

Titel

De invloed van unimodale en multimodale instructies op de effectiviteit van RSI-preventieoefeningen

Samenvatting

In een experiment zijn de effecten onderzocht van vijf presentatievormen (tekst vs. foto vs. filmclip vs. tekst + foto vs. tekst + filmclip) en moeilijkheidsgraad (eenvoudig vs. moeilijk) van een speciaal type procedurele instructies, te weten Repetitive Strain Injury (RSI) preventieoefeningen. In een experiment moesten proefpersonen twintig RSI-oefeningen leren en uitvoeren. De resultaten van dit experiment toonden aan dat voor eenvoudig RSI-oefeningen een instructie in een foto vaak effectiever was dan de instructie in tekst of filmclip. Bovendien bleken de multimodale instructies niet effectiever te zijn in het uitleggen van de RSI-oefeningen dan de unimodale instructies.

Title

The influence of unimodal and multimodal instructions on learning and executing RSI exercises

Abstract

In this paper, we describe an experiment studying a specific kind of procedural instructions, namely exercises for the prevention or Repetitive Strain Injury (RSI), taking information modality (text vs. photo vs. film clip vs. text + photo vs. text + film clip) and difficulty degree of the exercises (easy vs. difficult) into account. In this experiment, participants had to learn RSI exercises and were asked to execute them. The results showed that for easy RSI exercises an instruction in a photo was more effective than an instruction in text or film clip. Moreover, the multimodal instructions were not more effective in explaining the RSI exercises than the unimodal instructions.

Werkadressen van de auteurs

Charlotte van Hooijdonk
Universiteit van Tilburg
Faculteit Communicatie & Cultuur
Postbus 90153
5000 LE Tilburg
Nederland
Tel: 013 466 2736
E-mail: c.m.j.vanhooijdonk@uvt.nl

Emiel Krahmer
Universiteit van Tilburg
Faculteit Communicatie & Cultuur
Postbus 90153
5000 LE Tilburg
Nederland
Tel: 013 466 3070
E-mail: e.j.krahmer@uvt.nl

Functie-omschrijvingen van de auteurs

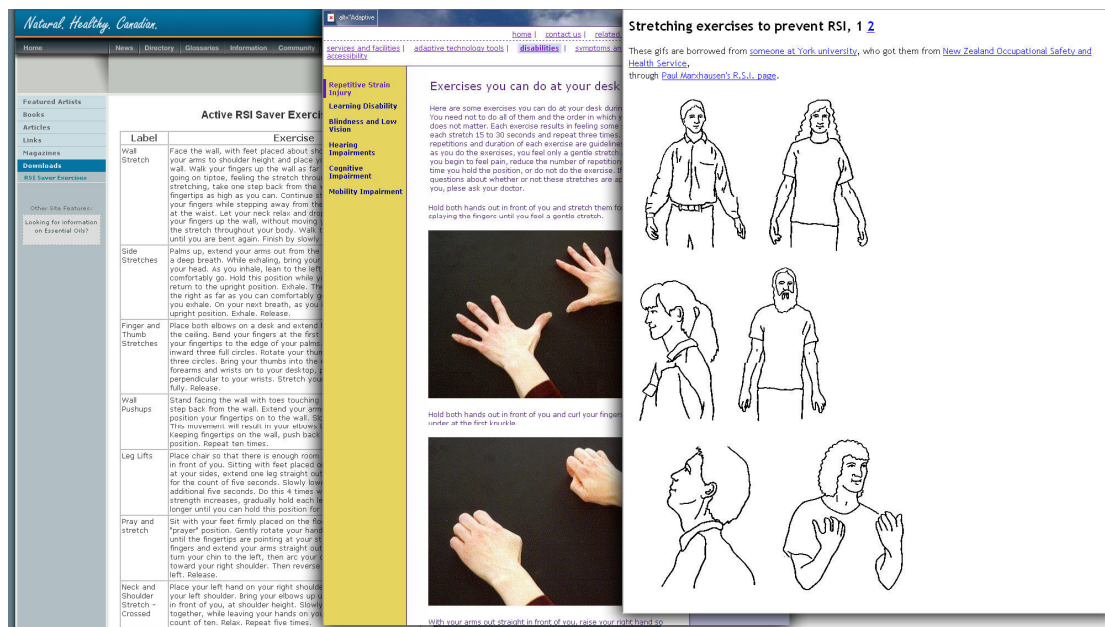
Charlotte van Hooijdonk is werkzaam als promovenda bij het departement Communicatiewetenschap, binnen de faculteit Communicatie & Cultuur van de Universiteit van Tilburg. Haar proefschrift handelt over de cognitieve verwerking en evaluatie van multimodale informatie.

Emiel Kraemer is Universitair Hoofddocent bij het departement Communicatiewetenschap, binnen de faculteit Communicatie & Cultuur van de Universiteit van Tilburg. Via zijn onderzoek probeert hij een beter inzicht te krijgen in hoe mensen informatie uitwisselen (zowel verbaal als non-verbaal, via taal, spraak en gebaar), om op die manier een bijdrage te kunnen leveren aan het verbeteren van de wijze waarop computers informatie presenteren en met mensen communiceren. Voorbeelden van huidige onderzoeksthema's zijn audiovisuele prosodie, automatische taalgeneratie, en multimodale informatiepresentatie.

Inleiding

Repetitive Strain Injury (RSI) is een verzamelnaam voor klachten, symptomen en syndromen die voorkomen in bovenrug, nek- en schoudergebied, armen, ellebogen, polsen, handen en vingers. De klachten worden vaak veroorzaakt door repeterende bewegingen, een langdurige statische houding of een combinatie van beiden. Om RSI te voorkomen wordt aangeraden om regelmatig korte pauzes te nemen tijdens computerwerkzaamheden en om oefeningen te doen (bijv., Balci & Aghazadeh, 2003; Mclean e.a., 2001; Stone, 1983; Williams e.a., 1983). Op RSI-preventiewebsites, worden RSI-oefeningen in verschillende informatiemodaliteiten uitgebeeld. Figuur 1 laat hiervan een representatieve selectie zien. De vraag rijst dan ook welke (combinaties van) informatiemodaliteiten het meest geschikt zijn voor het uitleggen van RSI-preventieoefeningen.

