

Het effect van een laag/gemiddeld intensieve warming up op de prestatie van een fysieke inspanning

Emma Spek, Afstudeeropdracht Hogeschool Utrecht, Faculteit Gezondheidszorg,
Fysiotherapie. Oktober 2014.

Samenvatting

Doel: Deze studie heeft als doel om te onderzoeken wat het effect is van een laag/gemiddeld intensieve warming up op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning van getrainde, gezonde personen. **Methoden:** In PubMed, SPORTdiscus, Science Direct en PEDro is systematisch naar literatuur gezocht waarin onderzoek werd gedaan naar het effect van intensiteit van een warming up op een daaropvolgende fysieke inspanning. De methodologische kwaliteit van de geïnccludeerde studies is beoordeeld aan de hand van de PEDro-schaal. **Resultaten:** 8 artikelen werden geïnccludeerd. In 5 van de 8 studies (62,5%) heeft een laag/gemiddeld intensieve warming up een significant positief effect ($P < 0.05$), in 2 studies (25%) geen effect en in 1 studie (12,5%) een negatief effect op prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning. **Conclusie:** Er is gering bewijs dat een laag/gemiddeld intensieve warming up een significant positief effect heeft op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning. Er is geen of onvoldoende bewijs dat een laag/gemiddeld intensieve warming up een negatief effect heeft op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning. **Key words:** low intensity; warm up; physical activity; performance.

Abstract

Purpose: The purpose of this study is to investigate the effect of a low/average intensity warm up on performance of a subsequent physical activity in trained, healthy subjects. **Methods:** In PubMed, SPORTdiscus, Science Direct and PEDro was systematically searched for studies that investigated the effect of warm up intensity on performance during subsequent physical activity. The methodological quality of the included studies were determined using the PEDro-scale. **Results:** 7 articles were included. Significant positive effects ($P < 0.05$) were found in 5 of 8 studies. 2 studies showed no effect while 1 study showed a negative effect. **Conclusion:** There is slight evidence that low/average intensity warm up has significant effects on performance of subsequent physical activity. There is no evidence that low/average intensity warm up has negative effects on performance of subsequent physical activity. **Key words:** low intensity; warm up; physical activity; performance.

Inleiding

Het uitvoeren van een warming up is in alle takken van sport ongeacht het niveau een veel gezien verschijnsel. Warming up kan grofweg in twee categorieën worden verdeeld: actieve- en passieve warming up.

Een actieve warming up is waarschijnlijk de meest uitgevoerde warming up (Bishop, 2003b).

Hoewel er al sinds 1930 onderzoek wordt gedaan naar de invloed van een warming up op een naderende inspanning is er in de literatuur nog geen eenduidige

conclusie getrokken over of een warming up een positief, negatief of geen effect op een lichamelijke prestatie heeft. Wel is het algemeen aangenomen dat het doen van een warming up een positieve bijdrage levert aan het verbeteren van een lichamelijke prestatie (Fradkin, Zazrin, & Smoliga, 2010) en het voorkomen van spier en pees gerelateerde blessures (Brunner-Ziegler, Strasser, & Haber, 2011; Fradkin, Gabbe, & Cameron, 2006; Woods, Bishop, & Jones, 2007).

Een prestatie kan worden gezien als het uitvoeren van een taak (fysieke inspanning). Een prestatie is meetbaar. Zo kan bijvoorbeeld een fysieke inspanning langer worden volgehouden, uitgevoerd worden met meer kracht, of in een kortere tijd worden volbracht. Het begrip fysieke inspanning duidt op alle activiteiten waarbij een krachtsinspanning van skeletspieren resulteert in méér energieverbruik dan in rustende toestand. Zodoende is een fysieke inspanning in te delen naar type activiteit (bijvoorbeeld fietsen, zwemmen), naar intensiteit waarmee de activiteit wordt verricht (bijvoorbeeld wandelen, hardlopen) en naar manieren waarop de activiteit wordt uitgevoerd.

Verbetering van lichamelijke prestaties in navolging op een warming up worden voor een deel toegeschreven aan het toenemen van de lichaamstemperatuur. Gesuggereerd wordt dat door deze verhoogde lichaamstemperatuur de weerstand van zowel gewrichten als spieren afneemt, dat de snelheid van oxidatieve reacties toeneemt, er door een toegenomen bloedtoevoer makkelijker zuurstof (O_2) naar de spieren getransporteerd kan worden en dat bij een zelfde O_2 -spanning (pO_2) de percentuele saturatie van hemoglobine en myoglobine met O_2 afneemt zodat de O_2 dissociatie groter is, wat dus leidt tot een grotere beschikbaarheid van O_2 in onder andere de actieve spieren. (Bishop, 2003b; Fradkin et al., 2010; Mandengue, Seck, Bishop, Cissé, Tsala-Mbala, & Ahmaidi, 2005).

In de literatuur worden verschillende vormen van passieve warming up beschreven. Brunner-Ziegler et al. (2011) beschrijven ultrageluid, kortegolf therapie en onderdompeling in warm water als passieve vormen van warming up, welke allen resulteren in een toename van de temperatuur van onder andere de spieren.

Het doen van een actieve warming up heeft echter naast de effecten die optreden na een passieve warming up, meer effecten die positief kunnen zijn voor een daaropvolgende fysieke inspanning.

Gevolgen van actieve warming up (lichamelijke inspanning) zijn onder andere een lagere pCO_2 , hogere concentratie H^+ en 2,3-bifosfoglyceraat in het bloed. Deze zorgen er, net als toename van de lichaamstemperatuur, voor dat de O_2 -dissociatiecurve van oxihemo- en myoglobine verschuift. Daarnaast zorgen de verlaagde pO_2 en verhoogde H^+ concentratie in combinatie met een verhoogde K^+ concentratie voor vasodilatatie en een toegenomen bloedtoevoer naar de spieren (Bishop, 2003b).

