee te vergelijken. $TL_{totaal.gem}$ gaf het gemiddelde van de ingegeven sRPE-waarden. Nadien werden trainingsmonotonie en trainingsbelastingsindex berekend (cfr. tabel 1.3). Sommige berekeningen gebeurden automatisch in de applicatie, maar werden nadien manueel herberekend na het exporteren van RPE-waarden naar Excel (Office 2010, Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) en MATLAB (R2014b, The MathWorks, Inc., Natick, MA, USA). Lege frames werden toegekend als missing values (Not a Number). RPE-waarden <0 en >10 werden verwijderd indien aanwezig. De globale intensiteit werd in 3 zones ingedeeld met een RPE-score <3 als 'licht', tussen 3-5 als 'matig' en > 5 als 'zwaar'. Dagen waarop trainingen ingepland stonden maar niet werden ingegeven door speler of coach konden niet worden opgenomen in de berekeningen. De gebruikte programmeercode staat in bijlage B.

Aangezien deel A een beschrijvend veldonderzoek betreft, is er geen interventie doorgevoerd (bv. advies door sportwetenschapper). De trainersstaf voerde hun vooropgestelde trainingsprogramma uit op de gebruikelijke locatie(s). Figuur 2.3 toont de ingeplande wekelijkse periodisering bij 1 en 2 wekelijkse wedstrijden. Bovenop de reguliere competitie werden namelijk ook midweekwedstrijden voor de Cofidis Cup (Beker van België) afgewerkt. We nemen aan dat trainingssessies door de trainersstaf werden opgesteld met onder meer als doel om de $VO_2 \max$, snelheid op de (an)aerobe drempel, sprintsnelheid en spronghoogte te verhogen.

¹Te downloaden via <https://goo.gl/ZZORYn>



Figuur 2.3: Wekelijkse periodisering. A) geeft de typische week met 1 wedstrijd weer, B) toont de indeling voor een week met 2 wedstrijden. Aangepast. (Oliveira, 2007)

Deel B beschrijft de evolutie in potentiële prestatieparameters. Alle spelers werden bij aanvang van het seizoen medisch gescreend en voerden een sportspecifieke testbatterij uit van ongeveer 90 min. De eerste test gebeurde tijdens de voorbereidingsperiode, 2 - 4 weken voor de competitiestart, waarbij de trainingen voornamelijk bestonden uit specifieke voetbalsessies met occasioneel een rustige duurloop (extensieve duur). Aan het einde van de reguliere competitieperiode gebeurden dezelfde tests opnieuw. Daarbij werden verschillende inspanningsparameters geëvalueerd. Enerzijds werd het aerobe en anaerobe uithoudingsvermogen geëvalueerd. Anderzijds werd antropometrie met het vetpercentage (vet%), lichaamslengte (± 0.1 cm) en lichaamsgewicht (± 0.1 kg) (Seca balance) opgemeten. Voor het vet% verrichtte een ervaren kinesioloog huidplooimetingen op 10 lichaamsgebieden met een Harpenden huidplooimeter (Parízková, 1977) en dit volgens gestandaardiseerde technieken van de *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*. Beide tests gebeurden in het laboratorium inspanningsfysiologie (kamer temperatuur 21° C) in het Centrum voor Sportgeneeskunde van het Universitair Ziekenhuis Gent tussen 8u30 en 17u00. Spelers droegen standaard voetbalkledij.

De spelers voerden een progressieve inspanningstest uit op de loopband. Verbale aanmoedigingen waren toegestaan. Er werd gevraagd de dag voordien relatieve rust in te plannen. Een stappenprotocol werd toegepast waarbij gestart werd aan 8 km/h met een snelheidsverhoging van 2 km/h per 3 minuten. Aan het einde van iedere 3-minuten stap werd een bloedstaal van de vingertip afgenoemd. Vervolgens werd [La] bepaald door middel van een lactaatmeter (1500 Sport, YSI, Yellow Springs, OH, VS). De loopband stond ingesteld op een hellingsgraad van 1.5% (Jones en Doust, 1996). Wanneer [La] boven 4 mmol/L steeg, dan werd de snelheid en de hellingsgraad van de loopband met respectievelijk 1 km/h en 0.5% verhoogd per 30 seconden tot volledige uitputting werd bereikt. Tijdens de tests werd ergospirometrie toegepast. Via een CPX-systeem (Jaeger Oxycon Pro, Hochenhausen, Duitsland) werd de zuurstofopname bepaald, waarvan validiteit en betrouwbaarheid al in detail werden beschreven (Foss en Hallén, 2005; Rietjens *et al.*, 2001). Kalibratie van de meettoestellen geschiedde voor elke testsessie. Drempelbepaling gebeurde op basis van deflectiepunten in [La] in functie van snelheid. Het eerste deflectiepunt is de aerobe drempel waarna [La] lineair toeneemt. Het tweede deflectiepunt is de anaerobe drempel, eenmaal er voorbij zal [La] zich exponentieel ophopen in het bloed. Gemeten variabelen: snelheid (v_{AD}), zuurstofverbruik ($VO_2 \text{ aeroob}$) en [La] op de aerobe drempel ($[La]_{AD}$). Snelheid, (v_{AnD}), zuurstofverbruik ($VO_2 \text{ anaeroob}$) en [La] op de anaerobe drempel ($[La]_{AnD}$). De maximale zuurstofopname per tijdseenheid $VO_2 \text{ max}$ werd toegekend aan de hoogste 30-secondewaarde van de *breath-by-breath* ademhalingsanalyse. Snelheid ($vVO_2 \text{ max}$) en [La] ($[La]_{max}$) tijdens (of net na) de laatste stap. Verhouding van het zuurstofverbruik ten opzichte van $VO_2 \text{ max}$ is berekend voor de aerobe (% VO_2_{AD}) en anaerobe (% VO_2_{AnD}) drempel.

Verder werden sprint- en sprongtests uitgevoerd. Sprinttests bestonden enerzijds uit een 10 m sprint ter evaluatie van reactiesnelheid en explosiviteit. Tijdsopname gebeurde na 5 en 10 m en geschiedde via lichtsensoren (Ergo Tester, Globus, Italië). Deze sprint werd eenmaal herhaald. Voor dataverwerking telde het beste resultaat. Anderzijds voltooiden de voetballers een shuttle run (5 x 10 m) om de combinatie van snelheid en wendbaarheid te evalueren. Hierbij moesten de spelers telkens 1 voet over de 10 m lijn plaatsen om zich vervolgens in tegengestelde richting af te duwen. Finaal zijn sprongtests afgenoemd als indicator voor het anaeroob vermogen. Subjecten deden 2 sprongen op een sprongmat waarbij de vluchttijd werd bepaald via Ergo Tester (Globus, Italië). De vluchttijd t diende om de spronghoogte ($= 0.5 * g * (t/2)^2$) te berekenen (Castagna en Castellini, 2013). Als eerste sprong voerden de testpersonen een SJ uit. Subjecten bogen de benen tot een kniehoek van 90°. Deze houding werd 3 seconden gehouden om vervolgens zo hoog mogelijk op te springen. De handen bleven gedurende de volledige beweging op de heupen. De tweede sprong was de CMJ. Hierbij werd gevraagd om zo hoog mogelijk opwaarts te springen vanuit stilstand maar met explosieve buig-strekbeweging in de onderste ledematen. Als laatste werd CJM_{armzwaai} uitgevoerd, een variant op de CMJ waarbij armzwaai werd toegestaan. Iedere sprong werd herhaald. Er werd

geopteerd om de beste poging te analyseren, daar de evolutie in gemiddelde of beste waarden voor dergelijke sprint-en spongontests bij 102 goed getrainde jeugdvoetballers hoogstwaarschijnlijk gelijkaardige uitkomsten geeft (Al Haddad *et al.*, 2015).

Statistische analyses zijn uitgevoerd in SPSS (Statistical Package for the social sciences, v22.0, IBM corporation, Corporation; Armonk, NY, VS). A) Spelers' TL_{week.gem.} ingedeeld volgens het aantal wekelijkse wedstrijden werd vergeleken via repeated measures analysis of variance (RM ANOVA) analyse (3 * 1). Mogelijke verschillen tussen de inspanningsintensiteit en TLs gepercipieerd door spelergroep en trainersstaf zijn via een two-way ANOVA (intensiteit * trainer-atleet perceptie) geanalyseerd. ANOVA analyse ging TL per trainingsvorm na. B) RM MANOVA als multivariate analyse controleerde op verschillen in inspanningsparameters voor beide meetmomenten. Er zijn twee RM MANOVA analyses uitgevoerd. Één globale analyse met alle variabelen zou leiden tot een te laag aantal residuele vrijheidsgraden om multivariate effecten te controleren. De twee analyses bestonden enerzijds uit antropometrie plus een deel van de inspanningsparameters, anderzijds uit de overige inspanningsparameters plus sprint-en spongontests. Bij multivariate analyses werd de Wilks' λ geëvalueerd. Pearsons product-moment correlatiecoëfficiënt met lineaire regressie-analyse, en bijhorend 95% betrouwbaarheidsinterval, evalueerde de relatie tussen enerzijds TL_{week.gem.} en anderzijds $VO_2 \text{ max}$ en de shuttle run.

Voor herhaalde metingen is de assumptie van sfericiteit nagegaan via Mauchly's test of Sphericity. Er was geen normale verdeling indien $W < 0.9$ en $p < 0.5$. Bij een niet-normale verdeling werd een bijkomende niet-parametrische analyse uitgevoerd indien significante resultaten werden bekomen in de parametrische RM analyse. Daar de toegepaste Friedman test eerder significantie zal verwerpen dan de RM ANOVA test, werd gekozen om uit te gaan van de p-waarde behorend bij de Friedman test. Bij elke analyse werd een p-waarde < 0.05 als significant beschouwd. Bij significantie werden Tukey honest significant difference (THSD) post hoc tests uitgevoerd. Ook werden Bonferroni correcties toegepast, analoog aan Manzi *et al.* (2010). G*Power analyse (RM Manova within factors, power = 0.95, 2 metingen) gaf het minimaal vereiste aantal proefpersonen aan. Resultaten zijn weergeven als gemiddelden \pm SD.

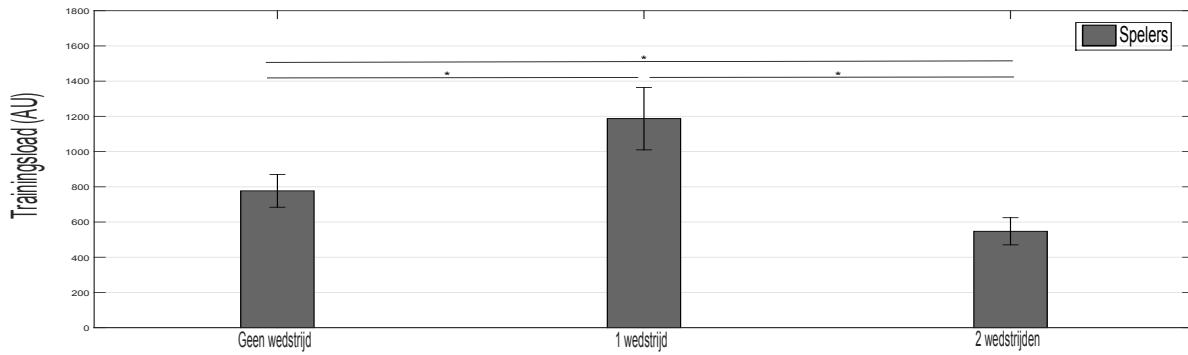
Hoofdstuk 3

Resultaten

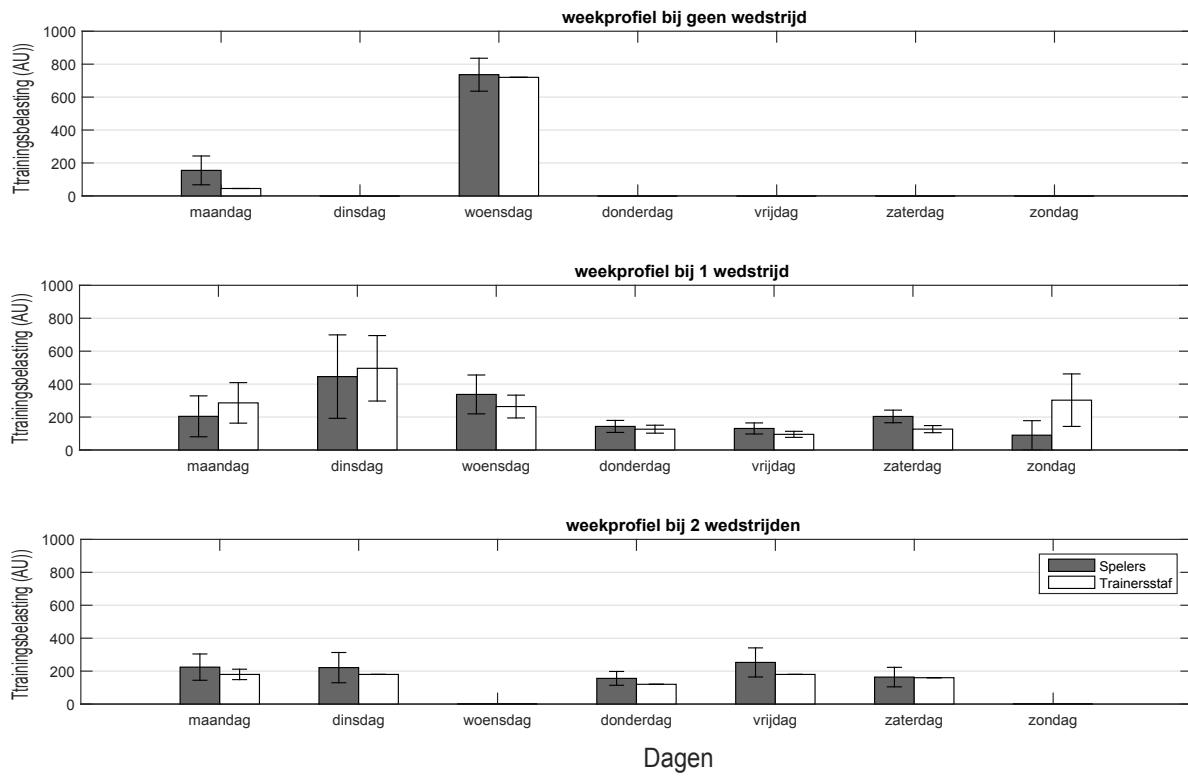
3.1 Trainingsbelasting

TLs zijn berekend uit 47 opeenvolgende dagen tussen oktober en december. Het aantal geregistreerde trainingsdagen bedroeg 28. Van de trainingssessies waren er 5 voetbalconditionele, 15 technisch-tactische, 1 kracht, 3 extensieve duurloop en 7 herstel trainingsvormen. Er werden 7 wedstrijden afgewerkt, waarvan 5 in de reguliere competitie en 2 voor de Cofidis Cup. Additioneel hadden sommige spelers een wedstrijd met de nationale ploeg tijdens de wedstrijdvrije week. Er waren 7 dagen passieve rust voorzien. Van de 28 spelers tijdens monitoring waren er 4 die door langdurige blessure niet aan sRPE monitoring hebben deelgenomen. sRPE ontbrak bij 1 alternatieve trainingssessie, 1 teambuildingsdag, 2 hersteltrainingen en 1 technisch-tactische trainingssessie waardoor het niet mogelijk was om bijhorende TLs te berekenen. De gemiddelde training duurde $1\text{ h }29\text{ min} \pm 0\text{ h }21\text{ min}$. De totaal gemiddelde TL per dag telde $223 \pm 51\text{ AU}$.

Weekbelasting De $\text{TL}_{\text{week.gem.}}$ verschilden significant van elkaar (figuur 3.1). Hierbij werd de Greenhouse-Geisser correctie toegepast vermits niet aan sfericiteit werd voldaan met Mauchly's $W = 0.567$ en $p = 0.019$. Verdere post hoc test onthulde dat de TL bij geen versus 1 wedstrijd beduidend lager ligt ($\Delta\text{ TL} = -493 \pm 89\text{ AU}$; $p < 0.001$). Daarentegen ligt de TL bij geen versus 2 wedstrijden significant hoger ($\Delta\text{ TL} = -215 \pm 48\text{ AU}$; $p = 0.001$). Dit geldt ook bij 1 versus 2 wedstrijden ($\Delta\text{ TL} = 708 \pm 69\text{ AU}$; $p < 0.001$). De monotonie bij 0, 1 en 2 afgewerkte wedstrijden was achtereenvolgens $0.4 \pm 0.03\text{ AU}$, $1.2 \pm 0.7\text{ AU}$ en $5.6 \pm 2.4\text{ AU}$, leidend tot een belastingsindex van respectievelijk $339.0 \pm 100\text{ AU}$, $1386 \pm 542\text{ AU}$ en $3025 \pm 1411\text{ AU}$. Het TL weekprofiel wordt in detail weergegeven in figuur 3.2.



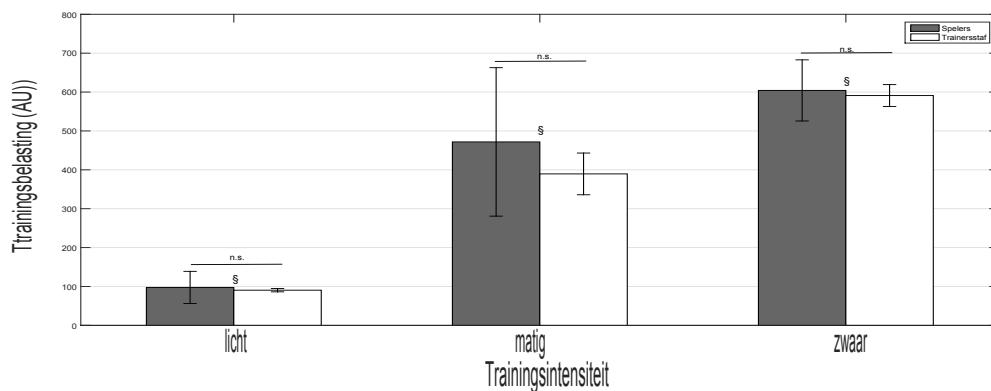
Figuur 3.1: Wekelijkse trainingsbelasting volgens het aantal wedstrijden. * = $p < 0.05$.



Figuur 3.2: Weekprofiel met $TL_{dag.gem.}$ volgens het aantal wedstrijden. A) geen wedstrijd ($n = 1$), B) 1 wedstrijd ($n = 4$), C) 2 wedstrijden ($n = 2$) per week.

Intensiteit $TL_{gem.}$ verschilde significant ($F = 95.46$, $p < 0.001$) tussen de verschillende inspanningsvormen met herstel (160 ± 55 AU), technisch-tactisch (178 ± 40 AU), extensieve duurloop (437 ± 140 AU), voetbalconditioneel (541 ± 69 AU), kracht (621 ± 183 AU) en wedstrijd (752 ± 125 AU). Post hoc analyse toonde aan dat $TL_{wedstrijd}$ hoger lag dan alle trainingsvormen. Zo verschilde wedstrijd van technisch-tactisch ($p < 0.001$), extensieve duurloop ($p < 0.001$), kracht ($p = 0.030$) en voetbalconditioneel. Extensieve duurloop verschilde significant van alle andere type trainingen ($p < 0.001$) en lag enerzijds hoger dan herstel en technisch-tactisch, en anderzijds hoger dan voetbalconditioneel en kracht. Bovendien verschilden de andere trainingstypes onderling, uitgezonderd de belasting tussen voetbalconditioneel en krachttraining ($p = 0.996$). Ook technisch-tactisch en herstel waren gelijkaardig ($p = 0.992$).

De categoriaal ingedeelde trainingsintensiteiten verschilden significant van elkaar ($p < 0.001$). Daarbij voerden de spelers 80% lichte, 6% matige en 14% zware trainingssessies uit. Er waren geen significante verschillen tussen de perceptie van de spelerskern en trainersstaf volgens sRPE-score ($F = 1.60$, $p = 0.207$) en dus ook TL ($F = 0.56$, $p = 0.230$). Wanneer de trainersstaf een trainingssessie inschatte als gemakkelijk met een gemiddelde RPE-score van 1.0 ± 0.1 , dan ervoeren de spelers dit gelijkaardig met een score van 1.2 ± 0.4 (figuur 3.3). De gemiddelde TL gerapporteerd bij een lichte training bedroeg 105 ± 32 AU, voor trainingen met een matige intensiteit was dit 478 ± 191 AU en de zware trainingen vertoonden een gemiddelde TL van 604 ± 79 AU.



Figuur 3.3: Vergelijking tussen de ingeschatte (trainer) en gepercipieerde (spelers) trainingsintensiteit. Trainingsintensiteit is gecategoriseerd als licht ($RPE < 2$; $n = 28$), matig ($RPE 3-4$; $n = 2$) en zwaar ($RPE > 5$; $n = 5$). δ = intensiteiten verschillend van elkaar met $p < 0.05$, ns = niet-significant verschil.

3.2 Antropometrie en fysieke parameters

Spelers ($n = 16$) aanwezig op beide testsessies werden opgenomen in de statistische analyse van inspanningsparameters. Doelmannen werden uitgesloten omdat zij onvoldoende fysieke tests aflegden. Bij de pretest vertoonden bepaalde variabelen een abnormale verdeling: $[La]_{max}$ ($W = 0.868$, $p = 0.026$), $vVO_2 max$ ($W = 0.697$, $p < 0.001$), v_{AnD} ($W = 0.880$, $p = 0.039$), $CMJ_{armzwaai}$ ($W = 0.891$, $p = 0.057$). Ook bij de posttest werd de aannname van normaliteit geschonden: $vet\%$ ($W = 0.880$, $p = 0.039$), $vVO_2 max$ ($W = 0.794$, $p = 0.002$), $[La]_{AnD}$ ($W = 0.867$, $p = 0.024$), v_{AnD} ($W = 0.869$, $p = 0.026$).

In de eerste analyse bedroeg het aantal verdedigers, flankspelers, middenvelders en aanvallers respectievelijk 4, 5, 4 en 3. Er was geen significant multivariaat interactie-effect tussen tijd en spelposities ($F(30, 9) = 1.10$ en $p = 0.47$). Spelers' gepaarde metingen evolueren gelijkaardig afhankelijk van de verschillende spelposities. Er was een significante evolutie doorheen de tijd voor de voltallige spelersgroep ($F(10, 3) = 11.458$, $p = 0.035$). Sfericiteit werd aanvaard daar Mauchly's W voor alle variabelen gelijk was aan 1 en er slechts 2 levels waren in de tijd (pre - post).

