

Precisietaken: implicaties voor ergonomoom en ontwerper

Marjolein M. Douwes & Maaïke A. Huysmans

In allerlei beroepen kom je precisiewerk tegen. Denk bijvoorbeeld aan CAD-tekenaars, chirurgen en laboranten. Zij moeten hun handen of instrumenten heel precies plaatsen of bewegen. Wat betekent dit voor de fysieke belasting en de taakprestatie? En welke consequenties heeft dit voor het ontwerp van producten en werkplekken? Via literatuuronderzoek in de database PubMed werd antwoord gezocht op deze vragen. Uit onderzoek blijkt dat precisiewerk vaak gepaard gaat met verhoogde spieractivatie, weinig afwisseling tussen verschillende (delen van) spieren, weinig afwisseling in houding en ongunstige werkhoudingen. Bovendien is de mentale belasting bij precisietaken vaak hoog, hetgeen op zich al een verhoogde spieractivatie kan veroorzaken. Daarnaast leiden hoge precisie eisen tot een lager werktempo of, als het tempo niet aangepast kan worden aan de precisie eisen, meer fouten en/of een minder efficiënte taakuitvoering. Op grond van de beschikbare onderzoeksresultaten hebben we adviezen geformuleerd voor het ontwerpen van taken, werkplekken en producten door ergonomen en ontwerpers.

Inleiding

Wat zijn precisie taken?

In veel beroepen wordt een groot deel van de tijd besteed aan precisiewerk; CAD-tekenaars, juweliërs en tandartsen hebben er voortdurend mee te maken. Wát er heel precies gedaan moet worden verschilt voor deze beroepen nogal; het kan gaan om nauwkeurig een bepaalde positie aanwijzen of beweging uitvoeren (positie- of bewegingsprecisie) maar ook om nauwkeurig een bepaalde kracht leveren (krachtprecisie). Ook het belang van een goede prestatie verschilt; voor een chirurg zijn de gevolgen van 'uitschieters' veel ernstiger dan voor een computertekenaar.

Informatie auteurs:

Drs. M. Douwes is onderzoeker/adviseur bij TNO Kwaliteit van Leven, Hoofddorp. Drs. M.A. Huysmans is promovenda bij Body@Work, Vrije Universiteit, Amsterdam.

Correspondentieadres

Marjolein Douwes, TNO Kwaliteit van Leven | Arbeid, Polarisavenue 151, Postbus 718, 2130 AS Hoofddorp, telefoon: 023 5549574, email: M.Douwes@arbeid.tno.nl.

De meest concrete omschrijving van precisie die we in de literatuur vonden is die van Lena Sperling e.a. (1993). Voor taken die met de hand of een instrument in de hand worden uitgevoerd onderscheiden zij drie verschillende precisieniveaus voor respectievelijk positieprecisie en krachtprecisie:

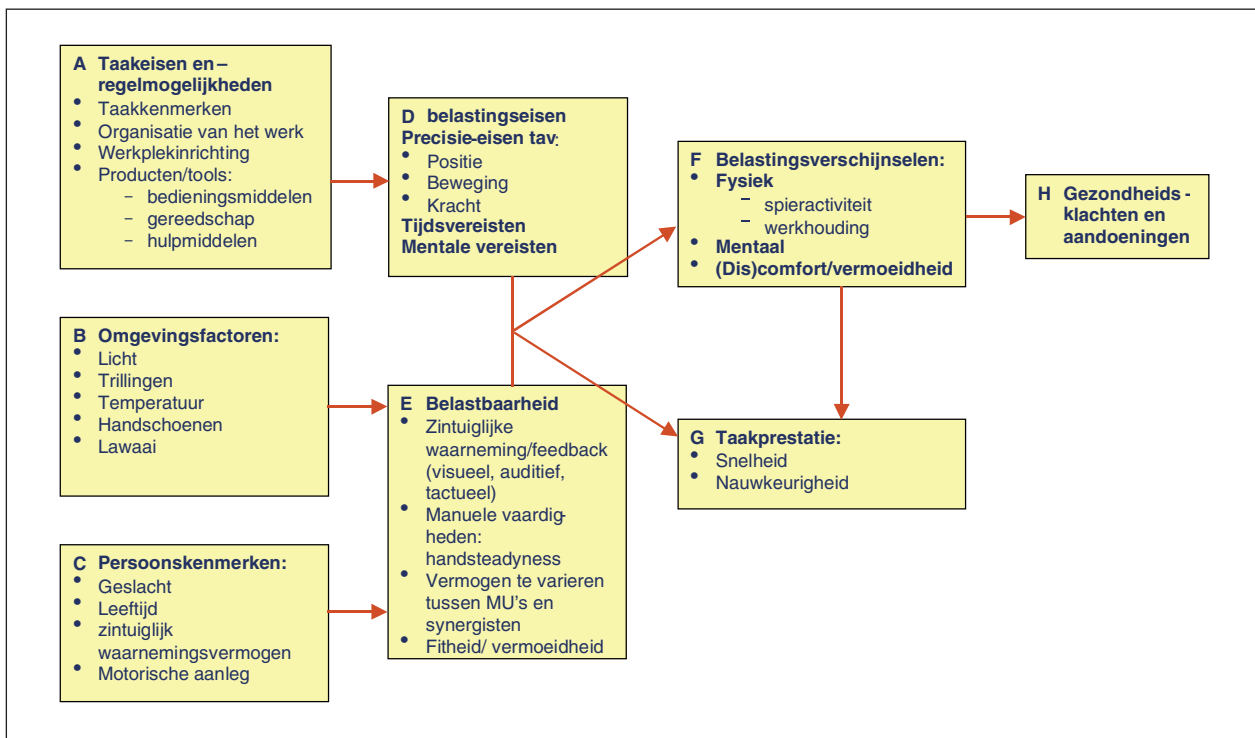
- Hoge precisie: de toegestane variatie in positie is minder dan 1 mm; voor kracht is dat 2% van de benodigde knijpkracht;
- Gemiddelde precisie: de toegestane variatie in positie is 1-5 mm; voor kracht is dat 2-10% van de benodigde knijpkracht;
- Lage precisie: de toegestane variatie in positie is groter dan 5 mm; voor kracht is dat meer dan 10% van de benodigde knijpkracht.

Hoewel dit een redelijk bruikbare indeling lijkt is het onduidelijk waar hij op is gebaseerd. Er is voor beide indelingen geen kwantitatieve relatie met fysieke belastingsverschijnselen of gezondheidsklachten bekend.

Risico's van precisietaken

Veel en langdurig precisiewerk wordt vaak in verband gebracht met klachten aan armen, nek en/of schouders (Milerad & Ericson, 1994; Sperling e.a., 1993,

Dieën & Visser, 2005). Over de relatie tussen precisie en gezondheidsklachten is echter weinig bekend. In onderstaand theoretisch schema geven we weer welke hypothesen we hadden over de relatie tussen precisiewerk en gezondheidsklachten. Enerzijds leiden taakeisen en regelmogelijkheden tot precisie-, tijds- en mentale belastingseisen. Anderzijds wordt de belastbaarheid van de werknemer (mede) bepaald door persoonskenmerken (zoals fysieke capaciteit en vaardigheden), maar ook door omgevingsfactoren zoals temperatuur en het dragen van handschoenen. De combinatie van belastingseisen en belastbaarheid resulteert in fysieke en mentale belastingsverschijnselen, die weer gezondheidsklachten tot gevolg kunnen hebben. Daarnaast zijn taakprestatie en comfort ook afhankelijk van de relatie tussen belastingseisen en belastbaarheid.



Figuur 1. Theoretisch schema voor de relatie tussen precisie en de fysieke en mentale belasting en gezondheid, taakprestatie en (dis)comfort

Maar in hoeverre klopt dit schema nu eigenlijk? Voor enkele van de relaties in dit theoretische schema wordt in deze studie nagegaan of deze wetenschappelijk te onderbouwen zijn. Onze onderzoeksvragen zijn:

1. Wat is de relatie tussen precisie eisen in het werk en fysieke belastingsverschijnselen?
2. Wat is de relatie tussen precisie eisen in het werk en taakprestatie?
3. Welke implicaties hebben eventuele gevonden relaties voor het ontwerpen van functies, taken, producten en werkplekken waar(in) sprake is van precisiewerk?

