



**Faculteit Geneeskunde en Gezondheidswetenschappen**  
**Opleiding Lichamelijke Opvoeding**  
**Academiejaar 2005-2006**

# **Impliciet en Expliciet Leren bij Darts**

**Scriptie voorgelegd tot het behalen van de graad van Licentiaat in de Lichamelijke  
Opvoeding**

**Door: Tijtgat Pieter**

**Promotor: Prof. Dr. M. Lenoir**

**Begeleider: Lic. I. Tallir**

# VOORWOORD

---

Wie me vorig jaar vroeg naar het onderscheid tussen impliciet en expliciet leren, kon een antwoord verwachten als: “Expliciet leren zal iets met veel uitleg zijn, impliciet is leren zonder dat je het beseft.” Verder reikte mijn kennis op dat moment niet. Toch was ik gefascineerd door het onderwerp. De mogelijkheid om motorische vaardigheden te kunnen aanleren zonder altijd alles tot in de puntjes te hoeven uitleggen, leek mij interessant. Vanuit deze interesse heb ik me dan ook een jaar gestort op wetenschappelijk onderzoek over dit thema.

Het maken van een thesis is iets wat je een jaar lang opslorpt. Dit gaat van ellenlange uren testen afnemen met proefpersonen, artikels doornemen, data verwerken en berekenen tot het uitdokteren van de juiste woorden en structuur om deze massa kennis in een goed onderbouwd verhaal te gieten. Heel dit proces kon ik onmogelijk alleen verwezenlijken. De hulp van anderen word dan ook enorm geapprecieerd.

Graag had ik daarom een woord van dank gericht aan promotor Prof. Dr. Lenoir. Ik had het gevoel zeer degelijk gesteund te worden bij het uitwerken van deze scriptie. Hij gaf me de vrijheid eigen initiatief te nemen. Steeds werd hij bereid gevonden herwerkte stukken na te lezen en te corrigeren.

Natuurlijk wil ik ook begeleider Lic. Isabel Tallir van harte bedanken. Niet alleen nam zij veel uren labowerk voor haar rekening, nadien bleef ze me opvolgen bij het verwerken van de resultaten en het schrijven van literatuur en discussie.

Deze thesis kon natuurlijk niet zonder proefpersonen. Het was dikwijls aangenaam werken met hen en ik heb erg veel begrip voor het geduld dat ze steeds bleven opbrengen, ook als er eventjes iets misging met de infrastructuur.

Tenslotte wil ik ook nog vele anderen bedanken. Mijn ouders voor het nalezen en begrip voor de helse situatie, Hugo en Tom voor het samenwerken bij het labowerk, Ing. P. Van Cleven en D. Spiessen voor de technische ondersteuning, vriendin, scouts en vrienden omdat zij mijn intens werk even konden doen vergeten. Allen droegen ze bij tot het volbrengen van deze scriptie.

# INHOUDSOPGAVE

---

<b>VOORWOORD</b>	<b>I</b>
<b>INHOUDSOPGAVE</b>	<b>II</b>
<b>SAMENVATTING</b>	<b>VI</b>
<b>ALGEMENE INLEIDING</b>	<b>VII</b>
<b>LITERATUURSTUDIE</b>	<b>1</b>
<b>1 TERMINOLOGIE</b>	<b>1</b>
1.1 Wat is motorisch leren?	1
1.2 Het meten van motorisch leren	1
1.2.1 Prestatiecurven	1
1.2.2 Retentietest – Transfertest	2
1.3 Beginner – Expert	3
1.4 Hoe vindt motorisch leren plaats?	4
1.4.1 Motorisch leren door demonstratie, instructie of feedback	4
1.4.2 Het standaardmodel van Fitts en Posner (1967)	4
1.4.3 De vier controleniveaus van Bernstein (1996)	6
1.5 Wat is impliciet en expliciet leren?	7
1.5.1 Definities	7
1.5.2 Voordelen van impliciet leren	8
1.5.3 Voordelen van expliciet leren	8
1.5.4 Nadelen van impliciet leren	9
1.5.5 Nadelen van expliciet leren	9
<b>2 ONDERZOEKSVELD</b>	<b>10</b>
2.1 Impliciet en expliciet leren	10
2.2 Impliciet en expliciet motorisch leren	10
2.2.1 De secundaire taak: methode om tot impliciet motorisch leren te komen?	11
2.2.1.1 Pionierswerk: Masters (1992)	11
2.2.1.2 Kritiek op Masters	12
2.2.1.3 Een longitudinale studie: Maxwell et al. (2000)	13
2.2.1.4 Het failliet van de secundaire taak?	14
2.2.2 Impliciet motorisch leren door foutloos (errorless) te leren	15
2.2.3 Impliciet motorisch leren door te leren zonder feedback (Maxwell et al., 2003)	18

2.2.4	Impliciet motorisch leren door te leren met een analogie (Liao and Masters, 2001)	19
2.2.5	Impliciet motorisch leren door differentieel leren.	20
<b>3</b>	<b>PROBLEEMSTELLING EN HYPOTHESEN</b>	<b>21</b>
3.1	Probleemstelling	21
3.2	Hypothesen	22
<b>METHODIEK</b>		<b>23</b>
<b>1</b>	<b>PROEFPERSONEN</b>	<b>23</b>
<b>2</b>	<b>APPARATUUR EN PROEFOPSTELLING</b>	<b>24</b>
2.1	Apparatuur	24
2.2	Proefopstelling	26
<b>3</b>	<b>EXPERIMENTEEL DESIGN</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>PROCEDURE</b>	<b>28</b>
4.1	Procedure tijdens de pretesten	28
4.2	Procedure tijdens de leerfase	28
4.2.1	De impliciete groep	29
4.2.2	De expliciete groep	29
4.3	Procedure tijdens de testfase	29
4.3.1	Transfertest	29
4.3.2	Vermoeidheidstest	29
4.3.3	Dual task test	30
4.3.4	Stress test	30
4.4	Procedure tijdens de retentietest	30
<b>5</b>	<b>DATAVERWERKING</b>	<b>31</b>
5.1	Productscores	31
5.2	Borgschaal, hartslag en vragenlijst	31
5.3	Processcores	31
<b>6</b>	<b>DATA ANALYSE</b>	<b>33</b>
6.1	Productscores	33
6.2	Borgschaal, hartslag en vragenlijst	33
6.3	Processcores	34

<b>RESULTATEN</b>	<b>35</b>
<b>1 OVERZICHT</b>	<b>35</b>
<b>2 PRETESTEN</b>	<b>36</b>
2.1 Productscores	36
<b>3 LEERFASE</b>	<b>36</b>
3.1 Productscores	36
<b>4 TESTFASE</b>	<b>37</b>
4.1 Vermoeidheidstest	37
4.1.1 Effectiviteit van de experimentele manipulatie	37
4.1.1.1 Borgschaal	37
4.1.1.2 Hartslagmeting	37
4.1.2 Transfertest – Vermoeidheidstest	38
4.1.2.1 Productscores	38
4.1.2.2 Processcores	39
4.2 Dual task test	41
4.2.1 Productscores	41
4.2.2 Processcores	42
4.3 Stress test	44
4.3.1 Effectiviteit van de experimentele manipulatie	44
4.3.1.1 VBS-vragenlijst	44
4.3.1.2 Hartslagmeting	45
4.3.2 Transfertest – Stress test	46
4.3.2.1 Productscores	46
4.3.2.2 Processcores	47
<b>5 RETENTIETEST</b>	<b>48</b>
5.1 Productscores	48
5.2 Processcores	49
<b>6 KWALITATIEF ONDERZOEK</b>	<b>50</b>

<b>DISCUSSIE</b>	<b>51</b>
1 HET LEERPROCES	51
2 EFFECTIVITEIT VAN DE EXPERIMENTELE MANIPULATIES	52
3 PRESTATIE ONDER VERMOEIDHEID, COGNITIEVE BELASTING EN STRESS	53
3.1 Prestatie onder vermoeidheid	53
3.2 Prestatie onder cognitieve belasting	55
3.3 Prestatie onder stress	56
4 PRETESTEN	57
5 BEPERKINGEN VAN HET ONDERZOEK	58
6 VERDER ONDERZOEK	58
7 ALGEMENE DISCUSSIE	59
8 PRAKTIJKRELEVANTIE	60
<b>REFERENTIELIJST</b>	<b>VIII</b>
<b>BIJLAGEN</b>	<b>XII</b>

# SAMENVATTING

---

Volgens Bernstein (1996) worden menselijke bewegingen gestuurd door vier hiërarchisch geordende controleniveaus. In dit onderzoek werd ervan uitgegaan dat impliciet leren geregeld wordt door de lagere controleniveaus van spiertonus, synergie en ruimte en dat expliciet leren op een hoger actieniveau functioneert.

Het doel van dit onderzoek was de invloed van vermoeidheid, cognitieve belasting en stress op impliciet en expliciet geleerde motorische vaardigheid na te gaan. De motorische vaardigheid bestond uit het werpen van dartspijltjes naar een roos. Een errorless-errorfull paradigma werd gebruikt om impliciet-expliciet leren te bekomen. Zesenvertig proefpersonen werden willekeurig toegewezen aan een impliciete (errorless) of expliciete (errorfull) groep. De impliciete groep oefende vier opeenvolgende dagen op een steeds groter wordende afstand (van 157 tot 217 cm), de expliciete groep oefende elke dag 20 cm dicht bij de roos (van 317 tot 257 cm). Beide experimentele groepen presteerden beter na deze leerfase (van 400 pogingen), er vond dus leren plaats, zoals uit een transfertest kon afgeleid worden. Dit leren kende een permanent karakter want de prestaties verminderden niet na een retentieperiode.

In een tweede fase van het onderzoek werden de proefpersonen onderworpen aan enkele experimentele manipulaties. De proefpersonen werden beoordeeld op productscores en ook kinematische variabelen werden gemeten om de invloed van de manipulaties na te gaan. Er vond een vermoeidheidstest met een armergometer, een dual task test met cognitieve belasting en een stress test plaats. De effectiviteit van de experimentele manipulaties werd aangetoond aan de hand van Borgschaal (vermoeidheid), VBS-vragenlijst (stress), hartslag (vermoeidheid en stress) en kinematische variabelen (alle testen). De expliciete groep ondervond minder negatieve invloed van fysiologische vermoeidheid dan de impliciete groep. De prestatie van beide groepen ging evenveel achteruit op de dual task test. Op de stress test presteerden beide groepen beter dan op de transfertest.

De resultaten van dit onderzoek werden gekaderd in de vier controleniveaus van Bernstein. Expliciet leren, dat functioneert op het hogere actieniveau, zou minder nadelige invloed ondervinden van vermoeidheid omdat die inwerkt op lagere controleniveaus. Impliciet leren zou dan weer minder nadelige gevolgen hebben van cognitieve belasting en stress omdat impliciete processen geregeld worden door de lagere controleniveaus zoals spiertonus en coördinatie. Daar waar in dit onderzoek de eerste stelling bekrachtigd werd, werd geen bewijs gevonden voor de tweede.

# ALGEMENE INLEIDING

---

Trainer, coach, leerkracht, allen leren ze motorische vaardigheden aan. Meestal gaat dit gepaard met vele instructies. Aan de leerling-sporter de boodschap de instructies te ontcijferen, de kennis op te slaan en cognitief te verwerken om uiteindelijk de beweging te automatiseren en een expert te worden in de vaardigheid. Maar hoeft het ook altijd zo? Is het noodzakelijk alle informatie over een motorische vaardigheid aan te bieden om een vaardigheid aan te leren? En zal diezelfde leerling de geautomatiseerde beweging ook kunnen volbrengen als hij onder druk komt te staan, in een wedstrijd bijvoorbeeld, of op een sportexamen, of zal hij/zij dan volledig blokkeren met een falende prestatie tot gevolg?

Het zijn vragen die sportwetenschappers gingen boeien. Er werd gezocht naar alternatieven. Impliciet leren, overgewaaid uit de psychologie, werd toegepast op motorische vaardigheden. De resultaten waren veelbelovend. Wie een vaardigheid impliciet aanleert, is beter bestand tegen stress en cognitieve belasting. Daar leek dé nieuwe leer methode in de maak. Toch bleven er enkele restricties. Zuiver impliciet leren bleek kunstmatig en inefficiënt. Minder strikte vormen van impliciet leren waren dan weer veelbelovend. De vraag blijft echter of impliciet leren ook altijd zo heilzaam is. Wat bijvoorbeeld bij fysieke vermoeidheid?

Deze vragen nodigden uit tot verder onderzoek. In het onderzoek dat hierna beschreven wordt trachtte men antwoorden te vinden vanuit de theorie van vier controleniveaus van Bernstein.



# LITERATUURSTUDIE

---

## 1 TERMINOLOGIE

### 1.1 Wat is motorisch leren?

In een onderzoek naar het aanleren van een complex motorische vaardigheid, is het onontbeerlijk te starten met een juiste definiëring van de term leren. Leren wordt door Magill (2004) gedefinieerd als de *wijziging in mogelijkheid van een persoon om een vaardigheid uit te voeren*. Deze wijziging zorgt ervoor dat er een *relatief permanente verbetering in prestatie plaatsvindt als gevolg van oefening of ervaring*. Aangezien leren een proces is dat zich intern afspeelt, is dit niet direct waarneembaar. Veranderingen in prestaties zijn wel waarneembaar. Door deze veranderingen te meten kan men leren afleiden.

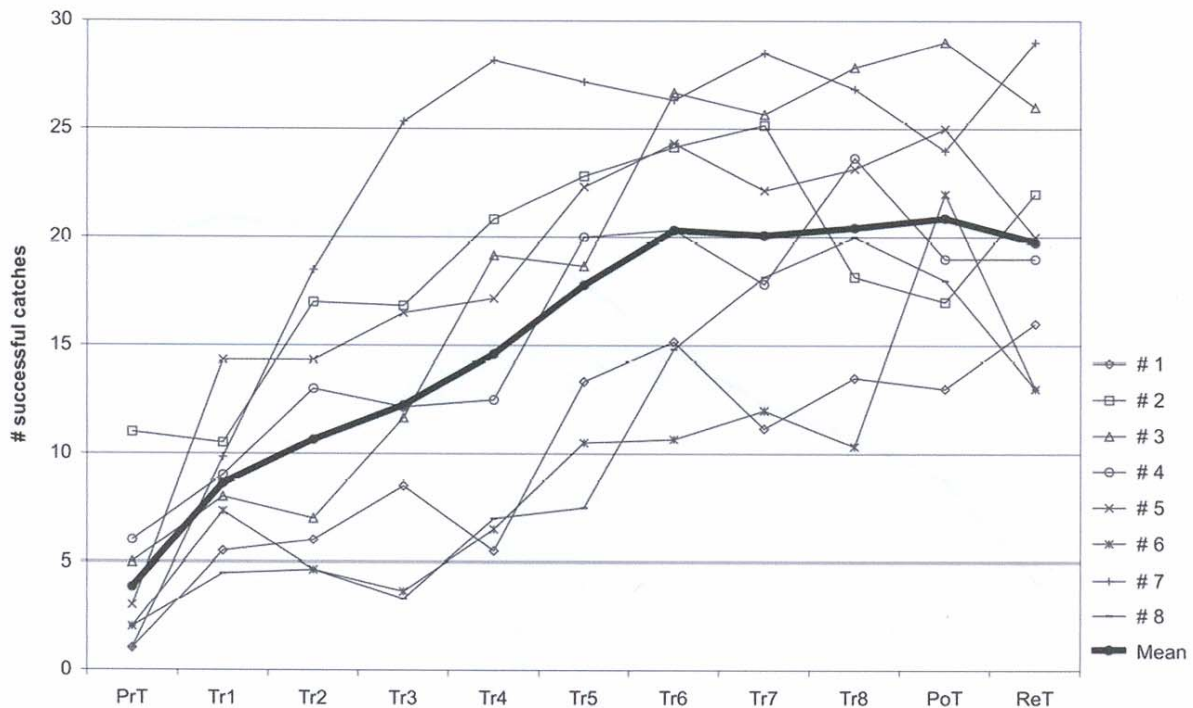
### 1.2 Het meten van motorisch leren

#### 1.2.1 Prestatiecurven

Om een beeld te krijgen of er al dan niet leren plaatsvond, kan men de prestaties uitzetten over de tijd. Grafisch wordt dit uitgebeeld aan de hand van prestatiecurven (Magill, 2004). Men kan een prestatiecurve uitzetten voor productscores, waarbij er meestal slechts één afhankelijke variabele wordt weergegeven over het tijdsverloop. Zo zal men bijvoorbeeld bij een dartsonderzoek een prestatiecurve beschouwen met de gemiddelde score van de geworpen pijltjes per leerfase. Ook voor processcores is het mogelijk een prestatiecurve uit te tekenen (bijvoorbeeld de bewegingstijd om een dartspeil te werpen).

Er bestaan volgens Magill (2004) een aantal redenen waarom de prestatiecurven het leerproces niet steeds goed weergeven. Ten eerste kan men in deze curven de prestatie van een individu aflezen op een bepaald moment in een bepaalde situatie. Deze prestatie kan echter, omwille van tijdelijke negatieve effecten zoals concentratieverlies, stress of vermoeidheid, een onderschatting zijn van het leerproces dat permanent verloopt. Ook positieve effecten door het geven van instructies, feedback, aanmoedigingen, en dergelijke kunnen een afwijking geven van het feitelijke leren. Daarnaast kunnen ook plateau-effecten een vertekend beeld geven van het leerproces. Een prestatieplateau is een bepaalde periode tijdens het leerproces waarin er geen verdere prestatieverbetering wordt waargenomen. Hoewel de prestatie op dat moment niet verbetert, kan er toch blijvend leren plaatsvinden. Het plateau kan dan een transitieperiode betekenen, waarbij de leerling een nieuwe

strategie ontwikkelt om de motorische vaardigheid onder de knie te krijgen. Ten slotte worden prestatiecurven opgesteld aan de hand van gemiddelden en hierdoor krijgt men misschien een te beperkt zicht op inter- en intra-individuele verschillen tijdens het leren. Zo kan de ene persoon sneller leren in het begin, terwijl een andere dan weer vooral op het einde van de leerfase bijleert. Door het beschouwen van gemiddelden worden deze verschillen soms verwaarloosd en krijgt men een rechtlijnig verloop. In een onderzoek naar eenhandig balvangen van Mazyn et al. (submitted) wordt het soms misleidende beeld van gemiddelden krachtig geïllustreerd (Figuur 1).



**Figuur 1.** Individuele (dunne lijnen) en gemiddelde (dikke lijn) prestatiecurve (succesvol gevangen ballen) tijdens test- en leersessies (uit Mazyn et al., submitted)

## 1.2.2 Retentietest – Transfertest

Indien men aan bovengenoemde nadelen het hoofd wil bieden, kan in een onderzoek een retentietest worden uitgevoerd. Dit is een test van een geoefende vaardigheid, die afgenomen wordt nadat het oefenen voor een bepaald tijdsinterval was stopgezet (Magill, 2004). Hierdoor worden mogelijke tijdelijke effecten afgevlakt. Indien de score bij de retentietest significant beter is dan bij de eerste maal dat er geoefend werd, kan men stellen dat er geleerd is. Er bestaat geen criterium voor de duur van het retentie-interval. De invulling ervan is vrij, maar er moet voldoende tijd gegeven worden, zodat prestatie-effecten kunnen verdwijnen (Magill, 2004).

Een transfertest maakt duidelijk hoe goed een leerling zich kan aanpassen aan een nieuwe situatie (Magill, 2004). Deze nieuwe situatie kan een variatie van de initiële vaardigheid of een aanpassing van de omgeving zijn. Zo bestaan de transfertesten in een onderzoek van Maxwell et al. (2001) enerzijds uit een variatie van de initiële vaardigheid waarin het werkgeheugen belast wordt met een

secundaire taak en anderzijds uit het uitvoeren van de aangeleerde golftaak vanaf een nieuwe afstand (aanpassing aan de omgeving).

### 1.3 Beginner – Expert

Om leerresultaten van een specifieke motorische vaardigheid te bekomen zal men in de literatuur vaak beginners als proefpersonen selecteren. Aangezien zij de specifieke vaardigheid nog niet meester zijn, is er een grote kans dat er leren zal plaatsvinden. Om te bepalen of een proefpersoon effectief nog niet geleerd heeft, kan men pretesten uitvoeren. Zo is het zekerder dat iedereen op een vergelijkbaar niveau start (Schmidt, 1988). Bennett (2000) geeft echter aan dat het opnemen van pretesten bij een leeronderzoek met beginners niet aan de orde is omdat die tijdens de pretest zouden kunnen leren. In een onderzoek naar impliciet en expliciet leren, kan men best ook vragen naar de expliciete kennis die de beginnening heeft op het moment dat met het onderzoek gestart wordt. Indien dit niet gemeten wordt, zo stelt Bennett (2000), bestaat er geen baseline over de hoeveelheid expliciete kennis en dit brengt de effectiviteit van de experimentele manipulatie in het gedrang.

Wanneer een persoon uitzonderlijk en uitstekend presteert op een bepaalde motorische vaardigheid, dan is hij een expert in die vaardigheid (Magill, 2004). Een expert heeft dan een stabiel, flexibel en economisch bewegingspatroon. Stabiel betekent dat de ene prestatie niet veel verschilt van de andere, flexibel dat de expert zich kan aanpassen aan contextuele factoren. Het bewegingspatroon is tenslotte ook economisch aangezien de spieren op een efficiënte manier leren werken. Experts kenmerken zich ook door een uitgebreide kennis over de vaardigheid die ze onder de knie hebben. Een expert is men niet meteen, maar wordt men pas na veel oefenen. Om te komen tot een expert, is er tijdens de leerfase een nieuw temporeel en ruimtelijk coördinatiepatroon ontstaan, dat verschilt van het initiële patroon. Zo zal iemand die leert schrijven eerst zeer gecoördineerd bovenarm, onderarm en hand bewegen. Door dynamische aanpassingen (andere spieren, efficiënter energiegebruik, visuele aandacht, etc.) evolueert men tot expert. Bij een expert verloopt de vaardigheid automatisch, zonder al te veel moeite te moeten doen, impliciet (Masters, 1992). Wanneer een expert echter de expliciete kennis die hij verworven had bij het leren, zal herinvesteren, kan dit nefaste gevolgen hebben. Dit verschijnsel noemt deautomatisering. Om een expert te worden, moet er dus veel geleerd worden en dit kan op verschillende manieren. Deze worden in de volgende paragraaf toegelicht.

## **1.4 Hoe vindt motorisch leren plaats?**

### **1.4.1 Motorisch leren door demonstratie, instructie of feedback**

Het leren van een motorische vaardigheid kan op verschillende manieren plaatsvinden. Een mogelijkheid is het kijken naar een demonstratie van de motorische vaardigheid. Het visuele systeem zal immers de onveranderlijke informatie detecteren van een bewegingspatroon en hieruit afleiden hoe de geobserveerde vaardigheid moet uitgeoefend worden (Magill, 2004). Hoe dit precies in zijn werk gaat, is nog onzeker.

Vaak worden motorische vaardigheden ook geleerd door het geven van verbale instructies. Deze mogen wel de aandachtscapaciteit van de leerlingen niet overschrijden. Volgens het actie-effect principe (Prinz, 1997) worden acties gecontroleerd door de effecten die ze oproepen. Uit dit principe blijkt dat instructies beter gericht worden op het resultaat van de beweging, dan op de beweging zelf. Deze hypothese werd ook voor motorische vaardigheden bevestigd (McNevin et al., 2003). Verschillende onderzoeken toonden echter aan dat het geven van verbale instructies niet steeds tot een optimaal leerproces leidt en dat ze zelfs voor een mindere prestatie en transfer zorgen (Masters, 1992; Hardy et al., 1996, Poolton et al., 2005a).

Feedback zal altijd een rol spelen bij het leren van een motorische vaardigheid. Intrinsiek zal een leerling immers steeds op een natuurlijke wijze sensorische feedback ontvangen. Deze feedback kan aangevuld worden met extra informatie die niet door de leerling zelf wordt opgeroepen. Dit noemt men verhoogde of extrinsieke feedback (Magill, 2004). Zo kan men bij het aanleren van de dartsbeweging bijvoorbeeld feedback geven over de spreidstand die de leerling aanneemt. In de onderzoeken naar impliciet en expliciet motorisch leren (Masters, 1992; Hardy et al., 1996; Bright en Freedman, 1998; Maxwell et al., 2000, etc.) krijgen de beginnelingen geen extrinsieke feedback bij het leren van de motorische vaardigheid.

### **1.4.2 Het standaardmodel van Fitts en Posner (1967)**

De klassieke denkwijze over hoe een motorische vaardigheid wordt aangeleerd, wordt voorgesteld door het model van Fitts en Posner (1967 uit Magill, 2004). Dit 'standaardmodel' (het woord is aan Beek et al., 2005) bestaat uit drie fasen en wordt gekenmerkt door een geleidelijke vermindering in cognitieve belasting.

De eerste fase is de verbaal-cognitieve. In deze fase zal een beginner zich focussen op cognitieve problemen. Men is bij aanvang van het leren gebaat bij een groot aantal regels en veel feedback. Er

worden ook veel en grote fouten gemaakt (Magill, 2004). Men kan zeggen dat in deze fase veel expliciete kennis wordt verworven en dat de beweging bewust wordt gecontroleerd (Beek et al., 2005).

In de tweede fase van het leerproces, die de motorische of associatieve fase wordt genoemd, zal de lerende persoon minder fouten maken. Fitts en Posner noemen deze fase ook de verfijningfase (Magill, 2004), de vaardigheid wordt meer consistent en de verschillende deelbewegingen van een vaardigheid vormen één geheel.