Evolutie in tijd G*Power analyse gaf aan dat 16 spelers nodig waren om de evolutie in tijd van de prestatieparameters te beschrijven (effect size = 0.7). Tabel 3.1 toont de gemiddelde waarden \pm S.D. voor vet% en lichaamsgewicht volgens spelpositie. Voor de totale groep verschilde het vet% significant overeen de testmomenten ($F^{\circ 1} = 9.312$, $p = 0.006$). Het vet% van de spelersgroep daalde met gemiddeld $1.1 \pm 0.4\%$. Doorheen de tijd daalde het vet% van verdedigers meer dan datgene van middenvelders ($\Delta\% = -1.1$, $p = 0.004$). Echter, bij het toepassen van de strengere Friedman test werd significantie gereduceerd tot een trend tot significantie voor de volledige spelersgroep over beide meetmomenten ($p = 0.09$). Er werden geen statistisch significante verschillen gevonden voor lichaamsgewicht ($F^{\circ} = 0.001$, $p = 0.975$).

Tabel 3.1: Antropometrische kenmerken. Δ = gemiddeld absoluut verschil, ns = $p > 0.05$, * = $p < 0.05$. a = verdediger evolueert verschillend dan middenvelder. F = discrepancie tussen RM en Friedman analyse.

			Juni	Maart	Evolutie					
			Gem.	S.D.	Gem.	S.D.	Δ	S.D.	F	p
Lichaamsgewicht (kg)	ns	Totaal	76.1	9.8	76.2	9.1	0.01	0.36	0.001	0.975
		Verdediger	78.3	9.2	77.1	8.8				
		Middenvelder	70.8	9.0	71.9	8.7				
		Aanvaller	88.3	6.7	87.4	6.5				
		Flankspeler	71.3	6.3	72.3	6.3				
Vetpercentage (%)	*	Totaal	10.89	2.15	9.88	2.16	-1.11	0.36	9.312	0.010
		Verdediger	10.53	3.74	8.55	3.59	a,F			
		Middenvelder	10.60	0.61	10.35	0.56				
		Aanvaller	12.87	1.44	10.97	0.59				
		Flankspeler	10.22	1.36	9.92	2.15				

v_{AD} nam toe met 0.31 ± 0.13 km/h ($F^{\circ} = 0.060$, $p = 0.037$). $VO_2 AD$ bleef gelijk (40.57 versus 41.40 ml/min/kg, $F^{\circ} = 0.984$, $p = 0.341$). Toch vertoonde $\%VO_2 AD$ randsignificantie ($F^{\circ} = 3.355$, $p = 0.092$). Deze verhouding neigde toe te nemen van $68 \pm 5\%$ tot $70 \pm 4\%$ terwijl $\%VO_2 AnD$ op 86% bleef.

Volgens spelpositie De combinatie van antropometrische kenmerken en bovenstaande inspanningsparameters verschilde niet significant volgens spelpositie met $F(30,9) = 1.181$ en $p = 0.415$. We waren echter voornamelijk geïnteresseerd in de univariate waarden. Tussen de spelposities waren er significante verschillen in v_{AD} ($F^{\bullet 2} = 7.908$, $p = 0.004$). De THSD test gaf aan dat verdedigers circa 1 km/h trager liepen dan de anderen bij de overgang van het zuiver aeroob naar het gemengd aeroob - anaeroob metabolisme. Er was namelijk een significant verschil tussen enerzijds verdedigers en anderzijds middenvelders (gemiddelde \pm SE, 1.2 ± 0.3 , $p = 0.005$), flankspelers ($1.0 \pm$

¹ $F^{\circ} = F(1,12)$

² $FF^{\bullet} = F(3,12)$

0.3, $p = 0.013$) en aanvallers (1.1 ± 0.3 , $p = 0.014$). Ook het zuurstofverbruik aan deze inspanningsintensiteit verschilde beduidend ($F^* = 4.320$, $p = 0.028$). Zo namen de verdedigers 4.2 ml/min/kg minder zuurstof op dan de flankspelers ($p = 0.022$). $\text{VO}_2 \text{ AD}$ was verder gelijkaardig overeen de spelposities. Trends tot significantie voor verschillen in spelpositie waren er bij $[\text{La}]_{\text{AD}}$ ($F^* = 2.983$, $p = 0.074$) en gewicht ($F^* = 3.387$, $p = 0.054$). De 3 aanvallers wegen daarbij $16.5 \pm 5.9 \text{ kg}$ meer ($p = 0.068$) dan de middenvelders en $16.1 \pm 5.6 \text{ kg}$ meer dan de flankspelers ($p = 0.062$). Bovenstaande verschillen staan los van de evolutie in de tijd. De spelersgroep bleef gelijkaardig in vet% ($F^* = 0.826$, $p = 505$), $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($F^* = 2.275$, $p = 0.132$), en % $\text{VO}_2 \text{ AD}$ ($F^* = 0.315$, $p = 0.814$) volgens de verschillende posities. $[\text{La}]_{\text{max}}$ voor de spelersgroep bleef statistisch gelijk en lag op $10.7 \pm 2.8 \text{ mmol/L}$ bij aanvang en $10.0 \pm 2.0 \text{ mmol/L}$ nadien ($F^* = 2.833$, $p = 0.118$).

De tweede analyse betrof 3 verdedigers, 5 middenvelders, 3 aanvallers en 5 flankspelers. Er was opnieuw geen interactie-effect tussen tijd en spelersposities ($F(30, 9) = 1.088$ en $p = 0.474$). De spelersgroep vertoonde alweer een evolutie in tijd ($F(10, 3) = 10.555$, $p = 0.039$). De snelheid op de anaerobe drempel nam toe met gemiddeld $0.32 \pm 0.12 \text{ km/h}$ ($F^* = 6.974$, $p = 0.022$). Dit verschil blijft beduidend in de Friedman test ($p = 0.003$). De maximale inspanningstests vertoonden een significant verschil in de relatieve $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($F^* = 5.026$, $p = 0.045$) met een daling van $0.76 \pm 0.34 \text{ ml/min/kg}$. Er was een trend tot significantie voor $\text{vVO}_{2 \text{ max}}$ ($F^* = 3.355$, $p = 0.092$). Volgens de verdelingsvrije statistiek was er sprake van een beduidend verschil met $p = 0.034$, waarbij $\text{vVO}_{2 \text{ max}}$ toenam met $0.37 \pm 0.20 \text{ km/h}$. Descriptieve gegevens van zuurstofverbruik en snelheden doorheen de tijd zijn zichtbaar in tabel 3.2 voor verschillende intensiteiten en alle posities.

Evolutie in tijd Resultaten van sprint-en spongtests zijn zichtbaar in tabel 3.3. De spelersgroep sprong tijdens de tweede testsessie $1.68 \pm 0.63 \text{ cm}$ hoger tijdens de SJ ($F^* = 6.990$, $p = 0.021$). $\text{CMJ}_{\text{armen}}$ vertoonde randsignificantie ($F^* = 4.521$, $p = 0.055$), waarbij er 1.92 cm hoger werd gesprongen. Dit effect werd niet significant volgens de strengere niet-parametrische test ($p = 0.225$). CMJ bleef onveranderd ($F^* = 2.962$, $p = 0.111$). Alsook werd geen verschil gevonden in sprinttijden op zowel de 5 m ($F^* = 0.334$, $p = 0.574$) als 10 m ($F^* = 1.506$, $p = 0.243$).

Volgens spelpositie Post hoc onthulde geen significante verschillen tussen spelposities voor de variabelen met een beduidende tijdsevolutie, namelijk $\text{VO}_{2\text{max}}$, $\text{vVO}_{2 \text{ max}}$, v_{AnD} en SJ.

Tabel 3.2: Submaximaal en maximaal uithoudingsvermogen. Δ = gemiddeld verschil, ns = $p > 0.05$, t = $p < 0.10$, * = $p < 0.05$. a = verdediger verschilt van de andere spelposities, b = verdediger verschilt van flankspeler. F = discrepantie tussen RM en Friedman analyse.

			Juni		Maart		Evolutie		F	p
			Gem.	S.D.	Gem.	S.D.	Delta	S.D.		
v_{AD} (km / u)	*	Totaal	10.34	0.68	10.66	0.59	0.31	0.13	5.502	0.037
		Verdediger	9.58	0.13	9.85	0.41	a			
		Middenvelder	10.58	0.68	11.18	0.31				
		Aanvaller	10.73	0.58	10.83	0.40				
$VO_{2\ AD}$ (ml/min/kg)	ns	Totaal	40.57	3.03	41.40	2.28	0.63	0.64	0.984	0.341
		Verdediger	37.28	2.04	39.16	1.62	b			
		Middenvelder	41.14	4.00	41.83	1.57				
		Aanvaller	42.43	1.18	40.83	0.43				
v_{AnD} (km/h)	*	Totaal	13.72	0.90	14.08	0.78	0.32	0.12	6.974	0.022
		Verdediger	13.07	0.32	13.43	0.25				
		Middenvelder	13.74	1.04	14.30	1.00				
		Aanvaller	14.00	1.13	14.00	0.69				
$VO_{2\ AnD}$ (ml/min/kg)	ns	Totaal	51.95	3.26	51.24	3.10	0.70	0.59	1.411	0.258
		Verdediger	49.56	3.18	49.57	2.34				
		Middenvelder	51.64	4.60	51.31	4.27				
		Aanvaller	52.34	3.13	50.95	3.18				
$vVO_{2\ max}$ (km/h)	t	Totaal	15.81	0.91	16.19	0.66 F	0.37	0.20 F	3.355	0.092
		Verdediger	15.25	0.50	15.50	0.58				
		Middenvelder	16.00	1.15	16.50	0.58				
		Aanvaller	16.00	1.00	16.33	0.58				
$VO_{2\ max}$ (ml/min/kg)	*	Totaal	60.26	3.16	59.54	3.34	-0.76	0.34	5.026	0.045
		Verdediger	57.46	4.14	56.57	4.22				
		Middenvelder	61.74	1.84	60.61	1.79				
		Aanvaller	59.60	3.52	58.88	3.28				
		Flankspeler	61.73	1.65	61.45	2.43				

Tabel 3.3: Sprint-en sprongresultaten. * = $p < 0.05$, t = $p < 0.10$, ns = $p > 0.05$. F = discrepantie tussen RM en Friedman analyse

			Juni		Maart		Evolutie		
			Gem.	S.D.	Gem.	S.D.	De	S.D.	F
5m sprint (sec)	ns	Totale groep	1.43	0.04	1.43	0.05	0.01	0.01	0.334
		Verdediger	1.43	0.06	1.44	0.04			0.574
		Middenvelder	1.44	0.04	1.42	0.03			
		Aanvaller	1.42	0.04	1.46	0.09			
		Flankspeler	1.42	0.04	1.41	0.05			
10m sprint (sec)	ns	Totaal	2.16	0.04	2.18	0.05	0.02	0.02	1.506
		Verdediger	2.19	0.05	2.17	0.02			0.243
		Middenvelder	2.18	0.04	2.19	0.04			
		Aanvaller	2.15	0.05	2.21	0.10			
		Flankspeler	2.14	0.03	2.17	0.05			
Shuttle run 5 * 10m (sec)	ns	Totaal	11.57	00.24	11.53	00.13 -0.05	0.08	0.405	0.536
		Verdediger	11.59	00.08	11.56	00.06			
		Middenvelder	12.04	00.28	11.53	00.05			
		Aanvaller	11.43	00.31	11.45	00.07			
		Flankspeler	11.56	00.25	11.55	00.22			
Squat jump (cm)	*	Totaal	42.10	3.99	43.52	3.77	1.68	0.63	6.990
		Verdediger	39.17	3.09	44.13	1.52			0.021
		Middenvelder	39.92	3.07	41.80	3.60			
		Aanvaller	45.37	6.16	45.80	7.30			
		Flankspeler	44.08	1.13	43.50	2.15			
Counter Movement Jump (cm)	ns	Totaal	43.84	4.29	44.93	4.23	1.48	0.86	2.962
		Verdediger	41.43	3.84	46.23	1.37			0.111
		Middenvelder	41.54	3.21	43.44	4.89			
		Aanvaller	46.97	6.45	48.23	6.47			
		Flankspeler	45.70	2.84	43.64	2.63			
Counter Movement Jump <i>armzwaai</i> (cm)	t	Totaal	50.81	4.55	52.73	5.19 F	2.11	0.99	4.521
		Verdediger	50.27	3.40	53.27	2.87			0.055
		Middenvelder	48.42	2.13	50.58	4.40			
		Aanvaller	52.37	8.14	55.07	9.64			
		Flankspeler	52.58	4.58	53.14	4.54			

3.3 Relatie TL - prestatieparameter

Bij lineaire regressie met $TL_{totaal.gem.}$ en VO_{2max} met 10 spelers bleek het model niet te fitten ($F = 0.084$, $p = .779$) en was de correlatie niet significant ($r = 0.10$, $p = 0.389$). Adjusted R^2 was licht negatief voor het regressiemodel en werd daarom gelijkgesteld aan 0.

Hoofdstuk 4

Discussie

Het hoofddoel van de studie was het bestuderen van de trainingsbelasting bij voetballers spelend op het hoogste nationale niveau en de inschatting ervan door hun trainersstaf. Additioneel werden potentiële prestatieparameters geëvalueerd tussen het begin van de voorbereidingsperiode en het einde van de reguliere competitie om de evolutie in fysieke fitheid na te gaan, en werd de TL gerelateerd aan bepaalde prestatieparameters.

4.1 Trainingsbelasting

Tijdens de competitieperiode Met 1270 AU lag de TL_{week} onder de bovenlimiet van waarden uit duursporten, gaande van 1386 AU tot 3725 AU voor respectievelijk matig tot elite uithoudingsatleten (Foster, 1998; Foster *et al.*, 1996). In het voetbal was er slechts 1 studie waar de TL_{week} lager was, namelijk 1041 AU in een Engels elite U18 team (Malone *et al.*, 2015). Bij een Koreaanse elite voetbalteam lag de TL_{week} op 1703 AU tijdens een competitieweek (Jeong *et al.*, 2011). In een Italiaanse elite voetbalteam schommelde de TL_{week} tussen 1767 en 3225 AU gedurende 38 competitieweken (Coutts *et al.*, 2008). Een Noors elite voetbalteam ervoer dan weer een constante TL_{week} van ~ 2500 AU tijdens het competitieseizoen (Algroy *et al.*, 2011). Volgens Coutts *et al.* (2008) ervaren voetbalspelers vaak TL_{sweek} die even hoog of hoger liggen dan TL_{sweek} van + 3000 AU die geassocieerd zijn met een daling in fysieke prestatie in teamsporten. Zulke waarden kunnen zelfs leiden tot tekenen van overreaching (Coutts *et al.*, 2007) of een stijging in het aantal ziekten/geblesseerde teamsporters (Putlur *et al.*, 2004). Lage TLs zijn niet noodzakelijk contraproductief daar 5 van de 7 wedstrijden resulteerden in winst of gelijkspel.

Enerzijds kunnen lage TLs het gevolg zijn van het aantal trainingen of van de trainingsduur. Jonge elite voetballers (gem., 17 jaar, 72.4 kg, 180.4 cm) spelend in de hoogste Nederlandse U19 competitie stonden gemiddeld ~400 min/week op het veld gedurende een volledig competitieseizoen (augustus - april) (Brink *et al.*, 2010). Dit is in lijn met de volwassen elite uit deze studie waar 2 trainingsweken fluctueerden tussen ~ 350 - 600

min, uitgezonderd de wekelijkse wedstrijd. De gemiddelde totale dagelijkse trainingsduur bedroeg ± 90 min. Elite voetbalspelers uit de hoogste Engelse voetbalcompetitie werkten trainingen af met een gemiddelde trainingsduur van 57 ± 16 min tijdens de competitieperiode (Gaudino *et al.*, 2015). De gemiddelde TL bedroeg er 221 ± 102 AU per trainingssessie tegenover slechts 223 ± 51 AU per trainingsdag in deze studie. Daarmee lag de TL_{dag} niet in de gerapporteerde optimale range van $\sim 343 - 419$ AU in elite zaalvoetbalspelers waarbij waarden buiten dit interval leidden tot suboptimale stressmarkers (Milanez *et al.*, 2014).

Anderzijds zijn de lage TLs een mogelijk gevolg van de opgegeven intensiteit. Maar liefst 80% van de trainingen was als 'licht' te categoriseren tegenover 14% 'zware'. Daarmee leunt deze indeling aan tegen het gepolariseerd trainingsmodel. Seiler en Kjerland (2006) gingen uit van een alternatieve indeling met lichte trainingen volgens sRPE ≤ 4 in plaats van ≤ 3 , waardoor er in deze studie nog meer trainingen als licht te categoriseren zouden zijn. Echter, de duursporters voerden er geen competitiewedstrijden uit en de wedstrijden van deze elite voetballers werden niet opgenomen in de analyse. Dus is er een sterk vermoeden dat deze groep voetballers tijdens de competitieperiode niet het lactaatdrempel maar het gepolariseerd model volgden. Dit is strijdig met de trainingsindeling van een Noorse elite voetbalclub waar tijdens de competitieperiode ongeveer evenveel trainingen aan een intensiteit onder de aerobe drempel, tussen de aerobe en anaerobe drempel en boven de anaerobe drempel werden afgewerkt (Algoy *et al.*, 2011). Bovendien stelde Coutts dat teamsporten niet aan gepolariseerde training doen wanneer trainingen zijn ingedeeld volgens de sRPE methode (persoonlijke communicatie).

Volgens het aantal wekelijkse wedstrijden Bij 1 wekelijkse wedstrijd lag de TL_{week} opmerkelijk hoger ten opzichte van 0 of 2 wedstrijden ($p < 0.001$). Daarentegen ervoeren basketballers op het hoogste Italiaanse niveau een hogere totale inspanningsbelasting in de wedstrijdvrije week vergeleken met 1 en 2 wedstrijden (Manzi *et al.*, 2010). De wekelijkse belasting bleek er bovendien gelijkaardig te zijn bij 1 of 2 wedstrijden. Echter werd de wedstrijdbelasting in hun analyse opgenomen. Zonder wedstrijdbelasting verschildde de TL_{week} er significant met 2436 ± 233 AU tegenover 1722 ± 229 AU bij 1 versus 2 wekelijkse wedstrijden ($p = 0.001$) (Manzi *et al.*, 2010). Dan nog zijn de verschillen in de TL_{week} tussen de elite teamsporters aanzienlijk met ΔTL_{week} gelijk aan $+1166$ AU en $+1160$ AU voor achtereenvolgens 1 en 2 wedstrijden bij de basketters ten opzichte van de bestudeerde elite voetballers.

In deze studie is de lage belasting bij twee wekelijkse wedstrijden het gevolg van de ontbrekende wedstrijdbelasting. Eén opgevolgde wedstrijd gaf een belasting van 752 AU. Bij een schatting van de totale wekelijkse belasting zouden 1 en 2 wekelijkse wedstrijden vermoedelijk gelijkaardige waarden opleveren. Zo zou de week met 1 wedstrijd een totale belasting van 2022 AU ($1270 + 752$ AU) opleveren. Analoog komt de totale belasting bij 2 wekelijkse wedstrijden uit op 2066 AU ($562 + 2*752$ AU), wat bijna identiek is aan de totale belasting bij 1 wedstrijd. Toch liggen deze geschatte waarden

lager dan de totale wekelijkse belasting gerapporteerd door Impellizzeri *et al.* (2006) bij beloftevolle voetbalspelers in de competitieperiode (2798 AU; 4 * 90-120 min trainingen + 1 wedstrijd/week). Tijdens de wedstrijdvrije week kregen de spelers drie dagen vrijaf plus een dag teambuilding en een dag alternatieve sporten zonder registratie. Dit verklaart de bijzonder lage TL_{week} van 777 AU. Deze eenmalige en alternatieve microcyclus bood vermoedelijk een groter aandeel aan recuperatie. Opmerkelijk is dat de hoogste $TL_{dag.gem}$ met 736 AU in de wedstrijdvrije week lag, waardoor er toch een intensieve trainingsprikkel werd voorzien (\approx wedstrijdbelasting).

Weekprofiel Waar elite basketbalspelers tweemaal per week een piek in TL van +600 AU ondervonden, is er in deze studie slechts 1 piek waarneembaar van slechts \sim 400 AU bij 1 wekelijkse wedstrijd. Jongvolwassen voetbalspelers met training van maandag tot donderdag ervoeren een gemiddelde $TL_{dag.gem}$ van 634 AU, 550 AU, 453 AU en 343 AU (Impellizzeri *et al.*, 2004). Met een $TL_{dag.gem}$ gaande van 131 tot 446 AU tijdens weekdagen werden deze elite voetballers minder belast. Twee dagen voor een wedstrijd werden geen zware trainingen meer afgewerkt. Dit is overeenkomstig met Impellizzeri *et al.* (2004) waar de hoogste TL minstens drie dagen voor een voetbalwedstrijd lag. De repetitieve reductie in trainingsbelasting dient om de negatieve impact van dagelijkse training te reduceren en herstel in functie van een wedstrijd te voorzien. Elite atleten zijn namelijk gebaat met een periode van relatieve rust voor een competitiewedstrijd (Bosquet *et al.*, 2007). Toch verschilt de *unloading* strategie: in tegenstelling tot Impellizzeri *et al.* (2004) en Manzi *et al.* (2010) (figuur 1.14) ontbreekt de lineaire reductie in belasting in de drie dagen voor een wedstrijd. Daags na een wekelijkse wedstrijd bleef de $TL_{dag.gem}$ consistent laag. Dit is in lijn met de ingeplande wekelijkse periodisering (figuur 2.3). Analyse van het trainingsschema wijst uit dat hersteltraining systematisch werd ingepland, waarschijnlijk met actieve recuperatie als doel. Opmerkelijk is dat de duur van de hersteltraining varieerde van 45 tot 100 min. Voor duursporten werd al aanbevolen dat een typische hersteltraining minder dan 40 min hoort te bedragen (Bourgois en Vrijens, 2011). Bij 2 wekelijkse wedstrijden is het alsof er van wedstrijd naar wedstrijd wordt gespeeld. Pieken in TL ontbraken waardoor de hoogste trainingsmonotonie optreedt, namelijk 5.6 AU ten opzichte van 1.2 en 0.4 AU in de andere weekprofielen. Deze hoge score is vermoedelijk het gevolg van het uitsluiten van vrije dagen of wedstrijden in de berekening. Er was een monotonie van 1.2 AU bij volleybalspelsters die 4 - 5 dagen per week trainden maar mét het inséreren van 2 - 3 hersteldagen per week (Rodríguez-Marroyo *et al.*, 2013). Bij 1 wekelijkse wedstrijd suggereerden Coutts *et al.* (2008) dat monotonie met het opnemen van een rustdag rond de \sim 1.58 AU hoort te bedragen in een elite voetbalteam. Door niet opgevolgde alternatieve sessies werd geopteerd om puur de trainingsmonotonie na te gaan om bias in het aantal rustdagen te vermijden. Dusdanig zijn vergelijkingen met dergelijke studies ongegrond. Daarentegen liep de wekelijkse trainingsmonotonie op tot 8 AU over 20 weken in de NCAA Division III basketbalcompetitie. Andersen *et al.* (2003) stelden daarbij "High levels

of monotony did not exist during this particular basketball season". Dus hoewel TL en monotonie in relatie staan tot het optreden van blessure/ziekte (Foster, 1998), is er nog geen eenduidigheid met betrekking tot algemene cut-off waarden overeen een bepaalde tijdsperiode bij elite teamsporters.