Methode

Om bovenstaande vragen te beantwoorden werd een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de effecten van precisiewerk op fysieke belastingsverschijnselen enerzijds en taakprestatie anderzijds. De gebruikte zoekstrategie in PubMed was als volgt: 1) Task performance and analysis [Mesh]; accuracy; task AND precision; precision AND demand; precision AND work; manual; dexterity; manipulation; 2) Performance; muscle AND activity; EMG; posture; grip; perceived tension; perceived exertion. 3) Alle afzonderlijk termen achter 1 werden gecombineerd middels een 'AND' boolean met elke afzonderlijke term achter 2.

Relevante publicaties werden zo in PubMed met 22

verschillende combinaties van Nederlandse en Engelse zoektermen. Er werd gezocht in de beschikbare literatuur tot en met april 2005. Artikelen werden eerst geselecteerd op basis van de titel. Vervolgens werden op basis van het abstract alleen die artikelen geselecteerd die relevante informatie bevatten voor beantwoording van een of meer onderzoeksvragen. In de referentielijsten van de gevonden relevante artikelen werd verder gezocht. Bovendien werden in Pubmed de 'related articles' van de relevante artikelen bekeken en eventueel nieuwe belangrijke artikelen geselecteerd. De vol-

ledigheid van de resulterende literatuurlijst en de daaruit verzamelde kennis werden getoetst bij zeven externe (Nederlandse en buitenlandse) onderzoekers op het gebied van precisietaken in de arbeid. Er vond geen toetsing van kwaliteitscriteria plaats. Alle relevante kennis en informatie met betrekking tot de onderzoeksvragen werden in het artikel beschreven. Op basis hiervan werden implicaties geformuleerd voor het beoordelen van fysieke belastingsverschijnselen en het ontwerpen van bij precisietaken gebruikte producten.

Resultaten

Het literatuuronderzoek leverde in totaal 248 publicaties op, waarvan er 35 op basis van de samenvatting relevant bleken te zijn. De belangrijkste bevindingen uit de literatuur staan hierna beschreven. Hoewel precisie in het werk in dit literatuuroverzicht in zijn algemeenheid bekeken is, is het opvallend dat de meeste studies betrekking hebben op computerwerk. Verder blijken de meeste studies zich te richten op fysieke belastingsverschijnselen in de nek, schouders en armen. Dit laatste is niet heel verrassend aangezien precisietaken voornamelijk met de bovenste extremiteiten worden uitgevoerd.

De relatie tussen precisie eisen en fysieke belastingsverschijnselen

Uit experimenten waarbij met EMG de spieractiviteit is gemeten blijkt dat het uitvoeren van (positie of kracht)precisietaken tot een verhoogde spieractivatie van nek-, schouder- en polsspieren kan leiden. Dit is met name het geval in onderzoek waarbij is gecorrigeerd voor de snelheid waarmee de taak wordt uitgevoerd (Laursen e.a., 1998; Visser e.a. 2004; Milerad & Ericson, 1994). De taaksnelheid blijkt namelijk vaak af te nemen bij toename van precisie eisen, om zo de taak toch goed te kunnen uitvoeren. Dit verklaart dat enkele onderzoekers bij nauwkeurig werken toch een lagere of gelijkblijvende spieractivatie vonden (Birch e.a., 2000; Laursen e.a., 1998).

De neuromotorische ruistheorie geeft een verklaring voor de verhoogde spieractivatie bij precisietaken (Van Galen & Müller, 2001; Hoozemans e.a., 2005). Van nature is er bij bewegen altijd een beetje ruis, zoals duidelijk te zien is bij een laserpointer die gebruikt wordt bij presentaties. Het lichtpuntje trilt altijd een beetje en dat wordt erger bij mentale druk (Van Galen e.a., 2002). Door het verhogen van de spieractiviteit van zowel de buigers als de strekkers van de arm kan de presentator de stabiliteit van

de arm verhogen, waardoor het lichtpuntje minder trilt. Een andere mogelijkheid om de stabiliteit te vergroten is de arm of laserpointer tegen het lichaam of het spreekgestoelte aan te drukken (Hoozemans e.a., 2005). Een vergelijkbaar fenomeen zien we bij experimenten met schrijftaken waarin proefpersonen de pendruk verhogen onder verhoogde mentale druk (van Gemmert & van Galen, 1997).