De laatste fase is de autonome fase. De vaardigheid is op dat ogenblik geautomatiseerd. De persoon hoeft zich bij de uitvoering van een motorische vaardigheid niet meer op de regels te concentreren, hoewel hij deze expliciete regels wel nog kent (Beek et al., 2005). De vaardigheid wordt uitgevoerd zonder bewuste controle en verloopt impliciet. Wie in de laatste leerfase zit, mag een expert genoemd worden.

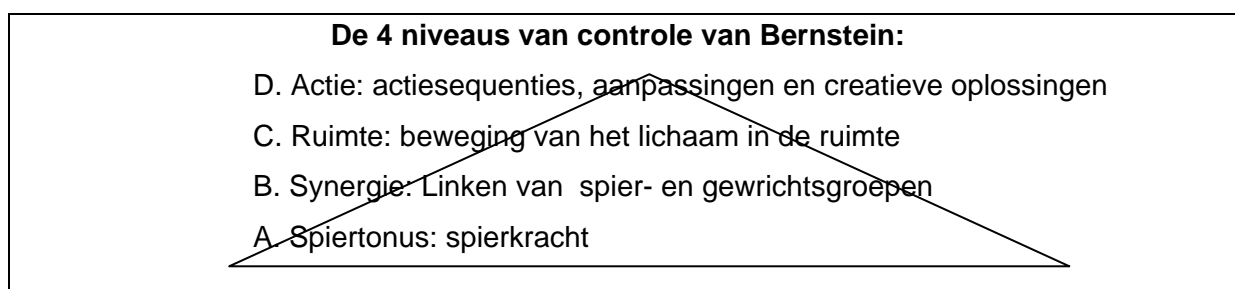
Een variatie op dit standaardmodel kan men terugvinden bij Anderson (1982). Anderson (1982) onderscheidt twee hoofdfases tijdens het leren van een vaardigheid. Eerst is er een declaratieve fase, waarin allerlei informatie over de taak wordt opgenomen en verwerkt in het werkgeheugen. Nadien volgt een overgangsfase, vergelijkbaar met de associatieve fase van Fitts en Posner (1967), om uiteindelijk tot de procedurele fase te komen. In deze procedurele fase wordt de opgedane kennis omgezet in procedures om de taak uit te voeren.

Het verlenen van expliciete regels is volgens deze modellen essentieel in het begin van elk leerproces. Een coach zal beginners bij het aanleren van een motorische vaardigheid best overladen met allerlei regeltjes die deze dan zo goed mogelijk moeten trachten te onthouden en uit te voeren. Pas later worden de bewegingsvaardigheden geautomatiseerd en moet niet meer constant aan de expliciete regels gedacht worden. Volgens dit model worden motorische vaardigheden dus eerst expliciet aangeleerd, maar worden ze later impliciet door automatisering.

Verschillende onderzoekers hebben echter aangetoond dat het verstrekken van deze expliciete kennis bij beginners wel eens nefaste gevolgen zou kunnen hebben in een later stadium. Wanneer psychologische stress de kop op steekt, zoals in wedstrijdsituaties, zou de expliciete kennis opnieuw worden opgeroepen met een verminderde prestatie als gevolg. De experimenten van Masters (1992), Hardy et al. (1996) en Maxwell et al. (2000) geven aan dat een taak die in een beginstadium impliciet, met zo weinig mogelijk opslag van expliciete regels, wordt geoefend, later robuuster zal zijn onder stress. Deze experimenten worden later uitvoerig besproken. In zijn kritiek op de onderzoeken van Masters (gebundeld in Masters, 2000), geeft Beek (2000) aan dat de opgedane bevindingen niet worden ondersteund door een geloofwaardige theorie. Beek (2000) reikt de theorie van Bernstein (1996) aan als mogelijk antwoord op deze kritiek.

### 1.4.3 De vier controleniveaus van Bernstein (1996)

Volgens Bernstein (1996) bestaat het menselijke actiesysteem uit verschillende controleniveaus die de bewegingen sturen. Deze niveaus zijn hiërarchisch geordend. Op elk niveau zijn er feedbacklusen en sensorische kanalen die deze hiërarchie invullen. De controleniveaus ontwikkelden zich in de loop van de evolutie door verder te bouwen op een vorig niveau. Elk nieuw niveau zorgt er voor dat nieuwe klassen van motorische taken kunnen uitgevoerd worden. Dit gaat gepaard met nieuwe sensorische correctiemechanismen die deze nieuwe motorische taken van feedback kunnen voorzien. Bernstein onderscheidt vier belangrijke controleniveaus: het niveau van spiertonus, het niveau van synergie, het ruimteniveau en het actieniveau (figuur 2).



**Figuur 2.** vier controleniveaus volgens Bernstein (naar Bernstein, 1996)

Het laagste controleniveau (niveau A) dat deelneemt aan alle bewegingen, is dat van de spiertonus. Niveau A zorgt voor de spierkracht. Acties die zich afspelen op dit niveau verlopen grotendeels onbewust. Het volgende controleniveau (niveau B) is het synergieniveau, waardoor men gecoördineerde bewegingen kan uitvoeren. Er worden spier- en gewrichtsgroepen gerekruteerd en met elkaar gelinkt tot ze voor een stabiele en herhaalde beweging kunnen zorgen. Ook dit ondersteunend niveau speelt zich af zonder bewustzijn. Hierboven staat het ruimtelijk niveau (niveau C). De bewegingen van het lichaam in de ruimte worden gereguleerd door dit controleniveau. Er ontstaat een perceptie van afstanden, richtingen, hoeken en grootte van objecten die nodig zijn om zowel kleine manuele vaardigheden (bijvoorbeeld grijpbewegingen) als grote motorische vaardigheden zoals locomotie te kunnen uitvoeren. Het hoogste controleniveau (niveau D) is tenslotte het actieniveau. Dit niveau stelt ons in staat bewegingen gekenmerkt door actiesequenties tot een goed einde brengen, maar ook zich aan te passen en creatieve oplossingen te vinden bij een bepaalde motorische vaardigheid.

Er bestaat een samenwerking tussen het hoger niveau en de lagere niveaus. De onderste niveaus, het niveau van spiertonus, synergie en ruimte, kunnen een ondersteunende rol spelen, terwijl het niveau van ruimte of actie als leidende niveau kan functioneren. Latash en Latash (1994) achten het leidende niveau verantwoordelijk voor de planning en uitvoering van een beweging, terwijl de lagere niveaus de nodige instrumenten (spiertonus en coördinatie) hiervoor bieden.

Bernstein gebruikte deze hiërarchische onderverdeling van bewegingspatronen om tot een theoretische analyse te komen van *Dexterity* of expertise en hoe die ontwikkeld wordt (Beek, 2000). Een leerling evolueert beter tot een expert als hij oefent terwijl er steeds meer gevarieerde en onverwachte hindernissen verschijnen. Er worden flexibele motorische strategieën ontwikkeld om te kunnen omgaan met veranderingen in de omgeving (Beek, 2000). Automatisering ontstaat wanneer er een goede werkverdeling is tussen de leidende en de ondersteunende niveaus.

Deze twee raamtheorieën zeggen iets over hoe motorische vaardigheden kunnen aangeleerd worden. De termen expliciet en impliciet leren werden hierbij geïntroduceerd. De vraag dringt zich nu op naar wat impliciet en expliciet leren juist betekent.

## 1.5 Wat is impliciet en expliciet leren?

### 1.5.1 Definities

Impliciet leren is het proces waarbij kennis van de complexe omgeving verworven wordt op een onbewuste manier (Reber, 1989). Men heeft dus wel de kennis om de vaardigheid adequaat uit te voeren, maar kan die kennis niet verbaal uitdrukken.

Bij expliciet leren worden bewust hypothesen getoetst. Bij het testen van deze hypothesen wordt het werkgeheugen belast (Masters, 2002). Het werkgeheugen is een abstract begrip voor het *systeem in de hersenen dat ons in staat stelt tijdelijk informatie op te slaan of te manipuleren voor complexe cognitieve taken zoals het begrijpen van een taal, het (motorisch) leren en het redeneren*. (Baddeley, 1992). Op sportgebied komt dit overeen met het cognitief opslaan van vele regels en informatie, meestal verbaal verschaft door een trainer, die nodig zijn om een taak correct uit te voeren.

Berry and Broadbent (1988) suggereren dat impliciet leren een vorm is van niet-selectief leren (*unselective learning of U-leren*). Wanneer iemand niet-selectief leert, zal hij/zij zowel de correcte als de incorrecte variabelen opslaan die het mogelijk maken de complexe taak uit te voeren. Bij impliciet leren zal men dus geen hypothesen testen en deze dan evalueren om het bewegingsverloop te wijzigen. Pas na veel ervaring worden de juiste actielinken gelegd die een geslaagde prestatie mogelijk maakt. Deze vorm van leren verloopt traag en is omdat er zoveel, zowel correcte als incorrecte, links gegeven worden, moeilijk te verwoorden. Hiertegenover staat de snelle en effectieve selectieve vorm van leren (*selective learning of S-leren*), waarbij de correcte variabelen zorgvuldig worden geselecteerd (Berry and Broadbent, 1988). Deze vorm komt overeen met expliciet leren. Er hoeven slechts enkele verbanden (de juiste) onthouden worden en deze kan men dan ook makkelijk verwoorden.

Kennis die men niet kan beschrijven wordt door Anderson (1982) als procedurele kennis omschreven, een term die in nauw verband staat met impliciete kennis. Declaratieve kennis kan dan weer met expliciete kennis vergeleken worden. Daar waar impliciet leren minder afhankelijk blijkt te zijn van IQ, bestaat er een sterk significante, positieve correlatie tussen IQ en expliciet leren (Reber, 1991). In vergelijking met expliciet leren, zou een impliciet leerproces slechts weinig effect ondervinden van leeftijd en ontwikkelingsniveau (Reber, 1992).

### **1.5.2 Voordelen van impliciet leren**

Masters (2000) somt in zijn review enkele voordelen van impliciet leren op. Zo is impliciete kennis (opgedaan door impliciet leren) duurzamer dan expliciete kennis. Impliciet geleerde vaardigheden kunnen dus langer onthouden worden. Neurologische of psychologische schade kan expliciete processen belemmeren, terwijl impliciete processen er immuun voor blijven. Impliciete kennis zou ook meer resistent zijn tegen stressvolle situaties. Het onderzoek van Masters (1992) en anderen (Hardy et al., 1996; Maxwell, 2000) bevestigden dit specifiek voor motorische taken.

Dankzij impliciet leren heeft de lerende minder problemen om een secundaire taak uit te voeren (Maxwell et al, 2003). Het werkgeheugen wordt immers minder belast en dit geeft de hersenen extra capaciteit om bijvoorbeeld ook tactische principes in beschouwing te nemen (Beek et al., 2005). Door vaardigheden impliciet aan te leren, kan iemand die leert niet herinvesteren (de opgedane expliciete kennis opnieuw gaan oproepen) omdat er geen verbale kennis aanwezig is over de verschillende parameters die de beweging bepalen. Dit herinvesteren kan voor een verminderde prestatie zorgen.

Hoewel impliciete kennis onbewust verworven wordt, kan ze gebruikt worden om de juiste beslissingen te nemen bij nieuwe stimuli (Reber, 1992). Iemand die impliciet leert, is dus beter voorbereid op nieuwe gebeurtenissen.

### **1.5.3 Voordelen van expliciet leren**

Expliciet leren heeft dan weer het voordeel snel en effectief te zijn (Berry and Broadbent, 1988). Expliciete kennis is volgens Bennett (2000) bovendien onontbeerlijk om hoge prestatieniveaus te behalen bij complexe motorische taken. Bennet (2000) geeft het voorbeeld aan uit de golfsport van de 'slice', een onaangepaste golfslag bij beginners, die enkel door expliciete kennis kan afgeleerd worden. Nog een voordeel van het verwerven van expliciete kennis, is dat ze makkelijk kan getransfereerd worden naar verschillende domeinen of situaties.



### **1.5.4 Nadelen van impliciet leren**

Uit onderzoek blijkt dat proefpersonen die een motorische taak impliciet hebben aangeleerd, minder goed presteren dan proefpersonen die dit op een expliciete manier deden (Masters, 1992; Hardy et al., 1996; Maxwell, 2000). Bovendien verloopt deze manier van leren traag (Berry and Broadbent, 1988). Impliciet leren zou slecht beperkte transfermogelijkheden hebben bij het uitvoeren van gerelateerde taken (Dienes and Berry, 1997). Bennett (2000) merkte op dat impliciet leren misschien slechts bij een geringe stijging in prestatiedruk voordelig is. Onduidelijk is echter wat er gebeurt bij hogere stresssituaties. De combinatie van faalangst samen met het gebrek aan expliciete kennis over hoe de prestatie kan gewijzigd worden om dat gevoel van falen tegen te gaan, kan zo wel eens heel verwarrend werken. Door het gebrek aan expliciete kennis blijft er bovendien tijd over om zich te concentreren op storende informatie, zowel intern (negatieve zelfspraak) als extern (storende geluiden).

### **1.5.5 Nadelen van expliciet leren**

Het probleem met expliciet geleerde vaardigheden is dat het bewegingspatroon kan verstoord worden wanneer men specifiek gaat nadenken over hoe de beweging moet gecontroleerd worden (Masters et al., 2002). Deze verstoringen kunnen bijvoorbeeld optreden bij stressvolle situaties. Er zijn talloze gevallen bekend van topsporters die op training telkens schitterend presteren, maar tijdens een wedstrijd plots kunnen blokkeren. Men noemt dit verschijnsel de automatisering: de verstoring van normale expert bewegingspatronen omdat de oefening wordt uitgevoerd door er over na te denken en de ledematen bewust te coördineren (Masters et al., 2002).

## 2 ONDERZOEKSVELD

### 2.1 Impliciet en expliciet leren

In de cognitieve psychologie is het onderzoek naar het onderscheid tussen impliciet en expliciet leren al enkele decennia aan de gang (Cleeremans et al., 1998)

Een eerste onderzoeksluik belicht het leren van een artificiële grammatica (Reber, 1989). Proefpersonen werden gevraagd letterslangen die een bepaalde grammatica volgden, te onthouden. Nadien moesten ze trachten aan te duiden welke hierop volgende letterslangen ook de regels van deze grammatica volgden. Hoewel men beter presteerde dan dat dit door kans het geval zou zijn, konden de achterliggende grammaticale regels niet beschreven worden. Reber (1989) leidde hieruit af dat er impliciet geleerd was.

Een alternatief om tot impliciet leren te komen is het leren van een reeks. Zo een reeks kan een zich herhalend patroon volgen, zonder dat men zich hiervan bewust is. Men slaagt er dan ook niet in te verwoorden hoe dit patroon in elkaar steekt. Het meest eenvoudige voorbeeld hiervan is het leren van een taal (Dienes and Berry, 1997).

Waar nog impliciet kan geleerd worden, is bij het controleren van complexe, dynamische systemen. Interactieve taken zoals bijvoorbeeld het leiden van een busbedrijf of het beïnvloeden van het gedrag van een computergesimuleerde persoon, gelden als voorbeelden voor een dergelijke controletaak (Berry and Broadbent, 1988). De proefpersonen konden de regels om het systeem te controleren niet beschrijven en hadden dus impliciet geleerd.

### 2.2 Impliciet en expliciet motorisch leren

Er is reeds heel wat onderzoek gedaan naar impliciet en expliciet motorisch leren. De focus lag hierbij vooral op de mogelijke voordelen van een impliciete manier om motorische vaardigheden aan te leren. In de gevoerde studies werd als motorische vaardigheid meestal een golftaak, namelijk het putten van een golfbal, gebruikt.

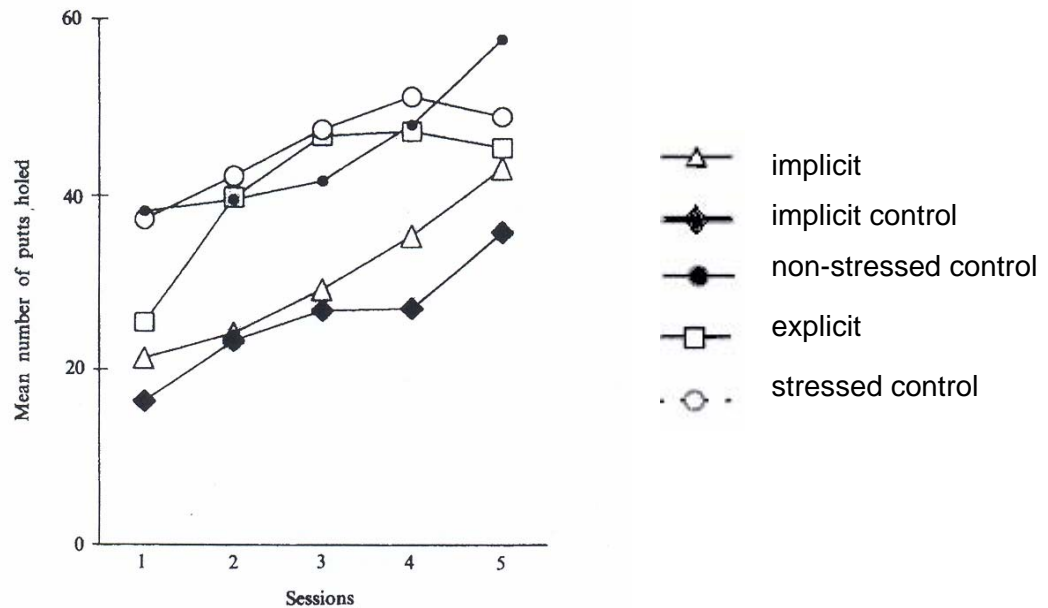
## 2.2.1 De secundaire taak: methode om tot impliciet motorisch leren te komen?

In een poging impliciet leren uit te lokken, werden in de onderstaande studies gebruik gemaakt van een secundaire taak. Een secundaire taak of *dual task* (Magill, 2004) is een tweede taak, naast de motorische vaardigheid die geoefend wordt, waarvan door de onderzoekers verondersteld werd dat ze op het cognitieve niveau het werkgeheugen extra zal belasten. Deze extra belasting zorgt ervoor dat er maar weinig aandacht overblijft om expliciete regels te leren. Een impliciete leerwijze is dan het alternatief.

### 2.2.1.1 Pionierswerk: Masters (1992)

Masters (1992) vertrok vanuit de probleemstelling dat experts in een motorische vaardigheid, ondanks hun motivatie, toch falen wanneer zij onder verhoogde prestatiedruk komen te staan. Het falen wordt opgeroepen door kennis over vaardigheden die eigenlijk al geautomatiseerd waren, te herinvesteren (opnieuw denken hoe het juist moet). Om dit nadeel van expliciet leren tegen te gaan, kan men beter een vaardigheid impliciet aanleren, aldus Masters. In het experiment van Masters (1992) moesten proefpersonen een motorische vaardigheid, namelijk een golftaak, uitvoeren. Het onderzoek bestond uit een leerfase en een testfase waarin stress werd uitgelokt. De proefpersonen werden in vijf condities onderverdeeld: impliciet leren, expliciet leren, controle impliciet leren, controle onder stress en controle zonder stress. Men liet de impliciete groepen een tweede taak uitvoeren om tot impliciet leren te komen. Deze tweede taak bestond uit het willekeurig herhalen van letters. Doordat de impliciete groepen een tweede taak moesten uitvoeren, werd verondersteld dat ze geen expliciete kennis konden verwerven. Dit bleek uit het feit dat ze geen expliciete kennis konden verwoorden. De expliciete groep kreeg verbale instructies bij het oefenen van de taak. Om stress uit te lokken tijdens de testfase, kregen de proefpersonen het bericht dat hun financiële vergoeding licht zou stijgen bij succes, maar drastisch zou dalen indien zij faalden op een evaluatie. Deze evaluatie werd uitgevoerd door een golfexpert in bijhorende klederdracht. De controlegroep van het impliciet leren werd niet blootgesteld aan deze stresssituatie bij de testfase.

De prestatie van de impliciete groepen verbeterde tijdens de pogingen, wat er op wijst dat er wel degelijk leren plaatsvond (zie figuur 3). Aangezien de impliciete groepen dus leerden zonder expliciete kennis, concludeerde Masters dat de motorische vaardigheid impliciet was verworven. In een tweede fase van het onderzoek toonde Masters aan dat de prestatie van de impliciete leerlingen meer robuust is onder psychologische stress. De gebruikte methode om dit te testen was de state-anxiety scale (STAI) en de hartslag (fysiologische parameter). In figuur 3 is duidelijk te zien hoe de impliciete groepen blijvend beter presteren onder stress (sessie 5), daar waar de prestaties van de expliciete groepen dalen. Masters besloot dat het algemeen aanvaarde coachingsprincipe om mogelijke topatleten klaar te stomen naar wereldniveau door ver doorgedreven expliciete kennis te verstrekken, de kans kan vergroten dat de topatleet de druk die gepaard gaat aan dit topniveau niet zal kunnen weerstaan.



**Figuur 3.** Gemiddeld aantal geslaagde putts tijdens leerfase (sessie 1 tot 4) en testfase (sessie5) (uit Masters, 1992)

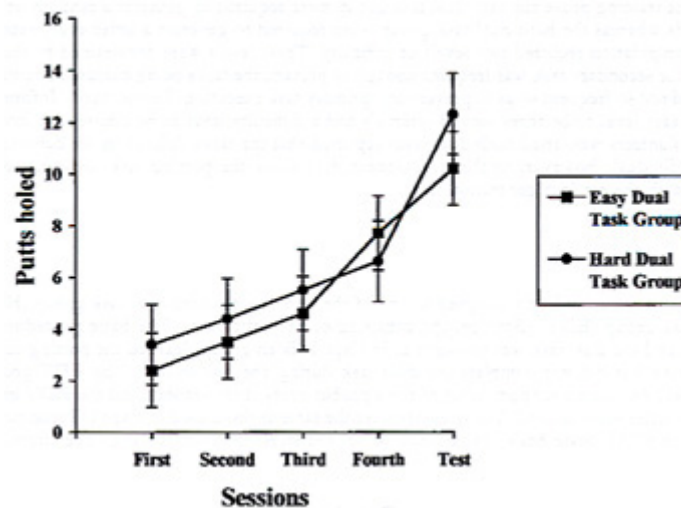
### 2.2.1.2 Kritiek op Masters

Het artikel van Masters (1992) bleef niet gespaard van kritiek. De impliciete leergroepen moesten immers de belastende secundaire taak vervullen tijdens de leerfase, maar niet tijdens de testfase, waar de proefpersonen aan stress werden blootgesteld. Het is dus mogelijk dat de proefpersonen in deze impliciete groep toch beter konden presteren tijdens de testfase, simpelweg omdat ze een makkelijkere, enkelvoudige taak moesten vervullen. Daarom voerden Hardy et al. (1996) het golfexperiment van Masters (1992) nog eens uit, maar nu met een impliciete groep die zowel tijdens de leerfase als tijdens de testfase onder stress een secundaire taak moest uitvoeren. Hardy et al (1996) veronderstelden dat de prestatie van deze groep tijdens de testfase evenzeer zou lijden onder stress als de expliciete groep. In tegenstelling tot hun verwachtingen toonden de resultaten aan dat de impliciete groepen onder stress beter bleven presteren, wat in de lijn ligt van het onderzoek van Masters (1992).

Bright en Freedman (1998) herhaalden in hun onderzoek het experiment van Masters (1992), steunend op dezelfde kritiek van Hardy et al (1996). Net als Masters (1992) en Hardy et al. (1996) bleek dat de impliciete groep, die van de secundaire taak bevrijd was, beter presteerde dan de expliciete leergroep in de stresssituatie. Bright en Freedman (1998) vonden echter dat een impliciete groep die de secundaire taak wel moest blijven uitvoeren, geen betere prestatie leverde. Hieruit werd besloten dat de betere prestatie van de impliciete groep bij het onderzoek van Masters (1992) te wijten was aan het bevrijd zijn van de secundaire taak en niet aan de robuustheid onder stress door het impliciete leerproces.

In een tweede experiment (Bright and Freedman, 1998) werden proefpersonen opgedeeld in enerzijds een impliciete groep die een zware secundaire taak moest uitvoeren waarbij elke seconde letters

willekeurig moesten herhaald worden en anderzijds een impliciete groep waarbij dit pas om de drie seconden moest gebeuren. Opnieuw diende een golftaak als motorische vaardigheid. De resultaten van dit experiment (zie figuur 4) ondersteunden de hypothese dat de groep met de zware secundaire taak beter presteerde bij het loslaten van de secundaire taak dan de groep met de lichtere secundaire taak. Bright en Freedman (1998) stelden daarom het onderscheid tussen impliciet en expliciet leren in vraag.



