

200014545

De optimale sportafstand voor de ladder van de glazenwasser

C.N. Reijneveld, M.P. de Looze, M.J.M. Hoozemans, M.P. van der Grinten, E.M. de Korte, I. Kingma

Voor de glazenwasser die met staande ladders werkt, is een goede ladder van groot belang. Zijn werk bestaat immers vooral uit het lopen en werken op en het verplaatsen van de ladder. Er is veel discussie over ladders en vooral over de optimale sportafstand bij staande ladders. Bij de meeste glazenwassers bestaat een voorkeur voor een sportafstand van 35 cm, terwijl de Arbeidsinspectie een sportafstand aanbeveelt van maximaal 30 cm. In het hier beschreven onderzoek wordt een vergelijking gemaakt tussen sportafstanden van 30 en 35 cm voor wat betreft de fysieke belasting, het gebruikersgemak en de veiligheid van glazenwassers.

De meeste glazenwassers in Nederland zijn gewend aan staande ladders met een sportafstand van 35 cm. De 35 cm sportafstand was, volgens informatie uit de branche, al aan de orde toen men rond 1890 voor het eerst professioneel ging glazenwassen. Die 35 cm zou zelfs terug te voeren zijn tot de grootte van de mazen van het want op onze V.O.C.-schepen in de 17^{de} eeuw: de mazen in het want waren destijds 30 cm; eenzelfde tussenruimte voor twee opeenvolgende sporten en daarbij opgeteld de hoogte van een sport (5 cm), zou de sportafstand van 35 cm opgeleverd hebben.

De Arbeidsinspectie ziet nu voor sportafstanden een wenselijke marge van 25 tot 30 cm. Zij baseert zich hiermee op de NEN-norm 2484. Deze norm lijkt weer gebaseerd te zijn op NEN 3423 ('houten ladders voor algemeen gebruik') uit 1971. De wetenschappelijke onderbouwing voor deze normen is echter onduidelijk en referenties naar wetenschappelijke literatuur worden niet geleverd. Kortom, omtrent de optimale sportafstand bestaat discussie, waarbij goed onderbouwde argumenten om deze discussie te voeren grotendeels ontbreken. Om die reden is TNO Arbeid gevraagd de verschillen tussen ladders met sportafstanden van 30 en 35 cm te onderzoeken, voor wat betreft fysieke belasting, veiligheid en gebruikers-

gemak. Dit onderzoek is in samenwerking met de Faculteit der Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit uitgevoerd.

Methode

Vorbereiding

Het onderzoek is gestart in de praktijk. Video-opnames van en interviews met vier glazenwassers leverden informatie over de aard en duur van de taken van een glazenwasser, de variatie in gebruikte technieken en de relevante aspecten met betrekking tot fysieke belasting, gebruikersgemak en veiligheid. Op basis van dit inzicht is het experiment, om de verschillen tussen beide sportafstanden vast te stellen, opgezet. Deze opzet wordt hieronder besproken.

Proefpersonen

Elf gezonde glazenwassers namen als proefpersoon deel aan het onderzoek. Op basis van hun lichaamslengte werden zij verdeeld in twee groepen, namelijk 'kort' (zes personen, 1.67 m - 1.77 m en 'lang' (vijf personen, 1.80 m - 1.92 m). Van de proefpersonen hadden zes uitsluitend ervaring met een sportafstand van 35 cm en vijf zowel met een 35 als een 30 cm sportafstand. Zeven personen waren gewend te werken op houten ladders, vier op aluminium.

Taken

De proefpersonen voerden de volgende taken steeds tweemaal uit, éénmaal bij de 30 cm en éénmaal bij de 35 cm sportafstand (in wisselende volgorde). Hierbij maakten ze gebruik van ladders van het materiaal (hout of aluminium) waaraan ze gewend waren.