Figuur 2. Tandartsen voeren overwegend precisiewerk uit.

Het effect van precisie eisen in de taak op de spieractivatie wordt vaak in combinatie met mentale belasting onderzocht. Uit de studie van Visser e.a. (2004) bleken zowel precisie eisen als mentale druk tot een verhoging van de spieractivatie te kunnen leiden, waarbij het effect van mentale druk groter bleek dan dat van precisie. De mentale belasting bestond uit een instructie om zo goed mogelijk te presteren en het geven van strafpunten als de prestatie onvoldoende was.

In enkele studies is precisie in combinatie met tijdsdruk en mentale druk onderzocht. Een combinatie van deze factoren bleek tot een toename in activiteit van de nekspieren (Laville, 1985) en schouder- en armspieren (Birch e.a., 2000b) te leiden. Naast die toename van spieractiviteit bleek ook dat bij toename van precisie minder mogelijkheid is tot

het afwisselen tussen verschillende groepjes spiervezels (motor units) of verschillende spieren (Birch e.a. 2000a). Ondanks een lage gemiddelde spierbelasting bij precisietaken, worden daardoor sommige spiergroepen toch langdurig en hoog belast.

Voor het uitvoeren van snelle precieze bewegingen met de armen lijkt een goede stabilisatie van de romp van belang. Li en Haslegrave (1999) vonden dat bij assemblagewerk het hoofd en de romp relatief stil (statisch) gehouden werden en dat vooral de armen bewogen. Ook Laville e.a. (1985) vonden een afname in houdingsvariatie van de romp bij toenemende precisie eisen.

Tenslotte kan precisiewerk leiden tot ongunstige werkhoudingen, bijvoorbeeld een sterkere buiging van de nek om de ogen dichterbij het kijkpunt (de handen, de taak of het scherm) te brengen (Laville, 1985).

De relatie tussen precisie eisen en taakprestatie

Er is een relatie tussen de snelheid of tijdsduur van een taak en de nauwkeurigheid waarmee de taak wordt uitgevoerd. Deze relatie is ook besloten in Fitts' law (Fitt, 1954), welke voor snelle, doelgerichte aanwijsbewegingen stelt dat de bewegingstijd toeneemt naarmate de doelgrootte afneemt en de afstand tot het doel toeneemt. Wanneer een hoge mate van precisie vereist is in de taak, blijkt de snelheid af te nemen om aan de precisie eisen te kunnen voldoen (Laursen e.a., 1998; Fernandez & Bootsma, 2004). Uit een studie van Birch e.a. (2000) bleek een computertaak zelfs 50% langer te duren als heel nauwkeurig moest worden gewerkt. Als de snelheid niet kan worden aangepast aan toenemende precisie eisen neemt de nauwkeurigheid van de taakuitvoering af, ofwel het aantal fouten neemt toe (Brouwer e.a., 2001; Laursen e.a., 1998, Huysmans e.a., geaccepteerd; Visser e.a., 2004) of de efficiëntie van de taakuitvoering neemt af. Zo vonden Birch e.a. (2000b) een toename in het aantal afgelegde pixels bij toename van de precisie eisen in een computertaak.

De prestatie op een precisietaak blijkt ook afhankelijk te zijn van de positie of bewegingsrichting van de taak ten opzichte van de persoon. Bij een volgtaak op de computer met een pen op een tablet bleek de prestatie in het kwadrant rechtsonder significant slechter te zijn dan in het kwadrant rechtsboven (Brouwer e.a., 2001). De auteurs verklaren dit doordat in het kwadrant rechtsonder de pols in meer extreme gewrichtsstanden bewoog. Tijdens een aanwijstaak

op de computer blijkt ook de richting van aanwijzen van invloed te zijn op de taakprestatie (Fernandez & Bootsma, 2004). In de links-rechts richting en in de rechtsboven-linksonder richting konden punten sneller en nauwkeuriger aangewezen worden dan in de andere richtingen. Deze effecten waren groter bij hogere precisie eisen. De verklaring zocht men in het feit dat de eerstgenoemde bewegingen met de onderarm en hand worden uitgevoerd, terwijl voor de laatste ook de bovenarm moet bewegen. Eman e.a. (2002) vonden dat hechten (in een plat vlak voor de chirurg) in een boven-onder richting sneller was en minder plaatsingsfouten opleverde dan hechten in een rechts-links richting. De auteurs verklaarden dit met een minder geforceerde flexie in de pols bij 'verticaal' hechten.