**Figuur 4.** Gemiddeld aantal geslaagde putts tijdens leerfase (sessie 1 tot 4) en testfase (sessie 5) (uit Bright and Freedman, 1998)

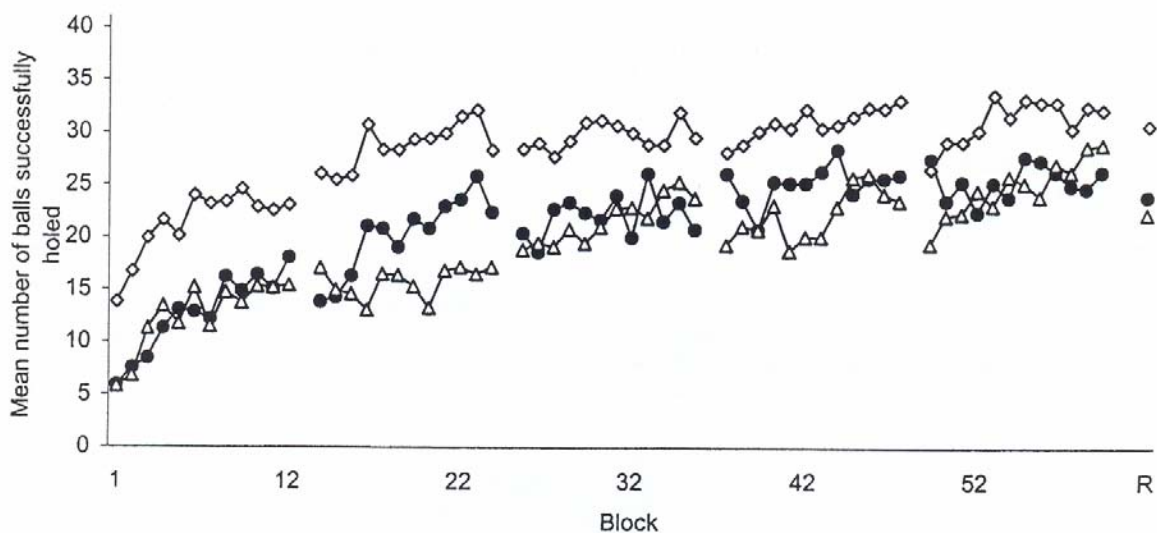
Deze vernieuwende resultaten werden echter zwaar bekritiseerd door Masters et al. (2002) en Maxwell et al. (2000 en 2001). Er werden immers minder pogingen ondernomen: slechts 160 tegenover 400 in de studies van Masters (1992) en Hardy et al. (1996). Door een te soepel selectie criterium werd bovendien niet gewerkt met onervaren proefpersonen, terwijl dit een vereiste was bij het onderzoek van Masters (1992). Hierdoor konden proefpersonen uit de impliciete groep toch een groot aantal expliciete regels opsommen (Bright and Freedman, 1998).

Beek (2000) bekritiseerde Masters (2000) vanwege zijn zwakke theoretische achtergrond. Een eerste belangrijk kritiekpunt dat Beek (2000) naar voren schoof is dat impliciet motorisch leren eigenlijk de regel is, daar waar expliciet leren eerder uitzonderlijk verloopt. Expliciet leren kan men immers enkel op het actieniveau (Bernstein, 1996). Als tweede kritiek gold dat het aanleren van een perceptueel-motorische taak zeer taakspecifiek is, waardoor algemene leerprincipes misschien niet zo gemakkelijk kunnen doorgetrokken worden.

### 2.2.1.3 Een longitudinale studie: Maxwell et al. (2000)

In een longitudinale studie over impliciet leren (Maxwell et al., 2000) wilde men onderzoeken of het impliciet leren via een secundaire taak over een lange leerperiode dezelfde prestatie opleverde als expliciet leren. De vraag blijft echter of dit onderzoek voldoende lang was waardoor impliciet leren

naar expliciet leren kon convergeren. Volgens Berry en Broadbent (1988) immers is impliciet leren traag in vergelijking met expliciet leren. Er werden drie testgroepen gemaakt: een expliciete, een impliciete en een impliciet-controlegroep. De impliciete groepen kregen een secundaire taak te verwerken (tonen tellen) tijdens de leerfase terwijl de proefpersonen uit de expliciete groep geen extra taak moesten volbrengen. Er werd verondersteld dat de expliciete leer groep zou leren door te oefenen, wat dan moest leiden tot een grote mate van expliciete kennis (Masters, 1992; Hardy et al., 1996). Er werd ook een retentietest afgenomen waarbij de impliciet-controlegroep opnieuw de secundaire taak moest uitvoeren, terwijl de impliciete en expliciete groepen enkel de golftaak hadden te volbrengen. Uit de resultaten (zie figuur 5) bleek dat de expliciete groep in de leerfase beter presteerde dan de twee impliciete groepen. Er vond geen convergentie plaats van de prestaties van de impliciete leerlingen naar die van de expliciete. Dit spreekt de veronderstelling tegen dat in een onderzoek met een langere leerfase het trage impliciet leren naar het snellere expliciete leren zou kunnen convergeren. Aangezien de expliciete groep een grote mate van herinvestering kende, werd geconcludeerd dat zij slechter presteren onder stress.



**Figuur 5.** Gemiddeld aantal geslaagde putts tijdens leerfase en retentiefase (R): ◇ expliciet leren, ● Impliciet leren en △ Impliciet leren controle (uit Maxwell et al., 2001)

#### 2.2.1.4 Het failliet van de secundaire taak?

Uit bovenstaand onderzoek (Masters, 1992; Hardy et al., 1996; Bright en Freedman, 1998; Maxwell et al., 2000) blijkt dat de prestatie van een impliciete groep tijdens de leerfase steeds zwakker is dan die van een expliciete groep. In hoeverre is het impliciet leren dan nog voordelig? Masters (2000) gaf aan dat dit te wijten is aan de zwakke procedure van de secundaire taak. Daarom gingen MacMahon en Masters (2002) op zoek naar een secundaire taak die het opslaan van expliciete kennis verhinderde zonder dat er een prestatievermindering plaatsvond. Volgens MacMahon en Masters (2002) is voor het uitvoeren van een secundaire taak het werkgeheugen vereist. Dit werkgeheugen bestaat uit drie

essentiële componenten waarvan het centrale leidinggevende systeem de informatiestroom opslaat, reguleert en informatie inwint uit andere geheugensystemen, zoals het lange termijngeheugen. Het centrale leidinggevende systeem coördineert ook de twee ondergeschikte slavensystemen: de visuo-spatiële 'schetsblok', die zorgt voor de opslag van visuele en spatiële componenten en een fonologische lus, die instaat voor het behoud en de manipulatie van verbale informatie (Baddeley, 1992). MacMahon en Masters (2002) ontwikkelden een 'fonologische lustaak' die slechts een klein gedeelte van het centrale leidinggevende systeem zou innemen, in de hoop dat hierdoor de prestatie niet zou verminderen. Deze taak bleek echter het opslaan van expliciete kennis niet te kunnen tegengaan, ook al werd de motorische taak complexer (opnieuw een golftaak, maar dan op een grotere afstand en een oneffen oppervlak). Dit werd aangetoond in een tweede experiment. Enkel secundaire taken die zwaar ingrijpen op het centrale leidinggevende systeem zijn effectief (geen opslag expliciete informatie), maar zorgen voor een mindere prestatie. Een secundaire taak verstoort dus niet enkel het leren van de primaire taak, maar bovendien kan niet vermeden worden dat er toch expliciete kennis wordt verworven. Afgezien van deze wetenschappelijk methodologische problemen, gaf Masters (2002) ook aan dat in de praktijk het leren met een secundaire taak vermoeiend en vervelend is. Daarom ging men op zoek naar betere technieken om toch tot impliciet leren te komen.

### **2.2.2 Impliciet motorisch leren door foutloos (errorless) te leren**

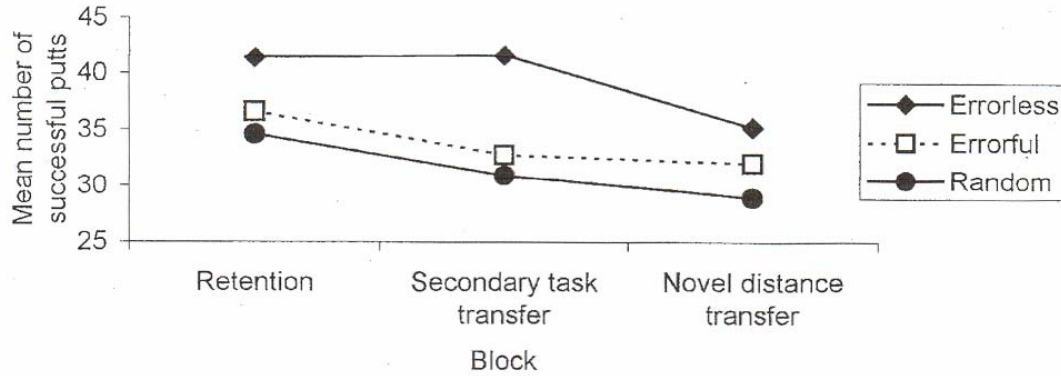
Er werd een methode ontwikkeld om tot impliciet leren te komen waarbij men kon leren zonder al te veel instructies. Men ging hierbij uit van de veronderstelling dat men bij het leren van een taak niet aan hypothesetesten zal doen als er geen fouten worden gemaakt (Masters et al., 2002). Waarom zou men immers een bewegingspatroon wijzigen als de doelen steeds bereikt worden?

Maxwell et al. (2001) veronderstelden dat iemand die fouten maakt tijdens het leren, expliciet zal leren. De beginner zal immers actief hypothesen willen testen om fouten te elimineren. De afwezigheid van fouten zal dan weer tot impliciet motorisch leren leiden aangezien het dan onnodig is voor de beginners om hypothesen te testen.

In een eerste studie werden de proefpersonen opgedeeld in een foutloze conditie (voortaan errorless genoemd), een conditie waarin fouten werden gemaakt (errorfull) en in een controleconditie. Dit gebeurde door de afstanden te variëren vanwaar de golftaak moest uitgevoerd worden. De errorless groep oefende op een stapsgewijs groter wordende afstand, daar waar de errorfull groep stapsgewijs dichter bij het target oefende gedurende het leerproces. De controlegroep oefende telkens op een gerandomiseerde afstand. Er werden geen extra instructies verleend over de manier waarop de taak het best werd uitgevoerd. De testfase bestond uit een retentietest, een test met secundaire taak en een transfertest waarbij de proefpersonen de taak moesten vervullen op een veel grotere afstand dan in de oefencondities.

Figuur 6 geeft grafisch de resultaten van de testfase weer. De errorless groep scoorde beter op de verschillende testen. De prestatie van de errorfull groep verminderde wanneer er een secundaire taak werd opgelegd, daar waar de prestatie van de errorless groep hier niet door beïnvloed werd. Er werd

geen verschil gevonden in het opslaan van expliciete taakgerelateerde kennis, wat de hypothese dat de errorless groep impliciet had geleerd dus niet bevestigde. Als de errorless groep echt impliciet had geleerd, dan zouden de proefpersonen uit deze groep minder regels verwoorden.



**Figuur 6.** Gemiddeld aantal geslaagde putts tijdens testfase (uit Maxwell et al., 2001)

Een doorgedreven analyse van de data uit deze eerste studie toonde aan dat de errorless groep tijdens de leerfase steeds meer expliciet ging leren omdat er toch fouten werden gemaakt bij de grotere afstanden waarbij geoefend werd. In een tweede studie werd er een groter onderscheid gemaakt in de afstanden om te oefenen. Enkel de kortste afstanden werden geoefend door de errorless groep en de langste afstanden door de errorfull groep. Men vergeleek de scores telkens met een aparte controlegroep.

Opnieuw bleek de secundaire taak de errorless groep niet te verstoren, terwijl dit wel gebeurde in de errorfull groep. In tegenstelling tot het eerste experiment verwoorde de errorless groep significant minder hypothesen in vergelijking met de errorfull groep. Er werd, voor de eerste maal in dit soort onderzoek, gebruik gemaakt van videoregistratie. De videoanalyse bracht aan het licht dat de errorless proefpersonen minder zichtbare techniekaanpassingen ondernamen tijdens het leren. Dit suggereert dat de errorless groep op een impliciete manier had geleerd en de errorfull groep op een expliciete manier.

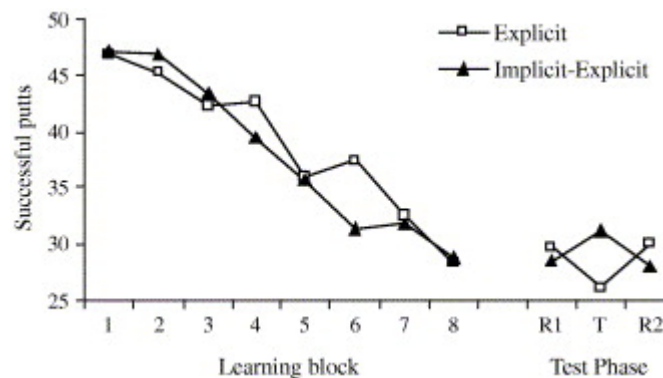
Maxwell et al. (2001) concludeerden dat de errorless beginnelingen enkel de eerste pogingen impliciet hadden geleerd. Dit impliciet leren van de motorische vaardigheid in de beginfase zorgde ervoor dat er ook tijdens latere prestaties maar weinig gebruik gemaakt werd van het werkgeheugen, ook al werd er nadien declaratieve kennis verworven.

In het onderzoek van Poolton et al. (2005a) werd verder gebouwd op het experiment van Maxwell et al. (2001). Poolton et al. (2005a) concentreerden zich nu op het al dan niet verstrekken van instructies. De proefpersonen voerden allemaal een errorless leertaak uit. Het ging hierbij opnieuw om een golfstaak. Ze werden gerandomiseerd toegewezen aan twee condities. In een eerste conditie werden van bij het begin van de leerfase instructies meegegeven, de expliciete groep. Een tweede conditie ontving deze instructies pas na honderd vijftig pogingen van errorless leren, de impliciet-expliciete groep. De hypothese luidde dat de instructies bij deze laatste groep geen effect zou hebben



op de prestaties bij een secundaire taak tijdens de testfase. Het geven van instructies bij het begin van het leren, zoals bij de expliciete groep het geval was, zou wel voor het inschakelen van het werkgeheugen zorgen en dus voor een verminderde prestatie bij een secundaire taak (Maxwell et al., 2001). Er werd gebruik gemaakt van video-opnames. Zo werd het mogelijk om de productscores aan te vullen met een kinematische analyse. Er werden metingen geregistreerd van snelheid, versnelling en schokken van het hoofd van de golfstick. Ook de variabiliteit, bewegingstijd en afstand van de club tijdens de taakuitvoering werd gemeten.

Zoals verwacht verminderde de prestatie van de proefpersonen telkens zij verder van het target oefenden (zie figuur 7). Tijdens de retentietesten (R1 en R2) bleek dat de expliciete groep meer techniekaanpassingen doorvoerde dan de impliciet-expliciete, wat suggereert dat de expliciete groep gebruik maakte van het werkgeheugen. In de transfertest (T) werd dit werkgeheugen opgeëist door de secundaire taak, waardoor de expliciete groep minder aanpassingen kon doorvoeren en wat leidde tot een slechtere prestatie. De impliciet-expliciete groep presteerde, ondanks het later toevoegen van expliciete kennis, meer robuust op deze secundaire taak.



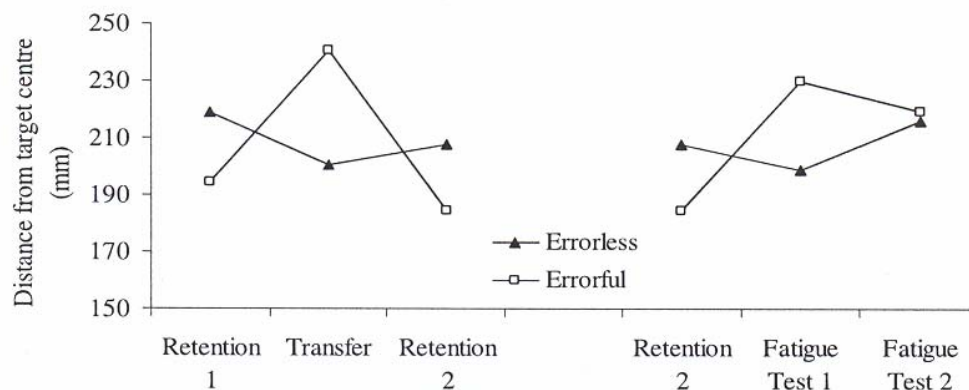
**Figuur 7.** Gemiddeld aantal geslaagde putts tijdens leerfase en testfase (uit Poolton et al., 2005a)

Deze resultaten bevestigen het onderzoek van Maxwell et al. (2001). Er werd besloten dat leren zonder instructies in een vroeg stadium van het leerproces, zorgt voor het verwerven van procedurele kennis. Dit kan een oplossing betekenen om de nadelen die het aanwenden van het werkgeheugen teweegbrengt, zoals het minder presteren onder stress, te vermijden.

In een recent onderzoek door Poolton et al. (2005b) werd een nieuwe piste ingegaan. Voor het eerste werd naast de mogelijke robuustheid onder psychologische stress, ook de robuustheid bij fysiologische vermoeidheid in het onderzoek opgenomen. Theoretische achtergrond voor deze invalshoek werd gevonden bij de evolutionaire psychologie van Reber (1992). Reber ging ervan uit dat impliciet leren gebaseerd is op evolutionair oude structuren en processen. Hierdoor zijn ze meer robuust dan structuren en processen die recenter ontwikkeld zijn, zoals het bewust expliciete leren.

De proefpersonen moesten in het onderzoek van Poolton et al. (2005b) een rugbybal zien te passen naar een doeloppervlak. Ze werden opgedeeld in een errorless en een errorfull conditie. Het onderzoek bestond uit een leerfase en een testfase, waarin de prestaties gemeten werden bij retentie, transfer tijdens een secundaire taak en vermoeidheid.

De errorless groep herinnerde zich niet goed hoe ze de taak precies uitgevoerd hadden. Bovendien presteerden ze robuust bij het belasten met een secundaire taak (figuur 8). Deze resultaten toonden aan dat de errorless groep impliciet geleerd had. De vermoeidheidstest bleek effectief te zijn, beide groepen bleken even vermoeid. Daar waar de errorfull groep slechter presteerde bij deze vermoeidheid, bleven de resultaten van de errorless groep onveranderd. Deze bevindingen bevestigden de vooropgestelde hypothese, namelijk dat impliciet motorisch leren robuust blijft bij fysiologische vermoeidheid.



**Figuur 8.** Gemiddelde nauwkeurigheid in prestatie tijdens retentie- en transfertest (links) en tijdens vermoeidheidstest (rechts). (uit Poolton et al., 2005b)

### 2.2.3 Impliciet motorisch leren door te leren zonder feedback (Maxwell et al., 2003)

Bij deze techniek om impliciet leren te bekomen steunt men op het feit dat iemand onmogelijk hypothesen kan testen als er geen informatie voor handen is die kan aantonen of de hypothese correct of fout is (Masters et al., 2002). Maxwell et al. (2003) voerden drie experimenten uit waarbij visuele en auditieve feedback over de taak ontnomen werd tijdens het leren. Het weerhouden van deze feedback zou de proefpersonen verhinderen hypothesen te testen.

In een eerste experiment werden de proefpersonen gerandomiseerd toegewezen aan drie condities. Twee groepen konden volop gebruik maken van visuele, auditieve, tactiele en proprioceptieve omgevingsfactoren, waarbij de eerste groep bewust werd gevraagd gebruik te maken van feedback, daar waar de tweede groep deze instructies niet kreeg. Een derde groep werd auditieve en visuele feedback ontnomen. In een testfase werden twee retentietests afgenomen met hiertussen een transfertest met secundaire taak (tonen tellen). De vooropgestelde hypothesen werden niet ondersteund door de resultaten. De 'impliciete' of werkgeheugen onafhankelijke groep bleek niet robuust te presteren bij de secundaire taak. Deze groep bleek in afwezigheid van visuele en auditieve feedback terug te grijpen op proprioceptieve en tactiele informatie tijdens het oefenen, men legde dus

de aandacht op interne informatie. Hierdoor werden toch hypothesen getest en declaratieve kennis opgedaan (Anderson, 1982), wat niet in de lijn van de verwachtingen lag.

Er werd in het onderzoek van Maxwell et al. (2003) een tweede experiment ontwikkeld waarbij de non-feedback groep belast werd met een visuele zoektaak net nadat de bal geraakt was. Hierdoor zou het werkgeheugen met deze taak belast worden en niet kunnen teruggrijpen op proprioceptieve en tactiele informatie. Deze groep presteerde op een lager niveau tijdens de eerste retentietest. Tijdens de transfertest met secundaire taak was er, in tegenstelling tot de controlegroep, geen daling in prestatie. Uit deze resultaten werd besloten dat de non-feedback groep zonder declaratieve kennis werkte. Er werden ook minder regels gerapporteerd. Zoals de naam van de testconditie doet vermoeden (werkgeheugen onafhankelijk) werd deze keer geen gebruik gemaakt van het werkgeheugen voor het uitvoeren van de golf taak. Opmerkelijk was dat men in deze groep in de eerste retentietest presteerde alsof men nog nooit geoefend had. Nadien echter volgde een spectaculaire stijging wat suggereert dat er toch leertransfer is geweest bij de leerfase. Dit diende bewezen te worden in een derde experiment.

In dit experiment werd een controlegroep toegevoegd die een irrelevante motorische taak verrichtte tijdens de leerfase. Aangezien deze groep minder presteerde dan de groepen die verminderde feedback werden opgelegd, kon men besluiten dat deze laatste groepen transfer uit de leerfase wel degelijk benutten. Een extra controlegroep die verminderde feedback werd opgelegd maar de secundaire taak niet hoefde uit te voeren, presteerde op gelijk niveau als een groep die dit wel moest doen, wat er op wijst dat er geen verwarring kan ontstaan tussen leren en prestatie. Er werden ook kinematische data verzameld met een accelerometer: de versnelling van het hoofd van de golfstick werd gemeten. Hieruit bleek dat alle groepen tijdens de leerfase eenzelfde bewegingspatroon volgden. Ook de groepen met verminderde feedback verwierven procedurele kennis en leerden dus. De groep met feedback, die declaratieve kennis had opgedaan, presteerde niet enkel slechter, maar vertoonde ook grotere afwijkingen in bewegingspatroon tijdens de secundaire taak.

#### **2.2.4 Impliciet motorisch leren door te leren met een analogie (Liao and Masters, 2001)**

Een alternatief om een vaardigheid via impliciete processen meester te worden, werd gezocht in Liao en Masters (2001) door analogieën als leermiddel aan te wenden. Het aanleren van een motorische vaardigheid door middel van een analogie of beeldspraak is bekend in de sportwereld. Een badmintoncoach zal bijvoorbeeld de clear-beweging bij badminton aanleren door de beginner 'een dak boven het hoofd' te laten vormen. De expliciete regels over hoe nu precies deze clear moet geslaan worden, hoeven hierbij niet vermeld te worden. *Een raak beeld, zo zegt Beek, kan meer zeggen dan duizend woorden* (Beek et al., 2005). In dit onderzoek wilde men te weten komen of het aanleren van de forehand bij tafeltennis door middel van analogieën, karakteristieken vertoont van impliciet leren. Uit de resultaten bleek dat tafeltennisspelers die de taak leerden door middel van een analogie weinig

expliciete kennis verwierven, bestand waren tegen het invoeren van een secundaire taak en niet slechter presteerden onder druk. De 'analogiegroep' vertoonde wel dezelfde leercurve als een expliciete groep, wat aanwijst dat de taak even effectief werd aangeleerd. Het leren door middel van een analogie geeft dus de voordelen van het impliciet leren. Er moet echter niet teruggegrepen worden naar een secundaire taak om dit impliciet leren te verwezenlijken. Indien dus een aangepaste analogie kan gevonden worden, lijkt dit volgens Beek et al. (2005) een goede methode te zijn om impliciet leren in de praktijk te verwezenlijken, met de mogelijke positieve gevolgen als resultaat. Bennet (2000) geeft wel de kritiek dat een beeldspraak niet de nodige informatie verstrekt om de prestatie te evalueren en succesvol te veranderen.

### **2.2.5 Impliciet motorisch leren door differentieel leren.**

In Beek et al. (2005) wordt ook differentieel leren gezien als een mogelijkheid om tot impliciet motorisch leren te komen. Differentieel leren verschilt van de klassieke manier om een motorische vaardigheid aan te leren. In plaats van steeds dezelfde bewegingen opnieuw uit te voeren (klassieke drills), wordt de leerling in de leerfase geconfronteerd met een grote variëteit aan oefeningen die alle mogelijke oplossingen voor een specifieke motorische taak omvatten (Schöllhorn, 2005). Uit onderzoek bij voetbal (Tröckel et al., 2003), kogelstoten (Beckmann and Schöllhorn, 2003), volleybal (Römer et al., 2003) en hordelopen (Jaitner et al., 2003), blijkt dat deze vorm van leren tot een beter leerresultaat leidt. Er dient echter nog bewezen te worden of differentieel leren wel degelijk als een vorm van impliciet leren kan aanzien worden.

### 3 PROBLEEMSTELLING EN HYPOTHESEN

#### 3.1 Probleemstelling

Dit onderzoek kan men situeren in een onderzoeksveld dat errorless leren als impliciet leren en errorfull leren als expliciet leren naar voor schuift (zie 2.2.2). In navolging van Maxwell et al. (2001) werd in een experiment onderzocht of men door te oefenen zonder al te veel fouten te maken, een impliciete leer methode volgt, dan wel of leren met veel fouten, expliciet motorisch leren uitlokt. Deze werkwijze zal voortaan het errorless-errorfull paradigma genoemd worden. De proefpersonen waren beginners aangezien zij meestal de grootste vooruitgang maken in een leerproces (Magill, 2004).

Centraal in het onderzoek stond de vraag welk effect vermoeidheid, cognitieve belasting en stress heeft op impliciet of expliciet geleerde vaardigheden. Bernstein (1996) trachtte het aanleren van motorische vaardigheden te verklaren steunend op de hiërarchische organisatie van de controleniveaus. Elk niveau ondersteunt specifieke aspecten van de motorische vaardigheid (Beek, 2000). Beek, die zich baseerde op de vier controleniveaus van Bernstein, gaf aan dat indien men impliciet en expliciet motorisch leren wil vergelijken, men niet enkel versturende effecten op het hogere actieniveau mag uitlokken, zoals bij een cognitieve belasting of bij het oproepen van stress het geval is, maar dat men ook op de lagere controleniveaus versturende prestatie-effecten in beschouwing dient te nemen. Zo kan bijvoorbeeld spierversmoeidheid een storende prestatiefactor op de lagere controleniveaus zijn. Net als in Poolton et al. (2005b) werden fysiologische vermoeidheidseffecten van impliciet en expliciet leren volgens het errorless-errorfull paradigma onderzocht. Dit experiment onderzocht ook de invloed van een cognitieve belasting door een secundaire taak, zoals dit in Maxwell et al. (2001) gebeurde. Voor het eerst werd tenslotte ook de invloed van stress op impliciet en expliciet leren volgens dit paradigma onderzocht.