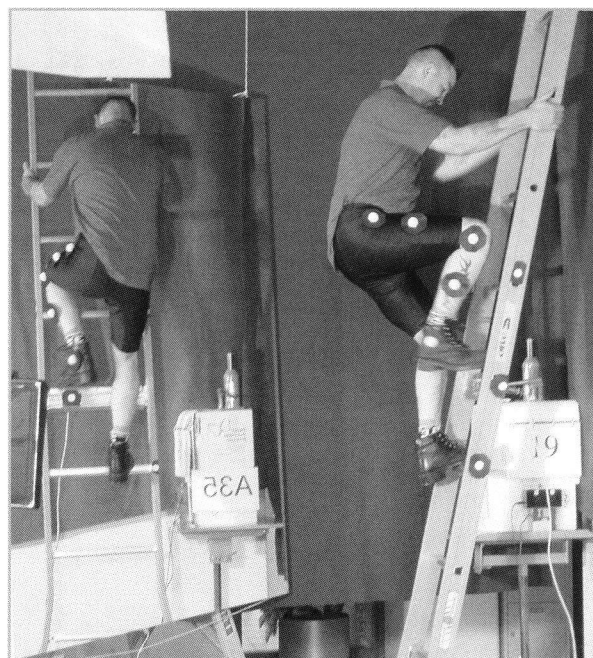
Ir. C.N. Reijneveld, dr. M.P. de Looze, ir. M.P. van der Grinten, drs. E.M. de Korte zijn als onderzoeker/adviseur werkzaam bij TNO Arbeid. Dr. M.J.M. Hoozemans en dr. I. Kingma zijn onderzoeker/docent bij de Vrije Universiteit, Faculteit der Bewegingswetenschappen. Het onderzoek is verricht in opdracht van 'OSB (Ondernemersorganisatie Schoonmaak en Bedrijfsdiensten) segment AWOG' en is gefinancierd door het Hoofdbedrijfsschap Ambachten. Contactpersoon: Michiel de Looze, m.dlooze@arbeid.tno.nl

- 1 Een protocol aan activiteiten werd uitgevoerd aan de buitenzijde van het gebouw van TNO Arbeid. Dit protocol vormde een nabootsing van het dagelijkse werk van glazenwassers. Het behelsde de uitvoering van vijf, direct opeenvolgende, series van activiteiten; ladder verplaatsen langs gevel, klimmen naar tweede verdieping, links en rechts wassen, dalen naar eerste verdieping, links en rechts wassen en dan helemaal naar beneden.
- 2 Diverse specifieke activiteiten werden afzonderlijk uitgevoerd, namelijk: uitschuiven ladder, inschuiven ladder, rechtopstaande ladder tillen/verplaatsen en ingeschoven ladder tillen.
- 3 Vervolgens werd het lopen op de ladder (klimmen en dalen) afzonderlijk geanalyseerd. Dit gebeurde op een ladder, waarbij een van de sporten was geïnstrumenteerd met een krachttransducer voor het meten van de afzetkrachten.

Bij al deze activiteiten probeerden de proefpersonen zoveel mogelijk op een 'normale' manier en in een 'normaal' tempo te werken.

Metingen

Tijdens de uitvoering van het protocol (taak 1) werd de hartslagfrequentie geregistreerd. De hartslagfrequentie (HF) werd omgerekend naar de 'heart rate reserve' ($HRR = (HF_{\text{taak}} - HF_{\text{rust}}) / (HF_{\text{max}} - HF_{\text{rust}})$), waarbij $HF_{\text{max}} = 220 - \text{leeftijd}$), als maat voor de energetische belasting van de glazenwasser (Astrand en Rohdahl, 1986). Video-opnames werden gemaakt ter controle van de uitvoering en het maken van een expertoordeel omtrent het gebruikersgemak en de veiligheid. Daarnaast werd proefpersonen na afloop gevraagd



FIGUUR 1.