Figuur 1: Drie screenshots van websites¹ die verschillende informatiemodaliteiten gebruiken om RSI-oefeningen te illustreren



¹ http://naturalhealthcare.ca/rsi_saver_exercises.phtml
<http://web.mit.edu/atic/www/disabilities/rsi/exercises.html>
<http://busy-bee.net/rsi/>

RSI-oefeningen vormen een nieuw leerdomein met verschillende interessante eigenschappen om de effectiviteit van unimodale en multimodale instructies te bestuderen. Allereerst bestaan RSI-oefeningen uit korte en concrete instructies. Daarnaast zijn deze oefeningen ook erg herkenbaar voor de gebruiker, omdat de oefeningen betrekking hebben op de lichaamsdelen van de gebruiker. Bovendien verschillen RSI-oefeningen ook in hun moeilijkheidsgraad. Zo zijn er eenvoudige oefeningen waarin de gebruiker bijvoorbeeld zijn vingers zover mogelijk moet spreiden. Andere oefeningen zijn meer complex zoals: *“Plaats uw handen voor u met de handpalmen naar beneden. Buig de vingers van beide handen naar binnen, totdat de toppen van de vingers uw handpalm raken. Buig vanuit de pols uw handen naar achteren, zonder uw armen te bewegen.”*

Onderzoek naar de effectiviteit van (combinaties van) informatiemodaliteiten heeft zich in het verleden voornamelijk gericht op declaratieve taken, zoals het beschrijven van de werking van elektronische en mechanische systemen (Mayer, 1989; Mayer & Gallini, 1990; Mayer & Anderson, 1991, 1992), het beschrijven van producten in handleidingen (Westendorp, 2002) of het weergeven van wiskundige begrippen (Reed, 1985), of complexe natuurfenomenen, zoals elektriciteit (Cheng, 2002), bliksem (Mayer & Moreno, 2002) of meteorologische veranderingen (Lowe, 2004). Zo heeft onderzoek naar de effectiviteit van combinaties van informatiemodaliteiten aangetoond dat het leren van nieuwe informatie beter verloopt wanneer deze in twee informatiemodaliteiten wordt aangeboden dan in slechts één informatiemodaliteit (Mayer, 1989; Mayer & Gallini, 1990; Mayer & Anderson, 1991, 1992). In de studies van Mayer e.a. (1989,1990, 1991, 1992) presteerden de proefpersonen die een tekst kregen aangeboden over de werking van mechanische systemen (bijv., pompen en remmen) slechter dan de proefpersonen die een combinatie van tekst + afbeeldingen aangeboden kregen. Na het doornemen van de informatie, wisten de proefpersonen in de tekstconditie weinig meer over de werking van de mechanische systemen en konden ook minder creatieve oplossingen bedenken voor mogelijke problemen aan pomp of rem. Een verklaring voor dit resultaat is dat de proefpersonen in de tekstconditie zelf een mentale voorstelling moesten maken van de mechanische systemen, terwijl dit bij de proefpersonen in de tekst + afbeelding-conditie niet nodig was. Echter, de proefpersonen in de tekst + afbeelding-conditie kregen feitelijk meer informatie dan de proefpersonen in de tekstconditie, waardoor ze dus mogelijk beter presteerden.

Onderzoek naar de effectiviteit van multimodale declaratieve informatie heeft ook aangetoond dat nieuwe informatie beter wordt verwerkt wanneer zij wordt aangeboden in twee gescheiden informatieverwerkingskanalen (Mayer & Moreno, 1998, 1999). Proefpersonen die een geschreven tekst + afbeelding kregen aangeboden over het ontstaan van bliksem of over de werking van autoremmen presteerden slechter dan de proefpersonen die deze informatie in gesproken tekst + afbeelding aangeboden kregen. Nadat de informatie was doorgenomen, wisten de proefpersonen in de geschreven tekst + afbeelding-conditie minder over het ontstaan van bliksem of de werking van autoremmen dan de proefpersonen in de gesproken tekst + afbeelding-conditie. Ook gaven de proefpersonen in de geschreven tekst + afbeelding-conditie minder goede antwoorden op vragen over het ontstaan van bliksem of over de werking van autoremmen. De verklaring die Mayer & Moreno (1998, 1999) geven voor deze resultaten is het *modaliteitsprincipe*. Het modaliteitsprincipe gaat uit van twee assumpties over de werking van het werkgeheugen. De eerste assumptie is dat de het werkgeheugen een beperkte verwerkingscapaciteit heeft (Miller, 1956; Baddely, 1992). De tweede assumptie is dat het werkgeheugen uit een auditief en een visueel informatieverwerkingskanaal bestaat (Pavio, 1990; Baddely, 1992). Het modaliteitsprincipe zegt dat beschikbare verwerkingscapaciteit van het werkgeheugen vergroot kan worden, door nieuwe informatie aan te bieden in het visuele én in het auditieve verwerkingskanaal van het werkgeheugen.

Maar gaan de resultaten die gevonden zijn voor declaratieve taken ook op voor procedurele taken, zoals bijvoorbeeld een RSI-oefening? Een RSI-oefening bestaat uit een opeenvolging van stappen, waarbij de ene stap op de andere stap volgt. Daarnaast vereist het leren van een RSI-oefening begrip van de stappen in de procedure, het onthouden van informatie en de kundigheid om de informatie toe te passen. De gebruiker moet de nieuwe informatie dus niet alleen begrijpen, maar moet de nieuwe kennis ook omzetten in een bepaalde handeling. Om een RSI-oefening te kunnen uitvoeren, zal een gebruiker de instructie moeten 'vertalen' naar een fysieke beweging. Dit is een concreet voorbeeld van Glenberg's Indexicale Hypothese die zegt dat gebruikers instructies associëren met handelingen die in de werkelijke wereld kunnen plaatsvinden (bijv., Glenberg, 1997; Glenberg & Robertson, 1999). Bij een RSI-oefening moeten gebruikers zelf de woorden, zinnen en/of afbeelding omzetten naar een manuele beweging.

Welke (combinaties van) informatiemodaliteiten zijn geschikt om RSI-oefeningen te beschrijven dan wel uit te beelden? Een tekstuele instructie is uitermate geschikt om concrete en abstracte zaken te beschrijven. Echter, een nadeel van een tekstuele instructie is dat de gebruiker zelf een mentale voorstelling moet maken van de RSI-oefening, wat voor een overbelasting in het werkgeheugen kan zorgen. Afbeeldingen zouden geschikt kunnen zijn om RSI-oefeningen uit te beelden, want zij hebben de kracht om informatie expliciet te maken die bij tekstuele instructies vaak impliciet blijft (Larkin & Simon, 1987).

Tegenwoordig behoren ook filmclips tot mogelijkheid om RSI-oefeningen uit te beelden. Onderzoeken spreken elkaar echter tegen over de effectiviteit van deze dynamische presentatievorm (Tversky e.a. 2002). Het voordeel van een filmclip zou zijn dat het een compleet beeld geeft van de RSI-oefening, wat het leren en het uitvoeren ervan zou kunnen bevorderen (bijv., Park & Hopkins, 1993; Lewalter, 2003). Aan de andere kant zou het mogelijk zijn dat een filmclip voor een grotere belasting van het werkgeheugen zorgt. De informatie in een filmclip verandert continue, waardoor de leerder overweldigd wordt door de hoeveelheid informatie die verwerkt en opgeslagen moet worden (Lewalter, 2003).