Als motorische vaardigheid werd geen gebruik gemaakt van de golftaak die in vorig onderzoeken naar impliciet en expliciet motorisch leren, in navolging van Masters (1992), als standaard naar voor trad. Door voor een dartsvaardigheid te kiezen, kon meteen nagegaan worden in hoeverre de huidige bevindingen over impliciet en expliciet motorisch leren kunnen doorgetrokken worden naar een andere motorische vaardigheid.

Bennett (2000) stelde dat productscores enkel kunnen aangeven dat een prestatie beïnvloed werd door een experimentele manipulatie. Kinematische variabelen kunnen echter ook een beeld geven hoe een betere of slechtere prestatie tot stand kwam. Daarom werden ook kinematische variabelen in dit onderzoek opgenomen die dienst deden als processcore. Hierbij werd de vraag gesteld of een impliciete, dan wel expliciete leerwijze, voor een verschillende bewegingsuitvoering zorgt en in welke mate experimentele manipulaties de bewegingsuitvoering kunnen wijzigen.

## 3.2 Hypothesen

Voor dit experiment worden de proefpersonen opgedeeld in twee condities volgens het errorless-errorfull paradigma. De errorless conditie wordt impliciete groep en de errorfull conditie expliciete groep genoemd. Deze experimentele condities leren een motorische vaardigheid op een verschillende manier aan. Een eerste hoofdhypothese stelt dat bij de proefpersonen uit beide condities, na een uitgebreide leerfase, een dergelijke prestatieverbetering zal worden waargenomen, dat dit als leren kan aangeduid worden. Een retentietest kan uitsluitsel geven over het permanent karakter van dit leerproces.

Voor een tweede hoofdhypothese wordt uitgegaan van de vier controleniveaus van Bernstein (1996). Beek (2000) gaf aan dat de prestatie van een vaardigheid kan beïnvloed worden door verschillende factoren, waarbij verschillende controleniveaus beïnvloed worden. Deze hypothese stelt dan ook dat impliciet leren gecontroleerd wordt door lagere controleniveaus en expliciet leren door het hogere actieniveau. Hierdoor zal de prestatie van een impliciet geleerde vaardigheid, die door lagere controleniveaus geleid wordt, minder nadelig beïnvloed worden wanneer het hogere actieniveau belast wordt met een stresssituatie of een secundaire taak. Wanneer een vaardigheid expliciet geleerd is, dus op een hoger actieniveau, zal de prestatie minder negatieve gevolgen kennen van vermoeidheid, dat de lagere controleniveaus belast.

Concreet betekent dit dat voorspeld wordt dat de prestatie van de expliciete groep minder zal achteruitgaan dan die van de impliciete groep op een vermoeidheidstest en dat de prestatie van de impliciete groep minder zal achteruitgaan dan de prestatie van de expliciete groep op een dual task test en op een stress test. Bij de dual task test wordt de motorische vaardigheid uitgevoerd samen met een secundaire taak.

# METHODIEK

---

## 1 PROEFPERSONEN

De proefpersonen voor dit onderzoek dienden te beantwoorden aan een bepaald profiel. Enkel proefpersonen van het vrouwelijke geslacht, tussen achttien en dertig jaar en onervaren in darts konden deelnemen aan de pretesten. Er werd gekozen voor vrouwelijke proefpersonen omdat verwacht wordt dat deze globaal gezien minder ervaring hebben in de dartssport.

De proefpersonen werden gerekruteerd via een poster- en flyercampagne (bijlage 1). Er vond ook een rondvraag bij vriendinnen plaats. Ten slotte werden studenten persoonlijk aangesproken in verband met hun bereidheid tot deelname. Deze formule bleek succesvol. Vooral studenten uit de opleiding Lichamelijke Opvoeding en de faculteit Psychologie en Pedagogische Wetenschappen namen deel aan de pretesten. Er namen in totaal 112 personen deel aan de pretesten.

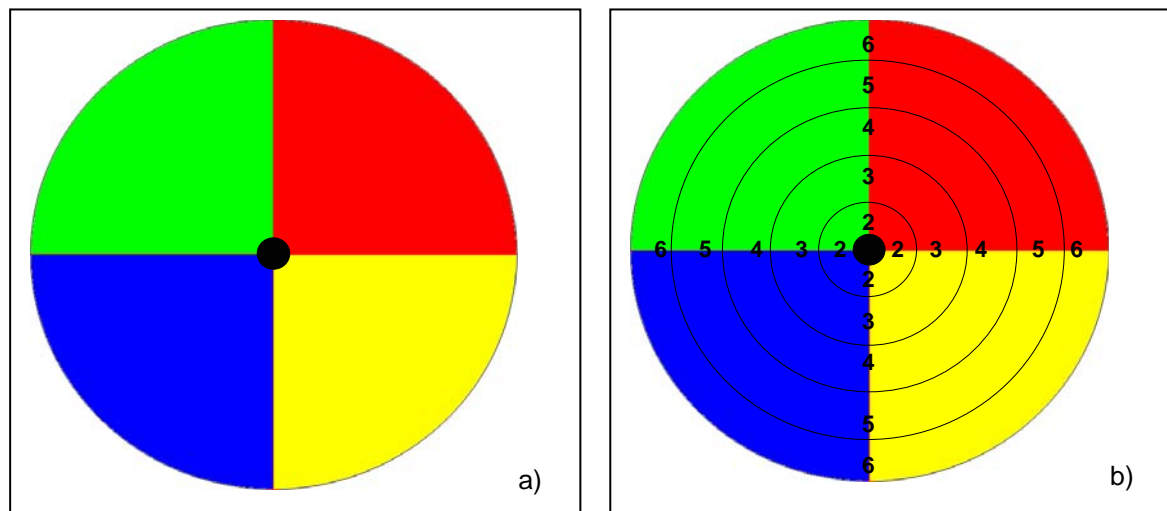
Vierenveertig rechtshandige proefpersonen met de laagste scores op de pretesten die wilden deelnemen aan het verdere onderzoek, werden geselecteerd. Zij tekenden allen een informed consent (bijlage 2) Deze proefpersonen werden willekeurig opgedeeld in een impliciete groep (n=25) en een expliciete groep (n=21). Gedurende het experiment was er een drop out van twee proefpersonen uit de impliciete groep, wat het aantal proefpersonen in de impliciete groep op 23 brengt.

## 2 APPARATUUR EN PROEFOPSTELLING

### 2.1 Apparatuur

Er werden markers geplaatst op de proefpersonen. Deze markers bestonden uit blauwe of zwarte tape. De malleolus medialis van de linkerenkel en de malleolus lateralis van de rechterenkel werden gemarkeerd. Op de heup werd het verlengde van de spina iliaca anterior superior in het sagittaal vlak van een marker voorzien. Van de bovenste extremiteiten werden schoudergewricht (sulcus intertubercularis), ellebooggewricht (epicondylus lateralis) en polsgewricht (processus styloideus van caput ulnae) gemarkeerd.

Er werd geworpen met standaard dartspijltjes. Deze werden met een fel kleur geschilderd. Een afgedekt dartsbord, waarvan het ijzeren harnas verwijderd was, deed dienst als roos. Het dartsbord werd vastgemaakt aan een mobiel bord, zodat de afstanden konden variëren. De roos bevond zich op een hoogte van 173 cm. Via een PowerPoint-projectie (figuur 9) kreeg de roos steeds de juiste afmeting op verschillende afstanden. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een ASK-projector (type C-200) die op 2.5 m boven de proefpersoon werd geplaatst.



**Figuur 9.** Voorstelling van de roos tijdens pretesten (a) en tijdens leerfase, testfase en retentietest (b)

De pogingen werden geregistreerd met een Videocamera (DCR-TRV320E PAL / Sony). De camera stond opgesteld achter de proefpersonen en was gericht op het dartsbord, zodat kon bepaald worden in welke cirkel de pijl terechtgekomen was. De pogingen werden ook genoteerd op een scoreblad (zie bijlage 3)



Er werd een trigger (figuur 10) rond het rechterbeen van de proefpersonen bevestigd. Deze stond in verbinding met een accelerometer (K-Beam / Kistler) (figuur 10), die achteraan het bord met de roos bevestigd was. De accelerometer registreerde aan een frequentie van 1000 Hz het loslaten van de trigger en het trillen van het bord nadat de pijl in het dartsbord terechtgekomen was. Accelerometer en trigger stonden in verbinding met een PC.

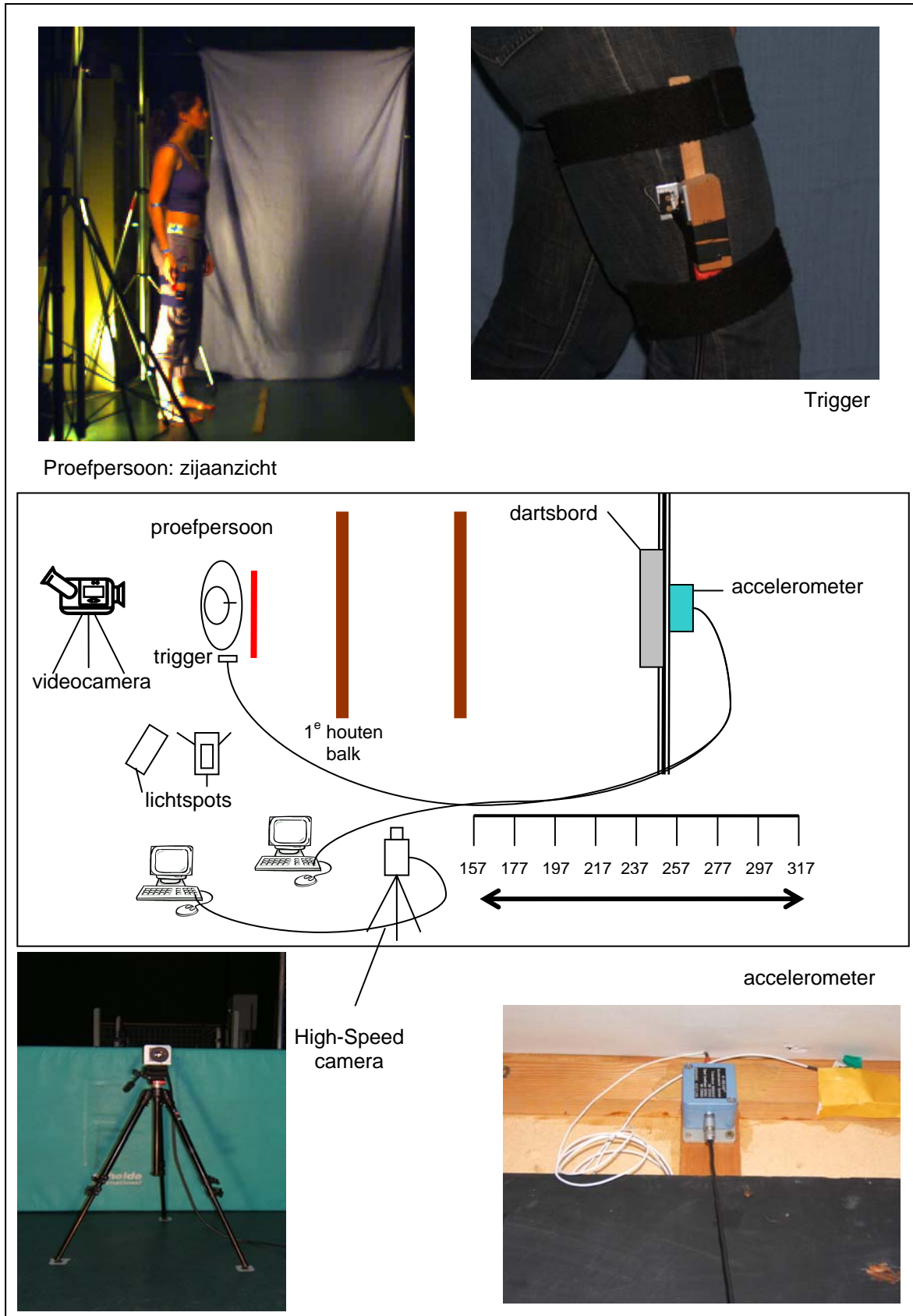
Een High-Speed camera (MotionPro 10.000 / Redlake) (figuur 10) registreerde het bewegingsverloop vanuit zijaanzicht. Deze camera registreerde aan een frequentie van 100 Hz en stond in verbinding met een PC. Een ijzeren vierkant van één meter op één meter werd gebruikt om de opname te calibreren.

Er werd gebruik gemaakt van een hartslagmeter (Polar). Deze registreerde om de vijf seconden de hartslag van de proefpersonen. Er werd een armergometer (Angio / Lode) achter de proefopstelling geplaatst. Een borgschaal RPE (*Rating of Perceived Exertion*: Borg, 2006) gaf een waarde voor opgetreden vermoeidheid. Op het dartsbord verschenen afbeeldingen van pijltjes door een PowerPoint-presentatie. Er werd een filmfragment afgespeeld met Windows Media Player op een PC.

Proefpersonen dienden de vragenlijst beleving voor een Sportwedstrijd (VBS) in te vullen. Dit is een Nederlandse bewerking van de Competitive State Anxiety Inventory-2 (CSAI-2) die peilt naar cognitieve angst, somatische angst en gevoel van zelfvertrouwen.

Er werd ook een vragenlijst in het onderzoek opgenomen die de proefpersonen bevroeg naar het gebruik van expliciete regels tijdens het leren van de motorische vaardigheid. Er werd aan de proefpersonen gevraagd om neer te pennen hoe volgens hen het best naar de roos geworpen werd.

## 2.2 Proefopstelling



**Figuur 10.** Proefopstelling vanuit bovenaanzicht met High-speed camera, trigger en accelerometer

### 3 EXPERIMENTEEL DESIGN

Het experiment bestond uit pretesten, een leerfase, een testfase en een retentietest (tabel 1). Allereerst vonden pretesten plaats waaruit de proefpersonen voor het uiteindelijke onderzoek gescreend werden. Nadien volgde een leerfase, bestaande uit vier opeenvolgende dagen. Na twee weken dienden de proefpersonen enkele testen af te leggen. De testfase bestond uit een eerste testdag waarin een transfertest en een vermoeidheidstest werd afgelegd, een dag zonder testen en een tweede testdag met een dual task test en een stress test. Het experiment werd besloten met een retentietest, na een periode van tien tot twaalf weken (vijf proefpersonen uit de expliciete groep vormden hierop een uitzondering, met maar 8 of 9 weken tussen testfase en retentietest).

**Tabel 1.** Experimenteel design

Cond	Pre	1/4 wek tss	L1	L2	L3	L4	2 wek tss	TF1	dag tss	TF2	10/12 wek tss	Ret			
<b>Impl</b>	d	237	157	177	197	217		237		237		237			
	Tr	10	100	100	100	100		12		12		15			
	d	157						237		237					
	Tr	10						12		12					
	d	317													
Tr	10														
Cond	Pre	6/9 wek tss				L1	L2	L3	L4	2 wek tss	TF1	dag tss	TF2	10 wek tss	Ret
<b>Expl</b>	d	237				317	297	277	257		237		237		237
	Tr	10				100	100	100	100		12		12		15
	d	157									237		237		
	Tr	10									12		12		
	d	317													
Tr	10														








d = distance (afstand in cm)

Tr = trials (aantal pogingen)

wek tss= weken tussen

L = Leerfase

TF = Testfase

	Pretesten	
	Leerfase: 4 opeenvolgende dagen	
	Transfertest	Testfase 1
	Vermoeidheidstest	Testfase 1
	Dual task-test	Testfase 2
	Stresstest	Testfase 2
	Retentietest	

## 4 PROCEDURE

### 4.1 Procedure tijdens de pretesten

Tijdens de pretesten werden in totaal dertig pijltjes geworpen, in drie reeksen van tien pijltjes. Bij de eerste tien pijltjes werd op een afstand van 237 cm geworpen, de tweede reeks van tien pijltjes wierp men vanaf 157 cm en de laatste pijlenreeks werd op een afstand van 317 cm geworpen. Na het gooien van elk pijltje, werd dit onmiddellijk verwijderd, zodat de roos opnieuw volledig vrij was.

Het verbale protocol bij de pretesten verliep als volgt. De deelnemers kregen de opdracht in uitgangshouding te gaan staan achter een rood gemarkeerde lijn. Dit was de uitgangshouding: normale stand, beide voeten parallel, armen afwaarts naast het lichaam, hoofd rechtop en blik gericht op de roos. Bij het signaal: "Je mag loslaten", konden de proefpersonen naar de roos werpen. Zij mochten hiervoor zoveel tijd nemen als ze dat zelf nodig achtten. Men mocht tot tegen de eerste houten balk komen (zie figuur 10). Aan de deelnemers werd gevraagd zo goed mogelijk naar de roos (figuur 9a) te mikken. Er werd geen extra informatie verstrekt over hoe nu best te werpen.

### 4.2 Procedure tijdens de leerfase

Proefpersonen met de laagste scores op de pretesten werden geselecteerd voor verder onderzoek. Zij namen deel aan een leerfase die bestond uit vier opeenvolgende dagen. Er werd gevraagd telkens ongeveer op hetzelfde uur van de dag te komen. Af en toe, maar tenminste op de laatste dag van de leerfase, werd de hartslag gemeten. Dit diende enerzijds om de proefpersonen aan de hartslagmeter te laten wennen en anderzijds om over een referentiewaarde van de hartslag te beschikken. Elke dag werden 100 pijltjes geworpen. Er werden 15 pogingen, de eerste en laatste vijf en poging 50 tot 55, geregistreerd met de accelerometer en High-Speed camera. Er vond hiervoor een callibratie plaats waarbij de proefpersoon vanuit de uitgangspositie het callibratie-vierkant voor zich hielden met de werphand.

Door de registratie met accelerometer en High-Speed camera werd het verbale protocol lichtjes aangepast. Bij het signaal "Trigger indrukken" dienden de proefpersonen de trigger van de accelerometer in te drukken om zich nadien te focussen op de roos in uitgangshouding (zie 4.1). Wanneer de zin "Je mag loslaten" weerklonk, mocht men de trigger loslaten en naar de roos (figuur 9b) werpen. De proefpersonen konden hiervoor opnieuw zoveel tijd nemen als ze wensten. Bij de pogingen die niet met accelerometer en High-Speed camera werden geregistreerd, werd dit protocol gesimuleerd. De proefpersonen dienden niet de trigger, maar enkel het houten harnas van de trigger

in te duwen. Door technische problemen met accelerometer en High-Speed camera werden in bepaalde gevallen meer dan honderd pogingen ondernomen. Het protocol voor de pogingen was voor elke proefpersoon hetzelfde, maar de twee experimentele condities dienden elke dag vanaf verschillende afstanden naar de roos te mikken.

#### **4.2.1 De impliciete groep**

De deelnemers uit de impliciete groep startten de eerste dag op een afstand heel dicht bij het bord (157 cm). De volgende dagen dienden zij de honderd pijltjes stapsgewijs (telkens 20 cm) verder van het bord verwijderd te werpen. Zo werd de tweede dag op een afstand van 177 cm geworpen, de derde op een afstand van 197 cm en de laatste dag vanaf 217 cm.

#### **4.2.2 De expliciete groep**

Proefpersonen die aan de expliciete conditie werden toegewezen, wierpen de eerste dag op een afstand van 317 cm. Dit is meteen ook de verste afstand vanwaar geworpen werd. De tweede dag bedroeg de afstand 297 cm, de derde 277 cm en de vierde dag 257 cm.

### **4.3 Procedure tijdens de testfase**

Zowel de proefpersonen van de impliciete als die van de expliciete groep, legden de testen af volgens hetzelfde verbale protocol van de leerfase. Enkel de dual task test vormde hier een afwijking op (zie 4.4.3.). De afstand van waarop gegooid werd, was steeds 237 cm. Er werd telkens minstens twaalf keer met de dartspijl gegooid. Alle pogingen werden geregistreerd met accelerometer en High-Speed camera. Gedurende de testen werd ook de hartslag opgenomen. Er vonden vier testen plaats: een transfertest, een vermoeidheidstest, een dual task test en een stress test.

#### **4.3.1 Transfertest**

Tijdens de transfertest wierpen zowel de impliciete als expliciete groep, voor het eerst sinds de pretesten, vanaf een zelfde afstand van 237 cm. Deze transfertest kan tevens beschouwd worden als de laatste fase van het leerproces, aangezien opnieuw (net als in de leerfase) 20 cm dicht of verder van het dartsbord werd geworpen door respectievelijk de expliciete of impliciete groep.

#### **4.3.2 Vermoeidheidstest**

Voor de vermoeidheidstest dienden de proefpersonen eerst de armen te vermoeien aan de armergometer, alvorens twaalf pijltjes te werpen. De proefpersonen werden hierbij gevraagd zich tot

het uiterste in te spannen. Er werd gestart vanuit een neutrale zithouding met loshangende benen. Men diende rond te draaien aan een tempo van 70 ronden per minuut. Na een minuut opwarmen aan 0 W, werd gestart aan een vermogen van 50W. De inspanning werd stelselmatig, ongeveer om de twee minuten, verzaamd met 10W, volgens een Wingate protocol. Afhankelijk van de capaciteit van de individuele proefpersoon, kon van dit protocol worden afgeweken, zolang er voldoende vermoeidheid geïnduceerd werd. De proefpersonen werden verbaal aangemoedigd. De perceptie van vermoeidheid werd gemeten aan de hand van de Borgschaal. Ook de hartslagmeting kon dienen als een indicator van de opgelopen vermoeidheid.

### **4.3.3 Dual task test**

Bij de dual task test verschenen achtereenvolgens zeven verschillende pijltjes op het bord. De taak van de proefpersonen bestond eruit zo goed mogelijk de volgorde te onthouden van het kleurvak van het dartsbord (figuur 9b) waarin de zeven pijltjes terechtgekomen waren. Eens het laatste pijltje verdwenen was, dienden de proefpersonen de kleurvolgorde waarin de pijlen verschenen waren, luidop te herhalen. Tijdens dit herhalen, werd een poging ondernomen met een dartspijl. Alvorens de laatste kleur vernoemd werd, moest de pijl in het bord terechtgekomen zijn. De proefpersonen dienden de trigger van de accelerometervan bij het begin van de test in te duwen en konden die loslaten wanneer ze dit wilden, van zodra de geprojecteerde pijlen verdwenen waren.

### **4.3.4 Stress test**

De stress test werd voorafgegaan door een videofragment waarin een voor de proefpersonen onbekende man in kostuum zich voorstelde als werknemer van cinemagigant Kinopolis. Hij kondigde aan dat de deelnemers met de meeste leervooruitgang op de volgende test kans maakten op een 'lifetime cinema'-ticket. De resultaten op deze test zouden vergeleken worden met de prestatie tijdens de leerfase om uit te maken wie nu het best geworpen had. Na het bekijken van dit videofragment vond de eigenlijke stresstest plaats. Hierbij dienden de proefpersonen twaalf pijltjes te werpen. Nadien werd gevraagd de VBS-vragenlijst in te vullen. De proefpersonen hadden tijdens de transfertest deze vragenlijst al eens ingevuld om over een referentiewaarde te beschikken. Ook de hartslag die geregistreerd werd, kon aangeven of er verhoogde prestatiedruk had plaatsgevonden.

## **4.4 Procedure tijdens de retentietest**

De retentietest bestond uit het werpen van vijftien pijltjes op een afstand van 237 cm. Alle pogingen werden geregistreerd met accelerometervan en High-Speedcamera en verliepen volgens het protocol van de leer- en testfase. De proefpersonen dienden na deze retentietest de vragenlijst over expliciete regels in te vullen.

## 5 DATAVERWERKING

### 5.1 Productscores

De scores voor alle ondernomen pogingen werden ingevoerd in SPSS 12.0. Wie in de roos gooide kreeg een score van één, naast betekende een score van zeven. De pogingen werden omgescoord zodat pogingen dicht bij de roos een hoge score opleverden en pogingen ver van de roos of naast een lagere. Zo gaf een worp in de roos een score van vijftien, in de tweede cirkel twaalf, in de derde cirkel tien. De vierde, vijfde en zesde cirkel gaven respectievelijk een score van 6, 5 en 4. Een misser gaf een nulscore. Van deze scores werden gemiddelde waarden opgevraagd.