Tenslotte blijken taakprestaties bij precisietaken af te nemen met toenemende leeftijd (Alkjaer e.a., 2005; Laursen e.a., 2001; Smith e.a., 1999). Dit zou verklaard kunnen worden doordat toenemende leeftijd gepaard gaat met een afname van de stabiliteit van de hand, de oog-handcoördinatie en de reactiesnelheid (Steenbekkers & van Beijsterveldt, 1998).

Bij taken die uitgevoerd worden met een invoermiddel is de relatie tussen de mate van precisie en taakprestatie te manipuleren via de display-control gain ('gain'). Deze gain geeft de verhouding weer tussen de input (bijvoorbeeld de beweging van een joystick of computermuis) en de output (van een machine of een cursor op het computerscherm; Buck, 1980). Bij een lage gain leidt een kleine input (kleine muisverplaatsing) tot een kleine output (kleine cursorverplaatsing). Bij een hoge gain leidt een kleine input (kleine muisverplaatsing) tot een grote output (grote cursorverplaatsing). De optimale gain is te vinden door de voordelen van een hoge gain (sneller bij het doel), af te wegen tegen de voordelen van een lage gain (minder correctieve bewegingen; Buck e.a., 1980). Niet alleen de grootte van de gain kan geoptimaliseerd worden, maar ook het verloop ervan. Zo vonden Fernandez e.a. (2004) bij een computer aanwijstaak dat een niet-lineair (logistisch) verloop van de gain tot een betere prestatie leidde dan een lineaire gain. Dit voordeel nam bovendien toe naarmate de doelen kleiner werden. Door het optimaliseren van de grootte en het verloop van de gain kan een aanzienlijke verbetering in taakprestatie behaald worden (Huysmans e.a., 2006; Sandfeld & Jensen, 2005; Fernandez e.a., 2004; Lin e.a., 1992; Keyson e.a., 1997).

De optimale gain lijkt echter niet alleen afhankelijk te zijn van taakkenmerken, zoals de mate van precisie in de taak, maar ook van persoonskenmerken, zoals leeftijd en van het type invoermiddel. Oudere proefpersonen hebben meer moeite met een hoge gain dan jongere proefpersonen (Sandfeld & Jensen, 2005). In de studie van Lin e.a. (1992) bleek de optimale gain voor een met het hoofd bestuurd cursor lager te zijn dan voor een met de hand bestuurd computermuis. De optimale gain voor een joystick met een groot handvat lijkt hoger te liggen dan voor een joystick met een klein handvat (Huysmans e.a., 2006).

Discussie

Implicaties voor ontwerper en ergonoom

Welke implicaties hebben bovenstaande bevindingen uit de literatuur nu voor het ontwerp van functies, taken, producten en werkplekken? Hoe zou de ontwerper of de ergonoom in zijn werk rekening kunnen houden met bovenstaande bevindingen uit de literatuur? Op grond van de gevonden effecten op fysieke belastingsverschijnselen en taakprestatie geldt in elk geval het volgende advies: vermijd precisietaken waar mogelijk door goed ontwerp van het werk, de werkomgeving, producten en gereedschap. Welke mate van precisie daarbij als grenswaarde gehanteerd zou moeten worden kunnen we niet afleiden uit de literatuur en zullen proefondervindelijk moeten worden vastgesteld. Het is bovendien aan te raden om bij het vaststellen van die grenswaarden rekening te houden met de leeftijd, omdat oudere werknemers meer problemen kunnen hebben met precisietaken dan hun jongere collega's (Steenbekkers & van Beijsterveldt, 1998; Alkjaer e.a., 2005; Laursen e.a., 2001; Smith e.a., 1999; Sandfeld & Jensen, 2005). Naast deze algemene adviezen hebben we uit de beschikbare kennis enkele concrete ontwerpadviezen afgeleid. Deze zijn hierna beschreven. Tussen haakjes zijn de studies vermeld waarop de adviezen zijn gebaseerd.