Ook zijn de meningen verdeeld over de effectiviteit van combinaties van informatiemodaliteiten. Zo zouden twee informatiemodaliteiten altijd beter zijn dan één informatiemodaliteit (Mayer, 1989; Mayer & Gallini, 1990; Mayer & Anderson, 1991, 1992). Echter, Tindall-Ford e.a. (1997) merken op dat wanneer één informatiemodaliteit de informatie begrijpelijk overbrengt, een tweede informatiemodaliteit overbodig is en dus voor overbelasting kan zorgen. Een ander beeld met betrekking tot de effectiviteit van combinaties van informatiemodaliteiten wordt geschetst door onderzoek van Michas & Berry (2000). In een eerste experiment werden verschillende presentatievormen vergeleken, zoals een tekstuele instructie, een instructie in een tekening, een instructie in een filmclip en een combinatie van tekst + tekening. In deze presentatievormen werd het zwachtelen van een hand uitgelegd. De resultaten van dit eerste experiment toonden aan dat de proefpersonen in de tekst + tekening-conditie beter presteerden dan de proefpersonen in de andere condities in de tijd die ze nodig hadden om het materiaal te leren, in het daadwerkelijk zwachtelen van een hand en in het aantal correct beantwoorde vragen over het zwachtelen van een hand. Vervolgens onderzochten Michas & Berry (2000) wat nu precies het voordeel was van de tekst + tekening-conditie boven de condities waarin

slechts één modaliteit werd aangeboden. In dit tweede experiment werden unimodale (tekeningen) en multimodale instructies (tekst + tekeningen) met elkaar vergeleken, waarbij de instructies verschilden in de hoeveelheid informatie (meer vs. minder) die zij gaven over de procedure van het zwachtelen van een hand. De resultaten van dit tweede experiment toonden aan dat het *niet* de combinatie van modaliteiten was die voor een grotere effectiviteit zorgden. De effectiviteit van de verschillende presentatievormen werd beïnvloed door de manier waaróp de (combinaties van) modaliteit(en) informatie gaven over de handelingen die plaatsvinden bij het zwachtelen van een hand. Daarnaast werd de effectiviteit van de verschillende presentatievormen beïnvloed door hoeveelheid informatie die de (combinaties van) modaliteit(en) gaven over de handelingen in de procedure van het zwachtelen van een hand. Er zijn dus nog veel vragen rond de effectiviteit van uni- en multimodale instructies, zeker waar het procedurele instructies betreft.

In dit artikel rapporteren we een experiment waarin de effecten zijn onderzocht van vijf presentatievormen (tekst vs. foto vs. filmclip vs. tekst + foto vs. tekst + filmclip) en moeilijkheidsgraad (eenvoudig vs. moeilijk) van RSI-oefeningen. De opbouw van het artikel is als volgt: in sectie 2 beschrijven we de onderzoeksopzet van het experiment. De resultaten met betrekking tot de leertijd, het aantal geoefende instructies tijdens de leertijd, de uitvoeringstijd en het aantal correct uitgevoerde oefeningen worden beschreven in sectie 3. We eindigen met een conclusie en een discussie in sectie 4.

Deze studie vindt plaats in het kader van het Imogen project² (Interactive Multimodal Output Generation) dat binnen het IMIX project valt. IMIX staat voor Interactieve Multimodale Informatie eXtractie en is een NWO onderzoeksprogramma op het gebied van de Nederlandse taal- en spraaktechnologie. Het doel van dit project is kennis en technologie te ontwikkelen die nodig zijn om specifieke antwoorden op medische vragen in Nederlandstalige documenten te vinden. De resultaten van het onderzoek binnen het IMIX project worden geïntegreerd in een multimodaal vraag-antwoord-dialogsysteem dat zich richt op het medische informatiedomein. Een vraag-antwoord-dialogsysteem is een automatisch systeem dat een in natuurlijke taal gestelde vraag kan beantwoorden met een in natuurlijke taal geformuleerd antwoord (Van Den Bosch, 2005).

² Meer informatie is te vinden op: <http://wwwhome.cs.utwente.nl/~theune/IMOGEN/index.html>

Tegenwoordig wordt van vraag-antwoord-dialogsystemen niet alleen verwacht dat ze antwoord geven op vragen als “Waar staat de afkorting RSI voor?”, maar ook dat ze antwoord kunnen geven op meer diepgaande vragen als “Hoe richt ik mijn werkplek ergonomisch in?” of “Wat is een goede oefening om RSI te voorkomen?” Bij het antwoorden van meer diepgaande vragen, speelt de antwoordpresentatie zelf een belangrijke rol. Het Imogen project heeft als doel om de antwoordpresentatie van vraag-antwoord-dialogsystemen te optimaliseren door het genereren van multimediale antwoordpresentaties, waarbij tekstuitvoer gecombineerd wordt met afbeeldingen en spraak (Theune e.a., te verschijnen). Hierdoor sluiten antwoorden beter aan bij de informatiebehoeften en voorkeuren van de vragensteller dan een eenvoudig ‘standaard’ antwoord. Het hieronder beschreven onderzoek probeert richtlijnen te geven voor automatische generatie van multimodale informatie in vraag-antwoord-dialogsystemen.

2. Onderzoeksmethode

2.1 Proefpersonen

Vijftig proefpersonen (25 mannen en 25 vrouwen) van de Universiteit van Tilburg namen deel aan het experiment. De proefpersonen waren studenten en medewerkers van de Faculteit Communicatie & Cultuur en waren tussen de 18 en 30 jaar oud.

2.2 Design

Het experiment had een 5 (informatiemodaliteit) x 2 (moeilijkheidsgraad) onderzoeksdesign, met informatiemodaliteit (tekst, foto, filmclip, tekst + foto, tekst + filmclip) als tussenproefpersonen variabele en moeilijkheidsgraad als binnenproefpersonen variabele. De afhankelijke variabelen waren de leertijd, het oefenen van de RSI-instructies tijdens de leertijd, de uitvoeringstijd en het aantal correct uitgevoerde oefeningen. De proefpersonen werden random toegewezen aan een experimentele conditie.

2.3 Stimuli

Twintig RSI-preventieoefeningen werden gekozen uit websites en software over RSI-preventie³. Deze oefeningen waren gericht op het voorkomen van RSI in handen en armen. Van de twintig oefeningen werd aangenomen dat tien oefeningen relatief eenvoudig en tien oefeningen relatief moeilijk uit te voeren waren. Het criterium voor een moeilijke oefening was dat het óf een complexe symmetrische beweging was óf een asymmetrische beweging was. Een complexe symmetrische oefening werd gedefinieerd als een oefening die uit ten minste drie opeenvolgende atomaire bewegingen bestond waarin beide armen en handen dezelfde beweging maakten. Asymmetrische oefeningen werden gedefinieerd als oefeningen waarin de proefpersonen verschillende bewegingen maakten met iedere arm of hand. De eenvoudige oefeningen bestonden uit bewegingen die niet complex én symmetrisch waren. In figuur 2 staan representatieve voorbeelden van een eenvoudige en een moeilijke oefening.