Inspanningsvormen De wedstrijdbelasting vertoonde een hogere waarde dan alle trainingsvormen. Team TRIMP op basis van HF gaf al aan dat de belasting bij een voetbalwedstrijd hoger ligt dan tijdens de trainingen (Stagno *et al.*, 2007). Ook de sRPE lag in elite zaalvoetbal hoger bij wedstrijden (7.2) dan trainingsvormen (3.4 - 5.7) (Milanez *et al.*, 2011). De wedstrijdbelasting van 625 ± 60 AU bij onvolwassen voetballers (Impellizzeri *et al.*, 2004) is gelijkaardig aan de 777 AU bij deze elite atleten. Daarmee zit de wedstrijdbelasting bij voetbal tussen die van volleybal (± 300 AU) (Rodríguez-Marroyo *et al.*, 2013) en rugby (± 900 AU) (Rogalski *et al.*, 2013).

Net zoals in het zaalvoetbal domineerden de technisch-tactische trainingen qua aantal (Milanez *et al.*, 2011). De TLs met betrekking tot voetbalconditioneel en kracht lagen ± 400 AU hoger dan de technisch-tactische trainingsvorm. Ook bij jonge voetbalspelers lag de fysieke conditionering hoger dan de technisch-tactische trainingsvorm (± 400 AU) (Impellizzeri *et al.*, 2004). De technisch-tactische training kwam met slechts 178 AU overeen met de 174 AU gerapporteerd tijdens een competitieweek in een Zuid-Koreaans team (Jeong *et al.*, 2011). Opvallend, de technisch-tactische trainingsvorm verschilde in TL niet van de hersteltraining ($p > 0.05$). Rodríguez-Marroyo *et al.* (2013) veronderstelden dat de mate van motivatie om een bepaalde trainingsvorm uit te voeren sterk bijdraagt tot de uiteindelijke sRPE-score.

Inschatting trainer versus spelers De trainersstaf was in staat om de inspanningsintensiteit correct te categoriseren. Deze bevinding is tegenstrijdig met andere studies. Jongvolwassen voetbalspelers spelend in de hoogste Nederlandse liga rapporteerden hogere sRPE-waarden dan hun trainer bij een lichte training en lagere waarden wanneer een zware training door de trainer was ingepland (Brink *et al.*, 2013). Het verband tussen de intensiteit opgegeven door trainer en spelers was er zeer zwak ($r = 0.24$). Doorheen de volledige competitieperiode ervoeren spelers er de trainingen zwaarder dan voorzien. Nochtans had de gediplomeerde trainersstaf jaren ervaring op het hoogste niveau. Ook 6 tenniscoaches werkzaam op het hoogste nationale niveau onderschatten de sRPE ervaren door 14 elite junioren (15 ± 1.2 jaar, ITF junior ranking 91 ± 72) (Murphy *et al.*, 2014). Het verschil in perceptie komt vermoedelijk doordat de ervaren trainers vooraf een score moesten opgeven, terwijl het in deze studie de perceptie na inspanning betrof. Verder was er slechts een kleine variatie in de inschatting van de trainersstaf. De resultaten suggereren dat 1 score volstaat, namelijk diegene van de trainersstaf die het grootste gedeelte van de training heeft geleid of meegeemaakt.

4.2 De evolutie van potentiële prestatieparameters

Fysiologisch en metabole vereisten kunnen variëren per spelpositie (Boone *et al.*, 2012; Haugen *et al.*, 2013) maar de G*Power analyse wees op 16 benodigde subjecten om de evolutie van de spelersgroep in de tijd statistisch te onderbouwen, waarna werd besloten om hoofdzakelijk de groepsgemiddelden te bespreken.

Antropometrie Het vet% neigde te dalen (-1.11%, $p = 0.09$). Het lichaamsgewicht bleef onveranderd waardoor de vettvrije massa neigde toe te nemen tussen het begin van de voorbereiding op de club en het einde van de reguliere competitie. Meestal daalt het vet% in de voorbereidingsperiode, -1.8% bij Griekse elite ($p < 0.001$) (Kalapotharakos *et al.*, 2011), om tijdens de competitieperiode vrijwel constant te blijven. Spaanse elite vertoonden een significante doch lichte daling in vet% (-0.40%) tussen de competitiestart en het begin van de play-offs (Casajüs, 2001). Hoewel het vet% relevant is voor voetbalspelers is de homogeniteit er groter voor elite atleten waardoor de variatie tussen spelersgroepen verkleint. Bijgevolg lag het vet% in dezelfde lijn als eerder gerapporteerde waarden van elite voetballers (Casajüs, 2001; Clark *et al.*, 2008; Fevga *et al.*, 2004; Filaire *et al.*, 2001; Milanese *et al.*, 2015) en basketballers (Manzi *et al.*, 2010).

Maximale zuurstofopname en drempelwaarden Aanvankelijk was de $\text{VO}_{2\max}$ gelijk aan $60.3 \pm 3.2 \text{ ml/min/kg}$, wat overeenstemt met het vooropgestelde $\text{VO}_{2\max}$ -criterium voor elite voetballers (Reilly *et al.*, 2000). Aan het einde van de reguliere competitie daalde de $\text{VO}_{2\max}$ met 1.21%. Een daling (- 7.73%) werd ook bij 18 semi-professionele rugbyspelers gerapporteerd na 6 weken overreaching met TL_{week} tussen 1391 en 3107 AU (Coutts *et al.*, 2007). Daarentegen was er een matige stijging van 1.3 ml/min/kg of 4.65% tussen de aanvang en het einde van de voorbereidingsperiode bij 12 Griekse elite voetballers waarna de $\text{VO}_{2\max}$ constant bleef gedurende het competitieseizoen (Kalapotharakos *et al.*, 2011). De resultaten impliceren dat de trainersstaf andere fysieke kwaliteiten beklemtoonde doorheen de voorbereidings- en reguliere competitieperiode of dat de spelers ietwat vermoeid hun tweede test aflegden. Om de $\text{VO}_{2\max}$ te verbeteren en het slagvolume van het hart te vergroten¹ wordt intervaltraining aangeraden als effectieve trainingsmethode (Stolen *et al.*, 2005). Uit een recente meta-analyse bleek dat de 9 studies met de grootste stijging in $\text{VO}_{2\max}$ 3 - 5 min intervallen en lopen aan hoge intensiteit toepasten (Bacon *et al.*, 2013). Naast toenames in elite jeugd (+ ~10%) met tweewekelijks intervaltraining gedurende 8 - 10 weken (4x4 min aan 90 - 95% HF_{\max} met telkens 3 min herstel aan 70%) (Helgerud *et al.*, 2001; McMillan *et al.*, 2005b), vermoedelijk deels door maturatie, steeg ook de $\text{VO}_{2\max}$ (1.7 - 16.6%) in 21 top elite² (20 – 31 jaar, 171 – 194 cm, 58.8 – 88.1 kg) na dergelijke intervaltraining in

¹Op korte termijn via een gestegen bloedvolume of chronisch door structurele adaptaties van het hart

²met recent deelname aan de UEFA Champions League

combinatie met een maximale krachtoefening (Helgerud *et al.*, 2011).

Gebruikmakend van de wekelijkse periodisering in figuur 1.14 steeg de $\text{VO}_{2\max}$ niet na 7 weken training bij 19 U18 spelers van éénzelfde voetbalclub. Ook Casajüs (2001); Fenvga *et al.* (2004); Filaire *et al.* (2001); Tønnessen *et al.* (2013) vonden geen significant verschil in de $\text{VO}_{2\max}$ van elite voetbalspelers over meerdere maanden. Tussen de competitiestart en de aanvang van de play-offs verschilde $\text{VO}_{2\max}$ met 66 ml/min/kg niet beduidend in een Spaans elite voetbalteam (Casajüs, 2001). De gemiddelde $\text{VO}_{2\max}$ van 108 professionele voetballers verschilde ook niet doorheen de voorbereiding, de competitiefase en het tussenseizoen. Meer zelfs, de gemiddelde within-subject variatie was er liefst 3.3% (± 2 ml/min/kg)(Tønnessen *et al.*, 2013). Clark *et al.* (2008) rapporteerden met 3.4% een analoge CV met test-hertest metingen in identieke labo-omstandigheden en op hetzelfde tijdstip van de dag. De CV van een herhaalde $\text{VO}_{2\max}$ -test bij eenzelfde subject zou in labo-omstandigheden 1 - 3% bedragen (Åstrand *et al.*, 2003; lø), rekening houdende met biologische en methodologische variatie. De CV van het Oxycon Pro meettoestel op zich bedraagt 1.2% bij VO_2 -metingen tussen 0.50 - 6.00 L/min via mixing chamber en zou hoger oplopen via breath-by-breath analyse (Foss en Hallén, 2005). Dus hoewel er een significante daling werd waargenomen, lijkt de grootorde binnen de mate van de biologische en methodologische variabiliteit te vallen. $v\text{VO}_{2\max}$ steeg met 2.4% ($p = 0.034$) tot 16.19 km/h, wat nog steeds circa 1 km/h trager is dan Braziliaanse elite zaalvoetballers (Milanez *et al.*, 2011). Aangezien de aerobe en anaerobe drempel een rechtsverschuiving op de snelheid-lactaat curve vertonen, waren de subjecten *responders* op de voorziene submaximale trainingsprikkel en TLs. Op de tweede meting lag v_{AD} 3.1% (0.31 km/h) hoger. De TL van de extensieve duurloop, als specifieke prikkel hiervoor, bleek voldoende om een snelheidsverhoging te realiseren. De $\text{VO}_{2\ And}$ of *performance VO₂* ligt met 51 ml/min/kg in de buurt van die van Spaanse elite (52.7 ml/min/kg) (Casajüs, 2001), beiden geëvalueerd in dezelfde periode van het seizoen. Bovendien is de waarde gelijk aan die van de reeds aangehaalde zaalvoetballers (Milanez *et al.*, 2011). v_{AD} nam toe met 2.6% (0.36 km/h). Diezelfde Spaanse elite vertoonden een stijging van 0.7 km/h op de AnD na een gelijkaardige meetperiode (Casajüs, 2001). Met 14 km/h lag v_{AD} in lijn met waarden uit voorgaande studies met elite voetballers, waar een v_{AD} van ~13 - 14 km/h werd gerapporteerd (Boone *et al.*, 2012; Casajüs, 2001; Kalapotharakos *et al.*, 2011; Ziogas *et al.*, 2011). In voorgaand onderzoek nam de snelheid voornamelijk toe tijdens de voorbereidingsperiode om nadien te stagneren (Bangsbo, 1994a; Kalapotharakos *et al.*, 2011; McMillan *et al.*, 2005b). Ten opzichte van de $\text{VO}_{2\max}$ lag %AD tijdens de competitie op ±70% en %AnD op ±86% ($\approx 90\%\text{HF}_{max}$). Deze laatste waarde ligt hoger bij getrainde tegenover ongetrainde individuen (Demello *et al.*, 1987) en werd ook teruggevonden in goed getrainde langeafstandslopers (Helgerud, 1994; Helgerud *et al.*, 1990). De voetbalteams uit tabel 1.4 haalden deze waardeverhouding niet. Maar 2 elite U19 Noorse voetbalteams vertoonden een %AnD van 84.2 en 86.3% (Helgerud *et al.*, 2001) en tijdens het seizoen behaalden ook 42 professionele Engelse spelers dergelijke score (85.2%) (Clark *et al.*, 2008). Minder

aandacht gaat uit voor %AD. De gerapporteerde waarde van 70% is identiek aan van elite zaalvoetbalspelers (70%) (Milanez *et al.*, 2011) en in mindere mate overeenkomstig met die van Noorse elite voetballers (64%) (Algroy *et al.*, 2011), waar de VT1 telkens als indicator diende voor een intensiteit overeenkomstig de aerobe drempel.

Sprint- en sprongtesten De spelersgroep sprintte niet sneller tijdens de competitie. Bovendien verschilden de sprintsnelheden niet volgens spelpositie, terwijl aanvallers meestal de snelste tijden afklokken (Boone *et al.*, 2012; Sporis *et al.*, 2009). De 5 m sprinttijd (1.43 s) is gelijk aan die van 62 aanvallers uit de Belgische eerste klasse (Boone *et al.*, 2012). Kroatische elite ($n = 270$) klokten met 1.44 s quasi exact dezelfde tijd af als dit Belgisch team (Sporis *et al.*, 2009). Na 10 m bleek het versnellingsvermogen hoger te liggen bij de Belgen met een tijdsvermindering van gemiddeld 0.11 s. Een verschillend protocol is een reden voor de tijdsverschillen (vrije start versus starten na een geluidssignaal).

Top elite spelers liepen deze afstand 0.29 s sneller rond dezelfde seisoensperiode en verbeterden hun tijd nog na 8 weken concurrent training (Helgerud *et al.*, 2011). Recente onderzoeken tonen aan dat 1 wekelijkse snelheidsprikkel al positieve effecten kan opleveren (Shalfawi *et al.*, 2013; Tønnessen *et al.*, 2011). Het uitvoeren van 1 wekelijkse sprinttraining gedurende 10 weken tijdens het seizoen deed professionele voetballers sneller sprinten (Dupont *et al.*, 2004). Toch zou sprinttraining tijdens de voorbereiding of het tussenseizoen voor grotere progressie zorgen (Shalfawi *et al.*, 2013; Tønnessen *et al.*, 2011). Een zeer recente meta-analyse gaf aan dat herhaalde sprints (10 s met 60 s herstel) gedurende 2 – 12 weken bij getrainde subjecten in niet-gecontroleerde trials waarschijnlijk licht tot matig voordelig zijn voor de 10 m sprint (effectgrootte, 0.42) en CMJ (0.33) test (Taylor *et al.*, 2015).

Voorts is de verticale spronghoogte (42.1 cm) in lijn met die van 77 keepers en centrale verdedigers uit de Jupiler Pro League (42.2 - 42.4 cm) (Boone *et al.*, 2012), en die van Kroatische elite (Sporis *et al.*, 2009). Deze parameter nam significant toe met 3.4% of $\Delta SJ = +1.7$ cm. Een toename van ~1 cm in spronghoogte is een teken van een waarschijnlijk effectieve verbetering (Castagna en Castellini, 2013). Zulke evolutie wijst op een verbeterde concentrische werking van de knie- en heupstrekkers. Ondanks de verwachtingen namen zowel de SJ als CMJ niet toe bij de reeds aangehaalde Spaanse elite (Casajüs, 2001). Toch steeg SJ en CMJ met respectievelijk 6.9% en 2.7% na 10 weken intervaltraining in elite jeugd ($n = 11$, 16.9 ± 0.4 jaar, 69.8 ± 6.6 ml/min/kg) (McMillan *et al.*, 2005b). In top elite steeg CMJ met de handen op de heupen met 3.0 cm (0.1 – 6.2) of 5.2% tot 60.2 cm na concurrent training in de voorbereidingsperiode (Wisloff *et al.*, 1998). Het ontbreken van een stijging in CMJ spronghoogte impliceert dat de coördinatie (co-contractie quadriceps/hamstrings) of het gebruik van de rek-verkortingscyclus niet verbeterde. Om deze cyclus -en restitutie van elastische energie- te verbeteren zijn multi-jumps, bergaf lopen en drop jumps aangeraden. Een beter gebruik van de armen tijdens de CMJ_{armzwaaai} werd niet bevestigd. Elite vol-

leybalspelers wonnen een internationaal kampioenschap ondanks betere spongtesten het jaar voordien (Borràs *et al.*, 2011). Naast explosieve beenkracht zijn immers ook techniek, individuele en collectieve tactieken, teamplay en analyse van de tegenstander belangrijke factoren. In deze studie deed het team niet aan maximale krachttraining, maar implementatie ervan (bv. 4x4RM halve squat met telkens 3 min rust) bij top elite voetbalspelers had gunstige effecten op de onderzochte potentiële prestatieparameters ($\text{VO}_{2\max}$, 10 m sprint, CMJ) (Helgerud *et al.*, 2011). Een halve squat kan bovendien fungeren als veldtest door de sterke correlatie ervan met 10 m sprint ($r = 0.94$) en CMJ spronghoogte ($r = 0.78$) bij elite voetballers (Wisloff *et al.*, 2004). Na een volledig seizoen met opvolging van hormonale en psychofysiologische TL markers en het uitvoeren van een halve squat aan het einde van elke trainingsperiode bleek sRPE het meest te correleren ($R^2 = 0.42$) met de krachtproductie van 15 elite middellange en lange afstandslopers (Balsalobre-fernández *et al.*, 2015).

Relatie TL - $\text{VO}_{2\max}$ Ondanks gelijkaardige subjectieve quoteringen (Manzi *et al.*, 2010) is het mogelijk dat objectieve, absolute prestaties uiteenlopen (Foster, 1998; Foster *et al.*, 1996). Bijvoorbeeld, elite basketbalspelers ($n = 8$) die beter presteerden op de Yo-Yo IR1 test neigden lagere gemiddelde TLs te ervaren ($r = 0.68$, $p = 0.06$) (Manzi *et al.*, 2010). De $\text{VO}_{2\max}$ -waarde verklaart volgens Milanez *et al.* (2011) voor $> 50\%$ van de variantie in gepercipieerde TL maar wij vonden geen lineair verband tussen de $\text{TL}_{totaal.gem}$ en de $\text{VO}_{2\max}$ ($n = 11$; $r = 0.10$, $p = 0.389$). Opmerkelijk, de TL van krachttraining werd niet opgenomen in de analyse. Het is mogelijk dat van de 10 bestudeerde elite voetbalspelers de fittere spelers intuïtief al zwaarder werden belast (bv. kapitein, leidersfiguur, spelpositie, etc.), met geen discrepantie in sRPE tot gevolg. Bovendien bleven enkel de spelers over in de analyse die de meeste groepstrainingen meemaakten want overeen de 47 dagen namen slechts 3 van de 28 subjecten deel aan alle groepstrainingen. Hierdoor zal de omzetting van externe naar interne belasting een kleinere range vertonen in de spelers omdat enkel de meest fitte/blessurevrije overbleven. Door de vele lichte trainingen is het overigens mogelijk dat de CR10 schaal onvoldoende discrimineerde tussen de fitte en de zeer fitte spelers.

4.3 Limitaties

4.3.1 Trainingsbelasting

Opvolging, supervisie en gewenningsperiode Meerdere studies volgden de TL langer op dan deze studie. Bijvoorbeeld, Brink *et al.* (2013) en Gaudino *et al.* (2015) berekenden TLs uit respectievelijk 2446 en 1892 individuele trainingssessies bij enerzijds beloftevolle en anderzijds elite voetballers tijdens de competitieperiode. Ook werden additionele trainingsmomenten buiten het ingeplande trainingsschema niet opgevolgd. Toch is er de overtuiging dat de opgevolgde periode de gebruikelijke periodisering tijdens de reguliere competitie weerspiegelde. Idealiter was de volledige reguliere competitie opgevolgd geweest. Door slechts een mesocyclus na te gaan werd geopteerd om de eerste week niet als gewenningsperiode op te nemen, waardoor familiarisatie ontbrak. Maar een proefperiode inbouwen vóór de feitelijke follow-up en subjecten correct informeren over het gebruik van een RPE-schaal kan de validiteit of gevoeligheid versterken (Chen *et al.*, 2002; Kunorozva *et al.*, 2014; Soriano-Maldonado *et al.*, 2014). Een familisatieperiode van 1 week lijkt voldoende daar de trainers enkel in de eerste van 15 weken de spelers' TL onvoldoende accuraat inschatten (Rodríguez-Marroyo *et al.*, 2013).

Meetmethode De variatie in de wekelijkse wedstrijddag is waarschijnlijk de grootste limitatie vergeleken met Manzi *et al.* (2010) en Impellizzeri *et al.* (2004). Afhankelijk van de wedstrijddag kan er een shift in het vooropgestelde wekelijkse trainingsprofiel optreden. Bij wedstrijd op zaterdag was er op zondag een hersteltraining terwijl er bij wedstrijd op zondag de zaterdag nog werd getraind. Dergelijke verschillen beïnvloedden $TL_{week,gem}$. Verder zijn er verschillen in de sRPE schaal tussen studies. Beloftevolle Nederlandse jeugdspelers vertoonden een TL_{dag} van 944 AU (Brink *et al.*, 2013), maar door het gebruik van de Borg 6-20 schaal werd de trainingsduur vermenigvuldigd met hogere constanten. In de studie van Algoy *et al.* (2011) werd er gewerkt met extra halfjes. De originele Borg CR10 gebruikt andere verbale ankers: de maximumscore van 10 komt overeen met "*almost maximal, not maximal*". Er is zelfs een onderscheid mogelijk in de Foster schaal! Zo mist de ene versie bij 9 een verbale anker (Impellizzeri *et al.*, 2004), terwijl andere versies er "*nearly maximal*" (Foster *et al.*, 2001b) of "*near maximal*" (Foster *et al.*, 2006) aangeven. In andere studies maakten ze dan weer gebruik van een visueel analoge schaal (DellaValle en Haas, 2012; Rebelo *et al.*, 2012).

De duur van elke sessie werd telkens afgerond op 5 minuten. De meest geschikte methode om de duur van een sessie te bepalen in de sRPE methode is nog ongekend (Scott *et al.*, 2012). Een chronometer gehanteerd door een lid van de trainersstaf zou helpen om de inspanningsduur nauwkeuriger te bepalen.

De applicatie bleek niet efficiënter dan het manueel ingeven van sRPE-scores. Verdere ontwikkeling dient te focussen op een vereenvoudigde interface en (semi-)geautomatiseerde datatransfer om respectievelijk een versnelde quötering en follow-up vanop afstand te bekomen. Want een duurzaam opvolgingssysteem beschikt over zowel tijds- als kostenectiviteit (Coutts, 2014). Sleutelelementen van dergelijk opvolgingssysteem staan in tabel 4.1 en zijn toegepast op de ontwikkelde applicatie.

Tabel 4.1: Sleutelelementen van een duurzaam opvolgingssysteem. Halson (2014).

Ingedeeld volgens de werking van de ontworpen applicatie.

Aanwezig	Werkpunt
Bruikbaar zonder internetverbinding	Gebruiksgemak / intuïtief design
Data wordt omgezet in simpele uitkomsten	Efficiënt rapporteren van resultaten
Systeem werkt flexibel	Aangeven van een betekenisvol verschil
Toepasbaar in verschillende sporten	Geen evaluatie van cognitief functioneren
Verschaft individuele en groepsresultaten	

4.3.2 Conditionele analyse

Meetmomenten en spelersgroep Slechts 55% van de spelers waren voerden alle tests uit. Hierdoor was het onmogelijk om resultaten van de keepers te rapporteren. Blessureleed, transfers, een langdurige en drukke wedstrijdkalender zijn oorzaken die ook Casajüs (2001) al aanhaalde. Door het ontbreken van (veld)tests aan het einde van de voorbereidingsperiode is het onmogelijk om te stellen dat bepaalde potentiële prestatieparameters een positieve evolutie doormaakten tijdens de voorbereidingsperiode, wat wel gebeurde in voorgaande studies (Caldwell en Peters, 2009; Haritonidis *et al.*, 2004; Kalapharakos *et al.*, 2011; McMillan *et al.*, 2005b).