Ontwerp van functies en taken

Omdat bij precisietaken de spieren zeer statisch belast worden is het van belang om precisiewerk af te wisselen met ander werk, pauzes en/of micropauzes (Birch e.a. 2000a; Li & Haslegrave 1999; Laville e.a. 1985). Als precisie eisen van het werk worden verminderd is het van belang erop te letten dat de snelheid van de taak niet omhoog gaat. Om die reden is het aan te raden dat de werknemer de snelheid van werken (zelf) aan kan passen aan de vereiste precisie (Birch e.a., 2000; Laursen e.a., 1998).

Ontwerp van producten en werkplekken

Is het verlagen van de precisie eisen niet mogelijk, dan is het belangrijk aandacht te besteden aan zaken die nauwkeurig werken makkelijker maken, zoals:

- zorgen voor stabilisatiemogelijkheden, bijvoorbeeld armondersteuning om spieractivatie door het armgewicht te verkleinen en stabiliteit voor uitvoering van de precisietaak te vergroten (Hoozemans e.a., 2005; van Gemmert & van Galen, 1997).
- kiezen van de optimale positie en bewegingsrichting van de taak, zodat houdingen en gewrichtsstanden optimaal zijn voor de uit te voeren taak (Fernandez & Bootsma, 2004; Eman e.a., 2002). De optimale positie en bewegingsrichting verschilt per taak en (eventueel) gebruikt instrument of gereedschap;
- zorgen voor goed zicht op de taak om ongunstige werkhoudingen te voorkomen (Laville, 1985);
- zorgen dat precisietaken en verfijnde manipulatie met de wijsvinger kunnen worden uitgevoerd in plaats van met de duim, zoals bijvoorbeeld het bedienen van trackballs (Vervoort & Kiss, 1998);
- vermijden van uitvoeren van precisietaken in koude ruimten (Blomkvist & Gard, 2000);
- vermijden van het uitvoeren van precisietaken met te dikke handschoenen voor goede tactiele feedback (St. Germaine e.a., 2003).

Ontwerp van beeldschermwerk(plek)

Er zijn verschillende manieren om bij beeldschermwerk de precisie eisen te verminderen. Voorbeelden zijn:

- vergroten van letters en iconen (Keyson, 1997) of iconen groter laten worden als je er met de cursor in de buurt komt of gebruik maken van iconen die de cursor 'naar zich toe trekken' (Sandfeld & Jensen, 2005; Dennerlein & Yang, 2001);
- aanpassen van de software, bijvoorbeeld functietoetsen gebruiken in plaats van de muis voor aanwijstaken;
- optimaliseren van de grootte en het verloop van de display-control gain (Huysmans e.a., 2006; Sandfeld & Jensen, 2005; Fernandez e.a., 2004; Lin e.a., 1992; Keyson e.a., 1997);
- vermijden van werken in de rechteronderhoek van het scherm; iconen bij voorkeur in de linkeronderhoek en rechterbovenhoek plaatsen en niet in de linkerbovenhoek en rechteronderhoek van het scherm (Fernandez e.a., 2004).

Conclusies

Op grond van bovenstaande informatie en overwegingen trekken we de volgende conclusies met betrekking tot de drie onderzoeksvragen.

De relatie tussen precisie eisen en fysieke belastingsverschijnselen

Precisiewerk kan gepaard gaan met zeer statische werkhoudingen, ongunstige werkhoudingen, verhoogde spieractivatie en verminderde afwisseling tussen verschillende (delen van) spieren. Die verhoogde spieractivatie biedt de stabiliteit die nodig is om de natuurlijke ruis in bewegingen te onderdrukken. De mentale belasting die vaak gepaard gaat met precisietaken kan echter ook de verhoogde spieractivatie verklaren. Hoewel de relatie met gezondheidsklachten niet is aangetoond is het aannemelijk dat de genoemde effecten leiden tot snellere spiervermoeidheid en een verhoogde kans op klachten.