³ <http://web.mit.edu/atic/www/disabilities/rsi/exercises.html>
<http://www.workpace.com>

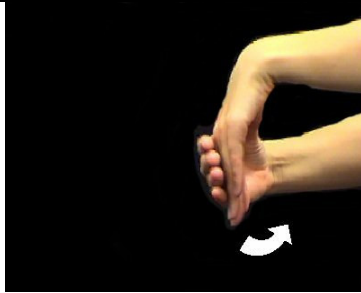
Figuur 2: Twee representatieve voorbeelden van een eenvoudige en een moeilijke RSI-oefening

Eenvoudige oefening



Plaats uw handen voor u met de handpalmen naar beneden. Til nu uw wijsvingers op vanaf de knokkels. Laat daarna uw wijsvingers terug naar beneden vallen.

Moeilijke oefening



Strek uw linkerarm en buig uw linkerhand naar beneden. Leg uw rechterhand op de knokkels van de linkerhand. Duw met uw rechterhand de vingers van uw linkerhand naar u toe

De operationalisering van de eenvoudige en moeilijke oefeningen is gebaseerd op de relatieve complexiteit van de sequentie van motorische bewegingen. Een pretest is uitgevoerd om vast te stellen in welke mate dit objectieve criterium overeenkwam met de subjectieve perceptie van de moeilijkheidsgraad van de oefeningen. Negen proefpersonen werden gevraagd om de twintig oefeningen te classificeren. De proefpersonen waren studenten aan de Universiteit van Tilburg. Aangezien studenten tot een risicogroep behoren voor RSI⁴ en de Universiteit van Tilburg informatie verstrekt over het voorkomen van RSI⁵, is aangenomen dat de proefpersonen bekend waren met de term RSI en met oefeningen om RSI te voorkomen. De oefeningen werden getoond in tekst met foto in een willekeurige volgorde. De proefpersonen kregen de instructie om twee stapeltjes te maken bestaande uit tien oefeningen. Het eerste stapeltje bestond uit de tien oefeningen waarvan de proefpersonen vonden dat ze eenvoudig uit te voeren waren. Het tweede stapeltje bestond uit de tien oefeningen

⁴ http://www.rsi-vereniging.nl/overrsi/index.php?pagina=/overrsi/studenten_en_rsi.html

⁵ <http://www.uvt.nl/personeel/arbo/beeld.html>

die zij moeilijk uit te voeren vonden. De resultaten van deze pretest toonden aan dat van de tien eenvoudige oefeningen er zeven als zodanig werden geclassificeerd door een meerderheid van de proefpersonen. De overige drie oefeningen werden door een meerderheid van de proefpersonen als moeilijk ervaren. Een mogelijke verklaring voor dit resultaat zou kunnen zijn dat deze drie oefeningen motorisch gezien eenvoudig waren, maar geen gebruikelijke RSI-oefeningen waren, waardoor de proefpersonen er minder bekend mee waren. Van de tien moeilijke oefeningen werden er negen als zodanig geclassificeerd door een meerderheid van de proefpersonen. Eén oefening werd door de meeste proefpersonen geclassificeerd als een eenvoudige oefening. Een mogelijke verklaring voor dit resultaat zou kunnen zijn dat de proefpersonen bekend waren met deze oefening, hoewel de oefening uit een aantal complexe motorische bewegingen bestond. Geconcludeerd kan worden dat er voor 16 van de 20 oefeningen een duidelijke en consistente correlatie was tussen de objectieve en subjectieve moeilijkheidsgraad van de oefeningen.

De twintig RSI-oefeningen werden gepresenteerd in vijf verschillende informatiemodaliteiten: tekst, foto, filmclip, tekst + foto, tekst + filmclip. In de tekstconditie werden de oefeningen alleen in tekst aan de proefpersonen uitgelegd. Het totaal aantal woorden verschilde niet tussen de 10 eenvoudige en 10 moeilijke oefeningen. Beiden telden 268 woorden in totaal en de gemiddelde lengte van een oefening was ongeveer 27 woorden. Omdat sommige oefeningen een langere en sommige oefeningen een kortere beschrijving hadden, wordt in het resultatengedeelte alleen gerapporteerd over de gemiddelde totalen voor de tien oefeningen in iedere conditie. In een tweede pretest werden de tekstuele instructies op hun begrijpelijkheid gecontroleerd. Aan deze tweede pretest namen drie proefpersonen deel. Zij hadden niet geparticipeerd in de eerste pretest. Uit deze tweede pretest bleek dat een aantal oefeningen tot misverstanden leidden en deze oefeningen werden geherformuleerd. Deze herformuleringen werden voorgelegd aan de drie proefpersonen en zij vonden deze duidelijker.

In de fotoconditie werden de twintig oefeningen uitgebeeld in een foto. Deze foto's werden genomen met een digitale camera van een vrouw die de oefeningen maakte. Zij droeg zwarte kleding en de oefeningen werden gefotografeerd tegen een zwarte achtergrond. Hierdoor waren alleen haar handen en armen zichtbaar op de foto. Op de foto werd de *stroke* (Kendon, 1980) van de oefening uitgebeeld. De *stroke* geeft de meest betekenisvolle beweging uit de oefening aan. Voor negen RSI-

oefeningen (8 eenvoudige oefeningen en 1 moeilijke oefening) illustreerde de foto het cruciale eindpunt van de beweging. De andere elf RSI-oefeningen bestonden uit meer dynamische bewegingen, waardoor een foto op zich niet voldeed om de beweging te illustreren. Daarom werden aan deze foto's pijlen toegevoegd om de richting van de beweging aan te geven. Dit gebeurde bij negen moeilijke en twee eenvoudige oefeningen. De grootte van de foto's was 1536 * 1014 pixels.

In de filmclipconditie werd dezelfde vrouw in een identieke omgeving gefilmd met een digitale camera (25 frames per seconde). Het totaal aantal frames verschilde niet tussen de eenvoudige en moeilijke oefeningen. In beide condities telde het totaal aantal frames 1097. De gemiddelde lengte van een filmclip was dus 4.39 seconden.