Meetmethodes In vele sporten is het moeilijk om maximale prestatie te definiëren (Taylor *et al.*, 2012). Prestatie-evaluatie binnen het voetbal is complex door diens eigenschappen (lø). Bijgevolg kan eender welke testbatterij niet als gouden standaard fungeren. Door maar 10 m te evalueren ontbreekt de evaluatie van de maximale loopsnelheid. Gezien de beschikbare ruimte op het testcentrum was dit praktisch niet mogelijk.

X-straling (DXA) biedt een preciezere bepaling van het vet% dan huidplooimetingen. Deze methode werd al toegepast om seizoensveranderingen in lichaamssamenstelling bij elite voetbalspelers te bepalen (Milanese *et al.*, 2015) Want meerderen formules om het vet% te bepalen zouden onvoldoende accuraat zijn om toe te passen op een populatie elite voetbalspelers (Novack *et al.*, 2014; Reilly *et al.*, 2009). Bovendien is per meetsite een tweede meting vereist om vervolgens te verifiëren of de waarden niet meer dan 10% verschillen. Maar huidcalipers blijven de meest toegankelijke bepalingsmethode. Om een betere interpretatie van het vetpercentage te garanderen stellen Reilly en Williams (2003) voor zowel de sommatie van de huidplooimetingen als de berekening van het

percentage lichaamsvet te beschouwen. Internationale voetbalspelers vertoonden een gesommeerde waarde van ongeveer 50 mm via Carter's 6 huidplooisites (Casajús, 2001; Casajús en Aragonés, 1993; Novak *et al.*, 1978). Vanwege de verschillende methodes om het vetpercentage te bepalen kan een directe vergelijking van resultaten in het gedrang komen. Dit geldt onder andere ook voor de bepaling van drempelwaarden (4 mmol/L, Dmax, modified Mmax, VT, etc.). Bijvoorbeeld, Bangsbo (1994a) gebruikte 3 mmol/L bij 5% opwaarts lopen tegenover Casajús (2001) die $[La]_{baseline} + 1.5$ mmol/L gebruikte om de anaerobe drempel te bepalen. Verschillen in gerapporteerde VO_{2max} -waarden zijn partieel te wijten aan verschillen in het experimenteel protocol en meetsysteem.

4.4 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Wedstrijdopvolging Tijdens wedstrijden is het in bepaalde sportdisciplines (bv. voetbal) verboden aan hartslagmonitoring te doen. Aangezien de cohorte volgend seizoen een Europees wedstrijdschema zal afwerken, lijkt het interessant om er systematisch de wedstrijdbelasting te monitoren. Wedstrijdbelasting zou kunnen variëren doorheen het seizoen, al dan niet met implicaties voor de daaropvolgende TL_{week} of als gevolg van de voorgaande TL_{week} . Bij elite rugbyspelers leidde een korte periode tussen de wedstrijden (5- 6 dagen versus 7 - 8 en 9 - 10 dagen) tot een lagere $TL_{week,gem}$ (Moreira *et al.*, 2015). Er is bij ons weten nog geen enkele macrocyclus van een elite voetbalploeg actief in een nationale en Europese competitie gepubliceerd.

Er is momenteel geen onweerlegbare evidence-based data beschikbaar over het effect van de wekelijkse periodisering op de uitkomst van een wedstrijd. Een gecontroleerd onderzoeksdesign zou kunnen aantonen welke strategie opportuun is betreffende belasting richting een wedstrijd (Mujika *et al.*, 2004). Fundamenteel daarbij is statistisch onderbouwen of het ingeplande weekprofiel qua zwaarte overeenstemt met datgene ervaren door de spelers. Tevens wordt een gedetailleerder zicht op het trainingsschema zoals in Hill-Haas *et al.* (2009), Minganti *et al.* (2010) of Kalapharakos *et al.* (2011) aanbevolen.

Individualisering Individuele evoluties werden niet toegelicht, maar het zou kunnen dat basisspelers wel vooruitgang boekten op bepaalde fysieke parameters (bv. $VO_{2 max}$). De opgevolgde wedstrijd van de basisspelers vertoonde namelijk de grootste interne belasting. Reservespelers misten deze prikkel en konden die door de huidig ingeplande trainingsvorm niet inhalen. We raden aan om een onderscheid te maken tussen deze type spelers. Voorts lijkt streven naar een geïndividualiseerde aanpak opportuun ondanks dat Manzi *et al.* (2010) geen verschillen in sRPE . Rogalski *et al.* (2013) adviseerden om de belasting van training en wedstrijd bij elite teamsporters individueel en over wekelijkse periodes te bekijken.

Prestatiepredictie Sportwetenschappers trachten te achterhalen welke TL vereist is om de maximaal haalbare prestatie te bekomen. In duursporten is al getracht om prestatie te voorspellen op basis van fitheid en vermoeidheid in case-studies (Edelmann-nusser *et al.*, 2002; McGregor *et al.*, 2009; Suzuki *et al.*, 2006). Op basis van sRPE scores kon Suzuki *et al.* (2006) accuraat de competitieprestaties ($R^2 = 0.88$) en tijdstippen van een persoonlijke besttijd voor een elite 400 m sprinter voorspellen. Bij ons weten is zoets in intermittente teamsporten nog niet succesvol toegepast. sRPE scores droegen bij beloftevolle voetballers niet bij tot het voorspellen van de prestatie op een submaximale looptest (Brink *et al.*, 2010). Weliswaar verschilden de fitting, opzet en doel van het model sterk van datgene gebruikt in de aangehaalde case-studie. iTRIMP zou bij deze elite voetballers kunnen worden uitgetest, aangezien de vereiste individuele data van een progressieve inspanningstest beschikbaar zijn en deze methode *in se* het potentieel bezit om de evolutie in fitheid aan de hand van fysieke, submaximale prestatieparameters te verifiëren en loopprestaties te voorspellen (Manzi *et al.*, 2009). Het zou een tool kunnen zijn voor trainers die hun team of een individuele speler fysiek willen prepareren tegen een bepaalde periode (bv. competitiestart, play-offs).

Hoofdstuk 5

Conclusie

Deze studie toont nogmaals aan dat de sRPE methode de interne TL in elite voetbal kan opvolgen en de toegepaste periodisering kan achterhalen. sRPE kon de wekelijkse TL bij geen, 1 of 2 wekelijkse wedstrijden en ook lichte, matige en zware inspanningsintensiteiten onderscheiden. De spelersgroep werd voornamelijk belast door technisch-tactische trainingen terwijl de wedstrijdbelasting hoger lag dan eender welke trainingsvorm. De resultaten suggereren dat het gepolariseerd trainingsmodel werd toegepast in succesvolle elite voetbalspelers tijdens de competitieperiode. De expert trainersstaf was in staat om de inspanningsintensiteit van diens spelersgroep correct in te schatten na inspanning. Slechts één quitering van een aanwezige trainer lijkt te volstaan om betrouwbare sRPE opvolging van de trainersstaf te bekomen.

De claim voor implementatie van sRPE als tool in het werkeld werd nogmaals ondersteund. De aandacht voor het ontwikkelen van tools om atleten op te volgen stijgt maar innovatieve technologieën dienen finaal een effect te hebben op de dagelijkse trainingssetting. Door de gratis applicatie is dure¹ of gesofisticeerde apparatuur zoals HF-gebaseerde systemen niet steeds vereist. Via geautomatiseerde scripts wordt gemakkelijk interpreteerbare feedback op wekelijkse of maandelijkse basis mogelijk. Gebruik ervan zou kunnen leiden tot een verbeterd begrip van de interne belasting om zo de trainer-atleet relatie te kunnen bevorderen, zowel in groep als individueel, en maladaptatie aan training te vermijden. Via dit deel hopen we duurzame opvolging te initiëren met periodieke feedback voor trainersstaf, zodanig dat de gewenste periodisering kan opgelegd worden in functie van wedstrijdprestatie en aangepast afhankelijk van de ervaren belasting.

Het huidige trainingsschema en bijhorende belasting leidden overwegend niet tot een vermindering in potentiële prestatieparameters doorheen de voorbereiding en reguliere competitieperiode in elite voetbalspelers. De snelheid op de aerobe en anaerobe drempel nam toe net zoals de snelheid aan een intensiteit overeenkomstig VO_{2max} . Submaximale

¹Polar Team kost 650 euro voor 10 atleten

indicatoren verbeterden maar VO_{2max} als indicator van de aerobe fitheid nam niet toe. De VO_{2max} -waarde lag $\pm 10\%$ onder gerapporteerde waarden van Europese top elite voetbalploegen (Casajüs, 2001; Helgerud *et al.*, 2011). Het opgelegde trainingsschema bood vermoedelijk onvoldoende gerichte, intensieve inspanningsbelastingen op bepaalde momenten om de gemiddelde VO_{2max} -waarde van de spelersgroep te verhogen. De sprongkracht steeg doordat de SJ met 1.7 cm toenam, maar een verbeterde explosieve concentrische beenkracht leidde niet tot verbeterde elastisch-explosieve eigenschappen in de CMJ. Sprinttijden op de 5 m, 10 m en 5 * 10 m bleven behouden desondanks het feit dat de meest beslissende wedstrijdacties op het anaerobe metabolisme berusten. De trainersstaf dient te focussen op een adequaat ingedeeld conditioneringsprogramma dat zorgt voor minstens het behoud van elite spelers' fysieke prestatie doorheen een competitieperiode. Ondanks reeds aangetoonde relaties tussen TLs en prestatieparameters Balsalobre-fernández *et al.* (2015); Manzi *et al.* (2010); Milanez *et al.* (2011) kon in deze selecte groep elite teamsporters een lineair verband tussen totaal gemiddelde TL en shuttle run test of VO_{2max} -waarde niet worden bevestigd. Langdurige en integrale opvolging van TL en potentiële prestatieparameters lijkt noodzakelijk om bruikbare patronen en waarden relevant voor trainingsadaptatie, blessurepreventie, prestatiepredictie of veranderingen in fitheid te achterhalen.

Erkenning De auteurs wensen Beau De Maesschalck te bedanken voor het mee ontwikkelen van de applicatie, alsook Stijn M. voor de hulp bij de dataverzameling. Daarnaast bedanken de auteurs ook de spelers en de trainersstaf van het voetbalteam voor hun medewerking.

Bijlage A

Bijlagen

A.1 Studies betreffende sRPE in een sportsetting

Artikel A → Z	Auteur (jaar)	TL opvolgings- methode	Opvolgings- periode	Beschrijving populatie
Team sporten				
Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players	Akubat et al. (2012)	sRPE TRIMP (Bannister, Team, iTrimp)	6 weken 6 wedstrijden, 4 - 6 (60 - 120min) trainingen /week	9 beloftevolle Engelse voetballers (17 ± 1 jr)
Quantification of training load in Canadian Football: Application of Session-RPE in collision-based team sports	Clarke et al. (2013)	sRPE TRIMP (Polar, Edwards)	11 weken tijdens voorbereiding en competitie, 713 sessies	2010: 78 Canadese student rugbyspelers. 2011: 20 basis-spelers (22.0 ± 1.4 jr) van de 78
Monitoring for overreaching in rugby league players	Coutts et al. (2007)	TL via sRPE tijdens taper hetzelfde in beide groepen	6 weken normale versus overload training + 7 dagen step taper	18 professionele rugbyspelers (23.3 ± 3.3 jr)
Monitoring Training Load in Soccer: Measuring and Periodising Training	Coutts et al. (2008)	sRPE	1 seizoen	1 professioneel Italiaans en Tunisisch voetbalteam (leeftijd onbekend)

Monitoring training load and fatigue in rugby sevens players	Elloumi, Makni & Moalla (2012)	sRPE 8-delige vragenlijst betreffende vermoeidheid	8 weken: 6 weken overload + 2 weken TL reductie	16 elite rugby 7s (23.8 ± 3.1 jr)	Tunesische
Use of RPE-based training load in soccer	Impellizzeri et al. (2004)	sRPE TRIMP(Edwards, Banister, Lucia)	7 competitie-weken met 479 trainingen	19 adolescenten voetballers (17.6 ± 0.7 jr)	
Quantification of the physiological loading of one week of “pre-season” and one week of “in-season” training in professional soccer players	Jeong et al. (2011)	sRPE HF	1 trainingsweek vóór en tijdens competitie	12 (24 ± 3 jr)	professionele Koreaanse voetballers
Quantifying session ratings of perceived exertion for field-based speed training methods in team sport athletes	Lockie et al. (2012)	sRPE	6 weken progressief trainingsprogramma	27 gezonde mannen (23.3 ± 4.7 jr)	
Profile of weekly training load in elite male professional basketball players	Manzi et al. (2010)	sRPE HF	12 weken tijdens competitie: 200 trainingen	8 elite basketbalspelers (28 ± 3.6 jr) Basisspelers	
Monitoring of the internal training load in futsal players over a season	Miloski, Freitas & Bara-Filho (2012)	sRPE	1 macrocyclus van 37 weken	13 atleten van 1 team uit Braziliaanse hoogste klasse (26.9±5.4 jr)	
The validity of sessionrating of perceived exertion method for quantifying training load in teamgym	Minganti et al. (2010)	sRPE TRIMP (Edwards)	3x 120 min grond, tumbling of trampoline	10 elite gymnasies (21.7 ± 1 jr)	
Monitoring internal load in basketball	Nunes et al. (2010)	sRPE TRIMP (Edwards)	XI Braziliaans basketbalkampioenschap	10 basketbalsters (25 ± 4jr)	

Monitoring training load, recovery-stress state, immune-endocrine responses and physical performance in elite female basketball players during a periodized training program	Nunes et al. (2014)	sRPE RESTQ-76 vraaglijst sIgA, testosteron, cortisol 1RM bench, squat jump, T-test, 8RM squat, Yo-Yo test	12 weken voorbereiding op internationaal kampioenschap 2 overload en taper fases	19 Braziliaanse elite basketbalspelers(26 ± 5 jr)
A new tool to measure training load in soccer training and match play	Rebelo et al. (2012)	Visueel Analog Schaal (VAS1-TL, VAS2-TL) TRIMP (Edwards)	2 competitieweken: 3 trainingen (234 ± 3 min) en 1 wedstrijd (80 min) per week	51 adolescente voetballers (15.6 ± 0.3 jr) van 3 Portugese 1 ^{ste} divisie clubs
Physiological responses in relation to performance during competition in elite synchronized swimmers	Rodriguez-Zamora et al. (2012)	HF [La] RPE (Borg CR10) na oefening	96 oefeningen in een nationaal kampioenschap	10 volwassenen (21.4 ± 3.6 jr) en 24 junioren (15.9±1.0) synchroonzwemmers van (inter)nationaal niveau
Correspondence between training load executed by volleyball players and the one observed by coaches	Rodriguez-Zamora et al. (2013)	sRPE trainer en speller TRIMP(Edwards)	15 weken tijdens voorbereiding en competitie	1 Spaanse volleybalsters uit 3 ^{de} klasse: 21 ± 3 jr 4 gediplomeerde trainers
Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers	Rogalski et al. (2013)	sRPE Aantal blessures	1 seizoen in de AFL of WAFL liga: 22 wedstrijden	46 elite Australische rugbyspelers (22.2 ± 2.9 jr) van 1 club
Power, Heart rate and perceived exertion responses tot 3x3 and 4x4 Basket-ball small-sided games	Sampaio, Anbrantes & Leite (2009)	Squat en counter movement jump HFmax Yo-Yo test RPE OMNI schaal (0-10)	2 small-sided 3x3 en 4x4	8 adolescente basketballers (15.5 ± 0.6 jr)

Training mode influences the relationships between training load models during basketball conditioning	Scanlan et al. (2013)	sRPE TRIMP (Banister, Edwards)	10 weken tijdens voorbereiding	8	semi-professionele basketballers (26.3 ± 6.7 jr) van nationaal niveau
Using Session RPE to Monitor Training Load in Netballers	Wright, Slattery & Howell	sRPE squat en counter movement jump, 10 m sprint, 5'-5' submaximale HF test, DALDA vraaglijst	12 weken tijdens competitie	3	Australische elite netballers

**Individuele
sporten**

Association between the Rating Perceived Exertion, Heart Rate and Blood Lactate in Successive Judo Fights (Randori)	Branco & Masuca (2013)	[La] HF RPE (Borg) CR10	4 gesimuleerde judowedstrijden	10 judokas van (inter)nationaal niveau (25.6 ± 2.1 jr)
The perceived exertion to regulate a training program in young women	Celine et al. (2011)	RPE HF Maximale progressieve inspanningstest vóór en na: VO ₂ piek, maximaal vermogen	6 weken interval-training via RPE	27 gezonde studentes (22.4 ± 2.7 jr)
Quantification of training load and intensity in female collegiate rowers: validation of a daily assessment tool	DellaValle & Haas (2013)	sRPE TRIMP (Edwards)	2 trainingssimulaties aan verschillende intensiteit + 1 week training opvolgen	7 getrainde roeiers (19.7 ± 0.8 jr)
Using Session RPE to Monitor Different Methods of Resistance Exercise	Egan et al. (2006)	sRPE RPE na elke reeks	3 trainingsvormen: traditionele, vertraagde en gesprongen squats	14 gezonde studenten (22 ± 3 jr)
Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity	Scherr et al. (2013)	RPE (Borg 6-20) HF [La]	Progressieve inspanningstests gedurende 5 jaar opvolging (2005-2010)	2560 Kaukasiërs (13 - 83 jr, medianaan 28 jr)
The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming	Wallace, Slettery & Coutts (2009)	sRPE TRIMP (Banister, Edwards, LTzone) zwemafstand (m)	20 zwemtrainingen (Δ afstand en intensiteit)	12 (6~6) goed getrainde zwemmers (22.3 ± 3.1 jr)

A.2 MATLAB programmacode

```

%% Matlab script thesis trainingbelastings opvolging aan de hand van
% session rate of perceived exertion

% Beschrijving:
% Dit script leest een Excel-sjabloon in waarin de
% trainingsbelasting
% voor iedere training werd opgegeven. De TL wordt
% berekend aan de
% hand van de vermenigvuldiging van de sRPE en de duur.
% Voorts
% berekende variabelen zijn: TL voor weken met een
% verschillend
% aantal wedstrijden, De TL bij verschillende types training
% en de
% vergelijking tussen de belasting opgegeven door de spelers
% en de
% coach.

% PREREQUISITES:
% Niet nodig

% INPUTS:
% Excel-file met de RPE-data

% OUTPUTS:
% Excel-file met variabelen gebrauikensklaar voor verdere
% statistische
% verwerkingen
% ++++++ INFORMATION ++++++
% Geschreven door: Rud Derie & Pieter Van den Berghe
% geprogrammeerd in: MATLAB 8.4
% O/S: Windows 7
% Departement: Movement and Sports Sciences Ghent University
% Update geschiedenis: 2015 02 15
% Version: 1.0.0
% ++++++ ++++++
%% Read sRPE Data

% xlsread sRPE from excel to cell array
rawData = ReadsRPE('AAGent_metRondeDatums.xlsx');

% organise Data
% Variables
AantalTrainingen = length(rawData)-2; % 1e 2 kolommen zijn speler gegevens

% cell array met spelers namen
players = cell(28,1); % preallocatie
for i = 1:28

```

```
players{i,1} = rawData{i+10,2};

end

%cell array met rugnummers van de spelers
numbers = cell (28,1); %preallocatie
for i = 1:length(players)

    numbers{i,1} = rawData{i+10,1};

end

%cell array met de Data
for j = 1:AantalTrainingen

    Dates(1,j) = datetime(rawData{2,j+2}, 'inputformat', 'dd/MM/yyyy');

end

%cell array met RPE-waarden opgegeven door de spelers
RPE = cell (length(players), AantalTrainingen); %preallocatie
for i = 1:length(players)
    for j = 1:AantalTrainingen

        RPE{i,j} = rawData{i+10:39,j+2};

    end

end

%cell array met de coaches
Coaches = cell (5,1); %preallocatie
for i = 1:5

    Coaches{i,1} = rawData{i+5,2};

end

%cell array of RPE- waarden van de coaches
Coaches_RPE = cell (5,AantalTrainingen); %preallocatie
for i = 1:5

    for j = 1:AantalTrainingen

        Coaches_RPE{i,j} = rawData{i+5,j+2};

    end

end
```

```
%cell array met de duur van de trainingen in min
duration = cell (1,AantalTrainingen); %preallocatie
for i = 1:AantalTrainingen

    duration{1,i} = rawData{3,i+2};

end

%cell array met type trainingen
type_training = cell(1,AantalTrainingen); %preallocatie
for i = 1:AantalTrainingen

    type_training{1,i} = rawData{4,i+2};

end

%% naam excel file output file
fileName = 'Output_trainingsbelasting';

%% sRPE berekeningen + uitzetten totaal overzicht van de TL (grafiek)
%+ plotten van TL per microcyclus

% sRPE per Training ( all players)
sRPE_values = cell(length(players),length(Dates)); %preallocatie
RPE_numeric = NaN(length(players),length(Dates)); %preallocatie
sRPe_values_double = NaN(length(players),length(Dates)); %preallocatie

for i = 1:length(Dates)

    for j= 1:length(players)

        if isnumeric(RPE{j , i})
            sRPE_values{j , i} = RPE{j , i} * duration{i}; %trainingload
            berekenen
            RPE_numeric(j , i) = RPE{j , i}; %RPE waarden
            numeriek opslaan
            sRPe_values_double(j , i) = RPE{j , i} * duration{i}; %TL numeriek
            opslaan
        end

    end

end

% sRPE per training (coaches)
sRPE_coaches = cell(length(Coaches),length(Dates));
for i = 1:length(Dates)

    for j= 1:length(Coaches)
```

```

if isnumeric(Coaches_RPE{j,i})

    sRPE_coaches{j,i} = Coaches_RPE{j,i} * duration{i};

end

end

end
% average sRPE per Training (all players)
Gem_sRPE = nanmean(sRPE_values_double);
Gem_sRPE_coaches = nanmean(cell2mat(sRPE_coaches));

% standaard deviatie
std_sRPE = nanstd(sRPE_values_double);
std_sRPE_coaches = nanstd(cell2mat(sRPE_coaches));



---


%% Dubbele Datums uithalen + gem sRPE optellen
%++++++ Code functie: sRPESummation_Double_Dates ++++++

function [ New_Dates, New_sRPE, type_training_per_date ] =...
    sRPESummation_Double_Dates( Datums,sRPE, type_training )

%Checks for double dates, is there is a double date, RPE will be summated
j = 0;
i = 1;
while i ~= length(Datums)
    j = j+1;

    if Datums(i) == Datums(i+1)

        New_sRPE(:,j) = (nansum(sRPE(:,i:i+1)'))';
        New_Dates(:,j) = Datums(:,i);
        type_training_per_date{1,j} = strcat(type_training{1,i}, ' / ', ...
            type_training{1,i+1});
        i = i+1;

    else

        New_sRPE(:,j) = sRPE(:,i);
        New_Dates(:,j) = Datums(:,i);
        type_training_per_date{1,j} = type_training{1,i};

    end

    i = i +1;

end