Ook heeft het activeren van het aërobe metabolisme tijdens de warming up een verhoogde VO_2 uitgangswaarde voor de daaropvolgende sport- of lichamelijke prestatie tot gevolg, met als resultaat dat bij hoog intensieve inspanningen de anaërobe capaciteit gespaard wordt voor later tijdens de inspanning (Bishop, 2003b; Cone, 2007).

Ajemian, D'Ausilio, Moorman en Bizzi (2010) stellen dat het sensomotorische systeem een snel lerend en ingewikkeld systeem is wat constant wordt bijgesteld naar de taak die op dat moment uitgevoerd wordt. Zij concluderen daarom dat een sporter altijd sport specifieke onderdelen op zou moeten nemen in zijn warming up protocol om het sensomotorische systeem bij te stellen voor de uitvoering van de daaropvolgende taak.

De inhoud van de sportspecifieke fase van de warming up is afhankelijk van uit welke

van de componenten, kracht, lenigheid, coördinatie, snelheid en/of uithoudingsvermogen, een sport bestaat. Een warming up zou moeten bestaan uit dezelfde onderdelen die terugkomen in de daaropvolgende taak.

Zoals eerder al benoemd, komt in een warming up vaak een rekprotocol voor. Woods et al. (2007) concluderen dat rekoefeningen een positief effect hebben op de flexibiliteit van het houding- en bewegingsapparaat omdat deze oefeningen zorgen voor een vergrote elasticiteit van zowel spieren als pezen met als gevolg een vergrote range of motion (ROM). Dit geeft waarschijnlijk vermindering van de kans op blessures.

In navolging op deze overtuigingen doen atleten een actieve warming up die bestaat uit verschillende onderdelen. Deze warming up is meestal actief, bevat sport specifieke oefeningen en een rekprotocol (Hajoglou, Foster, De Koning, Lucia, Kernozek, & Porcari, 2005).

Uit de literatuur blijkt dus dat een warming up in ieder geval actieve onderdelen zou moeten bevatten. Over de optimale intensiteit van een actieve warming up zijn in de literatuur nog geen eenduidige conclusies getrokken. Een mogelijke oorzaak is dat er nog geen review is geschreven over de rol van de intensiteit van een warming up en het effect op een sport prestatie of fysieke inspanning. Wel deden Mandengue, Miladi, Bishop, Temfemo, Cisse en Ahmaidi (2009) onderzoek naar hoe de optimale intensiteit van een warming up kan worden berekend. Zij concludeerden dat een warming up op een intensiteit van $75.6 \pm 10.4\%$ van de VO_2 -max optimaal is. Zij stellen dat de grote standaarddeviatie van 10.4% een gevolg kan zijn van de grote variëteit van sporten die de proefpersonen beoefenden. De optimale intensiteit voor een warming up zoals geconcludeerd in dit onderzoek is dus zeer algemeen, niet sport specifiek en afhankelijk van de getraindheid van een individu. Hoewel dit

een goed uitgangspunt lijkt voor het bepalen van de optimale intensiteit is meer onderzoek over dit onderwerp gewenst (Mandengue et al., 2009). Bovendien stelt Bishop (2003c) dat door te variëren in intensiteit, duur en rusttijd, verschillende warming up protocollen mogelijk vergelijkbare veranderingen in fysiologische effecten en prestatie kunnen bewerkstelligen en het effect van intensiteit van een warming up dus mede afhankelijk is van deze factoren. Bishop (2003c) stelt ook dat hierdoor een optimale intensiteit voor warming up niet te bepalen lijkt, echter kan onderzoek betreffende intensiteit van een warming up algemene kaders scheppen waarbinnen een individueel optimale warming up kan worden bepaald.

Er zijn reviews geschreven over de fysiologische effecten van een warming up en over welke onderdelen een warming up zou moeten bevatten en hoe je deze zou moeten structureren. Echter is er nog geen review volledig gewijd aan het effect van de intensiteit van een warming up op prestatie tijdens een fysieke inspanning. Vanuit deze bevinding is een onderzoeksvraag geformuleerd waarop de auteur door middel van systematisch literatuuronderzoek een antwoord tracht te gaan geven: Wat is het effect van een laag/gemiddeld intensieve warming up op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning van getrainde, gezonde personen?

Deze studie heeft als doel om te onderzoeken wat het effect is van een laag/gemiddeld intensieve warming up op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning van getrainde, gezonde personen.

Voor onderzoek naar de effecten van een warming up worden uiteenlopende protocollen gebruikt met betrekking tot de intensiteit (Mandengue et al., 2009). De intensiteit van een warming up wordt bepaald op basis van de VO_2 -max/ VO_2 -piek maar ook op basis van 1RM,

uitwendig geleverd wattage of maximale hartslag. Hierdoor heerst er een grote diversiteit in de gebruikte protocollen voor de warming up. Zo komen namen voor de verschillende intensiteiten van warming up wel vaak overeen (easy, moderate, hard, sprint), maar worden deze niet altijd gedefinieerd door dezelfde parameters. Het samenvatten van de resultaten van verschillende studies waarin het effect van een actieve warming up een prestatie of fysieke inspanning is onderzocht, is daardoor erg lastig (Bishop, 2003c).

In de literatuur wordt de intensiteit van een warming up het vaakst bepaald aan de hand van VO_2 -max/ VO_2 -piek. Om een goede vergelijking te kunnen maken bevat deze review artikelen die voor het bepalen van de intensiteit van de warming up VO_2 -max of wattage als uitgangspunt namen. Verondersteld wordt namelijk dat zuurstofopname en belasting een strakke fysiologische koppeling hebben. Er wordt aangenomen dat de $\Delta VO_2/\Delta W$ -relatie onafhankelijk is van leeftijd, gewicht en lengte (Van Ooij, Takken, Houtkooper, & Hulst van, 2009).