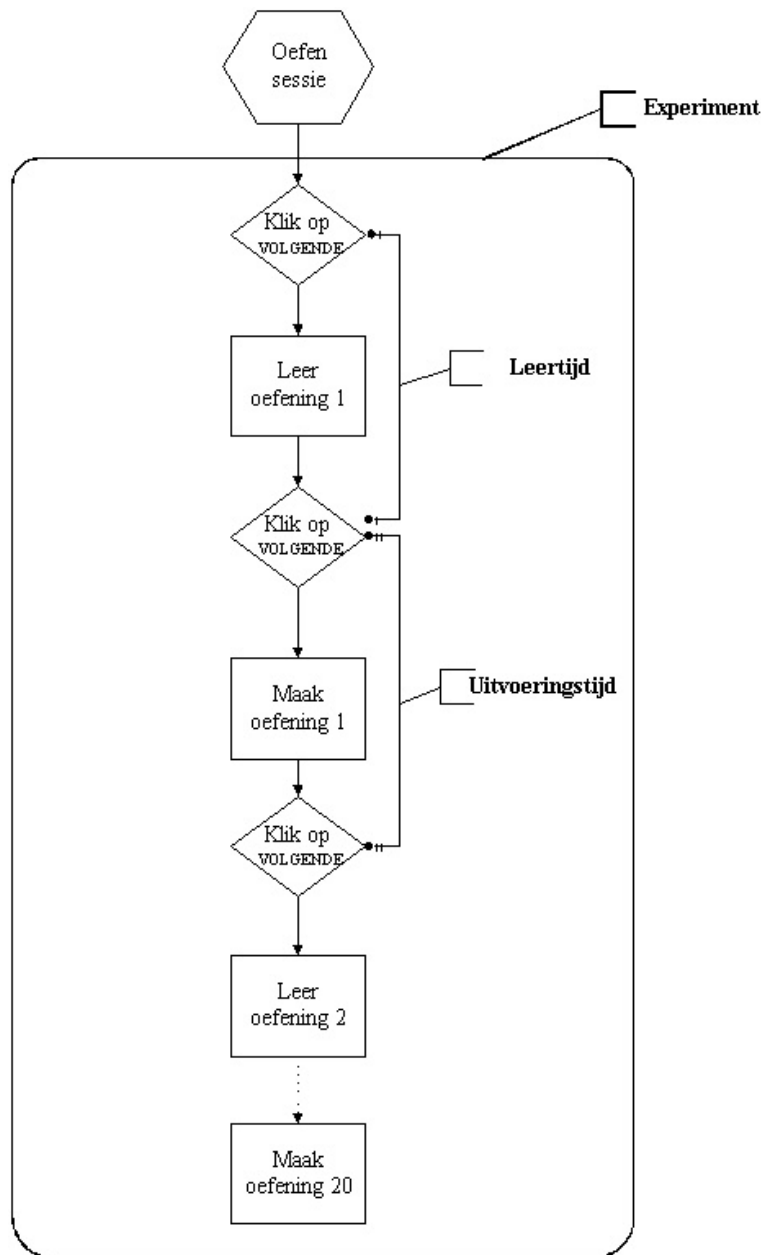
In de tekst + fotoconditie werden tekst en foto samen aangeboden, waarbij de foto boven de tekst stond. In de tekst + filmclipconditie werden tekst en filmclip ook samen aangeboden, waarbij de filmclip boven de tekst stond.

De oefeningen werden op een website aan de proefpersonen aangeboden: één website voor iedere conditie. Het experiment werd gedraaid op een multimedia PC met een 17-inch kleurenmonitor. In de vijf condities verschenen de RSI-oefeningen in het midden van het scherm. In de (tekst +) filmclipconditie werden de oefeningen getoond in een filmclip met een start en stopknop en een slider. De proefpersonen konden de filmclip starten door op het eerste frame te klikken. De proefpersonen hadden de mogelijkheid om de filmclip meerdere malen te bekijken, maar er werd niet veel gebruik gemaakt van deze optie. De oefeningen werden in twee willekeurige volgordes gepresenteerd om te controleren voor mogelijke leereffecten.

2.4 Procedure

Het experiment bestond uit twee onderdelen: een oefensessie en het eigenlijke experiment waarin de twintig RSI-oefeningen werden gepresenteerd. De proefpersonen deden één voor één mee aan het experiment. Elke proefpersoon werd uitgenodigd in het laboratorium en nam plaats achter de computer. De proefpersonen werd verteld dat ze twintig RSI-oefeningen zouden zien die ze moesten leren en uitvoeren. Bovendien werd verteld dat hun handen en armen gefilmd zouden worden omdat een arts later de opnames zou bekijken om te bepalen in hoeverre zij last hadden van RSI. De procedure van het experiment is weergegeven in figuur 3.

Figuur 3: De procedure van het experiment



Nadat de proefpersonen de instructies hadden gelezen, klikten ze met de muis op de hyperlink START en de eerste oefenoefening verscheen. Afhankelijk van hun experimentele conditie lasen en/of zagen de proefpersonen de eerste oefening totdat ze dachten ze de oefening konden uitvoeren. Vervolgens klikten ze op de hyperlink VOLGENDE en een nieuwe webpagina verscheen. Midden op dit nieuwe scherm stond: VOER NU OEFENING 1 UIT. Gedurende de uitvoering van oefening zagen de proefpersonen instructie niet. Nadat ze de oefening hadden uitgevoerd, klikten ze op de hyperlink VOLGENDE OEFENING.

2.5 *Data verwerking*

De volgende data werden verzameld: leertijden, het aantal keer dat een oefening tijdens de leertijd uitgevoerd werd (oefenen tijdens de leertijd), uitvoeringstijden en het aantal correct uitgevoerde oefeningen. De tijd die de proefpersonen nodig hadden voor het leren en uitvoeren van de oefeningen werden berekend met de data van het logprogramma Proxy+⁶. Dit programma registreerde tijdens het experiment de tijden tussen muiskliks van de proefpersonen. De leertijd werd gedefinieerd als de tijdsperiode tussen het klikken op de hyperlink VOLGENDE die voorafging aan de instructie en de hyperlink VOLGENDE die volgde op de instructie (zie figuur 3). De uitvoeringstijd werd gedefinieerd als de tijdsperiode tussen het klikken op de hyperlink VOLGENDE die volgde op de instructie van een oefening en de hyperlink VOLGENDE die voorafging aan een nieuwe instructie van een oefening (zie figuur 3).

Een digitale video camera werd gebruikt om de bewegingen van de proefpersonen te filmen tijdens het experiment. Deze opnames werden gebruikt om vast te stellen of de proefpersonen oefenden tijdens de leertijd en of ze de oefeningen correct uitvoerden. Soms voerde een proefpersoon een oefening correct uit, maar op een onbedoelde manier. Deze gevallen werden als correct uitgevoerde oefeningen gerekend. Eén persoon (Charlotte van Hooijdonk) deed de beoordeling: het scoren was relatief eenvoudig en enkele moeilijke gevallen werden opgelost na discussie.

De data werd geanalyseerd met repeated measures variatieanalyses ($\alpha = .05$). Voor de post-hoc tests werd de Tukey HSD methode gebruikt.