```

```
% laatste kolom aan de arrays toevoegen

New_sRPE = [New_sRPE sRPE(:,end)];
New_Dates = [New_Dates Datums(:,end)];
type_training_per_date = [type_training_per_date type_training{1,end
}];

end

%
+-----+
% spelers
[Dates_no_dubbles, sRPE_no_dubbels, Type_training_per_date] = ...
sRPESummation_Double_Dates(Dates, sRPE_values_double, type_training);
[~, Gem_sRPE_no_dubbles, ~] = ...
sRPESummation_Double_Dates(Dates, Gem_sRPE, type_training);

% coaches
[~, sRPE_coach_no_dubbels, ~] = ...
sRPESummation_Double_Dates(Dates, cell2mat(sRPE_coaches),
type_training);
[~, Gem_sRPE_coach_no_dubbels, ~] = ...
sRPESummation_Double_Dates(Dates, Gem_sRPE_coaches, type_training);

%% plotten Trainingload over de volledige periode
% standaard deviatie zonder dubbele waarden
std_sRPE_no_dubbles = nanstd(sRPE_no_dubbels);
std_sRPE_coaches_no_dubbles = nanstd(sRPE_coach_no_dubbels);
%staafgrafiek opstellen
h1 = figure;

% initialisatie dagen van de week
dagen = {'maandag', 'dinsdag', 'woensdag', ...
'donderdag', 'vrijdag', 'zaterdag', 'zondag'};
dagenPeriode = cell.empty;
for i = 1:(length(Dates_no_dubbles)/7)

dagenPeriode = [dagenPeriode dagen];

end
% Bepalen wanneer wedstrijd van de week was
pos = regexp(Type_training_per_date, 'Wedstrijd');
posities = not(cellfun('isempty', pos));

y = [Gem_sRPE_no_dubbles' Gem_sRPE_coach_no_dubbels'];
std = [std_sRPE_no_dubbles'./2 std_sRPE_coaches_no_dubbles'./2];
```

```
h1 = bar(y);
% Figuur aanpassen
set(h1, 'BarWidth', 1) % grafieken raken elkaar
set(gca, 'YGrid', 'on') % horizontale lijnen
set(gca, 'GridLineStyle', '-') % lijnstijl
set(gcf, 'position', get(0, 'screensize')); % volledig scherm
set(gca, 'XTick', 1:AantalTrainingen) %X-as = aantal trainingen groot
set(gca, 'XTickLabel', dagenPeriode) % labels van de x-as
set(gca, 'XTickLabelRotation', 70) % 70 graden geroteerd
xlabel('dagen') %label van de x-as
ylabel('Trainingsbelasting (AU)') %label Y-as
%grafiek titel
title('algemene trainingsload spelers over volledige periode')

hold on

%kleuren van de grafieken wijzigen
grey = [0.4 0.4 0.4];
h1(1).FaceColor = grey;
h1(2).FaceColor = 'w';

% tekst plaatsen waar wedstrijd is
% bepalen positie van de tekst
pos_wed = find(double(posities)==1);
y_pos_wed = zeros(1,length(pos_wed));
y_pos_wed(:) = 100;

t = text(pos_wed, y_pos_wed, 'Wedstrijd');

for m = 1:length(t)

    t(m).FontSize = 12;
    t(m).Rotation = 90;
    t(m).BackgroundColor = 'none';

end

legend({'Spelers'; 'Trainersstaf'});

% exporteren van figuren
print(gcf, '-djpeg', 'algemene trainingsload spelers over volledige periode
')

%% plot gemiddelde trainingload per week
n = 0;
for i = 1:7:length(Dates_no_dubbles)
    n = n+1;
    %aanmaken lege figuur
    h2 = figure;
```

```
% Bepalen wanneer wedstrijd van de week was

%zoeken naar woord Wedstrijd
pos = regexp(Type_training_per_date(i:i+6), 'Wedstrijd');
posities = not(cellfun('isempty', pos));

y = [Gem_sRPE_no_dubbles(i:i+6)' Gem_sRPE_coach_no_dubbels(i:i+6)'];
std = [std_sRPE_no_dubbles(i:i+6)'./2 ...
        std_sRPE_coaches_no_dubbles(i:i+6)'./2];
h2 = bar(y);

set(h2, 'BarWidth', 1) % grafieken raken elkaar
set(gca, 'YGrid', 'on') % horizontale lijnen
set(gca, 'GridLineStyle', '-') % lijnstijl
axis([0 8 0 1300])% volledig scherm
set(gca, 'XTickLabel', dagen(1,:)) %X-as dagen van de week
set(gcf, 'position', get(0, 'screensize')); %grootte = volledig scherm
xlabel('Dagen') %Label x-as
ylabel('Trainingsload (AU)') %Label y-as
title(strcat('week van ', datestr(Dates_no_dubbles(i)), ' tot ', ...
            datestr(Dates_no_dubbles(i+6)))) %titel grafiek

hold on

% plotten foutbalken
numgroups = size(y, 1);
numbars = size(y, 2);
groupwidth = min(0.8, numbars/(numbars+1.5));
for j = 1:numbars
    % Based on barweb.m by Bolu Ajiboye from MATLAB File Exchange

        % Aligning error bar with individual bar
    x = (1:numgroups) - groupwidth/2 + (2*j-1) * groupwidth /...
        (2*numbars);
    errorbar(x, y(:,j), std(:,j), 'k', 'linestyle', 'none');
end

%kleuren van de grafieken wijzigen
grey = [0.4 0.4 0.4];
h2(1).FaceColor = grey;
h2(2).FaceColor = 'w';
legend({'Spelers'; 'Trainersstaf'})
% tekst plaatsen waar wedstrijd is
% bepalen positie van de tekst
pos_wed = find(double(posities)==1);
if isempty(pos_wed) ~= 1
    y_pos_wed = zeros(1, length(pos_wed));
    y_pos_wed(:) = 400;
```

```

t = text(pos_wed, y_pos_wed, 'Wedstrijd');

for m = 1:length(t)
    t(m).FontSize = 26;
    t(m).Rotation = 90;
    t(m).BackgroundColor = 'none';
end
end

%Opslaan van de figuur
print(gcf, '-jpeg', strcat('week van ', datestr(Dates_no_dubbles(i)),
    ' tot ', ...
    datestr(Dates_no_dubbles(i+6))))
```

```

%% Weekprofielen van TL voor weken met een verschillend aantal
% wedstrijden
j = 1;
% opstellen per 7 dagen belasting onder elkaar, 1 wedstrijd
Weekprofiel_Spelers_2_games = double.empty;
Weekprofiel_coaches_2_games = double.empty;
Weekprofiel_Spelers_1_game = double.empty;
Weekprofiel_coaches_1_game = double.empty;
Weekprofiel_Spelers_no_game = double.empty;
Weekprofiel_coaches_no_game = double.empty;
k = datetime.empty;

for i = 1:7:length(Dates_no_dubbles)

    %positie van 'Wedstrijd' bepalen
    wedstrijden = regexp(Type_training_per_date(i:i+6), 'Wedstrijd');
    positions = find(not(cellfun('isempty', wedstrijden)));

    if length(positions) == 2 % 2wedstrijden
        Weekprofiel_Spelers_2_games = [ Weekprofiel_Spelers_2_games ...
            sRPE_no_dubbels(:, i:i+6)];
        Weekprofiel_coaches_2_games = [ Weekprofiel_coaches_2_games ...
            sRPE_coach_no_dubbels(:, i:i+6)];
    elseif length(positions) == 1 %1wedstrijd
        Weekprofiel_Spelers_1_game = [ Weekprofiel_Spelers_1_game ...
            sRPE_no_dubbels(:, i:i+6)];
        Weekprofiel_coaches_1_game = [ Weekprofiel_coaches_1_game ...
            sRPE_coach_no_dubbels(:, i:i+6)];
        k = [k Dates_no_dubbles(i:i+6)];
    else %Geen Wedstrijd
        Weekprofiel_Spelers_no_game = [ Weekprofiel_Spelers_no_game ...
            sRPE_no_dubbels(:, i:i+6)];
        Weekprofiel_coaches_no_game = [ Weekprofiel_coaches_no_game ...
            sRPE_coach_no_dubbels(:, i:i+6)];
    end
end

```

```
end

% totale week belasting
j = 0;
[~,loopNum] = size( Weekprofiel_Spelers_2_games );
for i = 1:7:loopNum
    j = j+1;
    temp_speler = Weekprofiel_Spelers_2_games (:, i:i+6);
    temp_coach = Weekprofiel_coaches_2_games (:, i:i+6);

    temp_speler2 = (nansum(temp_speler'))';
    temp_coach2 = (nansum(temp_coach'))';

    weektot_2games_speler (:, j) = temp_speler2;
    weektot_2games_coach (:, j) = temp_coach2;

    clear temp_speler
    clear temp_coach
    clear temp_speler2
    clear temp_coach2

end
weektot_2games_speler = zero2NaN( weektot_2games_speler );
weektot_2games_coach = zero2NaN( weektot_2games_coach );

gem_weektot_2games_speler = (nanmean(weektot_2games_speler'))';
gem_weektot_2games_coach = (nanmean(weektot_2games_coach'))';
% gemiddelde week totaal (speler en coach) voor aantal wedstrijden per
% week
gem_weektot_2games = [gem_weektot_2games_coach ; gem_weektot_2games_speler
    ];

j = 0;
[~,loopNum] = size( Weekprofiel_Spelers_1_game );
for i = 1:7:loopNum
    j = j+1;

    weektot_1game_speler (:, j) = (nansum( Weekprofiel_Spelers_1_game (:, i:i
        +6)' ))';
    weektot_1game_coach (:, j) = (nansum( Weekprofiel_coaches_1_game (:, i:i+6)
        ))';

end

weektot_1game_speler = zero2NaN( weektot_1game_speler );
weektot_1game_coach = zero2NaN( weektot_1game_coach );

gem_weektot_1game_speler = (nanmean( weektot_1game_speler'))';
gem_weektot_1game_coach = (nanmean( weektot_1game_coach'))';
```

```

% gemiddelde week totaal ( speler en coach) voor aantal wedstrijden per
week
gem_weektot_1game = [ gem_weektot_1game_coach; gem_weektot_1game_speler ];

j = 0;
[~,loopNum] = size(Weekprofiel_Spelers_no_game);

for i = 1:7:loopNum
    j = j+1;
    weektot_no_game_speler(:,j) = (nansum(Weekprofiel_Spelers_no_game...
        (:, i:i+6)'))';
    weektot_no_game_coach(:,j) = (nansum(Weekprofiel_coaches_no_game...
        (:, i:i+6)'))';
end

weektot_no_game_speler = zero2NaN(weektot_no_game_speler);
weektot_no_game_coach = zero2NaN(weektot_no_game_coach);

gem_weektot_no_game_speler = (weektot_no_game_speler);
gem_weektot_no_game_coach = (weektot_no_game_coach);
% gemiddelde week totaal ( speler en coach) voor aantal wedstrijden per
week
gem_weektot_no_game = [gem_weektot_no_game_coach;
    gem_weektot_no_game_speler];

% weektotaal schrijven naar excel-outputfile
gem_week_tot = [gem_weektot_2games gem_weektot_1game gem_weektot_no_game];

% opstellen van een header voor excel
header = {'week_bel_2games', 'week_bel_1game', 'week_bel_nogame'};
xlswrite(fileName, header, 'Weekbelasting', 'D1:F1')

% header met spelers/coaches info opstellen
header_spelers_coaches_naam = [Coaches; players];
xlswrite(fileName, header_spelers_coaches_naam, 'Weekbelasting', 'A2:A34')

%header met codering spelposities/ coach-speler
speler_coach_header = zeros(34,1);
speler_coach_header(1:5) = 1;
speler_coach_header(6:end) = 2;
xlswrite(fileName, speler_coach_header, 'Weekbelasting', 'B2:B34')
xlswrite(fileName, gem_week_tot, 'Weekbelasting', 'D2:F34');

%% monotonie en strain
j = 0;
[~,loopNum] = size(Weekprofiel_Spelers_2_games);
for i = 1:7:loopNum
    j = j+1;
    gem_Dag_load_2games(:,j) = ...

```

```

        (nanmean( Weekprofiel_Spelers_2_games (:, i:i+6) ') ) ';
sd_2_games (:, j) = nanstd( Weekprofiel_Spelers_2_games (:, i:i+6) ') ;
end

j = 0;
[~,loopNum] = size( Weekprofiel_Spelers_1_game );
for i = 1:7:loopNum
    j = j+1;
    gem_Dag_load_1game (:, j) = ...
        (nanmean( Weekprofiel_Spelers_1_game (:, i:i+6) ') ) ';
    sd_1_game (:, j) = nanstd( Weekprofiel_Spelers_1_game (:, i:i+6) ') ;
end

j = 0;
[~,loopNum] = size( Weekprofiel_Spelers_no_game );
for i = 1:7:loopNum
    j = j+1;
    gem_Dag_load_NOgame (:, j) = ...
        (nanmean( Weekprofiel_Spelers_no_game (:, i:i+6) ') ) ';
    sd_no_game (:, j) = nanstd( Weekprofiel_Spelers_no_game (:, i:i+6) ') ;
end

%monotonie Per week/ aantal games/ week
monotonie_2_games = gem_Dag_load_2games ./ sd_2_games ;
monotonie_1_game = gem_Dag_load_1game ./ sd_1_game ;
monotonie_no_game = gem_Dag_load_NOgame ./ sd_no_game ;

% gem Monot
gem_monotonie_2_games = (nanmean( monotonie_2_games ') ) ';
gem_monotonie_1_game = (nanmean( monotonie_1_game ') ) ';
gem_monotonie_no_game = monotonie_no_game ;

%Strain berekening
Strain_2_games = weektot_2games_speler .* monotonie_2_games ;
Strain_1_game = weektot_1game_speler .* monotonie_1_game ;
Strain_no_game = weektot_no_game_speler .* monotonie_no_game ;

%gem strain
gem_strain_2_games = (nanmean( Strain_2_games ') ) ';
gem_strain_1_game = (nanmean( Strain_1_game ') ) ';
gem_strain_no_game = Strain_no_game ;

% berekeningen naar excel schrijven
mono_strain_header = {'gem_strain_2_games', 'gem_strain_1_game',...
    'gem_strain_no_game', 'gem_monotonie_2_games',...
    'gem_monotonie_1_game', 'gem_monotonie_no_game'}; %opstellen header

% Headers schrijven
xlswrite(fileName, mono_strain_header, 'MonotonieAndStrain', 'C1:H1');

```

```
xlswrite(fileName, players, 'MonotonieAndStrain', 'A2:A29')

xlswrite(fileName,[ gem_strain_2_games gem_strain_1_game
gem_strain_no_game...
gem_monotonie_2_games gem_monotonie_1_game gem_monotonie_no_game],...
'MonotonieAndStrain','C2:H29');

%% Create figure van de Gemiddelde weekelijkse trainings belasting
% opstellen van de data: alle data van ma--> zo onder elkaar
% 2 games
Gem_weekProfiel_2games_speler = double.empty;
Gem_weekProfiel_2games_coach = double.empty;

for i = 1:7:size(Weekprofiel_Spelers_2_games,2)
Gem_weekProfiel_2games_speler =[Gem_weekProfiel_2games_speler;...
    Weekprofiel_Spelers_2_games(:,i:i+6)];
Gem_weekProfiel_2games_coach = [Gem_weekProfiel_2games_coach;...
    Weekprofiel_coaches_2_games(:,i:i+6)];

end

%1game
Gem_weekProfiel_1game_speler = double.empty;
Gem_weekProfiel_1game_coach = double.empty;

for i = 1:7:size(Weekprofiel_Spelers_1_game,2)

Gem_weekProfiel_1game_speler = [Gem_weekProfiel_1game_speler;...
    Weekprofiel_Spelers_1_game(:,i:i+6)];
Gem_weekProfiel_1game_coach = [Gem_weekProfiel_1game_coach;...
    Weekprofiel_coaches_1_game(:,i:i+6)];

end

%no game
Gem_weekProfiel_no_game_speler = double.empty;
Gem_weekProfiel_no_game_coach = double.empty;

for i = 1:7:size(Weekprofiel_Spelers_no_game,2)

Gem_weekProfiel_no_game_speler = [Gem_weekProfiel_no_game_speler;...
    Weekprofiel_Spelers_no_game(:,i:i+6)];
Gem_weekProfiel_no_game_coach = [Gem_weekProfiel_no_game_coach ;...
    Weekprofiel_coaches_no_game(:,i:i+6)];

end

%maken van de grafiek
h = figure;
subplot(3,1,1)
```

```

y = [ ( nanmean( Gem_weekProfiel_2games_speler ) )' ...
       ( nanmean( Gem_weekProfiel_2games_coach ) )' ];
std = [ ( nanstd( Gem_weekProfiel_2games_speler ) )' ...
       ( nanstd( Gem_weekProfiel_2games_coach ) )' ];
h = bar(y);

% voor codebeschrijving --> zie hierboven
set(h, 'BarWidth', 1)
set(gca, 'YGrid', 'on')
set(gca, 'GridLineStyle', '-')
set(gca, 'XTickLabel', dagen(1,:))
set(gcf, 'Position', [0 0 1250 700])
legend({'Spelers'; 'Trainersstaf'})
axis([0 8 0 1000])
 xlabel('Dagen')
 ylabel('Trainingsload (AU)')
 title('Gemiddeld weekprofiel bij 2 wedstrijden')

hold on

% plotten foutbalken
numgroups = size(y, 1);
numbars = size(y, 2);
groupwidth = min(0.8, numbars/(numbars+1.5));
for i = 1:numbars
    % Based on barweb.m by Bolu Ajiboye from MATLAB File Exchange
    x = (1:numgroups) - groupwidth/2 + (2*i-1) * groupwidth / (2*numbars);
    errorbar(x, y(:,i), std(:,i), 'k', 'linestyle', 'none');
end
%kleuren van de grafieken wijzigen
grey = [0.4 0.4 0.4];
h(1).FaceColor = grey;
h(2).FaceColor = 'w';

% 1 wedstrijd
subplot(3,1,2)
y = [ ( nanmean( Gem_weekProfiel_1game_speler ) )'...
       ( nanmean( Gem_weekProfiel_1game_coach ) )' ];
std = [ ( nanstd( Gem_weekProfiel_1game_speler ) )./2 ...
       ( nanstd( Gem_weekProfiel_1game_coach ) )./2 ];
k = bar(y);

%plotten grafiek
set(k, 'BarWidth', 1) % grafieken raken elkaar
set(gca, 'YGrid', 'on')
set(gca, 'GridLineStyle', '-')

set(gca, 'XTickLabel', dagen(1,:))
axis([0 8 0 1000])
%set(gcf, 'Position', [200 200 1000 500])