Opstelling voor de bestudering van houding, beweging en kracht tijdens klimmen en dalen. Krachttransducer is ingebouwd in de ladder. Voor een analyse in 3 dimensies is gebruik gemaakt van een spiegel, die een gelijktijdig zij- en achteraanzicht op de glazenwasser mogelijk maakt.

naar de ervaren belasting en vermoeidheid, en naar het ervaren gebruikersgemak en veiligheid.

Tijdens de uitvoering van de specifieke activiteiten (taak 2) werden ook video-opnames gemaakt en specifieke vragen gesteld over gebruikersgemak en veiligheid. De mate van ervaren belasting werd door de proefpersonen aangegeven op een 10-puntsschaal. Tijdens het klimmen en dalen op de geïnstrumenteer-

Taken	Onderzochte aspecten	Meetmethoden
Protocol aan activiteiten	Fysieke belasting: • Energetische belasting • Ervaren belasting • Ervaren vermoeidheid Gebruikersgemak/efficiency Veiligheid	Hartslagfrequentie-registratie Subjectieve schaal Subjectieve schaal Vragenlijst, video-analyse/expert-oordeel Vragenlijst, video-analyse/expert-oordeel
Specifieke activiteiten	Fysieke belasting: • Mechanische belasting • Ervaren belasting Gebruikersgemak/efficiency Veiligheid	Video-analyse/expert-oordeel Subjectieve schaal Vragenlijst, video-analyse/expert-oordeel Vragenlijst, video-analyse/expert-oordeel
Klimmen en dalen	Mechanische belasting op voetzool, enkel, knie en heup	3-D bewegingsanalyse en 3-D krachtregistratie op voet

Tabel 1. Taken, onderzochte aspecten en meetmethoden.

de ladders (taak 3) werd de kracht die de voet levert op een sport van de ladder in drie richtingen gemeten. Daarnaast werd met behulp van een spiegel en camera een video-opname gemaakt van de glazenwasser vanuit zij- en achteraanzicht (zie figuur 1).

Kracht- en bewegingsdata zijn als input gebruikt voor een 3D biomechanisch model (Kingma e.a., 1996). Hiermee is de belasting van enkel, knie en heup berekend.

Bestudeerde aspecten van veiligheid betroffen: het uitglijdrisico bij het ladderlopen (op basis van de verhouding horizontale en verticale afzetkracht), het risico op het stoten van een knie tegen een sport, de mate van voorkomen van driepuntsafsteuning (b.v. twee handen en een voet) en de horizontale afstand van het lichaamszwaartepunt t.o.v. het steunvlak bij het ladderlopen en 'de ervaren veiligheid'. Deze items werden bestudeerd middels vragenlijsten, expert-beoordeling videomateriaal en krachtmetingen.

Tabel 1 geeft een overzicht van taken, onderzochte aspecten en meetmethoden.

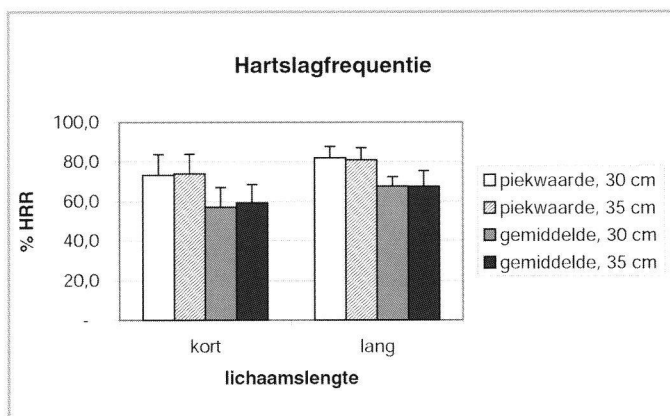
Resultaten

Energetische belasting

De uitvoering van het protocol aan activiteiten, doet de hartfrequentie snel toenemen, vooral tijdens de eerste cyclus. Vanaf de tweede cyclus neemt de hartfrequentie niet verder toe.

Figuur 2 toont de piek en de gemiddelde HRR-waarden tijdens de uitvoering van het protocol van activiteiten voor de 30 en 35 cm sportafstand.