⁶ <http://www.proxyplus.nl>

3. Resultaten

Tabel 1: *De gemiddelde totale tijd voor het leren en het uitvoeren van de RSI-oefeningen, het gemiddelde aantal oefeningen die de proefpersonen hebben geoefend tijdens de leertijd en het aantal correct uitgevoerde oefeningen per moeilijkheidsgraad en per informatiemodaliteit (standaard deviaties tussen haakjes)*

Factor	Conditie	Complexiteit			
		Eenvoudig		Moeilijk	
Leertijden	Tekst	96.30	(45.04)	108.10	(40.64)
	Foto	55.10	(17.51)	69.80	(29.04)
	Filmclip	76.10	(17.07)	91.20	(15.42)
	Tekst + foto	134.00	(34.61)	159.70	(41.02)
	Tekst + filmclip	131.40	(26.00)	153.50	(36.99)
Oefenen tijdens leertijd	Tekst	4.70	(4.79)	5.30	(4.62)
	Foto	1.50	(1.84)	2.20	(2.30)
	Filmclip	0.00	(0.00)	0.40	(0.70)
	Tekst + foto	2.40	(2.95)	2.60	(2.55)
	Tekst + filmclip	3.40	(3.10)	4.40	(2.72)
Uitvoeringstijden	Tekst	164.20	(48.86)	196.10	(71.28)
	Foto	53.80	(15.48)	77.00	(27.95)
	Filmclip	77.90	(13.42)	99.60	(31.41)
	Tekst + foto	73.90	(13.96)	76.20	(14.06)
	Tekst + filmclip	76.20	(16.92)	77.10	(18.41)

	Tekst	8.40	(0.70)	7.90	(1.10)
Aantal correct uitgevoerde oefeningen	Foto	9.20	(0.63)	7.60	(1.35)
	Filmclip	9.60	(0.70)	9.40	(0.70)
	Tekst + foto	8.80	(0.42)	6.70	(1.89)
	Tekst + filmclip	8.40	(0.70)	7.80	(0.79)

3.1 *Leertijden*

In tabel 1 staan de resultaten van het experiment. Voor de leertijden werd een effect gevonden van de moeilijkheidsgraad op de hoeveelheid tijd die nodig was om de oefeningen te leren ($F(1,45) = 43.98, p < .001$). De proefpersonen hadden meer tijd nodig om de moeilijke oefeningen te leren. Daarnaast had ook informatiemodaliteit een effect op de leertijden ($F(4,45) = 14.39, p < .001$). De proefpersonen die de multimodale instructies moesten leren, verschilden significant van de proefpersonen die de unimodale instructies moesten leren. Post-hoc tests lieten zien dat instructie in tekst + foto significant verschilde van tekst ($p < .025$), foto ($p < .001$) en filmclip ($p < .001$). Ook de instructie in tekst + filmclip verschilde significant van foto ($p < .001$) en filmclip ($p < .005$). De instructie in tekst + filmclip verschilde niet significant van de instructie in tekst ($p = .05$). Er werden geen significante interactie-effecten gevonden tussen moeilijkheidsgraad en informatiemodaliteit.

3.2 *Oefenen tijdens de leertijd*

Tabel 1 laat zien dat de proefpersonen vaker de moeilijke oefeningen oefenden tijdens de leertijd. Er werd dan ook een effect gevonden van de moeilijkheidsgraad op het oefenen van de instructies tijdens de leertijd ($F(1,45) = 11.91, p < .005$). Ook de informatiemodaliteit had een effect op het oefenen van de instructies tijdens de leertijd ($F(4,45) = 4.13, p < .01$). De proefpersonen in de filmclipconditie oefenden zelden de instructies. Post-hoc tests wezen uit dat de instructie in een filmclip significant verschilde van de instructie in tekst ($p < .01$). De overige modaliteiten verschilden niet significant van elkaar. Er werden ook geen significante interactie-effecten gevonden tussen moeilijkheidsgraad en informatiemodaliteit.

3.3 *Uitvoeringstijden*

Er werd een effect gevonden van moeilijkheidsgraad op de uitvoeringstijden ($F(1,45) = 22.27, p < .001$). Tabel 1 toont dat de proefpersonen meer tijd nodig hadden om de moeilijke oefeningen uit te voeren dan de eenvoudige oefeningen. Ook informatiemodaliteit had een effect op de uitvoeringstijden ($F(4,45) = 24.02, p < .001$). De proefpersonen in de tekstconditie hadden meer tijd nodig om de instructies uit te voeren. Post-hoc tests wezen uit dat de instructie in tekst significant verschilde van de andere vier informatiemodaliteiten: foto ($p < .001$), filmclip ($p < .001$), tekst + foto ($p < .001$) en tekst + filmclip ($p < .001$). De overige modaliteiten verschilden niet significant van elkaar. Tenslotte was er een interactie-effect tussen moeilijkheidsgraad en informatiemodaliteit ($F(4,45) = 3.28, p < .025$). Het interactie-effect kan als volgt worden uitgelegd: voor de unimodale instructies is er een verschil in de uitvoeringstijden voor de eenvoudige en moeilijke oefeningen. De proefpersonen in de tekstconditie deden significant langer over het uitvoeren van de moeilijke oefeningen ($F(1,9) = 6.23, p < .05$). Ook de proefpersonen in de fotoconditie deden langer over het uitvoeren van de moeilijke oefeningen ($F(1,9) = 14.39, p < .005$) evenals in de filmclipconditie ($F(1,9) = 5.73, p < .05$). Echter voor de multimodale instructies was er geen verschil in uitvoeringstijden voor de eenvoudige en moeilijke oefeningen. De proefpersonen in de tekst + fotoconditie hadden ongeveer evenveel tijd nodig om de eenvoudige en de moeilijke oefeningen uit te voeren ($F(1,9) = 3.35, p = .10$). Ook voor de proefpersonen in de tekst + filmclipconditie was er geen verschil in de uitvoeringstijd tussen de eenvoudige en moeilijke oefeningen ($F < 1$).

3.4 *Aantal correct uitgevoerde oefeningen*

Er werd een effect gevonden van moeilijkheidsgraad op het aantal correct uitgevoerde oefeningen ($F(1,45) = 28.20, p < .001$). De proefpersonen voerden vaker de eenvoudige oefeningen correct uit dan de moeilijke oefeningen (zie tabel 1). Daarnaast was er ook een effect van informatiemodaliteit op het aantal correct uitgevoerde oefeningen ($F(4,45) = 8.38, p < .001$). De proefpersonen in de filmclipconditie voerden de meeste eenvoudige en moeilijke oefeningen correct uit. Post-hoc tests wezen uit dat de instructie in een filmclip significant verschilde van de instructie in tekst ($p < .005$), de instructie in een foto ($p < .025$), de instructie in tekst + foto ($p < .001$) en de instructie in tekst + filmclip ($p < .005$). De andere vier modaliteiten verschilden niet significant van elkaar. Tenslotte was er een interactie-

effect tussen moeilijkheidsgraad en informatiemodaliteit voor het aantal correct uitgevoerde oefeningen ($F(4,45) = 3.69, p < .025$). Dit interactie-effect kan als volgt worden uitgelegd: voor de unimodale instructie in een foto en de multimodale instructie in tekst + foto is er een significant verschil tussen het aantal correct uitgevoerde eenvoudige en moeilijke oefeningen. De proefpersonen in de fotoconditie voerden minder moeilijke oefeningen correct uit ($F(1,9) = 12.52, p < .010$). Ook de proefpersonen in de tekst + fotoconditie voerden minder moeilijke oefeningen correct uit ($F(1,9) = 12.06, p < .010$). Voor de overige condities werden geen significante verschillen gevonden.

4. Conclusie en discussie

Op het Internet worden RSI-preventieoefeningen in verschillende presentatievormen uitgelegd. Er is echter weinig bekend over de effectiviteit van deze verschillende presentatievormen op dit type van procedurele instructies. Daarom is in deze studie is gekeken naar de effectiviteit van RSI-preventieoefeningen die varieerden in moeilijkheidsgraad (eenvoudig vs. moeilijk) en presentatievorm (tekst, foto, filmclip, tekst + foto, tekst + filmclip).