De relatie tussen precisie eisen en prestatie

Bij hoge precisie eisen zal de snelheid van de taakuitvoering worden verlaagd om aan de precisie eisen te kunnen voldoen. Kan de snelheid niet worden aangepast, dan zullen toenemende precisie eisen leiden tot meer fouten en/of afname van de efficiëntie van de taakuitvoering. De positie en bewegingsrichting in de ruimte zijn van invloed op de prestatie (snelheid en fouten) bij precisietaken. Dit lijkt verklaarbaar uit het effect van die posities op de houdingen (gewrichtsstanden) van pols, elleboog en schouder en de mate waarin ook de arm moet worden ingezet voor de taakuitvoering. Bij taken met een invoermiddel is de mate van precisie te optimaliseren via de display-control gain. Door het optimaliseren van de grootte en het verloop van de gain kan een aanzienlijke verbetering in taakprestatie behaald worden.

Implicaties voor ontwerper en ergonomoos

Het is van belang door goed ontwerp van het werk, de werkomgeving en de gebruikte producten en tools de noodzaak tot heel nauwkeurig werken zoveel mogelijk te voorkomen. Bovendien is het van belang, indien precies werken niet voorkomen kan worden, dat de werknemer zelf de snelheid van werken kan bepalen, dat voldoende afwisseling met andere taken bestaat en dat voldoende (korte) pauzes genomen kunnen worden. Het is een uitdaging voor de ontwerper en ergonomoos om producten, werkplekken en computersoftware zodanig vorm te geven dat zij het uitvoeren van precisietaken vergemakkelijken. Enkele adviezen zijn in de discussie sectie gegeven.

Aanbevelingen

Bovenstaande adviezen zijn overwegend kwalitatief van aard en grotendeels gebaseerd op onderzoek bij beeldschermwerk. Verder onderzoek is nodig om

kwantitatieve ontwerpeisen te ontwikkelen, zowel voor beeldschermwerk als voor ander type werk. Bovendien zijn de gepresenteerde adviezen gebaseerd op korte termijn effecten op de fysieke belasting, vermoeidheid, ongemak en taakprestatie. Het is van belang om vast te stellen of hoge precisie eisen in het werk ook tot gezondheidsklachten op de langere termijn leiden. Tenslotte is in dit stuk met name de aandacht gericht op positie- of bewegingsprecisie. Het verdient aanbeveling in de toekomst ook de effecten van krachtprecisie op de gezondheid in kaart te brengen.

Referenties

- Alkjaer T, Pilegaard M, Bakke M, Jensen BR. Effect of aging on performance, muscle activation and perceived stress during mentally demanding computer tasks. *Scand J Work Environ Health* 2005;31(2):152-159.
- Birch L, Graven-Nielsen T, Christensen H e.a. Experimental muscle pain modulates muscle activity and work performance differently during high and low precision use of a computer mouse. *Eur J Appl Physiol* 2000;83:492-8.
- Birch L, Juul-Kristensen B, Jensen C, e.a. Acute response to precision, time pressure and mental demand during simulated computer work. *Scand J Work Environ Health* 2000;26:299-305.
- Blomkvist AC, Gard G. Computer usage with cold hands; an experiment with pointing devices. *Int J Occup Saf Ergon* 2000;6:429-50.
- Brouwer B, Mazzoni C, Pearce GW. Tracking ability in subjects symptomatic of cumulative trauma disorder: does it relate to disability? *Ergonomics* 2001;44(4):443-56.
- Buck L. Motor performance in relation to control-display gain and target width. *Ergonomics* 1980;23:579-589.
- Dennerlein JT, Yang MC. Haptic force-feedback devices for the office computer: performance and musculoskeletal loading issues. *Human Factors* 2001;43(2):278-286.
- Eman TA, Hanna G, Cuschieri A. Ergonomic principles of task alignment, visual display, and direction of execution of laparoscopic bowel suturing. *Surg Endosc* 2002;16:267-271.
- Fitts PM. The information capacity of the human motor system in controlling amplitude of movement. *J Exp Psychology* 1954;47(6):381-391.
- Fernandez L, Bootsma RJ. Effects of biomechanical and task constraints on the organization of movement in precision aiming. *Exp Brain Res* 2004;159:458-466.
- Hoozemans MJM, Visser B, Huysmans MA e.a. Spierbelasting en RSI. *Geneeskunde en Sport* 2005;38:7-13.
- Huysmans MA, Looze MP, Hoozemans MJM e.a. The effect of joystick handle size and gain at two levels of required precision on performance and physical load on crane operators. *Ergonomics* 2006;49(11):1021-1035.
- Keyson DV. Dynamic cursor gain and tactual feedback in the capture of cursor movements. *Ergonomics* 1997;40(12):1287-1298.