Methode

De indeling van intensiteit van de warming up (easy/moderate/hard) is bepaald op basis van intensiteiten die voorkomen in de literatuur. Aan de hand hiervan is er een gemiddelde genomen van de percentages van VO_2 -max/piek of W die gebruikt zijn in de geïncludeerde studies, om zo te bepalen waar de grenzen liggen voor lichte ($< 50\%$ VO_2 -max/piek of W), gemiddelde ($50 - 75\%$ VO_2 -max/piek of W) en zware intensiteit ($> 75\%$ VO_2 -max/piek of W) van de warming up (bijlage 1). Deze indeling komt overeen met de parameters beschreven door Mandengue et al. (2005).

Zoekstrategie

Studies die worden geïncludeerd voor deze review worden gezocht in verschillende wetenschappelijke databanken: PubMed

(1994 - april 2014), SPORTdiscus (1994 - april 2014), Science Direct (1994 – april 2014), PEDro (1994 – april 2014).

De databanken worden doorzocht met de termen: “warming up”, “warm up” en “prior exercise” welke vervolgens worden gecombineerd met “performance”, “physical activity”, “sport” en/of “intensity”. Van de gevonden studies worden de literatuurlijsten doorzocht voor literatuur waarin onderzoek werd gedaan naar intensiteit van een warming up die niet in de databanken wordt gevonden. Zowel de titel als de abstract van alle gevonden artikelen worden doorgelezen om te bepalen of in het artikel onderzoek werd gedaan naar het effect van warming up op een fysieke inspanning. Artikelen waarin niet het effect van intensiteit van een warming up op een fysieke inspanning werden onderzocht worden geëxcludeerd. Vervolgens wordt de full text versie van de geselecteerde artikelen doorgelezen om te bepalen of deze voldoet aan de inclusiecriteria.

In- en exclusie criteria

Voor dit artikel worden studies geïncludeerd die onderzoek deden naar het effect van intensiteit van een warming up op een daaropvolgende sportprestatie of fysieke inspanning. Alleen studies waarbij de participanten gezonde en getrainde personen zijn, de intensiteit van de warming up bepaald is op basis van de VO_2 -max/piek of W en de uitkomstmaat een fysieke inspanning is, worden geïncludeerd. Studies geschreven in het Engels en vanaf 1998 – heden worden geïncludeerd. Studies in andere talen dan Engels worden niet geïncludeerd. Randomized controlled trials (RCT's) en controlled trials (CCT's) worden geïncludeerd. Studies met een ander studiedesign dan een RCT of CCT worden geëxcludeerd.

Beoordeling van de kwaliteit van de studies

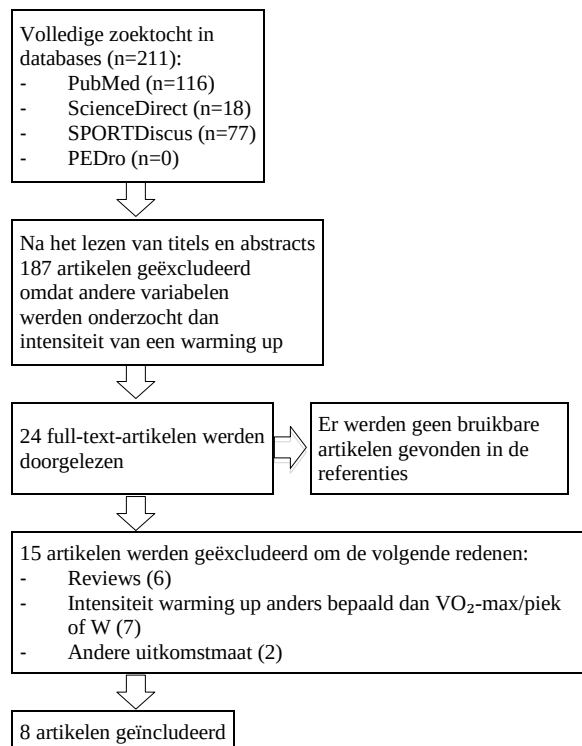
De geïncludeerde artikelen zijn op methodologische kwaliteit beoordeeld aan de hand van de PEDro-schaal die gebaseerd is op de Delphi-lijst van Verhagen et al. (1998) (bijlage 2.). Van de 11 items van de PEDro-schaal bepaalt de somscore van 10 items de classificatie van methodologische kwaliteit (Aufdemkampe, Berg van den, & Windt van der, 2007). Een item dat in een artikel niet werd gerapporteerd, kreeg de score -. Een item dat met 'ja' beantwoord kon worden kreeg de score +. Artikelen met een somscore lager dan 4 werden geëxcludeerd. De mate van bewijskracht voor dit artikel wordt bepaald aan de hand van de best evidence synthese volgens Van Tulder, Assendelft, Koes en Bouter (1997) (bijlage 3).

Resultaten

Zoekresultaten

Bij het doorzoeken van de databanken met de gebruikte termen, werden 211 artikelen gevonden. Na het lezen van de titels en abstracts werden 187 studies geëxcludeerd omdat er andere variabelen werden onderzocht dan de intensiteit van een warming up, de artikelen reviews zijn, de intensiteit van de warming up anders werd bepaald dan door middel van de VO_2 -max/piek of W of omdat een andere uitkomstmaat werd gebruikt dan een sportprestatie of lichamelijke prestatie. Een stroomdiagram is weergegeven in figuur 1. Uiteindelijk werden 8 artikelen geïncludeerd. De methodologie van de geïncludeerde studies en beschrijving van de warming ups zoals uitgevoerd in de studies zijn weergegeven in tabel 1. Een stroomdiagram is weergegeven in figuur 1.