De resultaten van het experiment lieten zien dat de eenvoudige oefeningen inderdaad makkelijker waren dan de moeilijke oefeningen. Op alle afhankelijke variabelen werd een effect gevonden van de moeilijkheidsgraad. Voor de eenvoudige oefeningen werden kortere leertijden, minder oefenen van de instructies tijdens de leertijd, kortere uitvoeringstijden en meer correct uitgevoerde oefeningen gevonden. Merk op dat de totale lengte in aantal woorden en aantal frames voor de tien eenvoudige en de tien moeilijke oefeningen hetzelfde was.

De resultaten voor de effectiviteit van de unimodale presentatievormen toonden aan dat de proefpersonen in de fotoconditie over het algemeen goed presteerden. Deze proefpersonen hadden de kortste leertijden en uitvoeringstijden. Ook voerden zij de eenvoudige oefeningen goed uit (bijna even goed als de proefpersonen in de filmclipconditie). De proefpersonen in de fotoconditie voerden echter minder moeilijke oefeningen correct uit dan de proefpersonen in de tekstconditie. Een mogelijke verklaring voor dit resultaat zou kunnen zijn dat de foto weinig informatie gaf over de temporele structuur van RSI-oefening voor de meer complexe oefeningen. De proefpersonen in de fotoconditie moesten dus zelf meer afleiden over de procedure van de moeilijke RSI-oefeningen dan de proefpersonen in de tekstconditie. Opvallend was echter dat de proefpersonen in de tekst + fotoconditie minder oefeningen correct uitvoerden dan de proefpersonen in de fotoconditie. Een mogelijke klaring hiervoor zou kunnen zijn dat de proefpersonen voor beide modaliteiten een mentaal beeld probeerden te vormen van de oefening, die met elkaar in conflict kwamen. De multimodale instructies bestonden uit een samenvoeging van de unimodale instructies in tekst, foto en filmclip. De multimodale instructies waren dus niet optimaal op elkaar afgestemd.

Hoewel we hebben geprobeerd er voor te zorgen dat de hoeveelheid informatie in de unimodale RSI-oefeningen hetzelfde was, bleek dit niet altijd

eenvoudig te zijn. Zo geeft een foto met een pijl wel de richting van de beweging aan, toch maakt een foto de beweging niet zo expliciet als een filmclip. Daarnaast is ook interessant om op te merken dat sommige RSI-oefeningen makkelijker te representeren waren dan anderen én dat dit verschilt per presentatievorm. Sommige oefeningen waren kort en bondig uit te drukken in tekst omdat de gehele beweging gecodeerd was als een vaste uitdrukking, zoals: “*maak van uw beide handen vuisten.*” Zo is deze oefening moeilijker te representeren in een foto. Op een foto worden alleen twee vuisten getoond, waardoor de proefpersoon zelf moet afleiden dat hij van zijn handen vuisten moet maken. De beweging zelf is niet vastgelegd op de foto. Terwijl in een filmclip de oefening pas duidelijk wordt als de proefpersoon het cruciale eindpunt van de beweging ziet. In taal is de gehele beweging die hoort bij het maken van vuisten gecodeerd in een vaste uitdrukking.

Bovendien verschillen informatiemodaliteiten in het soort informatie die zij kunnen uitdrukken. Zo kan men in een tekst makkelijker uitdrukken hoe een bepaalde beweging voelt, zoals: “*spreid uw vingers totdat u een milde rek voelt.*” Dit type informatie kwam in 2 eenvoudige oefeningen en 1 moeilijke oefening voor. Deze gevoelsinformatie is moeilijker over te brengen in een foto of filmclip. Modaliteiten verschillen dus in het soort informatie dat zij wel of niet kunnen uitdrukken.

Op basis van de resultaten zou geconcludeerd kunnen worden dat multimodale RSI-oefeningen niet beter zijn dan unimodale RSI-oefeningen. Dit in tegenstelling tot de resultaten die Mayer e.a. (1989, 1990, 1991, 1992) vond voor de presentatie van declaratieve taken. De proefpersonen in de tekst + fotoconditie en in de tekst + filmclipconditie deden langer over het leren van de RSI-oefeningen, oefenden de instructies vaker dan de proefpersonen in de fotoconditie en filmclipconditie en voerden minder oefeningen correct uit. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de proefpersonen in de tekst + fotoconditie en in de tekst + filmclipconditie hun een aandacht moesten verdelen over een samenvoeging van twee unimodale instructies. Zo waren de teksten niet aangepast op de hoeveelheid informatie over de RSI-oefening die in de foto of filmclip te zien was. Zoals Michas & Berry (2000) al concludeerden op basis van hun studies gaat het niet zozeer om het aanbieden van de informatie in meerdere modaliteiten, maar om de manier waarop én de hoeveelheid informatie die de combinatie van modaliteiten overbrengen. Verder onderzoek is dus nodig om te bepalen wat de uitdrukingskracht is van verschillende informatiemodaliteiten. Daarnaast is nader onderzoek nodig om te bepalen wat de

effectiviteit is van combinaties van modaliteiten, waarin de hoeveelheid informatie van modaliteiten op elkaar wordt afgestemd.

Behalve de effectiviteit van verschillende presentatievormen op het leren en uitvoeren van RSI-oefeningen zou ook de voorkeur van proefpersonen voor één van de modaliteiten een rol kunnen spelen. Daarom is in een vervolgstudie onderzocht welke informatiemodaliteit (tekst, foto of filmclip) proefpersonen prefereren. In deze studie kregen 26 proefpersonen drie eenvoudige en drie moeilijk oefeningen aangeboden. Per oefening kregen de proefpersonen in een willekeurig volgorde drie modaliteiten (tekst, foto en filmclip) aangeboden. Nadat zij de drie modaliteiten hadden waargenomen, kregen zij de vraag welke realisatie van de oefening hun voorkeur had. Het antwoord werd genoteerd op een vragenlijst. Uit de resultaten bleek dat ruim 67 procent van de proefpersonen de voorkeur gaf aan de filmclip. De verdeling over de informatiemodaliteiten tekst en foto was vrijwel gelijk. De verdeling over de drie informatiemodaliteiten verschilde significant van kans ($\chi^2(2) = 81.03$, $p < .01$). De factor moeilijkheidsgraad had geen effect op de subjectieve satisfactie. De verdeling van de makkelijke oefeningen verschilde niet significant van de verdeling van de moeilijke oefeningen ($\chi^2(5) = 1.61$, n.s.). Een verklaring voor dit resultaat zou kunnen zijn dat de proefpersonen alleen de RSI-oefeningen moesten bekijken en ze niet moesten leren en uitvoeren. Het is echter onduidelijk wat de oorzaak is van de discrepantie tussen de effectiviteit van de informatiemodaliteiten enerzijds en de subjectieve voorkeur voor de informatiemodaliteiten anderzijds. Zo is het opvallend dat een meerderheid van de proefpersonen koos voor een oefening die werd weergegeven in een filmclip, terwijl de verdeling in voorkeur voor tekst of foto bijna gelijk was. En hoewel de proefpersonen in de filmclipconditie de meeste RSI-oefeningen correct uitvoerden, hadden zij toch meer leer- en uitvoeringstijd nodig dan de proefpersonen in de fotoconditie. Een mogelijke verklaring voor de discrepantie zou kunnen zijn dat filmclip visueel aantrekkelijker is dan een tekst of een foto. Nader onderzoek is echter nodig om de relatie tussen waargenomen en de werkelijke effectiviteit van de verschillende informatiemodaliteiten vast te stellen.