### 5.2 Borgschaal, hartslag en vragenlijst

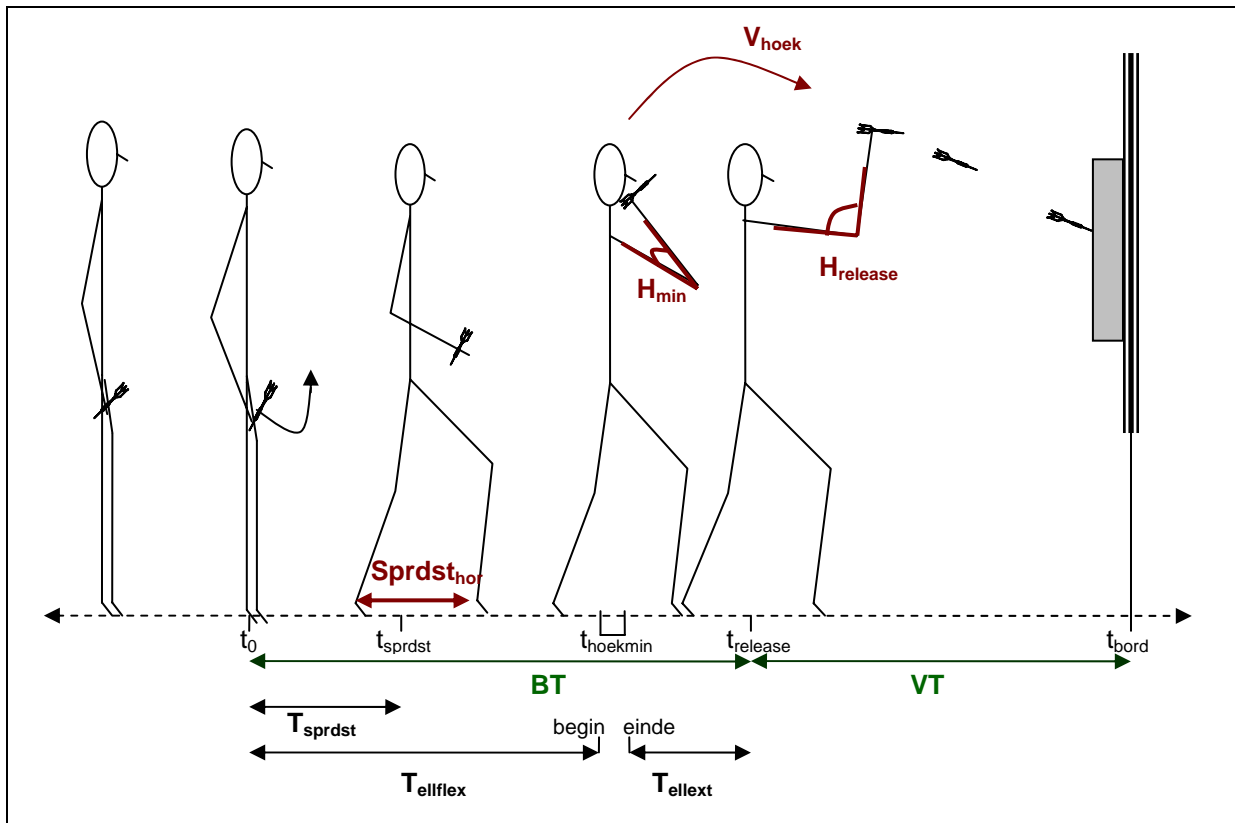
De waarde op de Borgschaal werd van elke proefpersoon ingevoerd. Er werden gemiddelde waarden berekend van de hartslagen tijdens het werpen van de pijltjes. Ook de scores van de vragenlijsten werden in een bestand opgenomen.

### 5.3 Processcores

Er werd een kinematische verwerking uitgevoerd op 20 proefpersonen, 10 uit de impliciete en 10 uit de expliciete groep. Telkens werden de eerste vijf pogingen van de transfer-, vermoeidheid-, dual task-, stress- en retentietest verwerkt.

De accelerometer gaf de tijdsperiode aan tussen het loslaten van de trigger ( $t_0$ ) en het raken van de pijl in het bord ( $t_{\text{bord}}$ ). De High-speed camera verschaftte temporele gegevens over het tijdstip van loslaten trigger ( $t_0$ ), begin spreidstand ( $t_{\text{sprdst}}$ ), begin en einde van minimale ellebooghoek ( $t_{\text{hoekmin}}$ ) en loslaten pijl ( $t_{\text{release}}$ ). Figuur 11 geeft een overzicht van deze variabelen.

De High-speed camera bezorgde ook spatiële gegevens. Deze gegevens werden ingevoerd in twee dimensies. Zo werden op tijdstip  $t_0$  en  $t_{\text{sprdst}}$  de x- en y-coördinaten van beide enkels, heup en schouder ingevoerd. Op het tijdstip van het begin van de minimale hoek ( $t_{\text{hoekmin}}$ ) en het loslaten van de pijl ( $t_{\text{release}}$ ) werden x en y-coördinaten van schouder, elleboog, pols en heup ingevoerd.



**Figuur 11.** Bewegingsverloop met temporele en spatiële variabelen

Vanuit de temporele data werd de beweging opgedeeld in verschillende tijdsfasen. Uit de x- en y-coördinaten werden ruimtelijke variabelen berekend. Tabel 2 geeft een overzicht van de kinematische variabelen die in de analyse werden opgenomen.

**Tabel 2.** Overzicht van de kinematische variabelen die in de data analyse werden opgenomen

	Kinematische variabele	Afkorting	Beschrijving	Eenheid
Temporeel	Bewegingstijd	BT	Tijd tussen het loslaten van de trigger en het loslaten van de pijl door de proefpersoon	msec
	Vluchttijd	VT	Tijd tussen het loslaten van de pijl door de proefpersoon en het raken van de pijl in het bord	msec
	Tijd tot spreidstand	$T_{sprdst}$	Tijd tussen het loslaten van de trigger en het tijdstip van horizontale spreidstand	msec
	Elleboog flexie tijd	$T_{ellflex}$	Tijd tussen het loslaten van de trigger en tijdstip waarop elleboog in minimale hoek is gekomen	msec
	Elleboog extensie tijd	$T_{ellext}$	Tijd tussen tijdstip einde minimale hoek en het loslaten van de pijl door de proefpersoon	msec
Spatieel	spreidstand horizontaal	$Sprdst_{hor}$	Horizontale afstand tussen beide enkels tijdens spreidstand	cm
	minimale ellebooghoek	$H_{min}$	Minimale ellebooghoek die wordt aangenomen tussen flexie en extensie van de elleboog	°
	Ellebooghoek bij loslaten pijl	$H_{release}$	Ellebooghoek op het ogenblik dat de pijl wordt losgelaten	°
	hoeksnelheid	$V_{hoek}$	Snelheid waarmee elleboog strekt	°/sec



## 6 DATA ANALYSE

### 6.1 Productscores

Op de gemiddelde scores van de pretesten werd op elke afstand (237 cm, 157 cm en 317 cm) een independent sample T-test ondernomen om te onderzoeken of de impliciete groep verschilde van de expliciete groep.

Er werd een 6 (Tijd: pre - leerfase 1 tot 4 - transfer) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet) variantie-analyse (ANOVA) met herhaalde metingen op de eerste factor uitgevoerd. Bij elke ANOVA met herhaalde metingen van dit onderzoek werd de effect size ( $\eta_p^2$ ) gerapporteerd. Het minimale significantieniveau werd bepaald op het .05-niveau. Significante hoofdeffecten werden verder onderzocht via Post-hoc testen (LSD). Significante interactie-effecten werden verder onderzocht via T-testen.

Bij de testen die hierop volgden, werden per conditie de resultaten vergeleken met de transfertest, die als een referentiewaarde dienst deed. Zo werd een:

- 2 (Tijd: transfer-vermoeidheid) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet),
- 2 (Tijd: transfer-dual task) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet) en
- 2 (Tijd: transfer-stress) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet)

ANOVA met herhaalde metingen uitgevoerd telkens op de eerste factor.

Het permanent karakter van de vooruitgang die tijdens het oefenen werd gemaakt, werd getest aan de hand van een 3 (Tijd: pre-transfer-retentie) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet) ANOVA met herhaalde metingen op de eerste factor. Een Post-hoc test diende uit te maken waar een mogelijk verschil in variantie optrad.

### 6.2 Borgschaal, hartslag en vragenlijst

De effectiviteit van de vermoeidheidstest werd nagegaan aan de hand van de gemiddelde scores op de Borgschaal. Bovendien werd met de hartslagmetingen een 2 (Hartslag: referentie-vermoeidheid) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet) ANOVA met herhaalde metingen op de eerste factor ondernomen. De hartslagmeting kon aangeven of er fysieke vermoeidheid was uitgelokt. De gemiddelde hartslagmeting tijdens de vierde leerfase diende als referentiewaarde.

De effectiviteit van de stresstest werd nagegaan door de scores van de VBS-vragenlijst net na de stresstest te vergelijken met een referentiescore van de vragenlijst die werd afgenomen na de

transfertest. Deze vragenlijsten werden geanalyseerd aan de hand van een 2 (Tijd: referentie-stress) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet) ANOVA met herhaalde metingen op de eerste factor. Drie metingen, respectievelijk cognitieve angst, somatische angst en zelfvertrouwen werden in de analyse opgenomen. Ook werd een 2 (Hartslag: referentie-stress) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet) ANOVA met herhaalde metingen uitgevoerd om via de hartslagen het stressgehalte te bepalen.

### 6.3 Processcores

Op de kinematische variabelen werd een Independent sample T-test uitgevoerd op de transfertest om na te gaan of er verschillen waren tussen de impliciete en expliciete groep op het einde van de leerfase.

Deze processcores dienden verder als metingen voor een analyse waarbij een

- 2 (Tijd: transfer-vermoeidheid) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet),
- 2 (Tijd: transfer-dual task) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet),
- 2 (Tijd: transfer-stress) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet) en
- 2 (Tijd: transfer-retentie) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet)

ANOVA met herhaalde metingen op de eerste factor uitgevoerd.

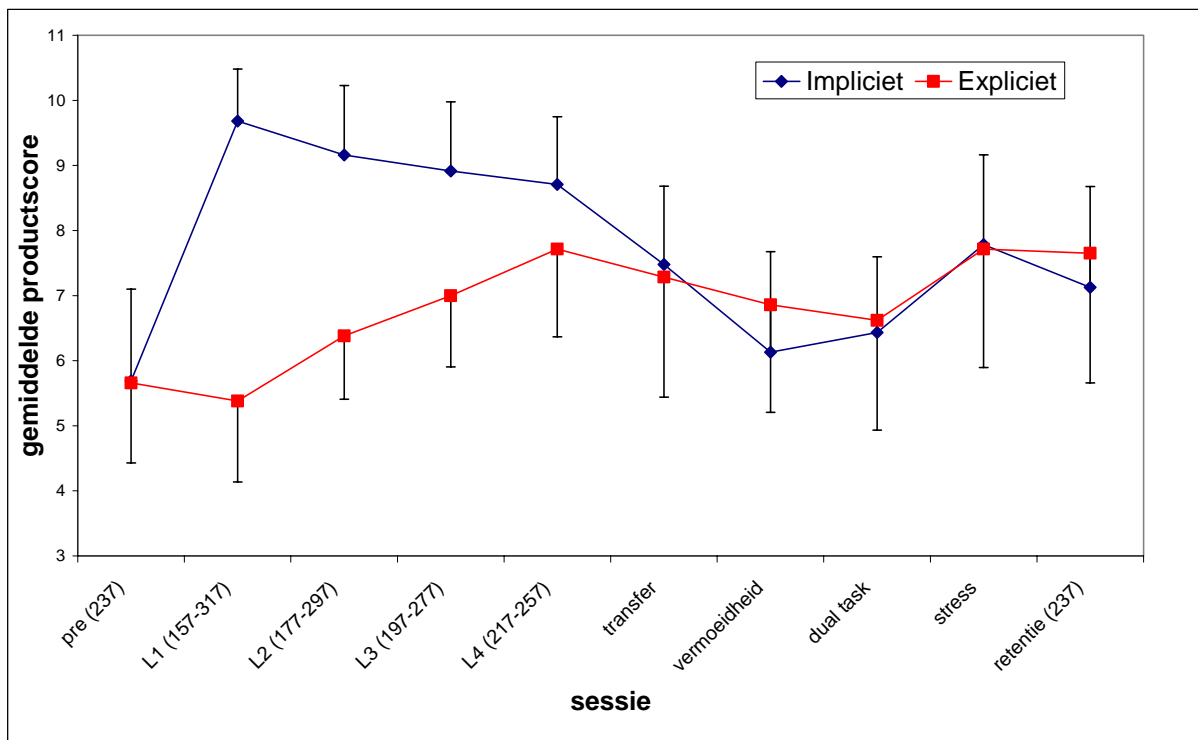
Dezelfde statistische berekeningen werden uitgevoerd op de standaardafwijkingen (SD) van deze variabelen. Ten behoeve van de leesbaarheid zullen enkel de significante verschillen gerapporteerd worden.

Ten slotte werd op de 20 proefpersonen uit de kinematische analyse ook kwalitatief gezocht naar opmerkelijke verschillen in bewegingsuitvoering tussen de verschillende testen en condities.

# RESULTATEN

## 1 OVERZICHT

In figuur 12 worden de gemiddelde productscores van de impliciete en expliciete groep gedurende het volledige experiment grafisch weergegeven. In volgende paragrafen zal voor elke experimentele fase dieper worden ingegaan op deze productscores.



**Figuur 12.** Gemiddelde scores van impliciete en expliciete groep gedurende het experiment

Ook de analyse van de kinematische variabelen die tijdens de testfase en retentietest werden gemeten, zal worden besproken, net als hun standaardafwijkingen. Tenslotte worden ook opvallende kwalitatieve verschillen die optraden tussen de verschillende tijdstippen en tussen de impliciete en expliciete groep gerapporteerd.

## 2 PRETESTEN

### 2.1 Productscores

Op geen enkele afstand van de pretesten werd een significant verschil gevonden tussen de impliciete en expliciete groep (237 cm:  $t_{44}=.078$ , ns / 157 cm:  $t_{44}=-.478$ , ns / 317 cm:  $t_{44}=-.347$ , ns). In tabel 3 worden de gemiddelde scores op de pretesten weergegeven.

**Tabel 3.** Gemiddelden en standaardafwijkingen (SD) van de productscores voor beide condities en totaal op de pretesten

Test	Conditie	Gemiddelde	SD
pretest 237 cm	impliciet	5.69	1.41
	expliciet	5.66	1.23
	<b>Totaal</b>	<b>5.67</b>	<b>1.32</b>
pretest 157 cm	impliciet	9.24	1.54
	expliciet	9.45	1.38
	<b>Totaal</b>	<b>9.33</b>	<b>1.45</b>
pretest 317 cm	impliciet	4.05	1.25
	expliciet	4.19	1.44
	<b>Totaal</b>	<b>4.11</b>	<b>1.33</b>

## 3 LEERFASE

### 3.1 Productscores

Voor de 6 (Tijd: pre - leerfase 1 tot 4 - transfer) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet) ANOVA was het hoofdeffect van Tijd significant ( $F_{5,210}=39.846$ ,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=.487$ ). Globaal gezien nam de prestatie toe met de tijd, van 5.71 (SD=1.31) op de pretest naar 7.39 (SD=1.53) op de transfertest ( $p<.001$ ). Er was een significant hoofdeffect van Conditie ( $F_{1,42}=48.726$ ,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=.537$ ). De impliciete groep scoorde beter dan de expliciete groep.

Er trad een significant interactie-effect van Tijd x Conditie op ( $F_{5,210}=33.555$ ,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=.444$ ). In de eerste leerfase presteerde de impliciete groep veel beter dan op de pretest om nadien telkens minder te presteren (tabel 4). De expliciete groep had in de leerfase een mindere prestatie dan op de pretest, maar presteerde in de leerfase elke dag beter om op de transfertest weer iets minder te presteren. Verder T-toetsen om het verschil tussen de impliciete en de expliciete groep over de tijd uit te diepen

werden niet gerapporteerd aangezien beide condities op een andere afstand oefenden en dus niet met elkaar vergeleken konden worden.

**Tabel 4.** Gemiddelden en standaardafwijkingen (SD) van de productscores voor beide groepen op pretest, leerfase 1-4 en transfertest

Impliciet				Expliciet			
Tijd	Afstand	Gemiddelde	SD	Tijd	Afstand	Gemiddelde	SD
pretest	237 cm	5.75	1.41	pretest	237 cm	5.66	1.23
leerfase 1	157 cm	9.74	.75	leerfase 1	317 cm	5.38	1.24
leerfase 2	177 cm	9.26	1.01	leerfase 2	297 cm	6.38	.97
leerfase 3	197 cm	9.00	1.00	leerfase 3	277 cm	7.00	1.09
leerfase 4	217 cm	8.74	1.05	leerfase 4	257 cm	7.71	1.35
transfer	237 cm	7.48	1.20	transfer	237 cm	7.29	1.85

## 4 TESTFASE

### 4.1 Vermoeidheidstest

#### 4.1.1 Effectiviteit van de experimentele manipulatie

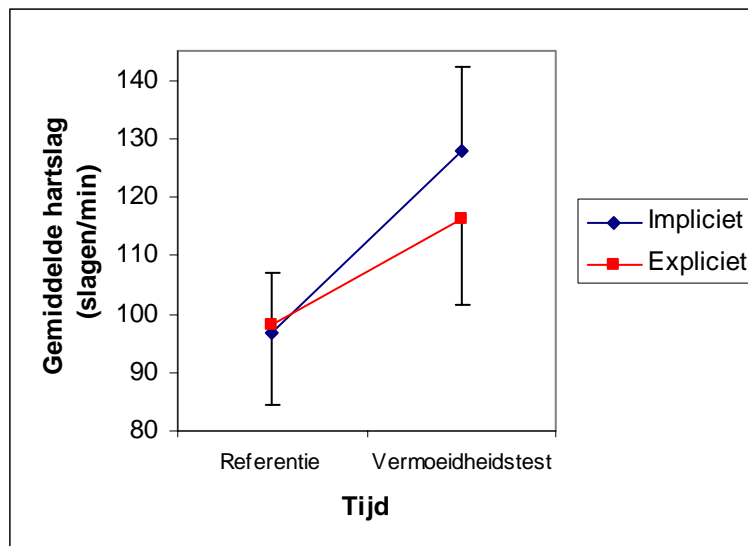
##### 4.1.1.1 Borgschaal

De impliciete groep duidde gemiddeld 17.48 (SD=1.31) aan als score op de Borgschaal, de expliciete groep gemiddeld 17.62 (SD=1.72). Beide condities verschilden niet significant van elkaar ( $t_{2}=-.307$ , ns).

##### 4.1.1.2 Hartslagmeting

Er was een significant hoofdeffect van Tijd op de hartslagmetingen ( $F_{1,38}=150.526$ ,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=.798$ ). Er was een stijging van gemiddeld 25 slagen/min nadat vermoeidheid was uitgelokt (figuur 13). Het hoofdeffect van Conditie was niet significant ( $F_{1,38}=1.991$ , ns).

Er was een significant interactie-effect van Tijd x Conditie ( $F_{1,38}=10.400$ ,  $p<.005$ ,  $\eta_p^2=.215$ ). De stijging in hartslag was groter voor de impliciete groep: van 96.90 (SD=10.56) naar 128.15 (SD=14.66) slagen/min dan voor de expliciete groep: van 98.16 (SD=13.61) naar 116.40 (SD=14.36) slagen/min (figuur 13).



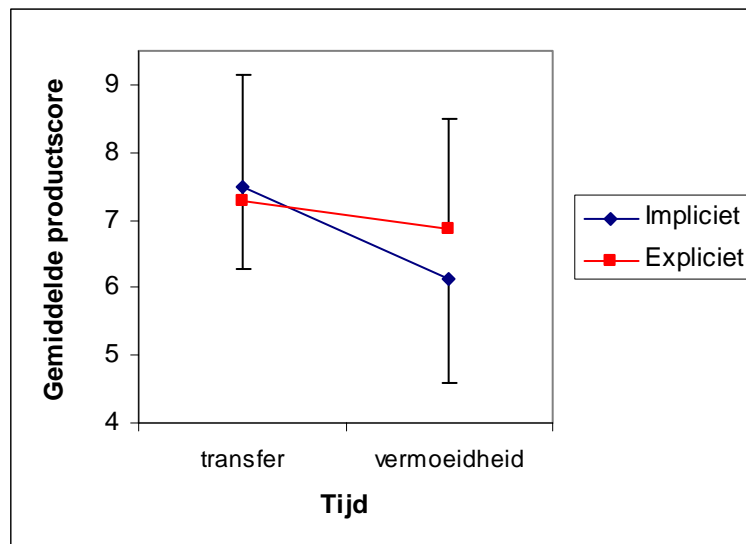
**Figuur 13.** Gemiddelde hartslagen: referentiewaarde en vermoeidheidstest

## 4.1.2 Transfertest – Vermoeidheidstest

### 4.1.2.1 Productscores

Uit de 2 (Tijd: transfer-vermoeidheid) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet) ANOVA bleek het hoofdeffect van Tijd significant ( $F_{1,42}=13.183$ ;  $p=.001$ ,  $\eta_p^2=.239$ ). De proefpersonen kenden een achteruitgang in prestatie van gemiddeld 7.39 (SD=1.53) op de transfertest naar 6.48 (SD=1.62) op de vermoeidheidstest (figuur 14). Het hoofdeffect van Conditie was niet significant ( $F_{1,42}=.433$ , ns).

Voor het interactie-effect van Tijd x Conditie was er een randsignificantie ( $F_{1,42}=3.530$ ;  $p=.067$ ,  $\eta_p^2=.078$ ). De expliciete groep, die van een gemiddelde score van 7.29 (SD=1.85) op de transfertest naar 6.86 (SD=1.65) op de vermoeidheidstest ging, ondervond minder negatieve invloed van de vermoeidheidstest dan de impliciete groep. De impliciete groep scoorde 7.48 (SD=1.20) op de transfertest en 6.13 (SD=1.55) op de vermoeidheidstest (figuur 14).



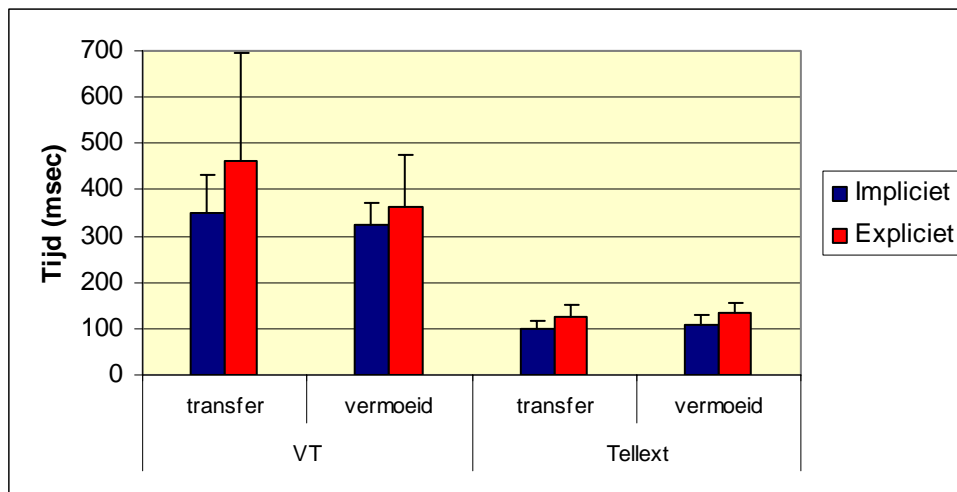
**Figuur 14.** Gemiddelde productscores op transfertest en vermoeidheidstest

#### 4.1.2.2 Processcores

Alvorens de evolutie van de transfertest naar de vermoeidheidstest te analyseren, werd een independent sample T-test uitgevoerd op de transfertest om verschillen tussen de impliciete en expliciete groep op het einde van de leerfase te onderzoeken. De tijd tussen het einde van de minimale hoek en het loslaten van de pijl ( $T_{ell_{ext}}$ ) duurde significant ( $t_{18}=-2.501$ ,  $p<.05$ ) minder lang bij de impliciete groep (gemiddeld 100.60 msec,  $SD=18.14$ ) dan bij de expliciete (gemiddeld 125.20,  $SD=25.27$ ). De impliciete groep strekte de elleboog op de transfertest ook significant ( $t_{18}=2.172$ ,  $p=.05$ ) sneller (457.66 %/sec,  $SD=92.49$ ) dan de expliciete groep (387.90 %/sec,  $SD=41.92$ ).

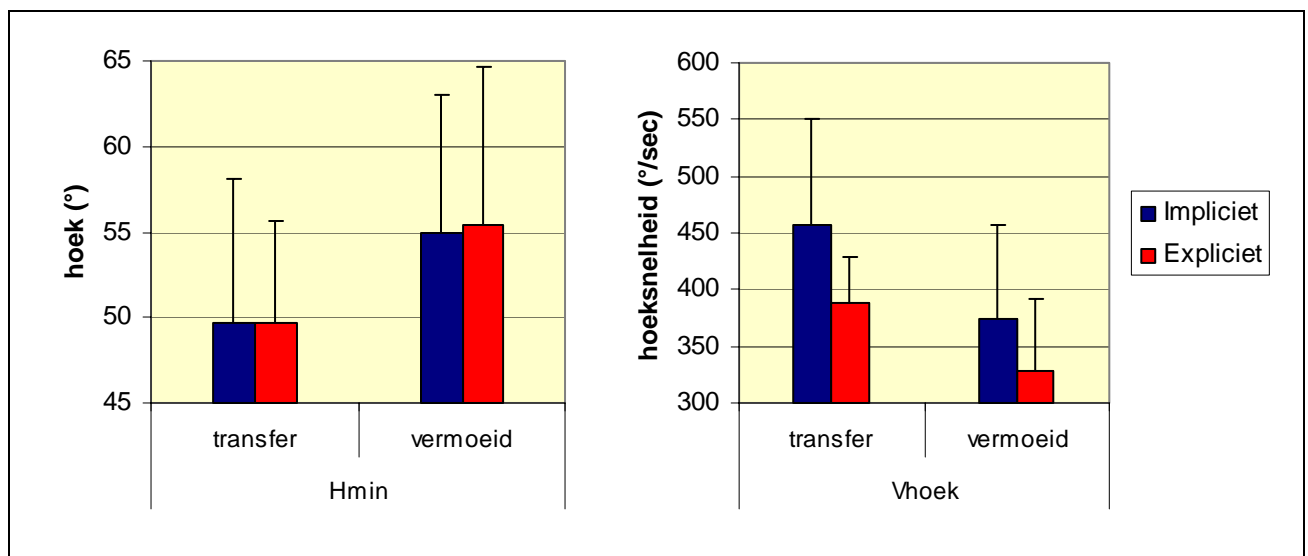
De 2 (Tijd: transfer-vermoeidheid) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet) ANOVA toonde een significant hoofdeffect van Tijd aan op de verschillende metingen samen (multivariaat,  $F_{8,11}=7.663$ ,  $p=.001$ ,  $\eta_p^2=.847$ ). De bewegingsuitvoering verschilde dus tussen de transfertest en de vermoeidheidstest. Er werd een verdere analyse uitgevoerd op de verschillende variabelen afzonderlijk, om het verschil in bewegingsuitvoering uit te diepen.