De voornaamste bevinding was dat er geen significante verschillen in HRR werden gevonden tussen de 30 en 35 cm sportafstand. Dit gold zowel voor de 'korte' als 'lange' glazenwassers.



FIGUUR 2.

Piek- en gemiddelde waarden van de heart rate reserve voor de 'korte' en 'lange' groep en voor de 30 cm en de 35 cm sportafstand.

Mechanische belasting bij het klimmen en dalen

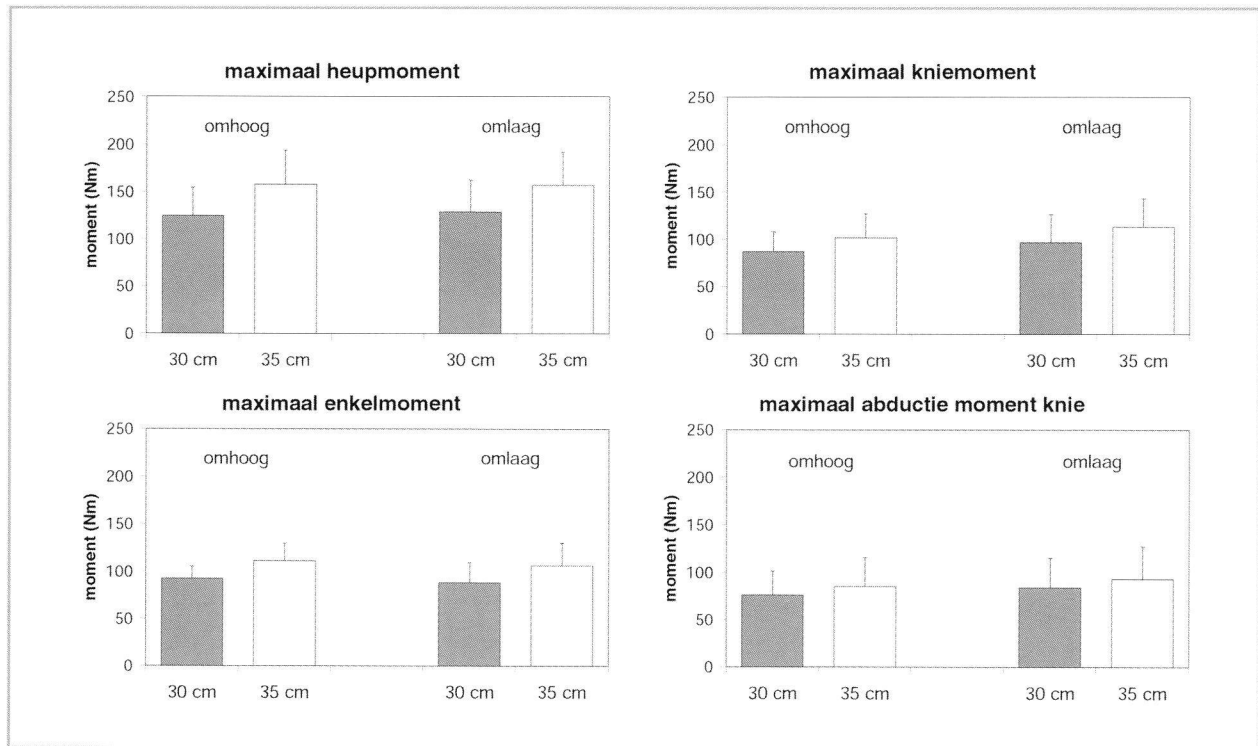
Figuur 3 toont de piekbelasting van de enkel, knie en heup bij het klimmen en dalen op de ladder in termen van totaal moment rond het betreffende gewricht. Omdat de belasting van de knie zich voor 80% buiten het flexie/extensie-vlak van de knie bevond, is voor de knie ook het (zijwaartse) 'abductie-moment' weergegeven. De resultaten voor de korte en lange groep waren niet verschillend en daarom worden uitsluitend de resultaten voor de totale groep gepresenteerd.