Als een vraag-antwoord dialoogsysteem de vraag zou krijgen om een RSI-oefening weer te geven, wat zou dan de beste antwoordpresentatie zijn? Op basis van de resultaten van deze studie lijkt een filmclip de beste keuze te zijn om een RSI-oefening weer te geven. In het experiment voerden de proefpersonen in de filmclipconditie de meeste eenvoudige en moeilijke oefeningen correct uit. Daarnaast

bleek uit de vervolgstudie dat de meeste proefpersonen een filmclip prefereerden boven een foto of tekst. Echter, verder onderzoek is nodig om verschillende combinaties van modaliteiten met elkaar te vergelijken. Zo zou het bijvoorbeeld interessant zijn om de effectiviteit van een *serie* foto's af te zetten tegen de effectiviteit van een filmclip aangezien foto's het op diverse dimensies (leertijd, uitvoeringstijd) erg goed deden. Daarnaast zou het ook interessant zijn om de effectiviteit van informatiemodaliteiten te onderzoeken bij meer complexe procedures, zoals bijvoorbeeld het inrichten van een ergonomische werkplek.

Noten

1. Dit onderzoek maakt deel uit van het Imogen (Interactive Multimodal Output Generation) project, dat valt binnen het IMIX project (Interactieve Multimodale Informatie eXtractie) dat door NWO gesubsidieerd wordt.
2. De auteurs willen de volgende personen bedanken voor hulp bij het opzetten en uitvoeren van het experiment: Myrna van Ballekom, Pashiera Barkhuysen, Rianne Blankenstein, Hanneke Hoogwegt, Lennard van de Laar, Ilona de Milliano, Lotte Vogels.
3. De auteurs willen Fons Maes bedanken voor zijn commentaar op eerdere versies van dit artikel. Daarnaast willen zij Jan Renkema bedanken voor zijn hulp op het gebied van spelling en Carel van Wijk bedanken voor zijn hulp op het gebied van statistiek.

Bibliografie

- Baddely, A. (1992).** Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Balci, R., Aghazadeh, F. (2003).** The effect of work-rest schedules and type of task on the discomfort and performance of VDT users. *Ergonomics*, 46, 455-465.
- Bosch, A., van den (2005).** Vinden van informatie. In H. van Driel (Eds.), *Digitale communicatie* (pp. 165 – 190) Amsterdam: Boom
- Cheng, P. (2002).** Electrifying diagrams for learning: principles for complex representational systems. *Cognitive Science*, 26(6), 658-736
- Glenberg, A. (1997).** What memory is for. *Behavioral and Brain Sciences*, 20, 1-19.
- Glenberg, A., & Robertson, D. (1999).** Indexical Understanding of Instructions. *Discourse Processes*, 28, 1-26.
- Kendon, A. (1980).** Gesticulation and speech: Two aspects of the process of utterance. In M.R. Key (Eds.), *The relationship of verbal and nonverbal communication* (pp. 207-227). The Hague: Mouton.
- Larkin, J. & Simon H. (1987).** Why a diagram is (sometimes) worth a thousand Worths. *Cognitive Science*, 11, 65-99.
- Lewalter, D. (2003).** Cognitive strategies for learning from static and dynamic visuals. *Learning and Instruction*, 13, 177-189.
- Lowe, R. (2004).** Interrogation of a dynamic visualization during learning. *Learning and Instruction*, 14, 257-274.
- Mayer, R. (1989).** Systematic thinking fostered by illustrations in scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 81, 240-246.
- Mayer, R. & Moreno, R. (1998).** A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology*, 90, 312-320.
- Mayer, R. & Moreno, R. (1999).** Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91, 358-368.
- Mayer, R., & Anderson, R. (1991).** Animations need narrations: an experimental test of a dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83, 484-490.
- Mayer, R., & Anderson, R., (1992).** The instructive animation: helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 84, 444-452.

- Mayer, R., & Gallini, J. (1990).** When is an illustration worth a thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 82, 715-726.
- Mayer, R., & Moreno, R. (2002).** Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, 12, 107-119.
- Mclean, L., Tingley, M., Scott, R., & Rickards, J. (2001).** Computer terminal work and the benefit of micro-breaks. *Applied Ergonomics*, 32, 225-237.
- Michas, I., & Berry, D. (2000).** Learning a procedural task: effectiveness of multimedia presentations. *Applied Cognitive Psychology*, 14, 555-575.
- Miller, G. (1956).** The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Park, O., & Hopkins, R. (1993).** Instructional conditions for using dynamic visual displays: a review. *Journal of Instructional Science*, 21, 427-449.
- Pavio, A. (1990).** *Mental representations: a dual coding approach*. New York: Oxford University Press
- Reed, S. (1985).** Effects of computer graphics on improving estimates to algebra word problems. *Journal of Educational Psychology*, 77, 285-298.
- Schnotz, W., Böckheler, J., Grzondziel, H. (1999).** Individual and co-operative learning with interactive animated pictures, *European Journal of Psychology of Education*, 14, 245-265.
- Schnotz, W., Rasch, T. (2005).** Enabling, facilitating. and inhibiting effects of animations in multimedia learning: Why reduction of cognitive load can have negative results on learning, *Educational Technology Research & Development*, 53, 47-58.
- Stone, W. (1983).** Repetitive strain injuries. *Medical Journal of Australia* 10, 616-618.
- Theune, M., E. Krahmer, W. Bosma, E. Marsi en C. van Hooijdonk (te `verschijnen).** Antwoordpresentatie in een QA-systeem: Mag het ietsje meer zijn? *DIXIT, Tijdschrift over Toegepaste Taal- en SpraakTechnologie*
- Tindall-Ford, S., Chandler, P. and Sweller, J. (1997).** When Two Sensory Modes are Better than One. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3, 257-287
- Tversky, B., Morrison, J., & Betrancourt, M. (2002).** Animation; can it facilitate? *Int. J. Human-Computer Studies*, 57, 247-262.
- Westendorp, P. H. (2002).** *Presentation media for product interaction*. Delft University of Technology.

Williams, T., Smith, L, & Herrick, R. (1989). Exercise as a prophylactic device against carpal tunnel syndrome. *Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the Human Factors Society*, Santa Monica, CA, pp. 723-727.