Laursen B, Jensen BR, Sjøgaard G. Effect of speed and precision demands on human shoulder muscle electromyography during a repetitive task. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998;78:544-8.

Laursen B, Jensen BR, Ratkevicius A. Performance and muscle activity during computer mouse tasks in young and elderly adults. *Europ J Appl Physiology* 2001;84(4):329-336.

Laville A. Postural stress in high-speed precision work. *Ergonomics* 1985;28:229-36.

Li G, Haslegrave CM. Seated work postures for manual, visual and combined tasks. *Ergonomics* 1999;42(8):1060-86.

Lin ML, Radwin RG, Vanderheijden GC. Gain effects on performance using a head-controlled computer input device. *Ergonomics* 1992;35:159-75.

Milerad E, Ericson MO. Effects of precision and force demands, grip diameter, and arm support during manual work: an electromyographic study. *Ergonomics* 1994;37:255-64.

Sandfeld J, Jensen BR. Effect of computer mouse gain and visual demand on mouse clicking performance and muscle activation in a young and elderly group of experienced computer users. *Applied Ergonomics* 2005;36:547-555.

Smith CD, Umberger GH, Manning EL e.a. Critical decline in fine motor hand movements in human aging. *Neurology* 1999;53:1458-61.

Smith MW, Sharit J, Czaja, SJ. Aging, motor control, and the performance of computer mouse tasks. *Human Factors* 1999;41(3):389-396.

Steenbekkers, Beijsterveldt CEM van. Design-relevant characteristics of ageing users. Technische Universiteit, Delft, 1998.

Sperling L, Dahlman S, Wikstrom L, Kilbom A. and Kadefors R. A cube model for the classification of work with hand tools and the formulation of functional requirements. *Appl Ergon* 1993;24:212-20.

St. Germaine RL, Hanson J de, Gara CJ. Double gloving and practice attitudes among surgeons. *Am J Surgery* 2003;185:141-145.

Van Dieën JH, Visser B, Hermans V. 2003. The contribution of task-related biomechanical constraints to the development of work-related myalgia. In: H Johansson, U Windhorst, M Djupsjöbacka, M Passatore (Eds). *Chronic work-related myalgia Neuromuscular mechanisms behind work-related chronic muscular syndromes*. Gävle, Sweden: Gävle University press. 83-93.

Van Galen GP, Müller M. Stress, neuromotorische ruis en spierspanning en het ontstaan van RSI. *Tijdschrift voor Ergonomie* 2001;26:3-17.

Van Galen GP, Müller MLTM, Meulenbroek RGJ, Van Gemmert AWA. Forearm EMG response activity during motor performance in individuals prone to increased stress reactivity. *Am J Ind Med* 2002;41:406-419

Van Gemmert AW, Van Galen GP. Stress, neuromotor noise, and human performance: a theoretical perspective. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1997;23:1299-313.

Vervoort F, Kiss Ph. De computermuis, Arbeidsgezondheidszorg en Ergonomie 1998;35(3):113-119.

Visser B, De Looze M, De Graaff M, van Dieën J. Effects of precision demands and mental pressure on muscle activation and hand forces in computer mouse tasks. *Ergonomics* 2004;47:202-17.

Visser B, Van Dieën JH e.a. Pathophysiology of upper extremity muscle disorders, review. *J Electromyography and Kinesiology* 2006;16:1-16.

Abstract

High precision tasks are required in many professions, such as CAD-designers, surgeons and laboratory employees. What implications do high precision demands at work have for the physical load and task performance? And what recommendations can be given for the design of tasks, products and work places? To answer these questions we performed a literature study in PubMed. Literature shows that higher precision demands often implicate increased muscle activation, reduced variation between muscles (groups) or motor units and increased head inclination or arm elevation. Moreover, mental load is often increased too and can in itself cause increased muscle activity. With respect to the task performance high precision demands can cause increased task duration or (if the duration is kept constant) an increased error rate and/or reduced task efficiency. We used the information from literature to formulate recommendations for the ergonomists and designer with respect to designing tasks, work places and products. 