Het hoofdeffect van Tijd was significant voor wat betreft vluchttijd ( $F_{1,18}=6.199$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.256$ ). Op de vermoeidheidstest was de vluchttijd gemiddeld 62 msec korter dan op de transfertest (figuur 15). Er was ook een significant hoofdeffect van Tijd voor  $T_{ell_{ext}}$  ( $F_{1,18}=6.163$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.255$ ). De proefpersonen deden er op de vermoeidheidstest gemiddeld 8 msec langer over om vanuit de minimale hoek tot het loslaten van de pijl te komen dan op de transfertest (figuur 15).



**Figuur 15.** Temporele variabelen vluchttijd (VT) en elleboog extensie tijd (Tel<sub>ext</sub>) op transfertest en vermoeidheidstest

Er werd een significant hoofdeffect van Tijd gevonden op de minimale hoek ( $F_{1,18}=24.710$ ,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=.579$ ). Nadat hun armen vermoeid werden, namen de proefpersonen tijdens de vermoeidheidstest een grotere minimale hoek ( $55.17^\circ$ ,  $SD=8.49$ ) aan dan tijdens de transfertest ( $49.69^\circ$ ,  $SD=7.12$ ) (figuur 16). Er was ten slotte ook een significant hoofdeffect van Tijd voor de hoeksnelheid ( $F_{1,18}=26.287$ ,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=.594$ ). Tijdens de vermoeidheidstest werd aan een lagere hoeksnelheid geworpen ( $350.77^\circ/sec$ ,  $SD=75.83$ ) dan tijdens de transfertest ( $422.78^\circ/sec$ ,  $SD=78.52$ ) (figuur 16).

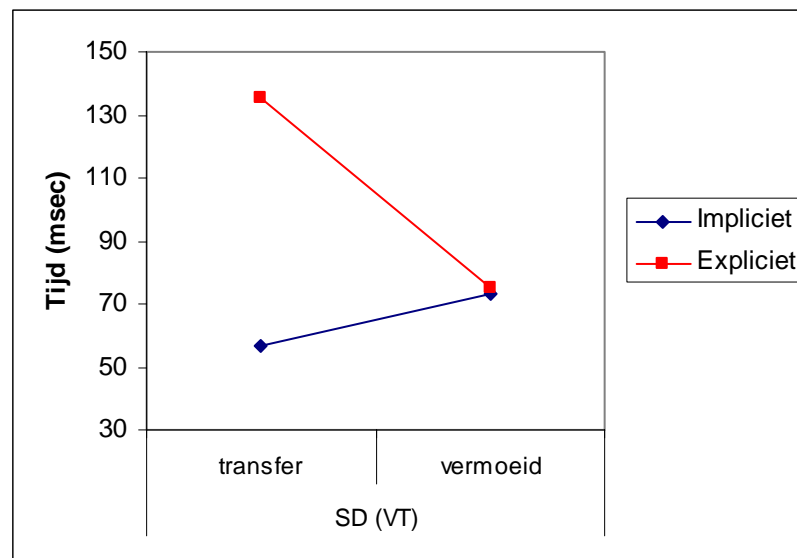


**Figuur 16.** Minimale hoek ( $H_{min}$ ) en hoeksnelheid ( $V_{hoek}$ ) op transfertest en vermoeidheidstest

Het hoofdeffect van Conditie was significant voor wat betreft Tel<sub>ext</sub> ( $F_{1,18}=7.486$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.294$ ). De tijd tussen het einde van de minimale hoek en het loslaten van de pijl duurde bij beide testen minder lang bij de impliciete groep dan bij de expliciete groep. Er werden geen significante interactie-effecten van Tijd x Conditie gevonden op de gemiddelde waarde van de kinematische variabelen.



Er was een significant interactie-effect van Tijd x Conditie voor de standaardafwijking van de vluchttijd ( $F_{1,18}=5.493$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.234$ ). De impliciete groep kreeg een grotere afwijking op de vermoeidheidstest (73 msec) dan op de transfertest (57 msec), daar waar de standaardafwijking van de vluchttijd bij de expliciete daalde van 136 msec op de transfertest naar 75 msec op de vermoeidheidstest (figuur 17). Verder werden geen significante effecten gevonden op de standaardafwijkingen.

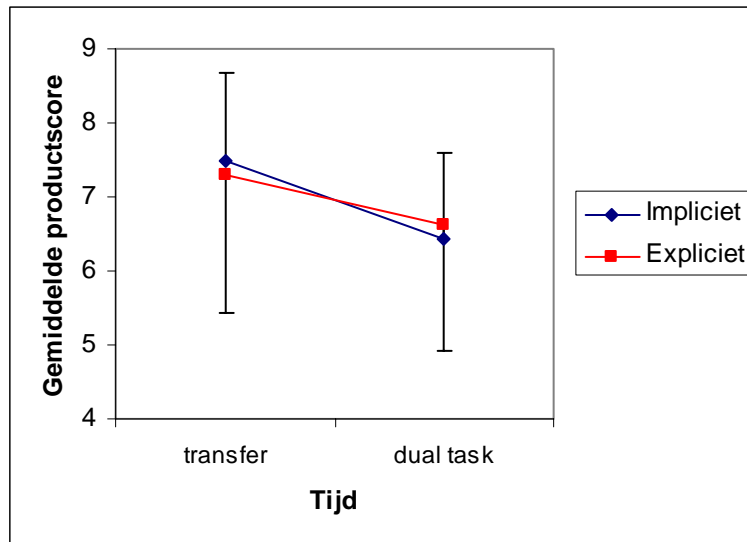


Figuur 17. Standaardafwijkingen (SD) van vluchttijd (VT) op transfertest en vermoeidheidstest

## 4.2 Dual task test

### 4.2.1 Productscores

Het hoofdeffect van Tijd was significant voor de productscores ( $F_{1,42}=13.535$ ,  $p=.001$ ,  $\eta_p^2=.244$ ). Beide groepen presteerden minder goed op de dual task test dan op de transfertest (figuur 18). Gemiddeld daalde de score van 7.39 (SD=1.53) op de transfertest naar 6.52 (SD=1.42) op de dual task test. Het hoofdeffect van Conditie was niet significant ( $F_{1,42}=.000$ , ns). Ook het interactie-effect van Tijd x Conditie was niet significant ( $F_{1,42}=.657$ , ns).



**Figuur 18.** Gemiddelde productscores op transfertest en dual task test

### 4.2.2 Processcores

Multivariaat was er een significant hoofdeffect van Tijd ( $F_{8,11}=4.600$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.770$ ). Tabel 5 geeft een overzicht van de gemiddelde waarde van de kinematische variabelen die significant verschilden.

**Tabel 5.** Significant hoofdeffect van Tijd voor kinematische variabelen op transfertest en dual task test

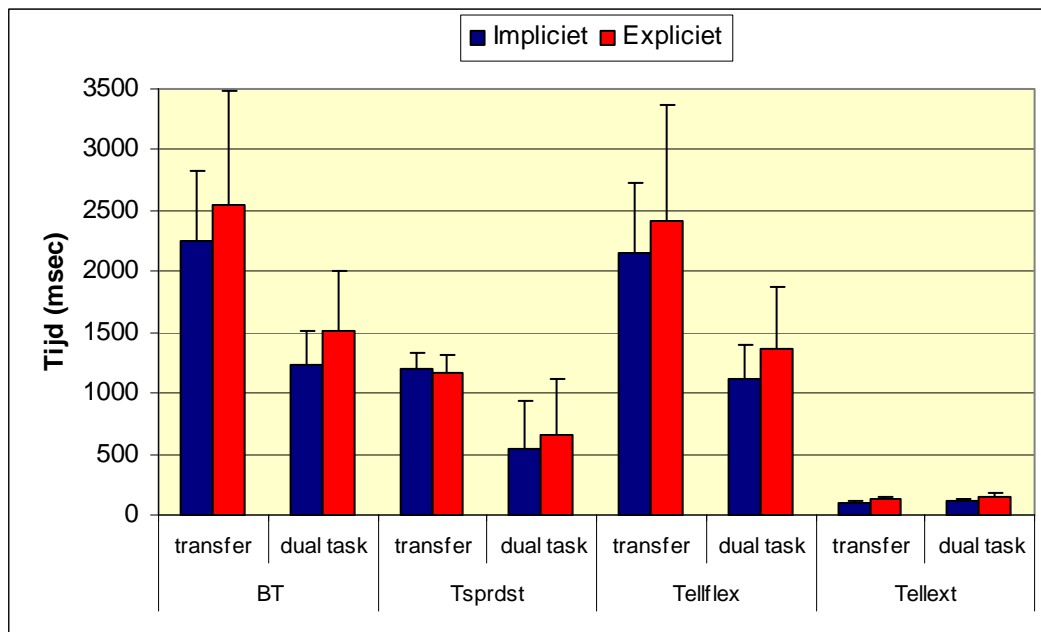
Effect	Meting	F	df	Error	p	$\eta_p^2$
Tijd	BT	49.111	1	18	.000 ***	.753
	$T_{sprdst}$	30.526	1	18	.000 ***	.629
	$Tell_{flex}$	49.512	1	18	.000 ***	.733
	$Tell_{ext}$	14.581	1	18	.001 **	.448
	$Sprdst_{hor}$	8.348	1	18	.010 *	.317

\*\*\*  $p<.001$ ; \*\*  $p<.005$ , \*  $p<.05$

BT= Bewegingstijd /  $T_{sprdst}$ = Tijd tot spreidstand /  $Tell_{flex}$ = elleboog flexie tijd

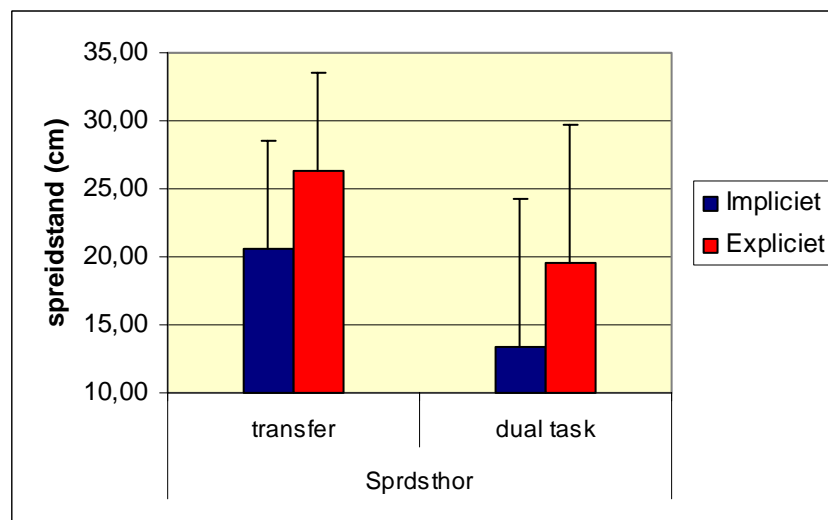
$Tell_{ext}$ = elleboog extensie tijd /  $Sprdst_{hor}$ = spreidstand horizontaal

Op temporeel vlak was de bewegingsuitvoering sneller op de dual task test in vergelijking met de transfertest (figuur 19). Zo daalde de bewegingstijd (BT) op de dual task test gemiddeld met 1024 msec, de tijd om tot spreidstand te komen ( $T_{sprdst}$ ) met 591 msec en de tijd om tot elleboogflexie te komen ( $Tell_{flex}$ ) met 1039 msec. De tijd tussen minimale hoek en het loslaten van de pijl ( $Tell_{ext}$ ) duurde dan weer gemiddeld 15 msec langer op de dual task test in vergelijking met de transfertest.



**Figuur 19.** Temporele variabelen Bewegingstijd (BT), tijd tot spreidstand ( $T_{sprdst}$ ), elleboogflexie tijd ( $T_{flex}$ ) en elleboogextensie tijd ( $T_{ext}$ ) op transfertest en dual task test

Ruimtelijk verminderde de horizontale spreidstand ( $Sprd_{hor}$ ) van 23.48 cm (SD=7.96) op de transfertest naar 16.03 cm (SD=10.81) op de dual task test (figuur 20).

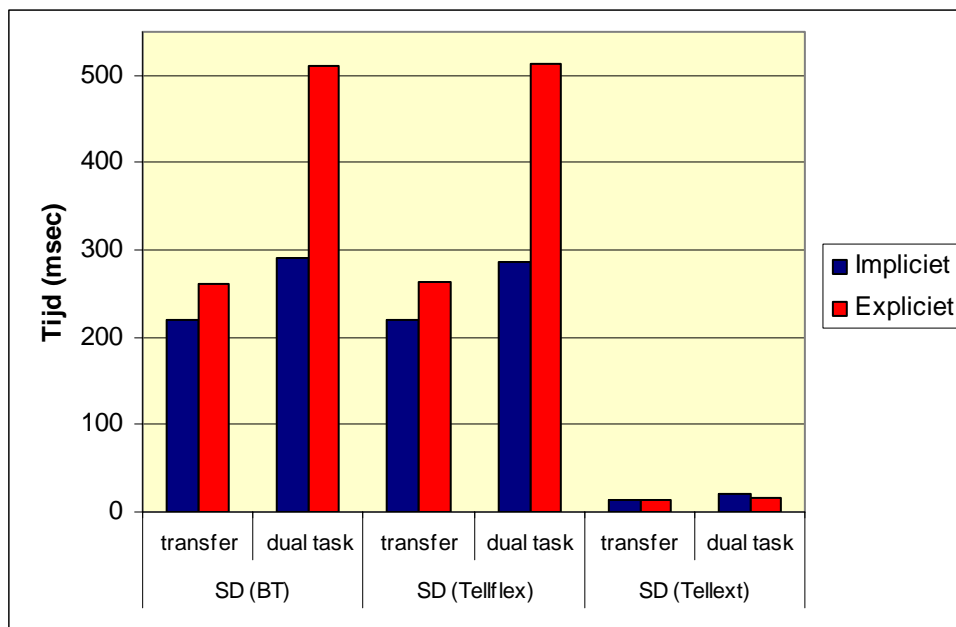


**Figuur 20.** Horizontale spreidstand ( $Sprd_{hor}$ ) op transfertest en dual task test

Er werd een hoofdeffect van Conditie gevonden voor de variabele  $T_{ext}$  ( $F_{1,18}=5.734$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.242$ ). Los van de tijd duurde de tijdspanne tussen minimale hoek en het loslaten van de pijl voor de expliciete groep 27.5 msec langer dan voor de impliciete groep. Er was geen significant interactie-effect van Tijd x Conditie voor de kinematische variabelen.

Analyse van de standaardafwijkingen toonde een significant hoofdeffect van Tijd voor de standaardafwijking van de bewegingstijd ( $F_{1,18}=5.752$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.253$ ). Uit figuur 21 kan afgeleid

worden dat er een grotere afwijking was op de dual task test dan op de transfertest. Eenzelfde hoofdeffect van Tijd werd teruggevonden voor de standaardafwijkingen van  $Tell_{flex}$  ( $F_{1,18}=5.570$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.247$ ) en  $Tell_{ext}$  ( $F_{1,18}=4.441$ ,  $p=.05$ ,  $\eta_p^2=.207$ ). De afwijking was op de dual task test steeds groter dan op de transfertest voor deze temporele variabelen (figuur 21).



**Figuur 21.** Standaardafwijking (SD) van bewegingstijd (BT), elleboog flexie tijd ( $Tell_{flex}$ ) en elleboog extensie tijd ( $Tell_{ext}$ ) op transfertest en dual task test

Er werd geen significant hoofdeffect van Conditie gevonden op de standaardafwijkingen van de processcores. Er was ook geen significant interactie-effect van Tijd x Conditie.

### 4.3 Stress test

#### 4.3.1 Effectiviteit van de experimentele manipulatie

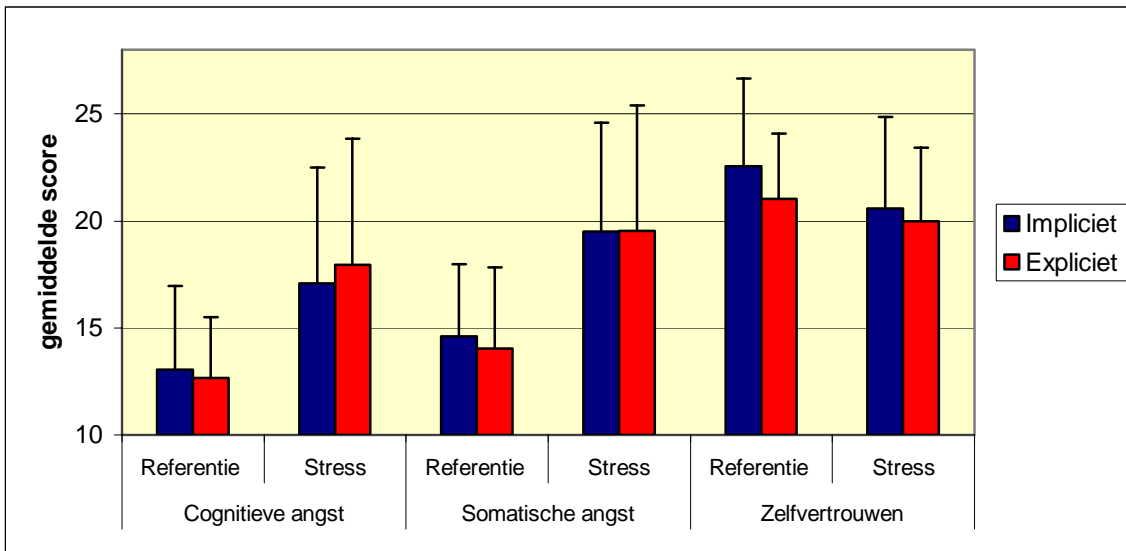
##### 4.3.1.1 VBS-vragenlijst

Er was een significant hoofdeffect van Tijd op alle metingen die de effectiviteit van stress onderzochten (tabel 6). De cognitieve en somatische angst steeg, het zelfvertrouwen daalde bij de stress test tegenover een referentiewaarde afgenomen tijdens de transfertest (figuur 22). Het hoofdeffect van Conditie was voor geen enkele meting significant. Er was ook geen significant interactie-effect van Tijd x Conditie.

**Tabel 6.** Hoofdeffect van Tijd voor de verschillende metingen van de VBS-vragenlijst

Effect	Meting	F	df	Error	p	$\eta_p^2$
Tijd	Cognitieve angst	34.867	1	40	.000 ***	.466
	Somatische angst	36.493	1	40	.000 ***	.477
	Zelfvertrouwen	5.695	1	40	.022 *	.125

\*\*\* p<.001; \* p<.05

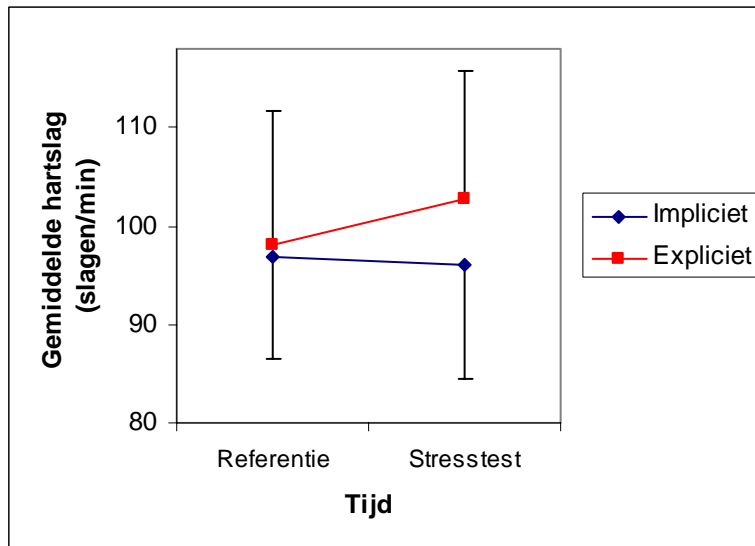


**Figuur 22.** Gemiddelde metingen van cognitieve angst, somatische angst en zelfvertrouwen: referentiewaarde en stress test

#### 4.3.1.2 Hartslagmeting

Het hoofdeffect Tijd was niet significant voor de hartslagmeting ( $F_{1,38}=1.773$ , ns). Tussen impliciete en expliciete groep werd ook geen significant verschil waargenomen ( $F_{1,38}=1.776$ , ns).

Er was wel een significant interactie-effect van Tijd x Conditie ( $F_{1,38}=4.203$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.100$ ). De expliciete groep had gemiddeld een hogere hartslag tijdens de stresstest (103.72,  $SD=13.22$ ) in vergelijking met de referentiewaarde (98.16,  $SD=13,61$ ), daar waar bij de impliciete groep een lichte daling plaatsvond. De gemiddelde referentieharts slag bedroeg immers 96,86 ( $SD=10,56$ ) hartslagen / minuut, voor de stresstest waren er gemiddeld 95,68 ( $SD=11,50$ ) hartslagen / minuut (figuur 23).

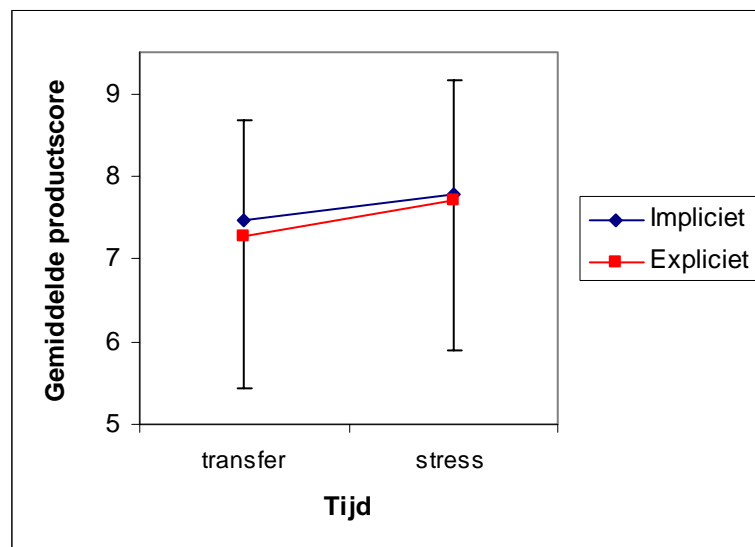


Figuur 23. Gemiddelde hartslagen: referentiewaarde en stress test

### 4.3.2 Transfertest – Stress test

#### 4.3.2.1 Productscores

Er was een significant hoofdeffect van Tijd ( $F_{1,42}=4.269$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.092$ ). De proefpersonen presteerden gemiddeld beter op de stresstest (7.75,  $SD=1.59$ ) dan op de transfertest (7.39,  $SD=1.53$ ) (figuur 24). Er werd geen significant verschil tussen de twee condities gevonden ( $F_{1,42}=.088$ , ns). Het interactie-effect van Tijd x Conditie was niet significant ( $F_{1,42}=.123$ , ns).



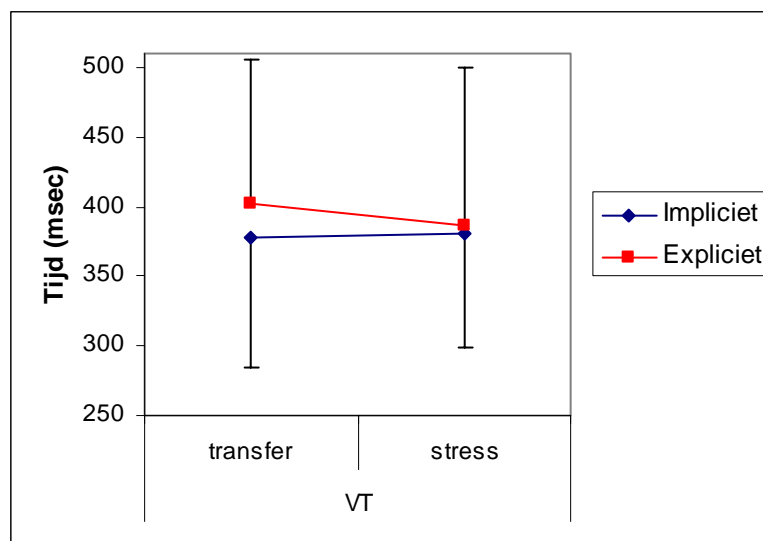
Figuur 24. Gemiddelde productscores op transfertest en stress test

### 4.3.2.2 Processcores

Er was een significant hoofdeffect van Tijd op de kinematische variabelen samen ( $F_{8,11}=4.633$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.771$ ). Dit hoofdeffect werd enkel teruggevonden bij de minimale hoek ( $F_{1,18}=4.452$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.198$ ). De arm werd op stress test ( $51.76^\circ$ ,  $SD=10.07$ ) gemiddeld minder gebogen dan op de transfertest ( $49.69^\circ$ ,  $SD=7.12$ ).