```

```
xlabel('Dagen')
ylabel('trainingsload (AU)')
title('Gemiddeld weekprofiel bij 1 wedstrijd')

hold on

% plotten foutbalken
numgroups = size(y, 1);
numbars = size(y, 2);
groupwidth = min(0.8, numbars/(numbars+1.5));
for i = 1:numbars
    % Based on barweb.m by Bolu Ajiboye from MATLAB File Exchange
    x = (1:numgroups) - groupwidth/2 + (2*i-1) * groupwidth / (2*numbars);
    errorbar(x, y(:,i), std(:,i), 'k', 'linestyle', 'none');
end

%kleuren van de grafieken wijzigen
grey = [0.4 0.4 0.4];
k(1).FaceColor = grey;
k(2).FaceColor = 'w';

% Geen wedstrijd
subplot(3,1,3)
y = [(nanmean(Gem_weekProfiel_no_game_speler))' ...
       (nanmean(Gem_weekProfiel_no_game_coach))'];
std = [(nanstd(Gem_weekProfiel_no_game_speler))' ...
       (nanstd(Gem_weekProfiel_no_game_coach))'];
l = bar(y);
set(l, 'BarWidth', 1) % grafieken raken elkaar
set(gca, 'YGrid', 'on')
set(gca, 'GridLineStyle', '-')

set(gca, 'XTickLabel', dagen(1,:))
axis([0 8 0 1000])
xlabel('Dagen')
ylabel('trainingsload (AU)')
title('Gemiddeld weekprofiel bij geen wedstrijd')

hold on

% plotten foutbalken
numgroups = size(y, 1);
numbars = size(y, 2);
groupwidth = min(0.8, numbars/(numbars+1.5));
for i = 1:numbars
    % Based on barweb.m by Bolu Ajiboye from MATLAB File Exchange
    x = (1:numgroups) - groupwidth/2 + (2*i-1) * groupwidth / (2*numbars);
    errorbar(x, y(:,i), std(:,i), 'k', 'linestyle', 'none');
end
```

```
%kleuren van de grafieken wijzigen
grey = [0.4 0.4 0.4];
l(1).FaceColor = grey;
l(2).FaceColor = 'w';
%Figuur opslaan
print(gcf, '-jpeg', 'Weekprofiel bij verschillend aantal wedstrijden')
%% Gem weekbelasting voor 1, 2 3 wedstrijden
% aanmpaken vector met alle totale weekbelastingen
Tot_weekbelasting_dif_num_of_games_spelers = ...
[nanmean(gem_weektot_no_game_speler) nanmean(gem_weektot_1game_speler)
...
nanmean(gem_weektot_2games_speler)];
std_weekbelasting_dif_num_of_games_spelers = ...
[nanstd(gem_weektot_no_game_speler) nanstd(gem_weektot_1game_speler)...
nanstd(gem_weektot_2games_speler)];

%Tot_weekbelasting_dif_num_of_games_coaches =
%[nanmean(gem_weektot_no_game_coach) nanmean(gem_weektot_1game_coach)
%nanmean(gem_weektot_2games_coach)]; slechts 1 week met geen wedstrijd dus
%geen gemiddelde mogelijk

% plotten bar graph van gemiddelde weekbelasting voor 1, 2, 3 wedstrijden
%aanmaken X-axis
Xaxis = {'Geen wedstrijd'; '1 wedstrijd'; '2 wedstrijden'};
%bar graph
h = figure;
k = bar(Tot_weekbelasting_dif_num_of_games_spelers);
hold on
std = errorbar('Tot_weekbelasting_dif_num_of_games_spelers',...
(std_weekbelasting_dif_num_of_games_spelers/2), 'k');
%settingen van de grafiek wijzigen
set(std, 'LineStyle', 'none')
set(gca, 'YGrid', 'on')
set(gca, 'GridLineStyle', '-')
set(gca, 'XTickLabel', Xaxis(:,1))
ylim([0 1800])
set(k, 'BarWidth', 0.2)
grey = [0.4 0.4 0.4];
set(k, 'FaceColor', grey)
set(gcf, 'Position', [0 0 1250 700])
xlabel('Aantal Wedstrijden')
ylabel('Trainingsload (AU)')
title('Weekelijkse trainingsload bij verschillend aantal wedstrijden')
legend({'Spelers'})
%Figuur opslaan
print(gcf, '-jpeg', 'TL bij verschillend aantal wedstrijden')

%% RPE scores omschalen naar intensiteit
% 0-2 = licht --> 1
% 3-4 = matig --> 2
```

```
% 5-10 = zwaar --> 3

% vectoren aanmaken met lichte , matige zware trainingen , categorisering op
% basis van coaches perceptie van de training
RPE_lichte_training_spelers = double.empty;
RPE_lichte_training_coaches = double.empty;
sRPE_lichte_training_spelers = double.empty;
sRPE_lichte_training_coaches = double.empty;

RPE_matige_training = double.empty;
RPE_matige_training_coaches = double.empty;
sRPE_matige_training = double.empty;
sRPE_matige_training_coaches = double.empty;

RPE_zware_training = double.empty;
RPE_zware_training_coaches = double.empty;
sRPE_zware_training = double.empty;
sRPE_zware_training_coaches = double.empty;

% declareren vector met arbitraire indeling van de trainingsintensiteiten
Trainings_intensiteit_arbitrair = NaN(1,length(Dates));
% teller declareren
i = 1;
while i ~= length(Dates)

    if nanmean(cell2mat(Coaches_RPE(:,i))) <= 2 %lichte trainingen

        RPE_lichte_training_spelers = [ RPE_lichte_training_spelers...
            RPE_numeric(:,i)];
        RPE_lichte_training_coaches = [ RPE_lichte_training_coaches...
            cell2mat(Coaches_RPE(:,i))];
        sRPE_lichte_training_spelers = [ sRPE_lichte_training_spelers...
            sRpe_values_double(:,i)];
        sRPE_lichte_training_coaches = [ sRPE_lichte_training_coaches...
            cell2mat(sRPE_coaches(:,i))];

        % Arbitraire vector aanvullen
        Trainings_intensiteit_arbitrair(1,i) = 1;
        i = i+1;
    elseif nanmean(cell2mat(Coaches_RPE(:,i))) >=3 && nanmean(...
        cell2mat(Coaches_RPE(:,i))) <= 4 %matige trainingen

        RPE_matige_training = [ RPE_matige_training RPE_numeric(:,i)];
        RPE_matige_training_coaches = [ RPE_matige_training_coaches...
            cell2mat(Coaches_RPE(:,i))];
        sRPE_matige_training = [ sRPE_matige_training sRpe_values_double(:,...
            i)];
        sRPE_matige_training_coaches = [ sRPE_matige_training_coaches...
            cell2mat(sRPE_coaches(:,i))];

        % Arbitraire vector aanvullen
        Trainings_intensiteit_arbitrair(1,i) = 2;
    end
end
```

```

    i = i+1;
elseif nanmean(cell2mat(Coaches_RPE(:, i))) >=5 %zware trainingen
    RPE_zware_training = [RPE_zware_training RPE_numeric(:, i)];
    RPE_zware_training_coaches = [RPE_zware_training_coaches...
        cell2mat(Coaches_RPE(:, i))];
    sRPE_zware_training = [sRPE_zware_training sRPE_values_double(:, i)];
    sRPE_zware_training_coaches = [sRPE_zware_training_coaches...
        cell2mat(sRPE_coaches(:, i))];
    % Arbitraire vector aanvullen
    Trainings_intensiteit_arbitrair(1, i) = 3;
    i = i+1;
else
    i = i+1;
end
% write Data to excel Data file
RPE_per_int_spelers = [nanmean(RPE_lichte_training_spelers') ...
    nanmean(RPE_matige_training')' nanmean(RPE_zware_training')'];
RPE_per_int_coaches = [nanmean(RPE_lichte_training_coaches') ...
    nanmean(RPE_matige_training_coaches')' ...
    nanmean(RPE_zware_training_coaches')'];
sRPE_per_int_spelers = [nanmean(sRPE_lichte_training_spelers') ...
    nanmean(sRPE_matige_training')' nanmean(sRPE_zware_training')'];
sRPE_per_int_coaches = [nanmean(sRPE_lichte_training_coaches') ...
    nanmean(sRPE_matige_training_coaches')' ...
    nanmean(sRPE_zware_training_coaches')'];
excel_data = [RPE_per_int_coaches sRPE_per_int_coaches; ...
    RPE_per_int_spelers sRPE_per_int_spelers];
% header spelers - coach
header_spelers_coaches_naam = [Coaches; players];
xlswrite(fileName, header_spelers_coaches_naam, 'VglIntensiteiten', 'A2:A34')
% codering
%header met codering spelposities / coach-speler
speler_coach_header = zeros(34,1);
speler_coach_header(1:5) = 1;
speler_coach_header(6:end) = 2;
xlswrite(fileName, speler_coach_header, 'VglIntensiteiten', 'B2:B34')
% opstellen van een header intensiteiten
header = {'lage intensiteit', 'matige intensiteit', 'zware intensiteit'};
xlswrite(fileName, header, 'VglIntensiteiten', 'D1:F1')
% schrijven Data
xlswrite(fileName, excel_data, 'VglIntensiteiten', 'D2:I34')

% plotten bargraph
% Bargraph variables
RPE_Per_Intensiteit_spelers = [nanmean(nanmean(RPE_lichte_training_spelers'))',...
    ...

```

```

    nanmean( nanmean( RPE_matige_training ') ') nanmean( nanmean(
        RPE_zware_training ') ') ];
RPE_Per_Intensiteit_coaches = [ nanmean( nanmean( RPE_lichte_training_coaches
    ') ') ...
    nanmean( nanmean( RPE_matige_training_coaches ') ') ...
    nanmean( nanmean( RPE_zware_training_coaches ') ') ];
% foutbal variabelen
Std_RPE_Per_Intensiteit_spelers = [ nanstd( nanmean(
    RPE_lichte_training_spelers ') ') ...
    nanstd( nanmean( RPE_matige_training ') ') nanstd( nanmean(
        RPE_zware_training ') ') ];
Std_RPE_Per_Intensiteit_coaches = [ nanstd( nanmean(
    RPE_lichte_training_coaches ') ') ...
    nanstd( nanmean( RPE_matige_training_coaches ') ') ...
    nanstd( nanmean( RPE_zware_training_coaches ') ') ];

% Bargraph variables
sRPE_Per_Intensiteit_spelers = [ nanmean( nanmean(
    sRPE_lichte_training_spelers ') ') ...
    nanmean( nanmean( sRPE_matige_training ') ') ...
    nanmean( nanmean( sRPE_zware_training ') ') ];
sRPE_Per_Intensiteit_coaches = [ nanmean( nanmean(
    sRPE_lichte_training_coaches ') ') ...
    nanmean( nanmean( sRPE_matige_training_coaches ') ') ...
    nanmean( nanmean( sRPE_zware_training_coaches ') ') ];
% foutbal variabelen
Std_sRPE_Per_Intensiteit_spelers = [ nanstd( nanmean(
    sRPE_lichte_training_spelers ') ') ...
    nanstd( nanmean( sRPE_matige_training ') ') nanstd( nanmean(
        sRPE_zware_training ') ') ];
Std_sRPE_Per_Intensiteit_coaches = [ nanstd( nanmean(
    sRPE_lichte_training_coaches ') ') ...
    nanstd( nanmean( sRPE_matige_training_coaches ') ') ...
    nanstd( nanmean( sRPE_zware_training_coaches ') ') ];

%aanmaken figuur
h = figure;
y = [ RPE_Per_Intensiteit_spelers' RPE_Per_Intensiteit_coaches' ];
std = [ Std_RPE_Per_Intensiteit_spelers' Std_RPE_Per_Intensiteit_coaches' ];
h = bar(y); % plotten grafiek
%settingen wijzigen
set(h, 'BarWidth', 1) % grafieken raken elkaar
set(gca, 'YGrid', 'on')
set(gca, 'GridLineStyle', '-')
% bargraph xAxis
x_axis_TrainingsIntensiteit = {'licht'; 'matig'; 'zwaar'};
set(gca, 'XTickLabel', x_axis_TrainingsIntensiteit(:, 1))
% positie en grootte
set(gcf, 'Position', [200 0 1000 700])
%labels en legende

```

```
xlabel('Trainingsntensiteit')
ylabel('RPE - score')
title('Vergelijking perceptuele TL en ervaren TL')
legend({'Spelers';'Trainersstaf'})
hold on

% plotten foutbalken
numgroups = size(y, 1);
numbars = size(y, 2);
groupwidth = min(0.8, numbars/(numbars+1.5));
for i = 1:numbars
    % Based on barweb.m by Bolu Ajiboye from MATLAB File Exchange
    x = (1:numgroups) - groupwidth/2 + (2*i-1) * groupwidth / (2*numbars);
    errorbar(x, y(:,i), std(:,i), 'k', 'linestyle', 'none');
end

%kleuren van de grafieken wijzigen
grey = [0.4 0.4 0.4];
h(1).FaceColor = grey;
h(2).FaceColor = 'w';
% figuur opslaan
print(gcf, '-djpeg', 'perceptueleRPE_vs_ervarenRPE')
% Plotten graph met trainingsload
k = figure;
y = [sRPE_Per_Intensiteit_spelers' sRPE_Per_Intensiteit_coaches'];
std = [Std_sRPE_Per_Intensiteit_spelers' Std_sRPE_Per_Intensiteit_coaches'];
k = bar(y);
%settingen wijzigen
set(k, 'BarWidth',1) % grafieken raken elkaar
set(gca, 'YGrid', 'on')
set(gca, 'GridLineStyle', '-')
% bargraph xAxis
x_axis_TrainingsIntensiteit = {'licht'; 'matig'; 'zwaar'};
set(gca, 'XTickLabel', x_axis_TrainingsIntensiteit(:,1))
% positie en grootte
set(gcf, 'Position',[200 0 1000 700])
%labels en legende
xlabel('Trainingsintensiteit')
ylabel('Trainingsload (AU)')
title('Vergelijking perceptuele TL en ervaren TL')
legend({'Spelers';'Trainersstaf'})

hold on

% plotten foutbalken
numgroups = size(y, 1);
numbars = size(y, 2);
groupwidth = min(0.8, numbars/(numbars+1.5));
for i = 1:numbars
```

```
% Based on barweb.m by Bolu Ajiboye from MATLAB File Exchange
x = (1:numgroups) - groupwidth/2 + (2*i-1) * groupwidth / (2*numbars);
errorbar(x, y(:, i), std(:, i), 'k', 'linestyle', 'none');
end

%kleuren van de grafieken wijzigen
grey = [0.4 0.4 0.4];
k(1).FaceColor = grey;
k(2).FaceColor = 'w';
% figuur opslaan
print(gcf, '-djpeg', 'perceptueleTL_vs_ervarenTL')
% Trainingsload vergelijken per trainingstype
% type trainingen: VCT - TT - 'bos+kracht' - EDT
% declaratie
Type_VCT = double.empty;
Type_TT = double.empty;
Type_bosKracht = double.empty;
Type_EDT = double.empty;
Type_herstel = double.empty;

Type_VCT_coach = double.empty;
Type_TT_coach = double.empty;
Type_bosKracht_coach = double.empty;
Type_EDT_coach = double.empty;
Type_herstel_coach = double.empty;

% vectoren met sRPE per trainingstype opmaken
for i = 1:length(Dates)

    if regexp(type_training{i}, 'VCT')
        Type_VCT = [Type_VCT sRpe_values_double(:, i)];
        Type_VCT_coach = [Type_VCT_coach cell2mat(sRPE_coaches(:, i))];

    elseif regexp(type_training{i}, 'TT')
        Type_TT = [Type_TT sRpe_values_double(:, i)];
        Type_TT_coach = [Type_TT_coach cell2mat(sRPE_coaches(:, i))];

    elseif regexp(type_training{i}, 'bos en kracht')
        Type_bosKracht = [Type_bosKracht sRpe_values_double(:, i)];
        Type_bosKracht_coach = [Type_bosKracht_coach cell2mat(sRPE_coaches(:, i))];

    elseif regexp(type_training{i}, 'EDT')
        Type_EDT = [Type_EDT sRpe_values_double(:, i)];
        Type_EDT_coach = [Type_EDT_coach cell2mat(sRPE_coaches(:, i))];

    elseif regexp(type_training{i}, 'herstel')
        Type_herstel = [Type_herstel sRpe_values_double(:, i)];
        Type_herstel_coach = [Type_herstel_coach cell2mat(sRPE_coaches(:, i))];

    end
end
```

```

    end
end

% gemiddelde TL per trainingstype berekenen
Gem_Type_VCT = (nanmean(Type_VCT'))';
Gem_Type_TT = (nanmean(Type_TT'))';
Gem_Type_bosKracht = Type_bosKracht; % slechts 1 training met type bos-
kracht, dus geen gemiddelde
Gem_Type_EDT = (nanmean(Type_EDT'))';
Gem_Type_herstel = (nanmean(Type_herstel'))';

Gem_Type_VCT_coach = (nanmean(Type_VCT_coach'))';
Gem_Type_TT_coach = (nanmean(Type_TT_coach'))';
Gem_Type_bosKracht_coach = Type_bosKracht_coach;
Gem_Type_EDT_coach = (nanmean(Type_EDT_coach'))';
Gem_Type_herstel_coach = (nanmean(Type_herstel_coach'))';

% plotten waarden
%gemiddelen
SRPE_Type_training_spelers = [nanmean(Gem_Type_herstel) nanmean(
    Gem_Type_TT) ...
    nanmean(Gem_Type_EDT) nanmean(Gem_Type_VCT) nanmean(Gem_Type_bosKracht
) ];
SRPE_Type_training_coach = [nanmean(Gem_Type_VCT_coach) nanmean(
    Gem_Type_TT_coach)...
    nanmean(Gem_Type_bosKracht_coach) nanmean(Gem_Type_EDT_coach) ...
    nanmean(Gem_Type_herstel_coach) ];
%standaard deviatie
Std_SRPE_Type_training_spelers = [nanstd(Gem_Type_herstel) nanstd(
    Gem_Type_TT)...
    nanstd(Gem_Type_EDT) nanstd(Gem_Type_VCT) nanstd(Gem_Type_bosKracht)];
Std_SRPE_Type_training_coach = [nanstd(Gem_Type_VCT_coach) nanstd(
    Gem_Type_TT_coach)...
    nanstd(Gem_Type_bosKracht_coach) nanstd(Gem_Type_EDT_coach) ...
    nanstd(Gem_Type_herstel_coach) ];
%wedstrijd RPE

%zelf aangevuld uit de excel-file
RPE_wed = [6;NaN;NaN;10;NaN;NaN;NaN;NaN;8;8;7;NaN;NaN;NaN;10;NaN;9;...
    NaN;NaN;NaN;7;NaN;NaN;NaN;NaN;NaN;8;7;7];
sRPE_wed = RPE_wed.*94;
SRPE_Type_wed = nanmean(sRPE_wed);
Std_SRPE_Type_wed = nanstd(sRPE_wed);

% aanmaken figuur
l = figure;
y = [SRPE_Type_training_spelers'; SRPE_Type_wed];
std = [Std_SRPE_Type_training_spelers'; Std_SRPE_Type_wed];
l = bar(y);

```

```
%settingen wijzigen
set(1, 'BarWidth', 0.5) % grafieken raken elkaar
set(gca, 'YGrid', 'on')
set(gca, 'GridLineStyle', '-')
%x = as
x_axis_TypeTraining = { 'herstel'; 'technisch-tactisch'; ...
    'extensieve duurloop'; 'voetbalconditioneel'; 'kracht'; 'wedstrijd' };
set(gca, 'XTickLabel', x_axis_TypeTraining(:, 1))

% positie en grootte
set(gcf, 'Position', [200 0 1000 700])

%labels en legende
xlabel('Inspanningsvorm')
ylabel('Trainingsload (AU)')
title('Vergelijking TL bij verschillende type trainingen - Wedstrijd')
legend({'Spelers'})
hold on

% plotten foutbalken

numgroups = size(y, 1);
numbars = size(y, 2);
groupwidth = min(0.8, numbars/(numbars+1.5));
for i = 1:numbars
    % Based on barweb.m by Bolu Ajiboye from MATLAB File Exchange
    x = (1:numgroups) - groupwidth/2 + (2*i-1) * groupwidth / (2*numbars);
    errorbar(x, y(:, i), std(:, i), 'k', 'linestyle', 'none');
end
%kleuren van de grafieken wijzigen
grey = [0.4 0.4 0.4];
l(1).FaceColor = grey;

% figuur opslaan
print(gcf, '-djpeg', 'Vergelijking TL bij verschillende type trainingen')

% write Data to excel Data file
TL_typertraining = [Gem_Type_VCT Gem_Type_TT Gem_Type_bosKracht ...
    Gem_Type_EDT Gem_Type_herstel];
TL_typertraining_coach = [Gem_Type_VCT_coach Gem_Type_TT_coach ...
    Gem_Type_bosKracht_coach Gem_Type_EDT_coach Gem_Type_herstel_coach];
excel_data = [TL_typertraining_coach; TL_typertraining];

% header spelers - coach
header_spelers_coaches_naam = [Coaches; players];
xlswrite(fileName, header_spelers_coaches_naam, 'TL per trainingstype', ...
    'A2:A35')

% codering
%header met codering spelposities/ coach-speler
```

```
speler_coach_header = zeros(34,1);
speler_coach_header(1:5) = 1;
speler_coach_header(6:end) = 2;
xlswrite(fileName, spelers_header, 'TL per trainingstype', 'B2:B35')

% opstellen van een header intensiteiten
header = {'VCT', 'TT', 'bos-kracht', 'EDT', 'herstel', 'wedstrijd'};
xlswrite(fileName, header, 'TL per trainingstype', 'D1:G1')

% exporteren naar Excel-outputfile
xlswrite(fileName, excel_data, 'TL per trainingstype', 'D2:G35')
```

Bibliografie

InnerDrive in Football.

Åstrand, Per-Olof; Rodahl, K; Dahl, HA, en Al, Et. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. Human Kinetics, 2003.

Abbiss, Chris R en Laursen, Paul B. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(10):865–98, January 2005.

Abbiss, Chris R. en Laursen, Paul B. Is part of the mystery surrounding fatigue complicated by context? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10:277–279, 2007.

Abbiss, Chris R; Peiffer, Jeremiah J; Meeusen, Romain, en Skorski, Sabrina. Role of Ratings of Perceived Exertion during Self-Paced Exercise: What are We Actually Measuring? *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, June 2015.

Ackland, Timothy R; Lohman, Timothy G; Sundgot-Borgen, Jorunn; Maughan, Ronald J; Meyer, Nanna L; Stewart, Arthur D, en Müller, Wolfram. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(3):227–49, March 2012.

Akubat, Ibrahim; Patel, Ebrahim; Barrett, Steve, en Abt, Grant. Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *Journal of sports sciences*, 30(14):1473–80, January 2012.

Al Haddad, Hani; Simpson, Ben M, en Buchheit, Martin. Monitoring Changes in Jump and Sprint Performance: Best or Average Values? *International journal of sports physiology and performance*, February 2015.

Alexiou, Helen en Coutts, Aaron J. A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 3(3): 320–30, September 2008.

Alghannam, Abdullah F. Metabolic limitations of performance and fatigue in football. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3(2):65–73, 2012.

Algoy, Erling a; Hetlelid, Ken J; Seiler, Stephen, en Stray Pedersen, Jørg I. Quantifying training intensity distribution in a group of Norwegian professional soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 6(1):70–81, March 2011.

Andersen, L.; Triplett-McBride, T.; Foster, C.; Doberstein, S., en Brice, G. Impact of training patterns on incidence of illness and injury during a women's collegiate basketball season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4):734–738, 2003.

- Andrade, Francine Caetano De; Nogueira, Ruan Alves; Coimbra, Danilo Reis; Dias, Bernardo Miloski, en Freitas, Victor Hugo De. Internal training load: perception of volleyball coaches and athletes. *Rev. Bras. Cineantropom.*, (July 2013):638–647, 2014.
- Apor, P. Successful formulae for fitness training. In Reilly, T; Lees, A, en Davids, K, editors, *Science and football.*, pages 95–107. E&FN Spon, London, 1988.
- Bacon, Andrew P.; Carter, Rickey E.; Ogle, Eric a., en Joyner, Michael J. VO₂max Trainability and High Intensity Interval Training in Humans: A Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 8(9), 2013.
- Bahr, Roald. Demise of the fittest: are we destroying our biggest talents? *British journal of sports medicine*, 0(0):0–3, 2014.
- Balsalobre-fernández, Carlos; Tejero-gonzález, Carlos M, en Campo-vecino, Juan. Seasonal Strength Performance and Its Relationship with Training Load on Elite Runners. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(1)(July 2014):9–15, 2015.
- Bangsbo, J. The physiology of soccer—with special reference to intense intermittent exercise. *Acta physiologica Scandinavica. Supplementum*, 619:1–155, 1994a.
- Bangsbo, J. Energy demands in competitive soccer. *Journal of sports sciences*, 12 Spec No:S5–12, January 1994b.
- Bangsbo, J; Nø rregaard, L, en Thorsø, F. Activity profile of competition soccer. *Canadian journal of sport sciences*, 16(2):110–116, 1991.
- Bangsbo, Jens; Mohr, Magni, en Poulsen, Allan. Training and testing the elite athlete. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 4(1):1–14, 2006.
- Banister, EW. Modeling elite athletic performance. In Green H, McDougal J, Wenger H en Eds, , editors, *Physiological Testing of Elite Athletes*,, pages 403–424. Champaign: Human Kinetics, 1991.
- Banister, EW; Calvert, TW; Savage, MV, en Bach, A. A system model of training for athletic performance. *Australian Journal of Sports Medicine*, 7:170–176, 1975.
- Bara Filho, Maurício Gattás; Andrade, Francine Caetano De; Nogueira, Ruan Alves, en Nakamura, Fábio Yuzo. Comparison of different methods of internal load control in volleyball players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 19(2):146–149, 2013.
- Barbero-Alvarez, José C; Coutts, Aaron; Granda, Juan; Barbero-Alvarez, Verónica, en Castagna, Carlo. The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *Journal of science and medicine in sport*, 13(2):232–5, March 2010.
- Barnes, C.; Archer, D. T.; Hogg, B.; Bush, M., en Bradley, P. S. The Evolution of Physical and Technical Performance Parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine*, 35(13):1–6, 2014.
- Barroso, Renato; Salgueiro, Diego F; do Carmo, Everton C, en Nakamura, Fabio Y. Training Volume and Repetition Distance Affect Session Rating of Perceived Exertion and Internal Load in Swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, (July), 2015.
- Berdejo-del Fresno, DB Del en González-Ravé, JMG. Development of a new method to monitor and control the training load in basketball: the BATLOC Tool. *Journal of sport and health research*, 4 (1):93–102, 2012.