Het bleek dat het totale moment rond de enkel, knie en heup bij het klimmen en dalen significant hoger was bij de 35 cm sportafstand dan bij de 30 cm sportafstand, respectievelijk 20%, 15% en 23% (gemiddeld over klimmen en dalen). De zijwaartse belasting van de knie bij het klimmen was 8% hoger bij de 35 cm sportafstand in vergelijking tot de 30 cm sportafstand en niet significant verschillend bij het dalen. De krachten op de voetzool waren overigens niet verschillend tussen beide sportafstanden, noch voor de korte, noch voor de lange groep. De verschillen in gewrichtsmomenten zijn daarom terug te voeren tot houdingsverschillen en niet tot verschillen in de kracht op de voeten (bijvoorbeeld: door de minder horizontale stand van het bovenbeen tijdens de afzet bij de 30 cm sportafstand, zijn de momentsarmen van de afzetkracht t.o.v. heup en knie kleiner en daardoor is ook het knie- en heupmoment lager).

Mechanische belasting bij het tillen van de ladder

De mechanische belasting van met name rug en schouders hangt samen met het te tillen gewicht van de ladder. Een ladder met sportafstand 35 cm heeft een iets lager gewicht dan een ladder met sportafstand 30 cm. Nemen we bijvoorbeeld twee aluminium (type: DGG) ladders van ongeveer 12 m, de één met 3x14 en de ander met 3x16 sporten, dan is het verschil ongeveer 1 kg ofwel 4,4% (43 kg versus 42 kg).

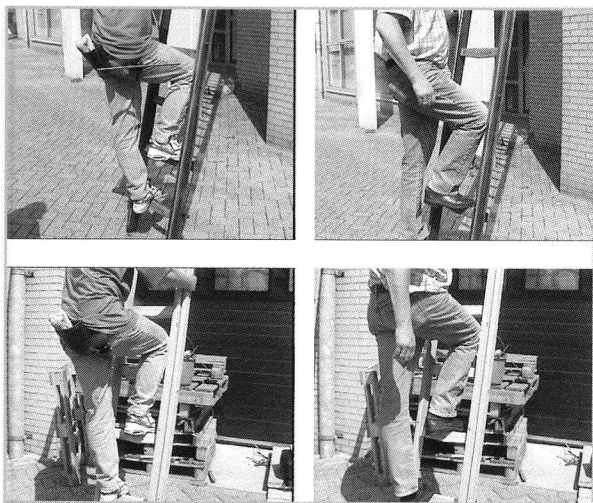
De mechanische tilbelasting hangt ook af van de lichaamshouding waarin getild wordt. Om een uitgeschoven ladder te verplaatsen naar het volgende raam dat gewassen moet worden, pakt een glazenwasser met één hand de tweede of derde sport en met de andere de ladderboom. De hoogte van die tweede of derde sport is van grote invloed op zijn lichaamshouding. Idealiter bevindt die sport zich net onder vuisthoogte. In figuur 4 is de vuisthoogte van de Nederlandse mannelijke bevolking uitgezet tegen de hoogte van de sporten van een aantal



FIGUUR 3.

De belasting van de enkel, knie en heup tijdens het omhoog en omlaag lopen op de '30 cm ladder' en de '35 cm ladder', uitgedrukt in de maximale waarde van het totale moment op het gewricht. Voor de knie is tevens de zijwaartse belasting, uitgedrukt in 'maximaal abductie-moment knie' gegeven. De resultaten zijn gemiddelden over personen.

ladders. Hierdoor is zichtbaar dat de tweede sport van de ladders met sportafstand 35 cm net onder de vuisthoogte valt. Bij de ladders met sportafstand 30 cm zit de tweede sport natuurlijk lager, waardoor de glazenwasser óf meer moet bukken óf, zoals in figuur 5



FIGUUR 5.