Figuur 1. Stroomdiagram



Methodologische kwaliteit van de studies

Van de geïncludeerde studies varieerden de scores op de PEDro-schaal van 5–6 ($5,5 \pm 0,48$) van 10 (bijlage 2). De studies vallen daarmee in de categorie redelijk tot goed (Maher, Sherrington, Herbert, Moseley, & Elkins, 2003) en worden geclassificeerd als hoge kwaliteit volgens Van Tulder et al. (1997). Geen van de geïncludeerde artikelen scoorden punten op de items 2 en 3 van de PEDro-schaal. De items 2 en 3 geven weer of patiënten random zijn toegewezen aan de groepen en of de blindingprocedure van de randomisatie is gewaarborgd. Ook scoren de geïncludeerde artikelen nagenoeg geen punten op de items 5 en 6, welke weergeven of de therapeuten en/of patiënten zijn geblindeerd.

Tabel 1. Overzicht van de methodologie van de studies

Studie	Design	Participanten	Beschrijving Warming up				
			Soort inspanning	Groep	Intensiteit (% VO ₂ -max/ piek of W)	Duur (sec/min)	Rusttijd (min)
Bishop et al., 2001	Cross over	8 kajakkers, man/vrouw	Kajak ergometer	W1	55	15'	5' p
				W2	65	15'	5' p
				W3	75	15'	5' p
Bishop et al., 2003a	Cross over	7 kajakkers, man	Kajak ergometer	W1	65	15'	5' p
				W2	65	10'	5' p
					200 (x5) 55 (x5)	10'' (x5) 10'' (x5)	
Burnley et al. 2005	Cross over	12 goed getrainde fietsers, man	Fiets ergometer	GW	-	-	-
				W1	~40	10-12'	1' a 7' p
				W2	~70	6'	1' a 7' p
				W3	>150	30''	1' a 7' p
Hajoglou et al. 2005	Cross over	8 goed getrainde fietsers, man	Fiets ergometer	GW	-	-	-
				W1	40	5'	2' p
					50	5'	
					56	5'	
				W2	40	5'	6' p
					50 56 78	5' 5' 3'	
Stewart & Sleivert, 1998	Cross over	9 getrainde rugby spelers, man	Loopband	GW	-	-	-
				W1	60	15'	3' p
				W2	70	15'	3' p
				W3	80	15'	3' p
Wittekind & Beneke, 2009	Cross over	9 lange afstand lopers, man	Loopband	GW	-	-	-
				W1	60	10'	5' p
				W2	60 105 (x6)	10' 15'' (x6)	5' p
Wittekind & Beneke, 2011	Cross over	11 getrainde fietsers, man	Fiets ergometer	W1	40	6'	10' p
				W2	40	5'	10' p
					80	1'	
				W3	40 110	5' 1'	10' p
Yaicharoen et al., 2012	Cross over	12 teamsporters, man	Fiets ergometer	GW	-	-	-
				W1	55	10'	2' p

a = actieve rust

p = passieve rust

Eigenschappen van de studies en resultaten

De eigenschappen van de warming ups, zoals uitgevoerd in de geïncloseerde studies zijn weergegeven in tabel 1. Alle geïncloseerde studies zijn crossovers, wat betekent dat een onderzoeksgroep alle interventies, zoals beschreven in het onderzoek, in willekeurige volgorde onderging.

Het totale aantal participanten in de geïncloseerde studies is 76. De grootte van de onderzoekspopulaties per studie in de geïncloseerde studies varieert van 7 – 12 participanten, met een gemiddelde van ruim 9 participanten per studie. Alle participanten waren getraind en man. In 6 studies waren de participanten specifiek getraind in de sport waaruit de warming up en de fysieke inspanning in het onderzoek bestond (Bishop et al., 2001, 2003a; Burnley et al., 2005; Hajoglou et al., 2005; Wittekind & Beneke, 2009, 2011). In 2 studies was dit niet het geval. In de studie van Stewart en Sleivert (1998) werden rugby spelers onderworpen aan een warming up en een fysieke inspanning die bestond uit lopen en in de studie van Yaicharoen et al. (2012) werden voetbal en/of rugby spelers onderworpen aan een warming up op een fietsergometer en een fysieke inspanning die bestond uit lopen.

Er zijn variaties in de warming ups die in de studies werden uitgevoerd in soort inspanning en parameters (tabel 1). In 2 studies (Bishop et al., 2001, 2003a) werd de warming up op een kajakergometer uitgevoerd, in 4 studies (Burnley et al. 2005; Hajoglou et al. 2005; Wittekind & Beneke, 2011; Yaicharoen et al., 2012) op een fietsergometer en in 2 studies (Stewart & Sleivert, 1998; Wittekind & Beneke, 2009) op een loopband. De parameters (intensiteit, duur en rusttijd) van de warming ups, eveneens weergegeven in tabel 1, verschillen van elkaar. De intensiteit varieerde van 40 tot 75% van $\text{VO}_2\text{-max}$ /piek of W, de duur van 30

seconden tot 15 minuten en de rusttijd van 2 tot 10 minuten. In de studie van Burnley et al. (2005) is gekozen voor een combinatie van actieve- en passieve rust. In alle overige studies is gekozen voor een passieve rust. Opvallend is de grote onderlinge variatie in gebruikte parameters van de warming ups. Naast de verschillen in gebruikte parameters bestaan er ook verschillen in de opbouw van de warming up. Zo worden in 7 studies (Bishop et al., 2001, 2003a; Burnley et al. 2005; Stewart en Sleivert, 1998; Wittekind en Beneke, 2009, 2011; Yaicharoen et al., 2012) de warming ups uitgevoerd op een constante intensiteit terwijl in de studie van Hajoglou, et al. (2012) is gekozen voor een opbouw in intensiteit.

Naast de verschillen in gebruikte parameters van de warming ups verschillen ook de eigenschappen van de fysieke inspanningen onderling van elkaar. Tabel 2 geeft een overzicht van de eigenschappen van de fysieke inspanningen die volgden op de warming up.