- Berry, Michael J.; Weyrich, Andrew S.; Robergs, Robert A.; Krause, Kevin M., en Ingalls, Christopher P. Ratings of perceived exertion in individuals with varying fitness levels during walking and running. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 58(5):494–499, March 1989.
- Bompa, Tudor. *Periodization: Theory and methodology of training (4th ed.)*. 1999.
- Boone, Jan; Vaeyens, Roel; Steyaert, Adelheid; Vanden Bossche, Luc, en Bourgois, Jan. Physical fitness of elite Belgian soccer players by player position. *Journal of strength and conditioning research*, 26 (8):2051–7, August 2012.
- Borg, Elisabet en Borg, Gunnar. A comparison of AME and CR100 for scaling perceived exertion. *Acta psychologica*, 109(2):157–75, February 2002.
- Borg, G A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*, 14(5):377–81, January 1982.
- Borg, Gunnar en Borg, Elisabet. A new generation of scaling methods: Level-anchored ratio scaling. *Psychologica*, 28:15–45, 2001.
- Borràs, Xantal; Balius, Xavier; Drobnić, Franchek, en Galilea, Piero. Vertical jump assessment on volleyball: a follow-up of three seasons of a high-level volleyball team. *Journal of strength and conditioning research*, 25(6):1686–1694, 2011.
- Borresen, Jill en Lambert, Michael I. Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *International journal of sports physiology and performance*, 3(1):16–30, March 2008.
- Borresen, Jill en Lambert, Michael Ian. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(9):779–95, January 2009.
- Bosquet, Laurent; Montpetit, Jonathan; Arvisais, Denis, en Mujika, Iñigo. Effects of tapering on performance: A meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8):1358–1365, 2007.
- Bourgois, Jan en Vrijens, Jacques. *Basis voor verantwoord trainen*, volume 47. Publicatiefonds voor Lichamelijke Opvoeding (PVLO), Gent, 2011.
- Boutcher, Stephen H.; Fleischer-Curtian, Lori A., en Gines, Scott D. The effects of self-presentation on perceived exertion. *Journal of sport & exercise psychology*, pages 270–280, August 1988.
- Brezhnev, Iu V; Zatsev, a a, en Sazonov, S V. To the analytical theory of the supercompensation phenomenon. *Biofizika*, 56(2):342–348, 2011.
- Brink, Michel S; Nederhof, Esther; Visscher, Chris; Schmikli, Sandor L, en Lemmink, Koen A P M. Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 24(3):597–603, 2010.
- Brink, MS; Frencken, WGP, en Jordet, Geir. Coaches' and Players' Perceptions of Training Dose: Not a Perfect Match. *International journal of . . .*, 2013.
- Bruin, G; Kuipers, H; Keizer, H A, en Vander Vusse, G J. Adaptation and overtraining in horses subjected to increasing training loads. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 76(5):1908–13, May 1994.

- Bryan, Angela; Hutchison, Kent E; Seals, Douglas R, en Allen, David L. A transdisciplinary model integrating genetic, physiological, and psychological correlates of voluntary exercise. *Health Psychology*, 26(1):30–39, 2007.
- Buchheit, Martin. Sensitivity of heart rate and psychometric measures to monitor physical performance in handball. *International journal of sports medicine*, 2014.
- Buchheit, Martin; Simpson, Ben M.; Peltola, Esa, en Mendez-Villanueva, Alberto. Assessing maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(1):76–78, 2012.
- Buchheit, Martin; Al Haddad, Hani; Simpson, Ben M; Palazzi, Dino; Bourdon, Pitre C; Di Salvo, Valter, en Mendez-Villanueva, Alberto. Monitoring accelerations with GPS in football: time to slow down? *International journal of sports physiology and performance*, 9(3):442–5, May 2014.
- Buckley, J P; Eston, R G, en Sim, J. Ratings of perceived exertion in braille: validity and reliability in production mode. *British journal of sports medicine*, 34(4):297–302, August 2000.
- Burtscher, Martin; Nachbauer, Werner, en Wilber, Randall. The upper limit of aerobic power in humans. *European journal of applied physiology*, 111(10):2625–8, October 2011.
- Bush, Michael D; Archer, David T; Hogg, Robert, en Bradley, Paul S. Factors Influencing Physical and Technical Variability in the English Premier League. *International journal of sports physiology and performance*, February 2015.
- Busso, Thierry. Variable dose-response relationship between exercise training and performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 35:1188–1195, 2003.
- Caldwell, Brian P en Peters, Derek M. Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. *Journal of strength and conditioning research*, 23:1370–1377, 2009.
- Calvert, Thomas W.; Banister, Eric W.; Savage, Margaret V., en Bach, Tim. A Systems Model of the Effects of Training on Physical Performance. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-6, 1976.
- Carter, Cordelia W en Micheli, Lyle J. Training the child athlete: physical fitness, health and injury. *British journal of sports medicine*, 45(11):880–5, September 2011.
- Casajús, J. A. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(4):463–469, 2001.
- Casajús, J.A. en Aragonés, M.T. Valoración antropométrica del futbolista por categoría deportiva y posición en el terreno de juego. *Revista Portuguesa de Medicina Desportiva*, (11):101–116, 1993.
- Castagna, Carlo en Castellini, Elena. Vertical jump performance in Italian male and female national team soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 27:1156–61, 2013.
- Chagovets, NR. Biochemical changes in muscles in restitution after physical work. *Ukr Biochem J*, 29: (450):7, 1957.
- Chamari, K; Hachana, Y; Kaouech, F; Jeddi, R; Moussa-Chamari, I, en Wisløff, U. Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 39(1): 24–28, 2005.

- Chen, Michael J; Fan, Xitao, en Moe, Sondra T. Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 20(11): 873–99, November 2002.
- Clark, Niall A; Edwards, Andrew M; Morton, R Hugh, en Butterly, Ronald J. Season-to-Season Variations of Physiological Fitness Within a Squad of Professional Male Soccer Players. *Journal of sports science & medicine*, 7(1):157–65, January 2008.
- Clarke, N en Farthing, JP. Quantification of training load in Canadian Football: Application of Session-RPE in collision-based team sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8): 2198–2205, 2013.
- Coffey, Vernon G en Hawley, John a. The molecular bases of training adaptation. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(9):737–63, January 2007.
- Cometti, G.; Maffiuletti, N. a.; Pousson, M.; Chatard, J. C., en Maffulli, N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 22(1):45–51, 2001.
- Coutts, Aaron; Wallace, Lee, en Slattery, Katie. Monitoring training load.
- Coutts, Aaron J. In the age of technology, Occam's razor still applies. *International journal of sports physiology and performance*, 9(5):741, September 2014.
- Coutts, Aaron J; Reaburn, Peter; Piva, Terrence J, en Rowsell, Greg J. Monitoring for overreaching in rugby league players. *European journal of applied physiology*, 99(3):313–24, February 2007.
- Coutts, Aaron J.; Chamari, Karim; Impellizzeri, Franco M, en Ermanno Rampinini MSc, . Monitoring Training Load in Soccer. *onuitgegeven*, 2008.
- Coutts, Aaron J.; Rampinini, Ermanno; Marcora, Samuele M.; Castagna, Carlo, en Impellizzeri, Franco M. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1):79–84, 2009.
- Cronin, John B; Hing, Raewyn D, en McNair, Peter J. Reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance. Technical Report 3, 2004.
- Delattre, Emmanuelle; Garcin, Murielle; Mille-Hamard, Laurence, en Billat, Véronique. Objective and subjective analysis of the training content in young cyclists. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 31(2):118–125, 2006.
- DellaValle, Diane M en Haas, Jere D. Quantification of training load and intensity in female collegiate rowers: validation of a daily assessment tool, 2012.
- Demello, J J; Cureton, K J; Boineau, R E, en Singh, M M. Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. *Medicine and science in sports and exercise*, 19(4):354–362, 1987.
- Deprez, Dieter N; Fransen, Job; Lenoir, Matthieu; Philippaerts, Renaat M, en Vaeyens, Roel. A retrospective study on anthropometrical, physical fitness, and motor coordination characteristics that influence dropout, contract status, and first-team playing time in high-level soccer players aged eight to eighteen years. *Journal of strength and conditioning research*, 29(6):1692–704, June 2015.

- Desbrow, Ben; McCormack, Joanna; Burke, Louise M; Cox, Gregory R; Fallon, Kieran; Hislop, Matthew; Logan, Ruth; Marino, Nello; Sawyer, Susan M; Shaw, Greg; Star, Anita; Vidgen, Helen, en Leveritt, Michael. Sports Dietitians Australia Position Statement: Sports Nutrition for the Adolescent Athlete. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, March 2014.
- Dias, Jonathan Ache; Dal Pupo, Juliano; Reis, Diogo C; Borges, Lucas; Santos, Saray G; Moro, Antônio R P, en Borges, Noé G. Validity of two methods for estimation of vertical jump height. *Journal of strength and conditioning research*, 25(7):2034–2039, 2011.
- Díaz, Víctor; Benito, Pedro José; Peinado, Ana Belén; Alvarez, María; Martín, Carlos; Salvo, Valter Di; Pigozzi, Fabio; Maffulli, Nicola, en Calderón, Fracisco Javier. Validation of a new portable metabolic system during an incremental running test. *Journal of sports science & medicine*, 7(4):532–6, January 2008.
- Dijkstra, H Paul; Pollock, N; Chakraverty, R, en Alonso, J M. Managing the health of the elite athlete: a new integrated performance health management and coaching model. *British journal of sports medicine*, 48(7):523–31, April 2014.
- Doherty, M en Smith, P M. Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 15(2):69–78, April 2005.
- Drezner, Jonathan en Corrado, Domenico. Is there evidence for recommending electrocardiogram as part of the pre-participation examination? *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 21(1):18–24, January 2011.
- Duncan, Glen E.; Li, Sierra M., en Zhou, Xiao Hua. Cardiovascular fitness among U.S. adults: NHANES 1999-2000 and 2001-2002. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(8):1324–1328, 2005.
- Dupont, Grégory; Akakpo, Koffi, en Berthoin, Serge. The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. Technical Report 3, 2004.
- Edelmann-nusser, Jürgen; Hohmann, Andreas, en Henneberg, Bernd. Modeling and prediction of competitive performance in swimming upon neural networks, 2002.
- Edwards, RHT. Biochemical basis of fatigue in exercise performance: catastrophe theory of muscular fatigue. In Knuttgen, HG, editor, *Biochemistry of Exercise*, pages 3–28. IL: Human Kinetics, champaigne edition, 1983.
- Edwards, S. High performance training and racing. In Press, Feet Fleet, editor, *In. Edwards S. editor*, pages 113–123. Sacramento, CA, 1993.
- Egan, Alison; Winchester, Jason; Foster, Carl, en McGuigan, Michael. Using Session RPE to Monitor Different Methods of Resistance Exercise. *Journal of sports science & medicine*, 5(2):289–95, January 2006.
- Ekblom, B. Applied Phisiology of Soccer. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 3:50–60, 1986.
- Esposito, Fabio; Impellizzeri, Franco M.; Margonato, Vittoria; Vanni, Rosalba; Pizzini, Giuliano, en Veicsteinas, Arsenio. Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 93(1-2):167–172, 2004.
- Eston, Roger. Use of ratings of perceived exertion in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(2):175–182, 2012.

- Faina, M; Gallozzi, C; Lupo, S, en Al., Et. Definition of physiological profile of the soccer players. In Lees, Adrian en Davids, Keith, editors, *Science and Football Proceedings of the First World Congress of Science and Football Liverpool*, pages 158–163. 1988.
- Fanchini, Maurizio; Ghielmetti, Roberto; Coutts, Aaron J; Schena, Federico, en Impellizzeri, Franco M. Effect of training-session intensity distribution on session rating of perceived exertion in soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 10(4):426–30, May 2015.
- Fevga, Annie; Balabinis, Christos, en Poulos, Gregory Bizas e Stelios. Seasonal variation in physiological and body composition parameters in elite soccer players. In *Athens 2004: Pre-olympic Congress*, 2004.
- Filaire, E.; Bernain, X.; Sagnol, M., en Lac, G. Preliminary results on mood state, salivary testosterone:cortisol ratio and team performance in a professional soccer team. *European Journal of Applied Physiology*, 86(2):179–184, December 2001.
- Flück, Martin. Functional, structural and molecular plasticity of mammalian skeletal muscle in response to exercise stimuli. *The Journal of experimental biology*, 209(Pt 12):2239–48, June 2006.
- Foss, en Hallén, Jostein. Validity and stability of a computerized metabolic system with mixing chamber. *International Journal of Sports Medicine*, 26(7):569–575, 2005.
- Foster, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(7):1164–8, July 1998.
- Foster, C; Daines, E; Hector, L; Snyder, a C, en Welsh, R. Athletic performance in relation to training load. *Wisconsin medical journal*, 95(6):370–4, June 1996.
- Foster, C; Florhaug, J a; Franklin, J; Gottschall, L; Hrovatin, L a; Parker, S; Doleshal, P, en Dodge, C. A new approach to monitoring exercise training. *Journal of strength and conditioning research*, 15(1):109–15, February 2001a.
- Foster, C; Heimann, KM; Esten, PL; Brice, G, en Porcari, JP. Differences in perceptions of training by coaches and athletes. *South African Journal of Sports . . .*, 8(2), 2001b.
- Foster, C; Ms, L Herman; Maher, M A, en Porcari, J P. Validity and reliability of the session RPE method for monitoring exercise training intensity. 18(1):1–4, 2006.
- Gabbett, T J. Reductions in pre-season training loads reduce training injury rates in rugby league players. *British journal of sports medicine*, 38(6):743–9, December 2004a.
- Gabbett, Tim J. Influence of training and match intensity on injuries in rugby league. *Journal of sports sciences*, 22(5):409–417, 2004b.
- Gabbett, Tim J. Influence of training and match intensity on injuries in rugby league. *Journal of sports sciences*, 22(5):409–417, 2004c.
- Gabbett, Tim J. The development and application of an injury prediction model for noncontact, soft-tissue injuries in elite collision sport athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 24(10):2593–2603, 2010.
- Gabbett, Tim J en Domrow, Nathan. Relationships between training load, injury, and fitness in sub-elite collision sport athletes. *Journal of sports sciences*, 25(13):1507–19, November 2007.

- Gaesser, G A en Brooks, G A. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Medicine and science in sports and exercise*, 16(1):29–43, January 1984.
- Garcin, M; Vandewalle, H, en Monod, H. A new rating scale of perceived exertion based on subjective estimation of exhaustion time: a preliminary study. *International journal of sports medicine*, 20(1): 40–3, January 1999.
- Gaudino, Paolo; Iaia, F Marcello; Strudwick, Anthony J; Hawkins, Richard D; Alberti, Giampietro; Atkinson, Greg, en Gregson, Warren. Factors Influencing Perception of Effort (Session-RPE) During Elite Soccer Training. *International journal of sports physiology and performance*, February 2015.
- Gissis, Ioannis; Papadopoulos, Christos; Kalapotharakos, Vasilios I.; Sotiropoulos, Aristomenis; Komisis, Georgios, en Manolopoulos, Evangelos. Strength and Speed Characteristics of Elite, Subelite, and Recreational Young Soccer Players. *Research in Sports Medicine*, September 2006.
- Glatthorn, Julia F; Gouge, Sylvain; Nussbaumer, Silvio; Stauffacher, Simone; Impellizzeri, Franco M, en Maffiuletti, Nicola A. Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of strength and conditioning research*, 25(2):556–560, 2011.
- Green, J. Matthew; McIntosh, Joyce R.; Hornsby, Jarred; Timme, Lauren; Gover, Lauren, en Mayes, Jennifer L. Effect of exercise duration on session RPE at an individualized constant workload. *European Journal of Applied Physiology*, 107(5):501–507, 2009.
- Groslambert, Alain en Mahon, Anthony D. Perceived exertion : influence of age and cognitive development. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(11):911–928, 2006.
- Haddad, M.; Chaouachi, a.; Castagna, C.; Hue, O.; Wong, D.P.; Tabben, M.; Behm, D.G., en Chamari, K. Validity and psychometric evaluation of the French version of RPE scale in young fit males when monitoring training loads. *Science & Sports*, 28(2):e29–e35, April 2013.
- Haddad, Monoem; Chaouachi, Anis; Castagna, Carlo; Wong, Del P; Behm, David G, en Chamari, Karim. The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male taekwondo athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(2):252–263, June 2011.
- Haddad, Monoem; Chaouachi, Anis; Wong, Del P; Castagna, Carlo; Hue, Olivie; Impellizzeri, Franco M, en Chamari, Karim. Influence of exercise intensity and duration on perceived exertion in adolescent Taekwondo athletes. *European journal of sport science*, 14 Suppl 1(S1):S275–81, January 2014a.
- Haddad, Monoem; Padulo, Johnny, en Chamari, Karim. The Usefulness of Session-RPE Method for Training Load Monitoring Despite Several Influences on Perceived Exertion. *International journal of sports physiology and performance*, pages 1–8, 2014b.
- Halson, Shona L. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 2:S139–47, September 2014.
- Halson, Shona L. en Jeukendrup, Asker E. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research, 2004.
- Haritonidis, K; Koutlianis, N; Kouidi, E; Haritonidou, M, en Deligiannis, A. Seasonal variation of aerobic capacity in elite soccer, basketball and volleyball players. *Journal of Human Movement Sciences*, 46(4):289–302, 2004.
- Harriss, D J en Atkinson, G. International Journal of Sports Medicine - ethical standards in sport and exercise science research. *International journal of sports medicine*, 30(10):701–2, October 2009.

- Hasson, Rebecca E; Granados, Kirsten E; Marquez, David Xavier; Bennett, Gary; Freedson, Patty, en Braun, Barry. Psychological responses to acute exercise in sedentary black and white individuals. *Journal of physical activity & health*, 8(7):978–87, September 2011.
- Haugen, Thomas. The role and development of sprinting speed in soccer. June 2014.
- Haugen, Thomas A; Tønnessen, Espen, en Seiler, Stephen K. The Difference Is in the Start: Impact of Timing and Start Procedure on Sprint Running Performance, 2012.
- Haugen, Thomas A.; Tønnessen, Espen, en Seiler, Stephen. Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995–2010. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2):148–156, 2013.
- Hayes, Philip R en Quinn, Mike D. A mathematical model for quantifying training. *European journal of applied physiology*, 106(6):839–47, August 2009.
- Helgerud, J. Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 68(2):155–161, 1994.
- Helgerud, J.; Ingjer, F., en Stromme, S. B. Sex differences in performance-matched marathon runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 61(5-6):433–439, 1990.
- Helgerud, J; Engen, L C; Wisloff, U, en Hoff, J. Aerobic endurance training improves soccer performance. Technical Report 11, 2001.
- Helgerud, J.; Rodas, G.; Kemi, O. J., en Hoff, J. Strength and endurance in elite football players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(9):677–682, 2011.
- Heller, J; Prochazka, L; Bunc, V, en Al., Et. Functional capacity in top league football players during the competitive season. *Journal of Sports Sciences*, 10(150), 1992.
- Hermansen, Lars; Hultman, Eric, en Saltin, Bengt. Muscle Glycogen during Prolonged Severe Exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 71(2-3):129–139, 1967.
- Hill-Haas, S V; Coutts, A J; Rowsell, G J, en Dawson, B T. Generic versus small-sided game training in soccer. *International journal of sports medicine*, 30(9):636–42, September 2009.
- Hiscock, Daniel J; Dawson, Brian, en Peeling, Peter. Perceived exertion responses to changing resistance training programming variables. *Journal of strength and conditioning research*, 29(6):1564–9, June 2015.
- Hoff, J; Gran, A, en Helgerud, J. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 12:288–295, 2002.
- Hoppeler, H. en Weibel, E. R. Structural and functional limits for oxygen supply to muscle. In *Acta Physiologica Scandinavica*, volume 168, pages 445–456, 2000.
- Huck, Corey J; Johnston, Carol S; Beezhold, Bonnie L, en Swan, Pamela D. Vitamin C status and perception of effort during exercise in obese adults adhering to a calorie-reduced diet. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 29(1):42–5, January 2013.
- Impellizzeri, Franco M; Rampinini, Ermanno; Coutts, Aaron J; Sassi, Aldo, en Marcora, Samuele M. Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(6):1042–7, June 2004.

- Impellizzeri, Franco M; Rampinini, Ermanno, en Marcora, Samuele M. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of sports sciences*, 23(6):583–592, 2005.
- Impellizzeri, Franco M.; Marcora, S. M.; Castagna, C.; Reilly, T.; Sassi, a.; Iaia, F. M., en Rampinini, E. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 27(6):483–492, 2006.
- Impellizzeri, Franco M.; Borg, Elisabet, en Coutts, Aaron J. Intersubjective comparisons are possible with an accurate use of the Borg CR scales. *International journal of sports physiology and performance*, 6(1):2–7, 2011.
- Issurin, V B. Generalized training effects induced by athletic preparation. A review. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 49(4):333–45, December 2009.
- Issurin, Vladimir B. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(3):189–206, March 2010.
- Jastrzebski, Zbigniew; Barnat, Wojciech; Konieczna, Anna; Rompa, Paweł, en Radzimiński, Łukasz. Changes of Physical Capacity and Soccer-Related Skills in Young Soccer Players within a One-Year Training Period. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 3(4):248–261, 2012.
- Jeong, Tae-Seok; Reilly, Tom; Morton, James; Bae, Sang-Won, en Drust, Barry. Quantification of the physiological loading of one week of "pre-season" and one week of "in-season" training in professional soccer players. *Journal of sports sciences*, 29(11):1161–6, August 2011.
- Jeukendrup, A E; Hesselink, M K; Snyder, A C; Kuipers, H, en Keizer, H A. Physiological changes in male competitive cyclists after two weeks of intensified training. *International journal of sports medicine*, 13(7):534–41, October 1992.
- Jobson, Simon A; Passfield, Louis; Atkinson, Greg; Barton, Gabor, en Scarf, Philip. The analysis and utilization of cycling training data. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(10):833–44, January 2009.
- Johnson, Blair D; Joseph, Trent; Wright, Glenn; Battista, Rebecca A; Dodge, Christopher; Balweg, Alecia; de Koning, Jos J, en Foster, Carl. Rapidity of responding to a hypoxic challenge during exercise. *European journal of applied physiology*, 106(4):493–9, July 2009.
- Jones, A M en Doust, J H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *Journal of sports sciences*, 14:321–327, 1996.
- Kalapotharakos, Vasilios I; Ziogas, George, en Tokmakidis, Savvas P. Seasonal aerobic performance variations in elite soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 25(6):1502–1507, 2011.
- Killen, L G; Green, J M; O'Neal, E K; McIntosh, J R; Hornsby, J, en Coates, T E. Effects of caffeine on session ratings of perceived exertion. *European journal of applied physiology*, 113(3):721–7, March 2013.
- Knicker, Axel J; Renshaw, Ian; Oldham, Anthony R H, en Cairns, Simeon P. Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 41(4):307–28, April 2011.
- Kraft, Justin A.; Green, James M., en Thompson, Kyle R. Session Ratings of Perceived Exertion Responses During Resistance Training Bouts Equated for Total Work but Differing in Work Rate. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2):540–545, February 2014.