Het risico op het stoten van de knie bij de 30 cm sportafstand (boven) en het bewegen van de knie tussen twee sporten in bij de 35 cm sportafstand (onder) voor een man van 1.77 m (links) en een man van 1.98 m (rechts).

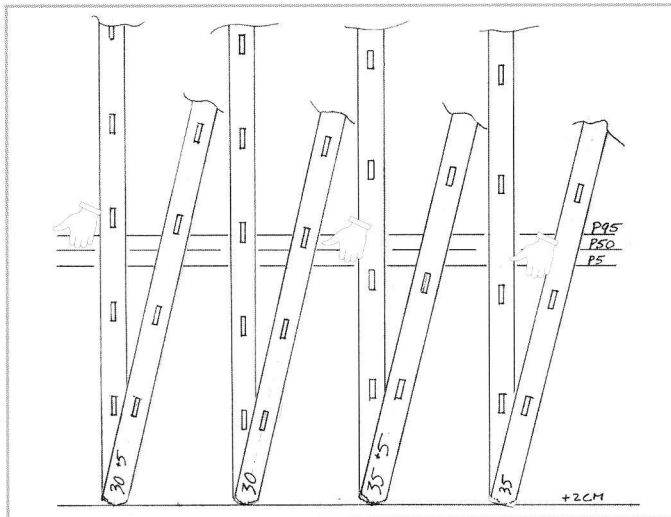
(links) de derde sport pakken waarbij meer armkracht vereist is. Dit geldt voor het overgrote deel van de Nederlandse beroepsbevolking (zie figuur 4).

Een ladder met sportafstand 30 cm veroorzaakt dus een hogere tilbelasting dan een ladder met sportafstand 35 cm, door het hogere tilgewicht en de ongunstigere tilhouding.

Ervaren vermoeidheid, belasting en gebruikersgemak

Het werken op de ladder met sportafstand 35 cm vonden alle elf glazenwassers 'niet of nauwelijks' tot 'een beetje' vermoeiend. Het werken op de ladder met sportafstand 30 cm wordt echter door vier van de elf personen beoordeeld als 'enigszins', 'behoorlijk' of 'erg' vermoeiend. Hierbij zien we geen effect van lichaamslengte. Wel is het opvallend dat de sportafstand 30 cm juist door mensen die er ervaring mee hebben, als meer vermoeiend wordt ervaren.

Wat de ervaren belasting betreft worden vergelijkbare resultaten gevonden. Het merendeel van de proefpersonen vond de verschillende activiteiten uit taak 1 en 2 hooguit 'een beetje' zwaar, zowel bij 35 cm als 30 cm sportafstand. Bij de 30 cm sportafstand waren er echter ook een aantal personen (ca. 1 tot 4) die hogere scores voor ervaren belasting (van 'enigszins' tot 'behoorlijk' of 'erg') aangaven.



FIGUUR 4.

Afbeelding van vier ladders in schuine en rechtopstaande stand: ladder met 30 cm sportafstand (30), ladder met 30 cm sportafstand met verhoogde eerste opstap (30+5), ladder met 35 cm sportafstand (35), ladder met 35 cm sportafstand met verhoogde eerste opstap (35+5). Sporthoogte is afgezet tegen de vuisthoogte van de Nederlandse beroepsbevolking (p5, p50 en p95). De 'oppaksport' voor beide 35 cm sportafstand ladders blijkt gunstiger te liggen dan voor de 30 cm sportafstand ladders, namelijk iets onder vuisthoogte.

Wat betreft het gebruikersgemak bij de verschillende activiteiten, hebben tien van de elf proefpersonen een voorkeur voor de 35 cm sportafstand. Hierbij kan de ervaring van de proefpersonen met vooral die

sportafstand een rol gespeeld hebben. Opvallend is dat er geen verschil is tussen beide sportafstanden als het gaat om de benodigde tijd voor het verrichten van het activiteitenprotocol (taak 1).