Het type activiteit van de fysieke inspanningen is in alle studies dezelfde als die van de warming up. De fysieke inspanningen varieerden echter wel in duur, intensiteit (van $\sim 90\%$ $\text{VO}_2\text{-max}$ /piek of W tot maximaal) en uitkomstmaten (vermogen, arbeid, tijd, tijd tot uitputting). In de 3 studies is de duur van de fysieke inspanning niet beschreven (Hajoglou et al., 2005; Stewart & Sleivert, 1998; Wittekind & Beneke, 2009). In deze studies is de uitkomstmaat tijd of tijd tot uitputting waardoor de duur van de fysieke inspanning afhangt van de prestatie van de participanten en dus niet vooraf gedefinieerd kan worden. In de 4 overige studies (Bishop et al., 2001, 2003a; Burnley et al., 2005; Wittekind & Beneke, 2011) varieert de duur van de fysieke inspanning van 1 tot 7 minuten.

In tabel 3 zijn de resultaten en effecten van de studies weergegeven. De gegevens in tabel 3 geven weer dat in 5 studies (62,5%) (Bishop et al., 2001; Burnley et al., 2005; Hajoglou et al., 2005; Stewart en Sleivert, 1998; Yaicharoen et al., 2012) een WL een significant positief effect ($P < 0.05$) heeft op de prestatie tijdens een daaropvolgende fysieke inspanning, in 2 studies (25%) (Wittekind & Beneke, 2009; 2011) een WL geen significant positief effect ($P > 0.05$) heeft op prestatie tijdens een

daaropvolgende fysieke inspanning en in 1 studie (12,5%) (Bishop et al., 2003a) een WL een negatief effect heeft op de prestatie tijdens een daaropvolgende inspanning. In 5 studies (62,5%) werd het effect van een WL vergeleken met een controlegroep die geen warming up uitvoerde (GW). In de overige studies (Bishop et al., 2001, 2003a; Wittekind & Beneke, 2009) werden de effecten van een WL vergeleken met een hoog intensieve warming up.

Tabel 2. Eigenschappen fysieke inspanning

Studie	Fysieke inspanning			
	Groep	Duur (sec/min)	Intensiteit (% VO ₂ -max/ piek of W)	Uitkomstmaat
Bishop et al., 2001	F	2'	maximaal	vermogen
Bishop et al., 2003a	F	2'	maximaal	vermogen
Burnley et al., 2005	F	7'	~90	vermogen
Hajoglou et al., 2005	F	-	onbekend	tijd
Stewart & Sleivert, 1998	F	-	submaximaal/ maximaal	tijd tot uitputting
Wittekind & Beneke, 2009	F	-	105	tijd tot uitputting
Wittekind & Beneke, 2011	F	1'	maximaal	vermogen
Yaicharoen et al., 2012	F1	80'	submaximaal	vermogen/ arbeid
	F2	4"	maximaal	vermogen/ arbeid

Tabel 3. Resultaten en effect

Studie	Groep	Resultaten	Effect
Bishop et al., 2001	F	W1: 273.51 ± 54.88 W W2: 277.00 ± 56.08 W W3: 262.10 ± 44.55 W	W3 < W1 (P = 0.06) W3 < W2 (P < 0.05)
Bishop et al., 2003a	F	Piek vermogen W1: 601 ± 204 W W2: 629 ± 199 W Gemiddeld Vermogen W1: 321 ± 42.4 W W2: 328 ± 39.0 W	Piek vermogen W1 < W2 (P < 0.05) Gemiddeld vermogen W1 < W2 (P < 0.05)
Burnley et al. 2005	F	gw: 330 ± 42 W W1: 338 ± 39 W W2: 339 ± 42 W W3: 324 ± 45 W	gw < W1 (P < 0.001) gw < W2 (P < 0.001) gw = W3
Hajoglou et al. 2005	F	gw: 274.4 ± 12.1 s W1: 266.8 ± 12.0 s W2: 267.3 ± 10.4 s	gw < W1 (P < 0.05) gw < W2 (P < 0.05)
Stewart & Sleivert, 1998	F	-	gw < W1 (P < 0.05) gw < W2 (P < 0.05) gw = W3 (P < 0.05)
Wittekind & Beneke, 2009	F	gw: (290 s (-77,43)) W1: (324 s (-77,43)) W2: (316 s (-77,43))	gw = W1 gw = W2
Wittekind & Beneke, 2011	F	W1: 516 ± 28 W W2: 521 ± 26 W W3: 526 ± 34 W	W1=W2=W3
Yaicharoen et al., 2012	F1	totale arbeid gw: 1677.8 ± 276.8 J x kg ⁻¹ W1: 1606.1 ± 339.1 J x kg ⁻¹	totale arbeid gw = W1
		piek vermogen -	piek vermogen -
	F2	totale arbeid gw: 42.5 ± 7.0 J x kg ⁻¹ W1: 44.2 ± 6.4 J x kg ⁻¹	totale arbeid gw < W1 (P < 0.0001)
		piek vermogen gw: 14,4 ± 2.2 W x kg ⁻¹ W1: 15.6 ± 2.3 W x kg ⁻¹	piek vermogen gw < W1 (P < 0.05)

Discussie

In dit artikel wordt het effect van een laag/gemiddeld intensieve warming up ($\leq 75\%$ $\text{VO}_2\text{-max}$ /piek of W) op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning onderzocht. Diverse wetenschappelijke databanken werden doorzocht. Van de 211 gevonden artikelen werden 8 artikelen geïnccludeerd. De methodologische kwaliteit van deze studies werd beoordeeld aan de hand van de PEDro-schaal (bijlage 2).

In slechts 1 van de 8 geïnccludeerde artikelen is een negatief effect gevonden van een laag/gemiddeld intensieve warming up op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning. Het lijkt waarschijnlijk dat een laag/gemiddeld intensieve warming up een positieve bijdrage levert aan de prestatie van een daaropvolgende inspanning. Het literatuuronderzoek met meta-analyse van Fradkin et al. (2010) bevestigt dit.