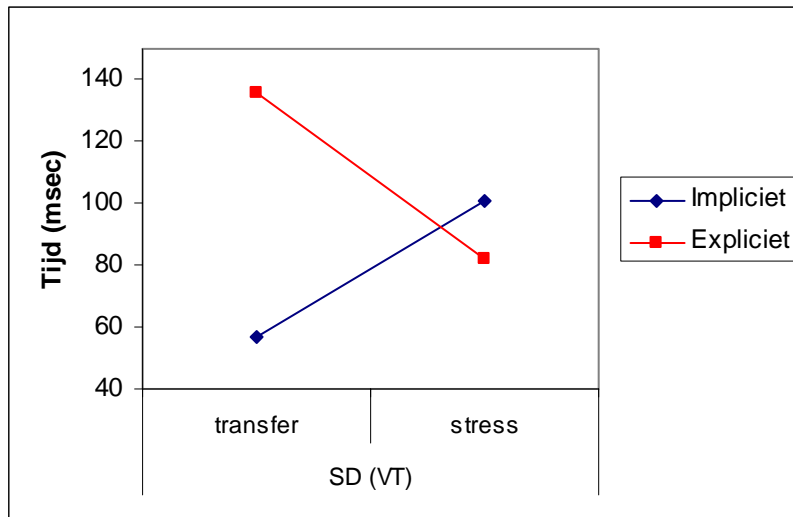
Het hoofdeffect van Conditie was significant voor de  $Tell_{ext}$  ( $F_{1,18}=7.051$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.281$ ). De impliciete groep had op de transfertest 24.60 msec minder tijd nodig dan de expliciete groep om vanuit de minimale hoek tot het loslaten van de pijl te komen. Op de stress test deed de impliciete groep er 23.60 msec sneller over dan de expliciete groep.

Er was een significant interactie-effect van Tijd x Conditie voor de vluchttijd ( $F_{1,18}=5.177$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.223$ ). De expliciete groep had een kortere vluchttijd op de stress test (386.52 msec,  $SD=113.46$ ) dan op de transfertest (462.84 msec,  $SD=233.09$ ), daar waar de impliciete groep een langere vluchttijd had op de stress test (380.78 msec,  $SD=81.41$ ) dan op de transfertest (351.19 msec,  $SD=80.17$ ) (figuur 25).



**Figuur 25.** Vluchttijd (VT) op transfertest en stress test

Bij de analyse van de standaardafwijkingen werd geen hoofdeffect van Tijd of Conditie gevonden. Er was wel een significant interactie-effect van Tijd x Conditie op de standaardafwijking van de vluchttijd ( $F_{1,18}=4.900$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.214$ ). Daar waar de variantie op de vluchttijd steeg bij impliciete groep van 57 msec op de transfertest naar 101 msec op de stress test, daalde de afwijking bij de expliciete groep van 136 msec op de transfertest naar 82 msec op de stress test (figuur 26).

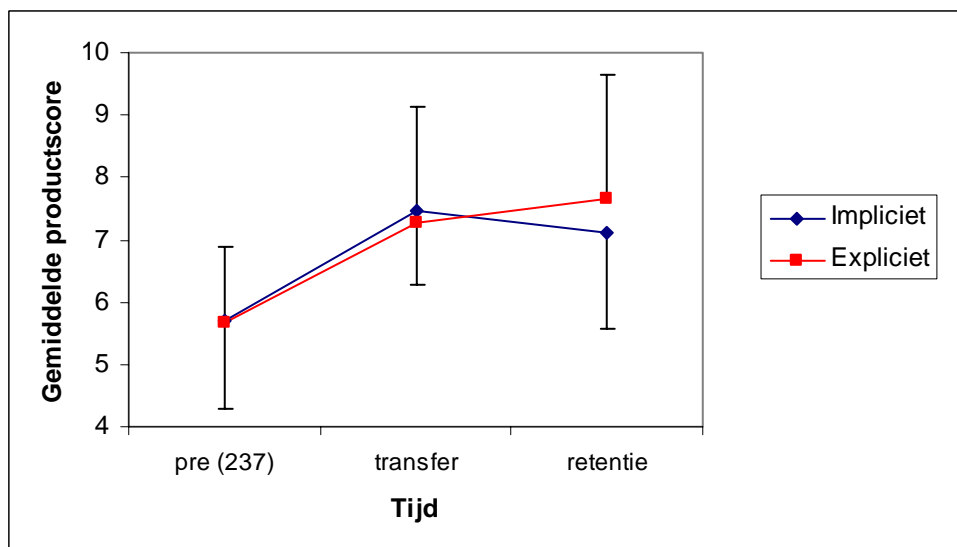


**Figuur 26.** Standaardafwijking (SD) van de vluchttijd (VT) op transfertest en stress test

## 5 RETENTIETEST

### 5.1 Productscores

Uit de 3 (Test: pre-transfer-retentie) x 2 (Conditie: impliciet-expliciet) ANOVA bleek een significant hoofdeffect van Tijd ( $F_{2,84}=24.769, p<.001, \eta_p^2=.371$ ). Een Post-hoc analyse bracht aan het licht dat de proefpersonen significant ( $p<.001$ ) hoger scoorden op de transfertest (7.39,  $SD=1.53$ ) en retentietest (7.38,  $SD=1.77$ ) in vergelijking met de score op de pretest (5.71,  $SD=1.31$ ) (figuur 27). Transfer- en retentietest verschilden niet significant van elkaar. Het hoofdeffect van Conditie was niet significant ( $F_{2,84}=.051, ns$ ). Ook het interactie-effect van Tijd x Conditie was niet significant ( $F_{2,84}=.991, ns$ ).



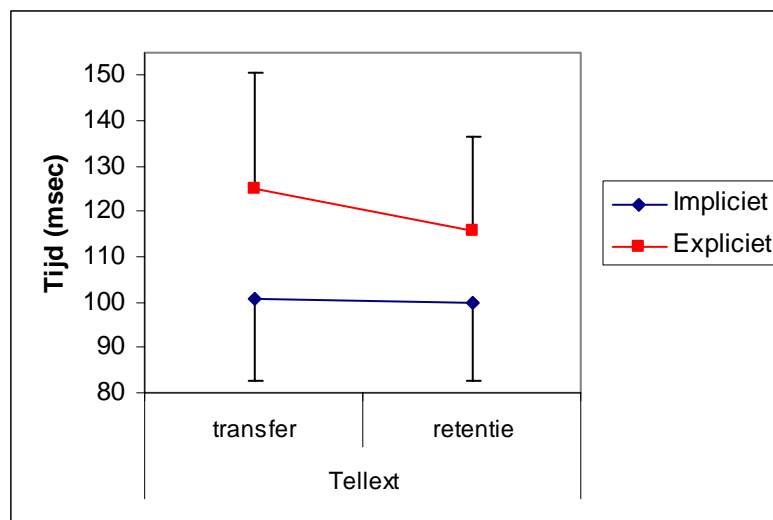
**Figuur 27.** Gemiddelde productscores op pretest, transfertest en retentietest



## 5.2 Processcores

Aangezien van de pretest geen kinematische gegevens bekend waren, werden enkel transfertest en retentietest in de analyse opgenomen.

Er was een significant hoofdeffect van Tijd op  $Tell_{ext}$  ( $F_{1,17}=6.061$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.263$ ). De tijd om de elleboog te strekken was gemiddeld 6.21 msec korter op de retentietest dan op de transfertest (figuur 27). Voor  $Tell_{ext}$  was ook het interactie-effect van Tijd x Conditie significant ( $F_{1,17}=4.663$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.215$ ). De expliciete groep wierp op de retentietest met een elleboog extensie tijd die 12.22 msec korter duurde dan op de transfertest, daar waar de impliciete groep gemiddeld bijna niet, namelijk slechts .80 msec, sneller de elleboog strekte (figuur 28).



**Figuur 28.** Elleboog extensie tijd ( $Tell_{ext}$ ) op transfertest en retentietest

Er was een significant hoofdeffect van Tijd voor de minimale hoek ( $F_{1,17}=8.189$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.325$ ). De minimale hoek vergrootte van  $49.88^\circ$  ( $SD=7.26$ ) op de transfertest naar  $52.30^\circ$  ( $SD=8.60$ ) op de retentietest.

Er werd ook een significant hoofdeffect van Conditie gevonden voor wat betreft de hoeksnelheid ( $F_{1,17}=4.672$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.216$ ). Los van de tijd was de gemiddelde hoeksnelheid van de impliciete groep ( $442.98^\circ/\text{sec}$ ,  $SD=20.99$ ) groter dan die van de expliciete groep ( $377.05^\circ/\text{sec}$ ,  $SD=22.13$ ).

Er was een significant hoofdeffect van Tijd op de standaardafwijking van de horizontale spreidstand ( $F_{1,16}=4.845$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.232$ ). Er was minder afwijking van spreidstand op de retentietest (2.11 cm) dan op de transfertest (3.18 cm). Het hoofdeffect van Conditie was ook significant ( $F_{1,16}=5.193$ ,  $p<.05$ ,  $\eta_p^2=.245$ ). De impliciete groep kende een kleinere variantie dan de expliciete groep, los van de tijd.

## 6 KWALITATIEF ONDERZOEK

Kwalitatief werd waargenomen dat een groot deel van de onderzochte proefpersonen hun bewegingsuitvoering wijzigden tijdens de dual task test. Vijf van de twintig proefpersonen namen geen spreidstand aan tijdens de vijf pogingen die geanalyseerd werden. Deze proefpersonen zetten geen stap naar voor, maar wierpen de dartspijl met beide voeten achter de rode lijn, net zoals in de uitgangshouding. Bij de andere testen gingen deze proefpersonen wel in spreidstand staan. Nog eens zeven proefpersonen deden dit enkel op de eerste pogingen, maar wierpen nadien opnieuw zoals de overige testen, met een horizontale spreidstand.

Er waren ook enkele kwalitatieve verschillen tussen de impliciete en de expliciete groep. In de expliciete groep wierpen vijf proefpersonen bij elke test vanuit een gekruiste coördinatie. Hierbij werd het linkerbeen naar voor geplaatst om met de rechterarm te werpen. In de impliciete groep was er slechts één proefpersoon die dit deed bij alle onderzochte pogingen. Een ander proefpersoon uit de impliciete groep wisselde af: nu eens werd het linkerbeen voorgezet, dan weer het rechter.

# DISCUSSIE

---

## 1 HET LEERPROCES

Het eerste wat in dit leerexperiment onderzocht werd, is het feit of er al dan niet leren plaatsvond bij het oefenen van de motorische vaardigheid. De motorische vaardigheid bestond uit het werpen van een dartspijltje naar de roos. De proefpersonen werden opgedeeld in een impliciete en expliciete groep volgens het errorless-errorfull paradigma (Maxwell et al., 2001). De impliciete groep oefende elke dag op een groter wordende afstand (errorless), de expliciete groep kon elke dag 20 cm dichterbij de roos oefenen (errorfull). Verwacht werd dat beide groepen aanzienlijk beter zouden presteren na de leerfase. De significant hogere prestatie op de transfertest in vergelijking met de pretest bevestigde deze hypothese. Hieruit kan afgeleid worden dat er leren heeft plaatsgevonden.

Aan de hand van een vergelijking van de pretest, transfertest en retentietest werd het permanente karakter van het leerproces aangetoond. Op de transfertest werd voor de eerste keer sinds de pretesten op een afstand van 237 cm geworpen. Op dit moment konden de twee proefgroepen opnieuw met elkaar vergeleken worden. Tijdens de retentietest werd een laatste keer geworpen, na een tijdsinterval van tien tot twaalf weken, opnieuw op 237 cm. Aangezien op de transfer- en retentietest significant beter gepresteerd werd dan op de pretest, kan men veronderstellen dat de proefpersonen de motorische vaardigheid geleerd hebben, los van tijdelijke prestatie-effecten.

Beide experimentele groepen scoorden op hetzelfde niveau bij de transfertest. Zowel de impliciete als de expliciete leerwijze lijkt dus voor positieve leereffecten te zorgen, aangezien er op de transfertest beter gepresteerd werd dan op de pretest. Wel waren er enkele kinematische verschillen tussen de impliciete en de expliciete groep. De impliciete groep bleek een sneller bewegingsverloop aan te nemen, met een hogere hoeksnelheid en een kleinere tijdsspanne tussen de minimale ellebooghoekpositie en het loslaten van de pijl. De twee groepen kwamen dus op een verschillende wijze tot dezelfde score. Aangezien er geen kinematische gegevens genomen werden van de pretest, is het onmogelijk te zeggen of deze verschillen al aanwezig waren voordat de motorische vaardigheid geleerd werd. Men kan enkel besluiten dat beide groepen op het moment dat er experimentele manipulaties werden voltrokken, een licht verschillende baseline hadden voor wat betreft kinematische variabelen. De betekenis van deze verschillen is nog onduidelijk.

Leren kan ook afgeleid worden uit de prestatiecurven (Magill, 2004) van de proefpersonen. In de prestatiecurve van de leerfase (figuur 12) is te zien dat de impliciete groep, die op een steeds groter wordende afstand oefende, telkens slechter presteerde, daar waar de expliciete groep, die elke dag twintig centimeter dichterbij kon oefenen, elke leerfase beter presteerde. Deze leercurven van beide groepen hadden een verloop zoals dit volgens het errorless-errorfull paradigma verwacht werd.

## 2 EFFECTIVITEIT VAN DE EXPERIMENTELE MANIPULATIES

Bij de vermoeidheidstest gaven de proefpersonen in beide groepen hoge scores op de Borgschaal nadat ze enkele minuten rondjes gedraaid hadden aan de armergometer. Hiermee gaven zij aan dat zij erg vermoeid waren na de inspanning. De hoge waarden op de Borgschaal toonden aan dat er effectief voldoende vermoeidheid was uitgelokt. Beide groepen voelden zich evenveel vermoeid. De grote stijging in hartslag voor beide groepen gaf als een tweede meting aan dat de vermoeidheidstest aan de armergometer effectief bleek. De impliciete groep had een grotere hartslag dan de expliciete. Een directe verklaring voor dit verschil kan niet gevonden worden.

Aan de hand van een vragenlijst die peilde naar somatische en cognitieve angstbeleving en zelfvertrouwen bij de proefpersonen, kon de effectiviteit van de stress test worden nagegaan. De proefpersonen vertoonden een groter gevoel van somatische en cognitieve angst na het uitvoeren van de stress test. Bovendien was het zelfvertrouwen gedaald. Op basis van deze data kan besloten worden dat er effectief stress werd opgeroepen bij de proefpersonen. Beide experimentele groepen verschilden niet van elkaar. Ook het meten van de hartslag kon een aanwijzing geven dat er stress was opgetreden bij de proefpersonen. De hartslag is immers een fysiologisch antwoord op de angst die opgeroepen werd in de stresssituatie (Masters, 1992). De combinatie van fysiologische en psychologische metingen is gewenst om de ware aard van de opgeroepen angst te vatten (Cottyn et al., 2006). In huidig onderzoek verhoogde de hartslag bij de expliciete groep met 5.56 slagen/min, maar daalde hij bij de impliciete groep met 3.18 slagen/min. Dit betekent dat de impliciete leergroep fysiologisch minder beïnvloed werd door de stresssituatie. Deze vaststelling kan gekaderd worden in de stelling dat impliciet leren gecontroleerd worden door de lagere controleniveaus (Bernstein, 1996) zoals spiertonus en synergie. Expliciet leren ondervindt meer invloed van stress omdat het functioneert op het hogere actieniveau. Stress is immers een factor die inwerkt op dit hogere actieniveau. Het zoeken naar creatieve oplossingen en aanpassingen bij het uitvoeren van een motorische vaardigheid, ligt moeilijker wanneer stress wordt geïnduceerd. Voor iemand die impliciet geleerd heeft wordt de stress minder aangevoeld omdat de bewegingsoplossing vanzelf wordt opgeroepen, zonder er bij na te denken.

### 3 PRESTATIE ONDER VERMOEIDHEID, COGNITIEVE BELASTING EN STRESS

#### 3.1 Prestatie onder vermoeidheid

De productscores gaven aan dat zowel de impliciete als de expliciete groep minder goed presteerden op de vermoeidheidstest dan op de transfertest. De achteruitgang in prestatie toonde aan dat de proefpersonen wel degelijk invloed ondervonden van de opgelopen vermoeidheid. Deze achteruitgang was echter minder uitgesproken voor de expliciete groep dan voor de impliciete groep ( $p < .067$ ). Deze vaststelling bevestigt de vooropgestelde hypothese dat de expliciete groep minder zou achteruitgaan op een vermoeidheidstest dan de impliciete groep. Mogelijke verklaring hiervoor is dat expliciet leren vooral gereguleerd wordt door het actieniveau, dat door Bernstein (1996) als hoogste controleniveau werd beschreven. Een fysieke belasting, die inwerkt op de lagere niveaus van spiertonus en synergie, lijkt deze leer methode minder te verstoren dan een impliciete leerwijze, welke wel door die lagere actieniveaus zou gereguleerd worden. Het voordeel van expliciet leren zou hierin liggen dat iemand die expliciet geleerd heeft over meer mogelijkheden beschikt om de automatismen die opgetreden zijn bij het leren, te overheersen of te omzeilen (Beek, 2000). Iemand die eenzelfde motorische vaardigheid impliciet leert, is niet in staat alternatieve strategieën te ontwikkelen wanneer het gewone bewegingspatroon verstoord wordt, bijvoorbeeld wanneer vermoeidheid optreedt. De resultaten op dit onderzoek toonden aan dat impliciet en expliciet leren kan gekaderd worden in de hiërarchie van controleniveaus die Bernstein naar voor schoof.

Beelen et al. (1995) suggereren dat vermoeidheid bij dynamische oefeningen de oorzaak is van wijzigingen in het contractiel apparaat, op spierniveau dus, en niet van een verminderde spieractivering in het centraal zenuwstelsel. In een experiment bleek immers dat tijdens en na vermoeidheid de vrijwillig opgeroepen kracht en de kracht opgeroepen door elektrische stimulatie een gelijklopend patroon volgde. Het is dus niet een signaal uit het centraal zenuwstelsel dat voor wijzigingen zorgt in krachtproductie, maar de contractiele elementen van de spieren zelf. Vermoeidheid werd hierbij uitgelokt met een fietsergometer, wat erg gelijkend is met de vermoeidheidstaak aan de armsgometer in huidig onderzoek. Gekaderd in de vier controleniveaus van Bernstein (1996) betekent dit dat de lagere controleniveaus van spiertonus, synergie en ruimte belast worden door vermoeidheid. Het hogere controleniveau wordt minder belast, wat ruimte geeft voor het bedenken van alternatieve strategieën in bewegingsuitvoering. Dit kan verklaren waarom de expliciete groep in huidig onderzoek minder hinder ondervond van de vermoeidheid dan de impliciete groep, die vooral functioneerde op de lagere controleniveaus.

De resultaten in huidig onderzoek zijn tegengesteld aan de stelling van Poolton et al. (2005b) dat impliciet motorisch leren robuust blijft onder fysiologische vermoeidheid. Theoretische achtergrond hiervoor werd gezocht bij het principe van de evolutionaire voorrang dat door Reber (1992) werd uitgediept. Impliciete, oudere structuren zijn meer robuust dan evolutionair later gevormde expliciete processen en dit geldt volgens Poolton et al. (2005) ook voor fysiologische vermoeidheid. Uit huidig onderzoek, gesteund op de vier controleniveaus van Bernstein, lijkt het echter aangewezen om bij vermoeidheid te kunnen terugvallen op expliciete regels. Zo kan men immers via aanpassingen in bewegingsuitvoering beter weerstaan aan de opgeroepen vermoeidheid.

De kinematische analyse op transfer- en vermoeidheidstest toonde een duidelijke invloed van de vermoeidheid aan op het bewegingspatroon van beide groepen. Zo zorgde de vermoeidheid ervoor dat ellebooghoek minder uitgesproken verkleind werd. De proefpersonen bogen de arm minder extreem. Eenzelfde resultaat werd gevonden bij Augustsson et al. (2006): proefpersonen bogen onder vermoeidheid de knie en heup minder bij het uitvoeren van een hup op één been. In huidig onderzoek werd de pijl ook trager geworpen door vermoeidheid. De tijd tussen het loslaten van de pijl en het raken van de pijl in het bord (vluchttijd) was vreemd genoeg korter. Hoewel dus met een lagere hoeksnelheid werd geworpen, bleek de pijl sneller in het bord terecht te komen. Op die vluchttijd was er echter heel wat afwijking. De standaardafwijkingen op de vluchttijd toonden aan dat de expliciete groep consistentier ging werpen op de vermoeidheidstest, daar waar er meer afwijking was voor de impliciete groep. Het is mogelijk dat de expliciete groep door het ontwikkelen van een welbepaalde strategie op het actieniveau, zijn bewegingspatroon zo aanpaste, dat er consistentier kon geworpen worden bij vermoeidheid. De impliciete groep beschikte niet over de mogelijkheid om alternatieve strategieën te ontwikkelen, met een grotere variatie tot gevolg.

De meeste studies die het effect van vermoeidheid op motorische vaardigheden kinematisch onderzochten, waren gefocust op de vermindering in spierkracht. Voorbeelden hiervan zijn de onderzoeken voor verminderde kracht in de vingers (Danion et al., 2000 and 2001) en voor daling in kracht bij lopen (Skurvydas et al., 2002) en fietsen (Beelen et al., 1995). De reorganisatie in bewegingsuitvoering die kan optreden bij vermoeidheid, werd nog maar weinig onderzocht. In het experiment van Forestier et al. (1998) slaagden handbalexperts in een vermoeide conditie er minder goed in de bal naar een doel te werpen dan in een controleconditie. Deze resultaten zijn gelijkend met huidig onderzoek en suggereren dat vermoeidheid de organisatie van een beweging beïnvloedt. Kinematisch werd een grotere reactietijd vastgesteld onder vermoeidheid. Eén van de verklarende hypothesen voor dit fenomeen was het feit dat de expert handbal spelers (die volgens het standaardmodel van een expliciete naar een impliciete leerwijze evolueerden), uit vroegere ervaring wisten (expliciete kennis) dat hun precisie verminderde door vermoeidheid. Daarom zouden ze mentaal een grotere inspanning leveren (herinvesteren op het hogere actieniveau) om hun prestatieniveau te behouden. Verder toonden Forestier et al. (1998) aan dat er onder vermoeidheid een nieuwe, compenserende strategie werd ontwikkeld die de spatio-temporele organisatie van de beweging wijzigde. Aangezien het hier om expert handbalspelers gaat, die na jarenlang oefenen veel

expliciete kennis opstapelden, vallen deze bevindingen te verklaren volgens de controleniveaus van Bernstein. Expliciete kennis maakt aanpassingen in bewegingsuitvoering mogelijk onder vermoeidheid. Deze kinematische aanpassingen werden in huidig onderzoek bij beide groepen teruggevonden wat suggereert dat beide groepen over expliciete kennis beschikten. Het verschil in prestatie tussen de impliciete en expliciete groep zou dan weer aangeven dat de mate van opgeslagen expliciete kennis bij de expliciete groep groter is dan bij de impliciete. Een analyse van de vragenlijsten over de opslag van expliciete regels tijdens het leren kan hierover in de toekomst uitsluitsel geven.

### **3.2 Prestatie onder cognitieve belasting**

Zowel de impliciete als de expliciete groep behaalde een lagere score op de dual task test dan op de transfertest. De achteruitgang in prestatie suggereert dat zowel de impliciete als de expliciete groep afhankelijk was van het werkgeheugen bij het uitvoeren van de motorische vaardigheid. Beide groepen ondervonden evenveel negatieve invloed van de cognitieve belasting. De hypothese dat de prestatie van de impliciete groep minder zou achteruitgaan dan de expliciete groep werd dus niet bevestigd.

In het onderzoek van Maxwell et al. (2001) bleek dat een impliciete leergroep meer robuust is onder de belasting van een secundaire taak. De resultaten van het huidig onderzoek bevestigen dit niet. Deze discrepantie kan te wijten zijn aan de soort secundaire taak die in beide onderzoeken werd gebruikt. Waar in het onderzoek van Maxwell et al. de secundaire taak bestond uit het registreren van hoge tonen, dienden in dit dartsonderzoek enkele pijltjes visueel heropgeroepen te worden tijdens de uitvoering van de primaire motorische vaardigheid. De 'tonen tellen'-taak in het onderzoek van Maxwell et al. (2001) kan aanzien worden als een fonologische lustaak (MacMahon en Masters, 2002). De dual task in huidig dartsonderzoek is eerder een taak die het visuo-spatieel slavensysteem van het werkgeheugen belast (Baddeley, 1992). Beide secundaire taken kunnen dus verschillen in het aandeel dat ze opeisen van het centrale leidinggevende systeem in het werkgeheugen. Het blijft dus de vraag in hoeverre de keuze van secundaire taak de resultaten van dit soort onderzoek kan beïnvloeden.

Bij het uitvoeren van de dual task test, wijzigde de bewegingsuitvoering in vergelijking met de transfertest. De cognitieve belasting van de secundaire taak zorgde mogelijks voor een sneller bewegingsverloop. De totale bewegingstijd werd korter. De proefpersonen kwamen ook sneller tot spreidstand. Er kwam een herverdeling van elleboog flexie en extensie tijd. De proefpersonen namen minder tijd om de elleboog te buigen, terwijl de tijd tussen de minimale ellebooghoek en het loslaten van de pijl iets langer duurde. Er werd ook een grotere afwijking in bewegingspatroon vastgesteld voor wat betreft bewegingstijd, elleboog flexie tijd en elleboog extensie tijd. Ruimtelijk verminderde de horizontale spreidstand bij de dual task test. Een verklaring hiervoor is de kwalitatieve vaststelling dat

een aantal proefpersonen geen spreidstand meer aannam tijdens tenminste de eerste pogingen van de dual task test. Kinematisch werd dus vastgesteld dat de proefpersonen een korter en minder consistent bewegingspatroon aannamen onder invloed van cognitieve belasting.