- Krustrup, Peter; Mohr, Magni; Ellingsgaard, Helga, en Bangsbo, Jens. Physical demands during an elite female soccer game: Importance of training status. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37:1242–1248, 2005.
- Kunorozva, Lovemore; Roden, Laura C, en Rae, Dale E. Perception of effort in morning-type cyclists is lower when exercising in the morning. *Journal of sports sciences*, 32(10):917–25, January 2014.
- Lambert, Michael Ian en Borresen, Jill. Measuring Training Load in Sports Methods Used To Quantify Training Load : pages 406–411, 2010.
- Laurent, C en Green, J. Multiple Models Can Concurrently Explain Fatigue During Human Performance. *International Journal of Exercise . . .*, 2009.
- Lees, Adrian en Davids, Keith. *Science and Football: Proceedings of the First World Congress of Science and Football Liverpool, 13-17th April 1987*, volume 2011. 2011.
- Leung, Raymond W en Tong, Tom K. The use of a 10-point effort perception scale in adults. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 6(1):44–49, 2008.
- Little, Thomas en Williams, Alun G. Effects of sprint duration and exercise: rest ratio on repeated sprint performance and physiological responses in professional soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 21(2):646–648, 2007.
- Lorenz, Daniel S; Reiman, Michael P; Lehecka, B J, en Naylor, Andrew. What performance characteristics determine elite versus nonelite athletes in the same sport? *Sports health*, 5:542–7, 2013.
- Malone, James J.; Murtagh, Conall F.; Morgans, Ryland; Burgess, Darren J.; Morton, James P., en Drust, Barry. Countermovement Jump Performance Is Not Affected During an In-Season Training Microcycle in Elite Youth Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3):752–757, 2015.
- Manzi, Vincenzo; Iellamo, Ferdinando; Impellizzeri, Franco; D’Ottavio, Stefano, en Castagna, Carlo. Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(11):2090–6, November 2009.
- Manzi, Vincenzo; D’Ottavio, Stefano; Impellizzeri, Franco M; Chaouachi, Anis; Chamari, Karim, en Castagna, Carlo. Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *Journal of strength and conditioning research*, 24(5):1399–406, May 2010.
- Marcora, S M en Bosio, A. Effect of exercise-induced muscle damage on endurance running performance in humans. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 17(6):662–71, December 2007.
- Matkovic, BR; Jankovic, S, en Heimer, S. Physiological profile of top Croatian soccer players. In Reilly, T; Clarys, J, en Stibbe, A, editors, *Science and football II*, pages 37–9. London: E&FN Spon, 1993.
- Matkovic et al, A. Science and Football II. page 504. Taylor & Francis, 1987.
- Matveyev, L. Fundamentals of Sports Training. *Moscow: Progress Publishers*, 1981.
- McBain, Kellen; Shrier, Ian; Shultz, Rebecca; Meeuwisse, Willem H; Klügl, Martin; Garza, Daniel, en Matheson, Gordon O. Prevention of sports injury I: a systematic review of applied biomechanics and physiology outcomes research. *British journal of sports medicine*, 46(3):169–73, March 2012.
- McGregor, SJ; Weese, RK, en Ratz, IK. Performance modeling in an olympic 1500-m finalist: A practical approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9):2515–2523, 2009.

- McInnes, S E; Carlson, J S; Jones, C J, en McKenna, M J. The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of sports sciences*, 13(5):387–397, 1995.
- McMillan, K; Helgerud, J; Grant, S J; Newell, J; Wilson, J; Macdonald, R, en Hoff, J. Lactate threshold responses to a season of professional British youth soccer. *British journal of sports medicine*, 39(7):432–6, July 2005a.
- McMillan, K; Helgerud, J; Macdonald, R, en Hoff, J. Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *British journal of sports medicine*, 39(5):273–277, 2005b.
- Medica, Edizioni Minerva en Street, Division. Heart rate during basketball game play and volleyball drills accurately predicts oxygen uptake and energy expenditure Subscription : Information about subscribing to Minerva Medica journals is online at : B . Gurd , PhD School of Kinesiology and Health St. 2014.
- Meeusen, Romain. Perception of effort: it is what we think we know that keeps us from learning. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 106(6):2063; author reply 2067, June 2009.
- Meeusen, Romain; Duclos, Martine; Foster, Carl; Fry, Andrew; Gleeson, Michael; Nieman, David; Raglin, John; Rietjens, Gerard; Steinacker, Jürgen, en Urhausen, Axel. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(1):186–205, January 2013.
- Milanese, Chiara; Cavedon, Valentina; Corradini, Giuliano; De Vita, Francesco, en Zancanaro, Carlo. Seasonal DXA-measured body composition changes in professional male soccer players. *Journal of sports sciences*, 33(12):1219–28, January 2015.
- Milanez, Vinícius F; Pedro, Rafael E; Moreira, Alexandre; Boullosa, Daniel a; Salle-Neto, Fuad, en Nakamura, Fábio Y. The role of aerobic fitness on session rating of perceived exertion in futsal players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3):358–366, 2011.
- Milanez, Vinicius F; Ramos, Solange P; Okuno, Nilo M; Boullosa, Daniel A, en Nakamura, Fabio Y. Evidence of a Non-Linear Dose-Response Relationship between Training Load and Stress Markers in Elite Female Futsal Players. *Journal of sports science & medicine*, 13(1):22–9, January 2014.
- Miloski, Bernardo; Freitas, Victor Hugo De, en Bara-Filho, Maurício Gattás. Monitoramento da carga interna de treinamento em jogadores de futsal ao longo de uma temporada. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(6):671–679, November 2012.
- Minganti, Carlo; Capranica, Laura; Meeusen, Romain; Amici, Stefano, en Piacentini, Maria Francesca. The validity of sessionrating of perceived exertion method for quantifying training load in teamgym. *Journal of strength and conditioning research*, 24(11):3063–8, November 2010.
- Mohr, M.; Krustrup, P.; Nybo, L.; Nielsen, J. J., en Bangsbo, J. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches - Beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14(3):156–162, 2004.
- Mohr, Magni; Krustrup, Peter, en Bangsbo, Jens. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*, 21:519–528, 2003.
- Moir, Gavin; Button, Chris; Glaister, Mark, en Stone, Michael H. Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *Journal of strength and conditioning research*, 18(2):276–80, May 2004.

- Moreira, Alexandre; Kempton, Tom; Aoki, Marcelo Saldanha; Sirotic, Anita C, en Coutts, Aaron J. The Impact of Three Different Length Between-Match Microcycles on Training Loads in Professional Rugby League Players. *International journal of sports physiology and performance*, May 2015.
- Morton, R H; Fitz-Clarke, J R, en Banister, E W. Modeling human performance in running. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 69(3):1171–7, September 1990.
- Muñoz, Iker; Seiler, Stephen; Bautista, Javier; España, Javier; Larumbe, Eneko, en Esteve-Lanao, Jonathan. Does polarized training improve performance in recreational runners? *International journal of sports physiology and performance*, 9(2):265–72, March 2014.
- Mujika, I; Chatard, J.-C.; Busso, T; Geyssant, A; Barale, F, en Lacoste, L. Use of swim-training profiles and performance data to enhance training effectiveness. *Journal of Swimming Research*, 11: 23–29, 1996.
- Mujika, Iñigo; Padilla, Sabino; Pyne, David, en Busso, Thierry. Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(13):891–927, January 2004.
- Murphy, Alistair P.; Duffield, Rob; Kellett, Aaron, en Reid, Machar. Comparison of Athlete–Coach Perceptions of Internal and External Load Markers for Elite Junior Tennis Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(5):751–756, September 2014.
- Ndlec, Mathieu; McCall, Alan; Carling, Chris; Legall, Franck; Berthoin, Serge, en Dupont, Gregory. Recovery in Soccer: Part I-post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Medicine*, 42(12): 997–1015, 2012.
- Neal, Craig M; Hunter, Angus M; Brennan, Lorraine; O'Sullivan, Aifric; Hamilton, D Lee; De Vito, Giuseppe, en Galloway, Stuart D R. Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 114(4):461–71, February 2013.
- Novack, Luiz Fernando; Ferreira, Guilherme Assunção; Coelho, Rogerio Luz, en Osiecki, Raul. Novel equations to predict body fat percentage of Brazilian professional soccer players: A case study. *Motriz: Revista de Educação Física*, 20(4):402–407, December 2014.
- Novak, L P; Bestit, C; Mellerowicz, H, en Woodward, W A. Maximal oxygen consumption, body composition and anthropometry of selected olympic male athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 18(2):139–51, June 1978.
- Nunes, João Antonio; Moreira, Alexandre; Crewther, Blair Tehira; Nosaka, Ken; Viveiros, Luis, en Aoki, Marcelo Saldanha. Monitoring training load, recovery-stress state, immune-endocrine responses and physical performance in elite female basketball players during a periodized training program. *Journal of strength and conditioning research*, April 2014.
- Ohlendieck, K. Proteomics of exercise-induced skeletal muscle adaptations. *OA Sports Medicine*, 1(1): 1–12, March 2013.
- Oliveira, J.G. F.C. Porto: Nuestro Microciclo Semanal (Morfociclo). *VI Clinic Fútbol Base Fundación Osasuna*, 2007.
- Oreilly, John en Wong, Stephen H S. The development of aerobic and skill assessment in soccer, 2012.

- Padulo, Johnny; Chaabène, Helmi; Tabben, Montassar; Haddad, Monoem; Gevat, Cecilia; Vando, Stefano; Maurino, Lucio; Chaouachi, Anis, en Chamari, Karim. The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male Karate athletes. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 4(2):121–6, April 2014.
- Pařízková, Jana. *Body Fat and Physical Fitness*. Springer Science & Business Media, 1977.
- Pernow, Bengt en Saltin, Bengt. *Muscle Metabolism During Exercise*, volume 11. Springer US, Boston, 1971.
- Pion, Johan a.; Fransen, Job; Deprez, Dieter N.; Segers, Veerle I.; Vaeyens, Roel; Philippaerts, Renaat M., en Lenoir, Matthieu. Stature and Jumping Height Are Required in Female Volleyball, but Motor Coordination Is a Key Factor for Future Elite Success. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6):1480–1485, 2015.
- Plews, Daniel J; Laursen, Paul B; Kilding, Andrew E, en Buchheit, Martin. Heart-rate variability and training-intensity distribution in elite rowers. *International journal of sports physiology and performance*, 9(6):1026–32, November 2014.
- Puga, N; Ramos, J; Agostinho, J, en Al., Et. Physical profile of a first division Portuguese professional soccer team. In Reilly, T; Clarys, J, en Stibbe, A, editors, *Science and football II.*, pages 40–2. London:E&FN Spon, 1993.
- Putlur, Praveen; Foster, Carl; Miskowski, Jennifer A; Kane, Melissa K; Burton, Sara E; Scheett, Timothy P, en McGuigan, Michael R. Alteration of immune function in women collegiate soccer players and college students. *Journal of sports science & medicine*, 3(4):234–43, December 2004.
- Pyne, David Bruce en Martin, David T. Fatigue - insights from individual and team sports, 2011.
- Rampinini, E.; Bishop, D.; Marcora, S. M.; Ferrari Bravo, D.; Sassi, R., en Impellizzeri, Franco M. Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3):228–235, 2007a.
- Rampinini, E.; Coutts, Aaron J.; Castagna, C.; Sassi, R., en Impellizzeri, F. M. Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12):1018–1024, 2007b.
- Rebelo, a; Brito, J; Seabra, a; Oliveira, J; Drust, B, en Krstrup, P. A new tool to measure training load in soccer training and match play. *International journal of sports medicine*, 33(4):297–304, April 2012.
- Reilly, T. Editorial. *Journal of Sports Sciences*, 1(1):1–2, 1983.
- Reilly, T; Bangsbo, J, en Franks, A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of sports sciences*, 18(9):669–83, September 2000.
- Reilly, T; George, K; Marfell-Jones, M; Scott, M; Sutton, L, en Wallace, J A. How well do skinfold equations predict percent body fat in elite soccer players? *International journal of sports medicine*, 30(8):607–13, August 2009.
- Reilly, Thomas en Williams, A Mark. Fitness assessment. In *Science and soccer*, pages 21 – 46. 2003.
- Rhodes, E C; Mosher, R E; McKenzie, D C; Franks, I M; Potts, J E, en Wenger, H A. Physiological profiles of the Canadian Olympic Soccer Team. *Canadian journal of applied sport sciences. Journal canadien des sciences appliquées au sport*, 11(1):31–6, March 1986.

- Rienzi, E.; Drust, B.; Reilly, T.; Carter, J. E L, en Martin, A. Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(2):162–169, 2000.
- Rietjens, G J; Kuipers, H; Kester, A D, en Keizer, H A. Validation of a computerized metabolic measurement system (Oxycon-Pro) during low and high intensity exercise. *International journal of sports medicine*, 22(4):291–4, May 2001.
- Ristolainen, L; Kettunen, J A; Waller, B; Heinonen, A, en Kujala, U M. Training-related risk factors in the etiology of overuse injuries in endurance sports. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 54(1):78–87, February 2014.
- Rodriguez-Marroyo, J A; Villa, J G; Fernandez, G, en Foster, C. Effect of cycling competition type on effort based on heart rate and session rating of perceived exertion. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 53(2):154–61, April 2013.
- Rodríguez-Marroyo, Jose a; Medina, Javier; García-López, Juan; García-Tormo, José V, en Foster, Carl. Correspondence between training load executed by volleyball players and the one observed by coaches. *Journal of strength and conditioning research*, November 2013.
- Rogalski, Brent; Dawson, Brian; Heasman, Jarryd, en Gabbett, Tim J. Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. *Journal of science and medicine in sport*, 16(6):499–503, November 2013.
- Russell, M; Sparkes, W; Northeast, J; Cook, C J; Love, T D; Bracken, R M, en Kilduff, L P. Changes in acceleration and deceleration capacity throughout professional soccer match-play. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, page 1, December 2014.
- Russell, Mark en Kingsley, Michael. Influence of exercise on skill proficiency in soccer. *Sports Medicine*, 41(7):523–539, 2011.
- Sahlin, K; Harris, R C, en Hultman, E. Resynthesis of creatine phosphate in human muscle after exercise in relation to intramuscular pH and availability of oxygen. *Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation*, 39:551–558, 1979.
- Sayers, Adam L; Farley, Richard S; Fuller, Dana K; Jubenville, Colby B, en Caputo, Jennifer L. The effect of static stretching on phases of sprint performance in elite soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 22(5):1416–1421, 2008.
- Scanlan, Aaron T; Wen, Neal; Tucker, Patrick S; Borges, Nattai R, en Dalbo, Vincent J. Training Mode Influences the Relationships Between Training Load Models During Basketball Conditioning. *International journal of sports physiology and performance*, January 2014.
- Schlader, Zachary J; Stannard, Stephen R, en Mündel, Toby. Human thermoregulatory behavior during rest and exercise - a prospective review. *Physiology & behavior*, 99(3):269–75, March 2010.
- Scott, Tannath J; Black, Cameron; Quinn, John, en Coutts, Aaron J. Validity and reliability of the session RPE method for quantifying training in Australian Football: A comparison of the CR10 and CR100 scales, 2012.
- Seifert, John; Kröll, Josef, en Müller, Erich. The relationship of heart rate and lactate to cumulative muscle fatigue during recreational alpine skiing. *Journal of strength and conditioning research*, 23 (3):698–704, May 2009.

- Seifert, John G; Kipp, Ronald W, en Bacharach, David W. The effects of a carbohydrate-protein gel supplement on alpine slalom ski performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(3): 537–541, 2012.
- Seiler, K. Stephen en Kjerland, Glenn Ø vrevik. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: Is there evidence for an “optimal” distribution? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16(1):49–56, 2006.
- Shalfawi, Shaher A I; Haugen, Thomas; Jakobsen, Tore A; Enoksen, Eystein, en Tønnesen, Espen. The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 27(11):2966–72, November 2013.
- Singh, Favil; Foster, Carl; Tod, David, en McGuigan, Michael R. Monitoring different types of resistance training using session rating of perceived exertion. *International journal of sports physiology and performance*, 2(1):34–45, March 2007.
- Soriano-Maldonado, a; Romero, L; Femia, P; Roero, C; Ruiz, J R, en Gutierrez, a. A Learning Protocol Improves the Validity of the Borg 6-20 RPE Scale During Indoor Cycling. *International journal of sports medicine*, 35(5):379–84, May 2014.
- Sporis, Goran; Jukic, Igor; Ostojic, Sergej M, en Milanovic, Dragan. Fitness profiling in soccer: physical and physiologic characteristics of elite players. *Journal of strength and conditioning research*, 23(7): 1947–1953, 2009.
- Stagno, Karl M; Thatcher, Rhys, en van Someren, Ken a. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of sports sciences*, 25(6):629–34, April 2007.
- Stellingwerff, Trent. Case study: Nutrition and training periodization in three elite marathon runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22(5):392–400, 2012.
- Stolen, Tomas; Chamari, Karim; Castagna, Carlo, en Wisløff, Ulrik. Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6):501–536, 2005.
- Suzuki, S.; Maeda, A., en Takahashi, Y. Attempt of monotony analysis to a result of the boat race associated with the training program for the Japanese rower. *J. Hum. Info.*, (9):39–48, 2003a.
- Suzuki, S.; Maeda, A., en Takahashi, Y. Diagnosis of training program for a Japanese rower by using the index of monotony. *Can. J. Appl. Physiol*, 28((suppl)):105–106, 2003b.
- Suzuki, Shozo; Sato, Tasuku; Maeda, Akinobu, en Takahashi, Yasuo. Program design based on a mathematical model using rating of perceived exertion for an elite Japanese sprinter: a case study., 2006.
- Taha, Tim en Thomas, Scott G. Systems modelling of the relationship between training and performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 33:1061–1073, 2003.
- Takarada, Y. Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays. *British journal of sports medicine*, 37(5):416–9, January 2003.
- Taylor, Jonathan; Macpherson, Tom; Spears, Iain, en Weston, Matthew. The effects of repeated-sprint training on field-based fitness measures: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(6):881–91, June 2015.
- Taylor, Kristie-Lee; Chapman, Dale W; Cronin, John B; Newton, Michael J, en Gill, Nicholas. Fatigue Monitoring in High Performance Sport: a Survey of Current Trends. 20(1):12–23, 2012.

- Thorpe, Robin T; Strudwick, Anthony J; Buchheit, Martin; Atkinson, Greg; Drust, Barry, en Gregson, Warren. Monitoring Fatigue During the In-Season Competitive Phase in Elite Soccer Players. *International journal of sports physiology and performance*, February 2015.
- Tønnessen, Espen; Shalfawi, Shaher A I; Haugen, Thomas, en Enoksen, Eystein. The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed, repeated sprint speed endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 25(9):2364–70, September 2011.
- Tønnessen, Espen; Hem, Erlend; Leirstein, Svein; Haugen, Thomas, en Seiler, Stephen. Maximal aerobic power characteristics of male professional soccer players, 1989-2012. *International journal of sports physiology and performance*, 8(3):323–9, May 2013.
- Utter, Alan C; Robertson, Robert J; Green, J Matt; Suminski, Richard R; McAnulty, Steven R, en Nieman, David C. Validation of the Adult OMNI Scale of perceived exertion for walking/running exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(10):1776–80, October 2004.
- Vaeyens, R; Malina, R M; Janssens, M; Van Renterghem, B; Bourgois, J; Vrijens, J, en Philippaerts, R M. A multidisciplinary selection model for youth soccer: the Ghent Youth Soccer Project. *British journal of sports medicine*, 40(11):928–34; discussion 934, November 2006.
- Vescovi, Jason D. Sprint speed characteristics of high-level American female soccer players: Female Athletes in Motion (FAiM) Study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(5):474–478, 2012.
- Viru, A en Viru, M. Nature of training effects. In *Exercise and sport science*, pages 67 – 95. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins., 2000.
- Viveiros, Luis; Costa, Eduardo Caldas; Moreira, Alexandre; Nakamura, Fábio Y, en Aoki, Marcelo Saldanha. Monitoramento do treinamento no judô: comparação entre a intensidade da carga planejada pelo técnico e a intensidade percebida pelo atleta. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 17(4): 266–269, August 2011.
- Wahl, Patrick; Güldner, Matthias, en Mester, Joachim. Effects and Sustainability of a 13-Day High-Intensity Shock Microcycle in Soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(2):259–265, 2014a.
- Wahl, Patrick; Güldner, Matthias, en Mester, Joachim. Effects and sustainability of a 13-day high-intensity shock microcycle in soccer. *Journal of sports science & medicine*, 13(2):259–65, May 2014b.
- Wallace, LK; Slattery, KM, en Coutts, AJ. The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1):33–38, 2009.
- Weibel, E R; Taylor, C R, en Hoppeler, H. The concept of symmorphosis: a testable hypothesis of structure-function relationship. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88(22):10357–61, November 1991.
- Wisloff, U; Helgerud, J, en Hoff, J. Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(3):462–7, March 1998.
- Wisloff, U; Castagna, C; Helgerud, J; Jones, R, en Hoff, J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 38(3):285–288, 2004.

- Wong, Del P; Carling, Christopher; Chaouachi, Anis; Dellal, Alexandre; Castagna, Carlo; Chamari, Karim, en Behm, David G. Estimation of oxygen uptake from heart rate and ratings of perceived exertion in young soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 25(7):1983–1988, 2011.
- Yakovlev, NN. Survey on Sport Biochemistry (in Russian). *FiS, Moscow*, 1955.
- Yang, Wen-Wen; Liu, Ya-Chen; Lu, Lee-Chang; Chang, Hsiao-Yun; Chou, Paul Pei-Hsi, en Liu, Chiang. Performance enhancement among adolescent players after 10 weeks of pitching training with appropriate baseball weights. *Journal of strength and conditioning research*, 27(12):3245–51, December 2013.
- Yoon, Byung-Kon; Kravitz, Len, en Robergs, Robert. VO₂max, protocol duration, and the VO₂ plateau. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(7):1186–92, July 2007.
- Yu, Hongjun; Chen, Xiaoping; Zhu, Weimo, en Cao, Chunmei. A quasi-experimental study of Chinese top-level speed skaters' training load: threshold versus polarized model. *International journal of sports physiology and performance*, 7(2):103–12, June 2012.
- Zatsiorsky, Vladimir M. en Kraemer, William J. *Science and Practice of Strength Training*. Human Kinetics, 2006.
- Ziogas, Giorgos G; Patras, Kostas N; Stergiou, Nicholas, en Georgoulis, Anastasios D. Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *Journal of strength and conditioning research*, 25 (2):414–419, 2011.

"High physical condition is vital to victory. There are more tired corps and division commanders than there are tired corps and divisions. Fatigue makes cowards of us all. Men in condition do not tire." - S. Patton, 1947