De 8 geïnccludeerde artikelen hebben gemeen dat in alle studies onderzoek wordt gedaan naar het effect van intensiteit van een warming up op een daaropvolgende fysieke inspanning. De studies worden echter gekenmerkt door een diversiteit aan gebruikte protocollen waarbij de auteurs zelf kiezen voor de vorm, duur, rusttijd en intensiteit van de warming up. Ook verschillen de fysieke inspanningen van de studies van elkaar in duur, soort inspanning en uitkomstmaat om het effect van een warming up te meten (tabel 1, 2). Zoals reeds beschreven in de inleiding van deze review kunnen variaties in intensiteit, duur en rusttijd van een warming up invloed hebben op de fysiologische effecten en op de prestatie van een fysieke inspanning die volgt op de warming up (Bishop, 2003c). Dit kan worden onderschreven door de resultaten uit de studies van Stewart en Sleivert (1998) en Wittekind en Beneke (2009) met elkaar te vergelijken.

Hoewel de intensiteit van de warming ups in beide studies overeenkomen ($60\% \text{VO}_2\text{-max}$),

vonden Wittekind en Beneke (2009) geen effect van een warming up in vergelijking met GW, terwijl Stewart en Sleivert (1998) wel een significant effect ($P < 0.05$) vonden in vergelijking met GW. Naast het gebruik van dezelfde intensiteit van de warming up komen ook de fysieke inspanning (maximaaltest op de loopband) en de uitkomstmaat (tijd tot uitputting) overeen. De warming ups verschillen van elkaar in duur en rusttijd. Zo wordt in de studie van Wittekind en Beneke (2009) een warming up duur van 10 minuten en een rusttijd van 5 minuten gehanteerd, terwijl Stewart en Sleivert (1998) voor een duur van 15 minuten en een rusttijd van 3 minuten kiezen.

Bishop (2003c) stelt dat de herstelperiode na een warming up lang genoeg moet zijn om energievoorraden te kunnen laten herstellen, maar niet langer dan 5 minuten. Tijdens de herstelperiode daalt de verhoogde VO_2 uitgangswaarde binnen ~ 5 minuten naar de beginwaarde. Een verhoogde VO_2 uitgangswaarde aan het begin van een inspanning blijkt een gunstig effect op deze inspanning te hebben. Voor het bereiken van een verhoogde VO_2 uitgangswaarde dient een actieve warming up een duur te hebben van 10-20 minuten. Een mogelijke verklaring voor het uitblijven van een significant positief effect in de studie van Wittekind en Beneke (2009) kan zijn dat de duur van de warming up (10 minuten) wellicht te kort is geweest om te zorgen voor voldoende verhoging van de VO_2 uitgangswaarde terwijl de rusttijd (5 minuten) mogelijk te lang is geweest waardoor de eventueel verhoogde VO_2 uitgangswaarde werd verminderd of teniet gedaan.

Een warming up op 60% van de $\text{VO}_2\text{-max}$ (WL) zorgt dus niet altijd voor een significant effect op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning. Of een warming up een significant positief effect heeft op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning lijkt dus af te hangen van de juiste afstemming

van intensiteit, duur en rusttijd van de warming up.

Beperkingen van deze review

Deze review bevat een aantal zwakke punten.

In de literatuur heerst geen duidelijkheid over welke parameters horen bij een laag/gemiddeld- en hoog intensieve warming up. De voor deze review geïnccludeerde artikelen zijn ingedeeld in een van deze twee categorieën op basis van 1 referentie en gemiddelden die werden gevonden in de literatuur (bijlage 1). Door deze methode kan de conclusie van dit artikel worden beïnvloed daar de intensiteiten van een WL en een WH soms dicht bij elkaar liggen. Mogelijk zou een studie die in dit onderzoek als WH is gecategoriseerd behoren tot de WL categorie met als gevolg dat resultaten van deze review een positiever, of juist een negatiever effect van WL op prestatie van een fysieke inspanning laat zien, dan wanneer de verdeling tussen WL en WH onderbouwd kon worden met meer literatuur.

De methodologische kwaliteit van de geïnccludeerde studies is gescoord aan de hand van de PEDro-schaal (bijlage 2). De PEDro-schaal is een valide meetinstrument voor het beoordelen van de methodologische kwaliteit van clinical trials en heeft de voorkeur voor onderzoek naar de kwaliteit van dergelijke studies (De Morton, 2009; Verhagen et al., 1998). De geïnccludeerde artikelen scoren allen een 5 of 6/10, met een gemiddelde van 5.5/10 en vallen daarmee in de categorie redelijk en goed (Teasell et al., 2012). De geïnccludeerde artikelen scoren nagenoeg geen punten op de items 5 en 6, welke weergeven of de therapeuten en/of patiënten zijn geblindeerd. In de wetenschap dat bij gerandomiseerde studies naar bewegingstherapie de items 5 en 6 vrijwel nooit te realiseren zijn (Aufdemkampe et al., 2007), zijn de geïnccludeerde artikelen wellicht van betere

methodologische kwaliteit dan de PEDro-scores doen vermoeden.

De methodologie van studies verschillen onderling (tabel 1). Niet alle studies hebben het effect van een laag/gemiddeld intensieve warming up vergeleken met een controle groep. Binnen deze studies werden verschillende intensiteiten binnen WL of WL - WH met elkaar vergeleken. Over deze studies kunnen enkel uitspraken worden gedaan over het verschil in effect van deze verschillende intensiteiten ten opzichte van elkaar, en niet of er een werkelijke toe- of afname in prestatie is tijdens een fysieke inspanning na een warming up omdat hier vergelijking met een controlegroep voor nodig is (Fradkin et al., 2010). Hoewel het is toegestaan om effecten op een prestatie aan te tonen door een interventie te vergelijken met een andere interventie (WL, WL - WH), geeft dit geen goed beeld van de werkelijke verandering ten opzichte van de beginsituatie, omdat de beginsituatie idealiter zou moeten bestaan uit geen interventie (GW) (Fradkin et al., 2010). Gevolg hiervan is dat de resultaten van deze review mogelijk een positiever of een negatiever effect van WL op prestatie van een fysieke inspanning laten zien dan wat in werkelijkheid het geval is.