Het feit dat beide groepen onder cognitieve belasting evenveel achteruitgingen in prestatie en op eenzelfde manier hun bewegingsuitvoering aanpasten, is een indicatie dat beide groepen gebruik maakten van het werkgeheugen. Het errorless leren bij de impliciete groep kon vermoedelijk niet vermijden dat er tot op een bepaald niveau hypothesen werden getest. Op het moment dat aan de proefpersonen een extra taak werd opgelegd, werd het cognitieve niveau extra belast, met een verminderde prestatie en een versneld, meer variërend bewegingsverloop tot gevolg. Een analyse van de vragenlijsten die peilen naar de mate van het testen van hypothesen bij beide groepen, kan mogelijk uitsluitel geven in hoeverre de impliciete groep verschildte van de expliciete groep in de vorming van expliciete regels. Ook een kinematische verwerking van de bewegingsuitvoering tijdens de leerfase kan in verder onderzoek aangeven in hoeverre de impliciete groep tegen de verwachtingen in toch hypothesen bleek te testen.

### 3.3 Prestatie onder stress

Zowel de impliciete als de expliciete groep behaalde hogere scores op de stress test dan op de transfertest. Beide groepen verschilden niet van elkaar. De hypothese dat impliciet leren minder beïnvloed wordt door stress dan expliciet leren, wordt dus niet bevestigd. In het onderzoek van Masters (1992) presteerden impliciete leerlingen beter dan expliciete leerlingen op een stress test in vergelijking met de vorige oefenreeks. Het feit dat de resultaten niet overeenkomen met de resultaten uit het onderzoek van Masters (1992) kan te wijten zijn aan de methode om stress uit te lokken. Bij Masters (1992) werd er een grotere angst opgeroepen bij de stress test. Een negatieve evaluatie betekende immers het terugschroeven van de beloofde vergoeding. In dit eigen onderzoek werd deze procedure omwille van ethische redenen niet toegepast. De proefpersonen konden enkel winnen, hun beloofde vergoeding konden ze niet verliezen. Aangezien op deze manier mogelijk minder angst werd uitgelokt, kan dit de positievere scores verklaren. Het vooruitzicht enkel te kunnen winnen verhoogt de prestatiedrang wel, maar aangezien men niet kon verliezen, was men toch in staat op een hoger niveau te presteren. Deze redenering kan ingepast worden in de omgekeerde U-hypothese (Cox, 1998). De proefpersonen presteerden in dit onderzoek met een hoge mate van arousal, wat een stijging in prestatie toeliet. Eens voorbij een bepaald punt van arousal, daalt de prestatie echter, wat vermoedelijk het geval was in het experiment van Masters (1992).

Onder invloed van stress werd de minimale hoek minder gebogen, hoewel dit verschil slechts enkele graden bedroeg. De vluchtijd verminderde bij de expliciete groep, terwijl die bij de impliciete groep lichtjes steeg. De expliciete groep wierp ook consistent onder stress dan de impliciete. Over het



algemeen waren er echter weinig significante effecten te merken, wat suggereert dat het uitlokken van stress weinig impact had op de bewegingsuitvoering van de proefpersonen.

## 4 PRETESTEN

Het afnemen van pretesten is niet zonder controverse in het domein van het impliciet en expliciet motorisch leren. Het onmisbare voordeel van een pretest is dat het beginniveau van de experimentele groepen gecontroleerd kan worden (Schmidt, 1988). In de onderzoeken die in navolging van Masters (1992) werden uitgevoerd over impliciet en expliciet motorisch leren, vonden er echter geen pretesten plaats. Masters (1992) ontkende dit probleem niet, maar zag het als noodzakelijk voor het slagen van het onderzoek. Omdat de impliciete leergroepen uit het onderzoek door het afnemen van pretesten expliciete kennis zouden kunnen verwerven, wat niet gewenst was, werd besloten geen pretesten te ondernemen. Een analyse van de score op de eerste oefenpogingen wees bovendien uit dat er geen verschil was tussen de verschillende condities.

In het onderzoek van Maxwell et al. (2001) werd met een errorless-errorfull experimenteel paradigma gewerkt. Maxwell et al. (2001) voerden opnieuw geen pretesten uit om de volgende redenen. De twee proefgroepen startten hun leerfase op een verschillende afstand en konden dus niet vergeleken worden bij de eerste oefenpogingen, zoals bij Masters (1992) het geval was. In een onderzoek waarbij het errorless-errorfull paradigma wordt toegepast is het dus onmogelijk de eerste oefenpogingen van de experimentele groepen te vergelijken, aangezien met leren gestart wordt in een andere situatie, op een verschillende afstand. Een tweede reden was het feit dat een pretest op een te dichte afstand volgens Maxwell et al. (2001) een bijna perfecte score zou opleveren. Indien echter op verdere afstanden een pretest zou plaatsvinden, zou de errorless groep toch expliciete kennis opdoen, wat niet gewenst was voor dit experiment.

In navolging van Schmidt (1988) werd in dit onderzoek toch geopteerd voor het gebruik van pretesten. De belangrijkste reden hiervoor was zekerheid te hebben dat de experimentele groep bestond uit personen zonder ervaring. Door te kiezen voor een dartsvaardigheid, een motorische vaardigheid waar er transfermogelijkheden zijn uit andere spel- en precisiesporten, was het mogelijk dat 'onervaren' proefpersonen toch over een grote competentie zouden beschikken. De proefpersonen hoefden bovendien slechts dertig pijltjes te werpen op de pretesten. Dit was slechts 7% van het totale leervolume. De mogelijkheid dat er expliciete kennis werd opgedaan is dus zeer beperkt.

## 5 BEPERKINGEN VAN HET ONDERZOEK

Beide groepen hadden een leercurve die beantwoordde aan het errorless-errorfull paradigma, een methode om respectievelijk impliciet en expliciet leren uit te lokken. Uit de prestaties op de dual task test bleek dat de impliciete groep gebruik maakte van het werkgeheugen bij het uitvoeren van de motorische vaardigheid aangezien deze groep niet verschilde van de expliciete. Met het errorless-errorfull paradigma kan dus mogelijks niet vermeden worden dat de impliciete groep niet zuiver impliciet leert.

Hoewel de experimentele manipulaties effectief bleken, kenden ook deze enkele beperkingen. Zo dient gesteld te worden dat het meten van de hartslag misschien niet voldoende specifiek de vermoeidheid in de armen weergaf. De hartslag geeft immers de algemene cardiovasculaire vermoeidheid weer. Betere meetmethoden om de vermoeidheid op een meer correcte manier te bepalen zijn in dit soort onderzoek meer aangewezen. Zo zouden bijvoorbeeld lactaattesten een meer accuraat beeld kunnen geven van de opgelopen vermoeidheid in de armen.

De resultaten van hartslagmeting in de stresssituatie worden genuanceerd door Bennett (2000). Een stijging van slechts vijf slagen per minuut bij de expliciete groep is, hoewel significant, moeilijk te generaliseren naar een reële situatie waar een hogere stijging in hartslag kan plaatsvinden door stress. Zo steeg de hartslag in een studie van Cottyn et al. (2006) met 10 tot 30 slagen/min tijdens competitie in vergelijking met gewone trainingssessies. Het betrof hier wel een taak op de evenwichtsbalk uitgevoerd door gymnasten. In hoeverre dit te vergelijken is met een dartstaak valt moeilijk te voorspellen. De stelling van Bennett (2000) houdt de vinger aan de pols: het uitvoeren van een motorische vaardigheid in een labo-setting is niet altijd makkelijk te generaliseren naar een reële sportsituatie, zeker wanneer opgeroepen stress gemeten wordt. Verder onderzoek zal dan ook moeten uitwijzen in hoeverre hogere stijgingen in hartslag, opgeroepen door stress, invloed hebben op impliciet en expliciet leren.

## 6 VERDER ONDERZOEK

De resultaten van dit onderzoek zijn vrij vernieuwend. Er zijn enkele opvallende uitkomsten die vorig onderzoek in vraag stellen. Een vraag die men in dit opzicht kan stellen is in hoeverre de impliciete groep ook impliciet en de expliciete groep expliciet geleerd heeft. De slechtere prestaties op de dual task test doen vermoeden dat de impliciete groep misschien niet zuiver op een impliciete manier heeft gewerkt, maar toch gebruik maakte van het werkgeheugen. Door het analyseren van vragenlijsten die de mate van hypothesetesten in dit experiment onderzochten, kan in de toekomst misschien uitsluitel gegeven worden over deze vraag. Verwacht wordt immers dat de expliciete groep meer aan

hypothese testen deed tijdens het leren dan de impliciete groep. Een doorgedreven kinematische analyse van de bewegingsuitvoering tijdens de leerfase zal in verder onderzoek mogelijks kenmerken van impliciet of expliciet leren aan het licht brengen.

De resultaten van dit onderzoek in verband met de invloed van vermoeidheid op impliciet en expliciet geleerde vaardigheden is tegengesteld aan wat Poolton et al. (2005b) vaststelden. Wat betreft invloed van cognitieve belasting en stress op impliciet en expliciet motorisch leren, werden in tegenstelling tot vorig onderzoek geen verschillen tussen impliciet en expliciet leren teruggevonden. Een mogelijke verklaring voor deze verschillende resultaten is de keuze van motorische vaardigheid. Zoals Beek (2000) aangeeft, kunnen verschillende motorische vaardigheden op een verschillende manier geleerd worden, waarbij verschillende impliciete en expliciete leerprocessen opgeroepen worden. In hoeverre een golftaak (Masters, 1992; Hardy et al., 1996, Maxwell et al., 2000, 2001, Poolton, 2005a), een rugbytaak (Poolton et al., 2005b) en een dartstaak in huidig onderzoek met elkaar te vergelijken zijn voor wat betreft impliciet en expliciet leren, is onduidelijk. Zo wordt bij het putten in golf gebruik gemaakt van een instrument, de golfclub, om de bal in de hole te krijgen. Bij darts is het projectiel een pijltje dat vanuit één hand naar de roos moet geworpen worden. Het passen van een veel grotere ovaalvormige rugbybal naar een doel spreekt vermoedelijk weer andere spiergroepen aan. Verder onderzoek zal dan ook moeten uitwijzen in hoeverre de resultaten van huidig onderzoek te generaliseren zijn naar andere vaardigheden.

## 7 ALGEMENE DISCUSSIE

Het is de verdienste van Masters (1992) dat impliciet leren in het vakgebied van het motorisch leren aan belang heeft gewonnen. Voor het eerst werden de positieve gevolgen van een impliciete motorische leerwijze aangetoond. Wie impliciet leert, zal later minder negatieve invloed ondervinden van stress. In navolging van Masters werden in recente onderzoeken de positieve effecten van een impliciet motorisch leren verder onderzocht. Beek (2000) geeft in zijn kritiek op het werk van Masters echter aan dat impliciet motorisch leren misschien niet in alle situaties de heilzame leermethode is.

Steunend op de vier controleniveaus van Bernstein (1996), werd daarom in dit onderzoek de invloed van vermoeidheid, cognitieve belasting en stress onderzocht. Impliciet leren zou functioneren op de lagere controleniveaus en expliciet leren zou gestuurd worden door het hogere actieniveau. Uit het experiment bleek dat expliciet motorisch leren een minder negatieve invloed ondervindt van vermoeidheid dan impliciet motorisch leren. Fysiologische vermoeidheid werkt immers in op de lagere controleniveaus van spiertonus, synergie en ruimte. Expliciet leren, dat op een hoger actieniveau functioneert, is in staat in te spelen op deze vermoeidheid door nieuwe motorische strategieën uit te denken. Een verdere hypothese, dat impliciet leren minder negatieve invloed zou ondervinden van cognitieve belasting en stress, werd niet bevestigd. De reden hiervoor kon teruggevonden worden in methodologische problemen. Het blijft dus aannemelijk impliciet en expliciet leren te kaderen in de

controleniveaus van Bernstein. Deze visie biedt mogelijke perspectieven voor verder onderzoek in de praktijk van het motorisch leren.

## 8 PRAKTIJKRELEVANTIE

De resultaten van dit en vorig onderzoek kunnen belangrijke implicaties hebben op het gebied van het aanleren van motorische vaardigheden, of dit zich nu afspeelt in de sportwereld of in de bewegingseducatie. De consensus over de beste manier om motorisch te leren, van een expliciete naar een impliciete vorm van bewegingsuitvoering volgens het 'standaardmodel' van Fitts and Posner (1967), moet de laatste tijd inboeten aan overtuigingskracht.

Onderzoek wees uit dat het aanleren van een motorische vaardigheid op een impliciete manier voordelen heeft. Zo zou iemand die een motorische vaardigheid impliciet aanleert, beter bestand zijn tegen stress (Masters, 1992). Voor topsporters lijkt deze leermethode dus erg heilzaam, aangezien zij moeten presteren op een heel hoog niveau, met een zware mentale belasting tot gevolg. Vraag blijft hoe men nu precies impliciet kan leren. Het leren met een secundaire taak is praktisch moeilijk te realiseren en zorgt voor mindere prestaties. Errorless leren, zoals in huidig onderzoek, kan dan weer niet vermijden dat er op een zeker niveau expliciete kennis wordt opgedaan, waardoor ook de weerbaarheid tegen stress afneemt. Analogie leren lijkt wel een vorm van impliciet leren te zijn die zorgt voor robuustheid onder stress (Liao and Masters, 2001). Maar is deze vorm van leren ook nog van nut op topsportniveau? Voor beginnende badmintonspelers is de analogie 'een dak boven het hoofd' erg nuttig om een clear te kunnen spelen, maar een expert badmintonspeler kenmerkt zich net doordat hij deze eenvoudige vorm uitbreidt met techniekaanpassingen zoals het geven van een extra zweepslag. Het lijkt trouwens onvermijdelijk dat topsporters, die elke dag intensief met hun sport bezig zijn, toch zullen teruggrijpen naar expliciete regels om nog beter te kunnen presteren. Experts weten nu eenmaal veel meer over hun motorische vaardigheid dan niet-experts (Magill, 2004). Alternatieve coping-strategieën die ervoor zorgen dat een topsporter onder stress niet blokkeert omdat hij teveel nadenkt over expliciete regels van bewegingsuitvoering, vormen, zoals Bennet (2000) aangeeft, dan misschien wel een betere oplossing. Bovendien, zo blijkt uit huidig onderzoek, zorgt expliciet leren voor minder achteruitgang in prestatie bij vermoeidheid, een andere prestatiebelemmerende factor waar topsporters geregeld mee geconfronteerd worden.

Men wordt natuurlijk niet geboren als topsporter. De liefde voor de sport is meestal geleidelijk aan gegroeid en men is stap voor stap opgeklommen naar een steeds hoger niveau. Vanuit een andere invalshoek kan impliciet en expliciet leren dan ook toegepast worden in het kader van brede sport en educatieve settings. Zo kan impliciet leren voor een aangename en motiverende leeromgeving zorgen. Motivatie speelt een sleutelrol bij het aanleren van een motorische vaardigheid (Schmidt, 2000). Sommige Leerlingen vinden het leuker om tot een correcte bewegingsuitvoering te komen vanuit een raak beeld, een goede analogie. Zonder alle expliciete regels te hoeven overlopen, kan

een coach of leerkracht in weinig woorden de boodschap duidelijk maken, wat voor meer actieve leertijd zorgt. Zonder zich bewust te zijn van hoe ze nu precies de beweging uitvoeren, kunnen leerlingen tot op een bepaald niveau de motorische vaardigheid adequaat uitvoeren. Een andere impliciete leerwijze, door heel weinig fouten te maken (errorless), kan ook motiverend werken. Wie eerst van dichtbij naar een leeg doel mag werpen in handbal, ervaart veel succes. Deze ervaring van succes zorgt voor een grotere motivatie (Schmidt, 2000). Later vergroot de afstand en stapsgewijs kan de leerling groeien in de vaardigheid om de bal in doel te werpen, zonder opstapeling van expliciete regels, grotendeels op een onbewust niveau. Op een beginnervniveau lijkt het impliciet leren dus wel degelijk een meerwaarde te bieden. Veel hangt weliswaar af van de persoonlijke leerstijl van de leerlingen. Sommigen willen op voorhand veel informatie (expliciete), anderen verkiezen om zonder er al te veel bij na te denken (impliciet) de motorische vaardigheid meester te worden. De verschillende leerstijl van elk individu dient dus in rekening gebracht te worden (Vermetten et al., 2001). Het onderzoek naar impliciet en expliciet leren bracht in elk geval aan het licht dat er kan gevarieerd worden in manier van aanleren, daar waar vroeger de gouden regel gold: 'eerst alles expliciet opslaan met inbegrip van veel fouten, later impliciet uitvoeren'. Deze nieuwe waaier aan leermogelijkheden verdient een prominente plaats in verder leeronderzoek.

## REFERENTIELIJST

---

- Anderson, J.R. (1982). Acquisition of Cognitive skill. *Psychological Review*, **89(4)**, 369-406
- Augustsson, J., Thomeé, R., Lindén, C., Folkesson, M., Tranberg, R. and Karlsson, J. (2006). Single-leg hop testing following fatiguing exercise: reliability and biomechanical analysis. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* **16(2)**, 111-120
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, **255**, 556-559
- Beckmann, H. & Schöllhorn, W.I. (2003). Differential learning in shot put. In: *European Workshop on Movement Science* (Schöllhorn, W.I., Bohn, C., Jäger, J.M., Schaper, H. and M. Alichmann, M., eds.), 68, Köln, Sport & Buch Strauß
- Beckmann, H. and Schöllhorn, W. (2003). Differentieles Kugelstoßtraining. In: *Messplätze, Messplatztraining, Motorisches Lernen* (J. Krug and T. Müller, eds.). 108-112, Sankt Augustin, Academia
- Beek, P.J. (2000). Toward a theory of implicit learning in the perceptual-motor domain. *International Journal of Sport Psychology* **31**, 547-554
- Beek, P.J., Koedijker, J.M., Oudejans, R.R.D. (2005). Weten wat je doet is niet noodzakelijk goed. Impliciet versus expliciet leren in de sport. *Sportgericht*, **59(1)**, 33-38
- Beelen, A., Sargeant, A.J., Jones, D.A. and de Ruyter, C.J. (1995). Fatigue and recovery of voluntary and electrically elicited dynamic force in humans. *Journal of Physiology*, **484(1)**, 227-235
- Bennett, S.J. (2000). Implicit learning: Should it be used in practice? *International Journal of Sport Psychology* **31**, 542-546
- Bernstein, N.A. (1996). On Dexterity and its Development. In *Dexterity and its Development* (Latash, M.L., Turvey, M.T., eds.), New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates
- Berry, D.C. and Broadbent, D.E. (1988). Interactive tasks and the implicit explicit distinction. *British Journal of Psychology*, **79**, 251-272
- Borg, E. and Kaijser, L. (2006). A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scandinavian Journal of Medicine in Science and Sports* **16(1)**, 57-69

- Bright, J.E.H., Freedman, O. (1998). Differences between implicit and explicit acquisition of a complex motor skill under pressure: An examination of some evidence. *British Journal of Psychology*, **89**, 249-263
- Cleeremans, A., Destrebecqz, A. and Boyer, M. (1998). Implicit learning: news from the front. *Trends in Cognitive Sciences*, **10(2)**, 406-416
- Cottyn, J., De Clercq, D., Pannier, J.L., Crombez, G. and Lenoir, M. (2006). The measurement of competitive anxiety during balance beam performance in gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, **24(2)**, 157-164
- Cox, R.H. (1998). *Sport psychology: concepts and applications*, 4e ed, Boston, McGraw-Hill Companies
- Danion, F., Latash, M.L., Li, Z.M. and Zatsiorsky, V.M. (2000). The effect of fatigue on multifinger coordination in force production tasks in humans. *Journal of Physiology*, **523(2)**, 523-532
- Danion, F., Latash, M.L., Li, Z.M. and Zatsiorsky, V.M. (2001). The effect of fatiguing by the index finger on single- and multifinger force production tasks. *Experimental Brain Research*, **138(3)**, 322-329
- Dienes and Berry (1997). Implicit learning: below the subjective threshold. *Psychonomic Bulletin and Review*, **4**, 3-23
- Forestier, N. and Nougier, V. (1998). The effects of muscular fatigue on the coordination of a multijoint movement in human. *Neuroscience Letters*, **252(3)**, 187-190
- Hardy, L, Mullen, R., and Jones, G. (1996). Knowledge and conscious control of motor actions under stress. *British Journal of Psychology* **87**, 621–636
- Jaitner, T., Kretzschmar, D., Hellstern, W. (2003). Changes of movement patterns and hurdle performance following traditional and differential hurdle training. In: *Proceedings of the 8<sup>th</sup> annual Congress of the European College of Sport Science*, (Müller, E., Schwameder, H., Zallinger, G. and Fastenbauer, V., eds.), 224, Salzburg
- Latash, L.P. and Latash, M.,L. (1994). A new book by N. A. Bernstein: "On dexterity and its development". *Journal of Motor Behavior*, **26(1)**, 56-62
- Liao, C. and Masters, R.S.W. (2001). Analogy learning: a means to implicit motor learning. *Journal of Sport Sciences*, **19**, 307-319
- MacMahon, K.M.A. and Masters R.S.W. (2002). The effects of secondary tasks on implicit motor skill performance. *International Journal of Sports Psychology*, **33**, 307–324

- McNevin, N.H., Shea, C.H. and Wulf, G. (2003). Increasing the distance of an external focus of attention enhances learning. *Psychological Research*, **67(1)**, 22-29
- Magill, R. A. (2004). *Motor learning and control, concepts and applications*, 7e ed, Boston, McGraw-Hill Companies
- Masters, R.S.W. (1992). Knowledge, knerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology*, **83**, 343–358
- Masters, R.S.W. (2000). Theoretical aspects of implicit learning in sport. *International Journal of Sport Psychology* **31** 530–541
- Masters, R.S.W., Law, J. and Maxwell, J.P. (2002). Implicit and explicit learning in interceptive actions. In *Interceptive actions in sport. Information and Movement* (Davids, K., Savelsbergh, G., Bennett, S.J. and Van der Kamp, J. eds.), 126-143, London and New York, Routledge
- Maxwell, J.P., Masters, R.S.W. and Eves, F.F. (2003). The role of working memory in motor learning and performance. *Consciousness and Cognition* **12**, 376–402
- Maxwell, J.P., Masters, R.S.W., Kerr, E. and Weedon, E. (2001). The implicit benefit of learning without errors. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* **54**, 1049–1068
- Mazyn, L., Lenoir, M., Montagne, G. and Savelsbergh, G. (submitted). Spatial and temporal adaptations accompanying increasing catching performance during learning. *Journal of Motor Behavior*
- Poolton, J.M., Masters, R.S.W. and Maxwell, J.P. (2005a). The relationship between initial errorless learning conditions and subsequent performance. *Human Movement Science*, **24(3)**, 362-378
- Poolton, J.M., Masters, R.S.W. and Maxwell, J.P. (2005b). Implicit motor learning confers robustness to physiological fatigue. Oral presentation at the *ISSP 11<sup>th</sup> World Congress of Sport Psychology*, 2005 Sydney, Australia
- Prinz, W. (1997). Perception and action planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, **9(2)**, 129-154
- Reber, A.S. (1989). Implicit and Tacit Knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*. **118(3)**, 219-235
- Reber, A.S. (1991). Implicit and Explicit Learning: Individual differences and IQ. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **17(5)**, 888-896



Reber, A.S. (1992). An evolutionary context for the cognitive unconscious. *Philosophical Psychology*, **5**, 33-51

Römer, J., Schöllhorn, W., Jaitner, T. and Preiss, R. (2003). Differentielles Lernen bei der Aufschlagannahme im Volleyball. In: *Messplätze, Messplatztraining, Motorisches Lernen* (Krug, J. and Müller, T., eds.). 129-133, Sankt Augustin, Academia

Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and learning, a behavioral emphasis*, 2e ed, Illinois, Human Kinetics Publishers

Schmidt, R. A. (2000). *Motor learning and performance*, 2e ed, Champaign, Human Kinetics Publishers

Schöllhorn, W. I. (2005). Differentielles Lehren und Lernen von Bewegung - Durch veränderte Annahmen zu neuen Konsequenzen. In: *Zur Vernetzung von Forschung und Lehre in Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft* (Gabler, H., Göhner, U. and Schiebl, F., eds.). 125-135, Hamburg, Czwalina

Skurvydas, A., Dudoniene, V., Kalvėnas, A. and Zuoza, A. (2002). Skeletal muscle fatigue in long-distance runners, sprinters and untrained men after repeated drop jumps performed at maximal intensity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* **12(1)**, 34-39

Trockel, M. and Schöllhorn, W.I. (2003). Differential training in soccer. In: *European Workshop on Movement Science*, (Schöllhorn, W.I., Bohn, C., Jäger, J.M., Schaper, H., Alichmann, M., eds.), 64, Köln, Sport und Buch Strauß

Trockel, M. and Schöllhorn, W. I. (2003). Differentielles Torschusstraining im Fußball. In: *Messplätze, Messplatztraining, Motorisches Lernen* (Krug, J. and Müller, T., eds.). 102-107, Sankt Augustin, Academia

Vermetten, Y.J., Lodewijks, H.G. and Vermunt, J.D. (2001). The Role of Personality Traits and Goal Orientations in Strategy Use. *Contemporary Educational Psychology*, **26(2)**, 149-170

## BIJLAGEN

---