Aanbevelingen

Artikelen waarin onderzoek wordt gedaan naar het effect van verschillende laag/gemiddeld intensieve warming ups op eenzelfde, daaropvolgende, fysieke inspanning zijn gewenst, om zodoende bij te kunnen dragen aan het scheppen van kaders waardoor de intensiteit van een warming up met een zo groot mogelijk effect op de prestatie van een fysieke inspanning bepaald kan worden en in praktijk toegepast kan worden.

Auteurs lijken zelf te bepalen welke termen men gebruikt om warming ups te categoriseren. Om studies beter met elkaar te kunnen vergelijken en daar conclusies

aan te kunnen verbinden, is meer eenduidigheid in terminologie gewenst.

Praktische toepassing

Ondanks het geringe bewijs dat een laag/gemiddeld intensieve warming up een significant positief effect heeft op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning kan worden gesteld dat:

- Een warming up op ~40 tot 70% van VO₂-max/piek of W, van 1 tot 15 minuten met een vooral passieve rusttijd van 2 tot 8 minuten een positief effect heeft op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning.
- Een warming up op 65% van VO₂-max/piek of W, met een duur van 15 minuten gevolgd door een passieve rusttijd van 5 minuten een negatief effect heeft op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning in vergelijking tot een hoog intensieve warming up.
- Een juiste afstemming van de parameters duur, intensiteit en rusttijd van de warming up van belang lijken voor het verkrijgen van een positief effect op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning.

Conclusie

Gesteld kan worden dat het effect van een laag/gemiddeld intensieve warming up op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning beïnvloed kan worden door te variëren in de parameters duur, intensiteit en rusttijd van de warming up. Een juiste afstemming van de parameters duur, intensiteit en rusttijd van de warming up lijkt van belang voor het verkrijgen van een positief effect op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning.

Van de geïncludeerde artikelen wordt in 62,5% een significant positief effect ($P < 0.05$) van een laag/gemiddeld intensieve warming up gevonden op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning. Volgens de best evidence synthese van Van Tulder et al. (1997) is er gering bewijs dat een laag/gemiddeld intensieve warming up een significant positief effect heeft op een daaropvolgende fysieke inspanning.

In 12,5% van de geïncludeerde artikelen wordt een negatief effect van een laag/gemiddeld intensieve warming up op de prestatie van een daaropvolgende fysieke inspanning gevonden. Volgens de best evidence synthese van Van Tulder et al. (1997) is er geen of onvoldoende bewijs dat een laag/gemiddeld intensieve warming up een negatief effect heeft op een daaropvolgende fysieke inspanning.

Literatuur

Ajemian, R., D'Ausilio, A., Moorman, H., & Bizzi, E. (2010). Why Professional Athletes Need a Prolonged Period of Warm-Up and Other Peculiarities of Human Motor Learning. *Journal of Motor Behavior*, 42(6), 381-388.

Aufdenkampe, G, Van Den Berg, J, & Van Der Windt, DAWM. (2007). Hoe vind ik het? Zoeken, interpreteren en opzetten van fysiotherapeutisch onderzoek. *Bohn Stafleu van Loghum*.

Bishop, D., Bonetti, D., & Dawson, B. (2001). The effect of three different warm-up intensities on kayak ergometer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(6), 1026-32.

Bishop, D., Bonetti, D., & Spencer, S. (2003). The effect of an intermittent, high-intensity warm-up on supramaximal kayak ergometer performance. *Journal of Sports Sciences*, 21, 13-21.

- Bishop, D. (2003). Warm up I Potential Mechanisms and the Effects of Passive Warm Up on Exercise Performance. *Sports Medicine*, 33(6), 439-454.
- Bishop, D. (2003). Warm Up II Performance Changes Following Active Warm Up and How to Structure the Warm Up. *Sports Medicine*, 33(7), 483-498.
- Brunner-Ziegler, S., Strasser, B., & Haber, P. (2011) Comparison of metabolic and biomechanic responses to active vs. passivewarm-up procedures before physical exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4), 909–914.
- Burnley, M., Doust, J. H., & Jones, A. M. (2005). Effects of Prior Warm-up Regime on Severe-Intensity Cycling Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 838-845.
- Cone, J. R. (2007). Warming Up for Intermittent Endurance Sports. *National Strength and Conditioning Association*, 29(6), 70-77.
- Fradkin, A., Gabbe, B., & Cameron, P. (2006). Does warming up prevent injury in sport? The evidence from randomised controlled trials? *Journal of Science and Medicine in Sport*, (9), 214-220.
- Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. (2010). Effects of warming up on physical performance: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 140–148.
- Hajoglou, A., Foster, C., De Koning, J. J., Lucia, A., Kernozek, T. W., & Porcari, J. P. (2005). Effect of Warm-Up on Cycle Time Trial Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(9), 1608 –1614.
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. *Physical Therapy*, 83.
- Mandengue, S., Miladi, I., Bishop, D., Temfemo, A., Cisse, F., & Ahmaidi, S. (2009). Methodological approach for determining optimal active warm-up intensity: predictive equations. *Science & Sports*, 24, 9-14.
- Mandengue, S., Seck, D., Bishop, D., Cisse, F., Tsala-Mbala, P., & Ahmaidi, S. (2005). Are athletes able to self-select their optimal warm up? *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(1), 26-34.
- Van Ooij, P.J.A.M., Takken, T, Houtkoper, A, & Van Hulst, R.A. (2009). Gemeten versus berekende maximale zuurstofopname: een wereld van verschil? *Tijdschrift voor bedrijfs en verzekeringsgeneeskunde*.
- De Morton, N.A. (2009.) The Pedro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demografic study. *Australian Journal of Physiotherapy*, 55, 129-133.

- Stewart, B., & Sleivert, G. (1998). The Effect of Warm-up Intensity on Range of Motion and Anaerobic Performance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27(2), 154-161.
- Teasell, R., Foley, N., Salter, K., Bhogal, S., Jutai, J., Speechley, M. (2012). Evidence-based review of stroke rehabilitation. 15th edition ed. London (ON): EBRSR.
- Van Tulder, M. W., Assendelft, W. J., Koes, B. W., & Bouter, L.M. (1997). Method guidelines for systematic reviews in the Cochrane Collaboration Back Review Group for Spinal Disorders. *Spine*, 22, 2323-2330.
- Verhagen, A.P., de Vet, H.C.W., de Bie R.A., Kessels, A.G.H., Boers, M., Bouter, L.M., en Knipschild, P.G. (1998). The Delphi list: A criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12), 1235-1241.
- Wittekind, A. L., & Beneke, R. (2009). Effect of warm-up on run time to exhaustion. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 480-484.
- Wittekind, A., & Beneke, R. (2011). Metabolic and performance effects of warm-up intensity on sprint cycling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21, 201-207.
- Woods, K., Bishop, P., & Jones, E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports medicine*, 37(12), 1089-1099.
- Yaicharoen, P., Wallman, K., Bishop, D., & Morton A. (2012). The effect of warm up on single and intermittent-sprint performance. *Journal of Sports Sciences*, 30(8), 833-840.

Bijlage 1: Overzicht literatuur voor verdeling intensiteit warming up

Titel	Easy <50% VO_2-max of W	Moderate 50-75% VO_2-max of W	Hard >75% VO_2-max of W
Wittekind en Beneke, 2009		60% VO_2 -max	60% VO_2 -max 105% VO_2 -max
Wittekind en Beneke, 2011	40% piek aeroob vermogen		40% piek aeroob vermogen 80 en 110% piek aeroob vermogen
Stewart en Sleivert, 1998		60% VO_2 -max 70% VO_2 -max	80% VO_2 -max
Jones, et al., 2003			76% VO_2 -max
Bishop, et al., 2003		65% VO_2 -max	65% VO_2 -max 200% VO_2 -max
Bishop, et al., 2001		55% VO_2 -max 65% VO_2 -max 75% VO_2 -max	
Hajoglou, et al., 2005		44, 50 en 56% VO_2 -piek	44, 50 en 56% VO_2 -piek. 78% VO_2 -piek
Yaicharoen, et al., 2012		55% VO_2 -piek	
Burnley, et al., 2005	~40% Wpiek	~70% Wpiek	>150 Wpiek

Bijlage 2: Kwaliteit van de artikelen volgens de PEDro-schaal

Studie	Scores op de PEDro-schaal*											Totaal
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Bishop, et al., 2001	Ja	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	6
Bishop, et al., 2003	Nee	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	6
Burnley ,et al., 2005	Nee	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	5
Hajoglou, et al., 2005	Nee	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	5
Stewart en Sleivert, 1998	Nee	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	5
Wittekind en Beneke, 2009	Nee	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	5
Wittekind en Beneke, 2011	Nee	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	6
Yaicharoen, et al. 2012	Nee	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	5

*nummers komen overeen met de volgende criteria op de PEDro-schaal:

1. De in- en exclusiecriteria zijn duidelijk beschreven.
 2. Patiënten zijn random toegewezen aan de groepen.
 3. Blindingprocedure van de randomisatie is gewaarborgd.
 4. De groepen zijn wat betreft de belangrijkste prognostische indicatoren vergelijkbaar.
 5. Patiënten zijn geblindeerd.
 6. Therapeuten zijn geblindeerd.
 7. Beoordelaars zijn geblindeerd voor ten minste 1 primaire uitkomstmaat.
 8. Er wordt ten minste 1 primaire uitkomstmaat gemeten bij > 85% van de geïncludeerde patiënten.
 9. Patiënten ontvingen de toegewezen experimentele of controlebehandeling.
 10. Van ten minste 1 primaire uitkomstmaat is de statistische vergelijkbaarheid tussen de groepen gerapporteerd.
 11. Van ten minste 1 primaire uitkomstmaat zijn zowel puntschattingen als spreidingsmaten gepresenteerd.
- + indiceert dat volledig voldaan werd aan het criterium.
- indiceert dat niet volledig voldaan werd aan het criterium.

Bijlage 3: Best evidence synthese (Van Tulder et al., 1997)

Sterk bewijs	Gebaseerd op statistisch significante resultaten gemeten in ≥ 4 RCT's van hoge kwaliteit
Matig bewijs	Gebaseerd op statistisch significante resultaten gemeten in ≥ 2 RCT's van hoge kwaliteit en ≥ 1 RCT van lage kwaliteit of ≥ 1 CCT van hoge kwaliteit
Gering bewijs	Gebaseerd op statistisch significante resultaten gemeten in ≥ 1 RCT van hoge kwaliteit of ≥ 2 CCT's van hoge kwaliteit (in afwezigheid van RCT's van hoge kwaliteit)
Aanwijzingen	Gebaseerd op statistisch significante resultaten gemeten in ≥ 1 CCT van hoge kwaliteit of RCT van lage kwaliteit of ≥ 2 studies van niet-experimentele aard met voldoende kwaliteit
Geen of onvoldoende bewijs	In die gevallen waarin de resultaten van de geïnccludeerde studies niet voldoen aan de bovengenoemde niveaus van bewijskracht, of in die gevallen waarin conflicterende resultaten aanwezig zijn tussen RCT's en CCT's, of in die gevallen waarin geen enkele studie geïnccludeerd kon worden

Aan de hand van de PEDRO-schaal kun je RCT's en CCT's classificeren als hoge kwaliteit (≥ 4 punten) en als lage kwaliteit (≤ 3 punten).

Indien het aantal studies dat bewijs aantoont minder dan 50% bedraagt van het totale aantal gevonden studies in dezelfde categorie van methodologische kwaliteit en studiedesign (RCT, CCT of pre-experimentele studie) wordt het resultaat als 'geen bewijs' geclassificeerd.