Een door verschillende glazenwassers aangemerkt verschil in gebruikersgemak betreft het oppakken van een ingeschoven ladder. Door de kleinere ruimte tussen sporten ontstaat bij het oppakken van een ingeschoven '30 cm ladder' een 'nare' druk op de onderarm en het wordt lastig om de ladder dicht bij het lichaam te houden, vooral bij aluminium ladders.

Veiligheid

Wat de verschillende veiligheidsitems betreft, constateerden we alleen een verschil in het risico op het stoten van de knieën. Of een glazenwasser zijn knieën stoot tegen een sport hangt voor een belangrijk deel af van de hoek waarmee de ladder tegen de gevel staat. Hoe steiler des te groter de kans op een botsing tussen knie en ladder. Daarnaast speelt sportafstand een rol. De foto's in figuur 5 laten beide sportafstanden zien met één korte en één lange man. Voor beide mannen is het risico op het stoten van de knie bij sportafstand 30 cm duidelijk aanwezig, terwijl hun knie bij sportafstand 35 cm gemakkelijk tussen twee sporten door beweegt.

Geen verschil tussen 30 cm en 35 cm sportafstand	• Energetische belasting • Mechanische belasting op voeten • Veiligheidsitems: uitglijdrisico, mate van 3-puntsafsteuning, horizontale afstand van het lichaamsswaartepunt tot het steunvlak • Efficiëntie (in termen van benodigde tijd voor de uitvoering van een standaardprotocol aan activiteiten)
Nadelen van 35 cm (in vergelijking tot 30 cm)	• Hogere mechanische belasting op enkels, knieën en heupen bij het klimmen en dalen
Voordelen van 35 cm (in vergelijking tot 30 cm)	• Lagere mechanische belasting op de rug, armen en schouders bij het tillen en verplaatsen van ladders (door lager gewicht en gunstiger hoogte van de 'oppaksport') • Lagere ervaren vermoeidheid en ervaren belasting • Hoger ervaren gebruikersgemak • Lager risico op stoten van de knie tegen de sport • Meer gebruikersgemak en minder belasting van de armen bij het oppakken van een ingeschoven ladder • Gunstige looptechniek met de knieën binnen de ladderbomen is vooral trainbaar bij een 35 cm sportafstand • Neiging tot lopen met twee treden tegelijk is minder

Tabel 2. Samenvatting van de resultaten.

Discussie

Eerder onderzoek

De fysieke belasting en veiligheid bij het lopen op ladders is eerder onderwerp van studie geweest (onder andere Bloswick en Crookston, 1992; Hammer en Schmalz, 1992; Kowalk e.a., 1996; McIntyre, 1983; Ouellet e.a., 1991), maar onderzoek naar effecten van sportafstand is beperkt.

Bloswick en Chaffin (1990) beschreven een studie naar het effect van sportafstand (38 versus 30 cm) op mechanische belasting bij het klimmen en dalen. Zij zien, in tegenstelling tot het huidige onderzoek, geen effect. De verklaring hiervoor kan liggen in een andere looptechniek, waarbij de knieën niet zijwaarts wijzen en de handen niet de ladderboom maar de sporten grijpen, vermoedelijk samenhangend met een ander type proefpersonen: geen glazenwassers.

In een review van Bloswick (1999) wordt verder gesteld dat een sportafstand van 35,6 energetisch meer belastend zou zijn dan een sportafstand van 30,5 cm bij het (uitsluitend) lopen op een ladder. Omdat het bij glazenwassers gaat om een uitgebreider takenpakket (naast lopen ook wassen, tillen en verplaatsen), hebben wij niet de energetische belasting van het lopen alleen, maar juist van dit 'totaalpakket' als onderwerp genomen. Hierbij vonden we, zoals gezegd, geen verschillen tussen de twee sportafstanden.

Bespreking van de resultaten

In tabel 2 zien we dat de resultaten geen eenduidig beeld opleveren. Op diverse aspecten zien we geen verschil tussen beide sportafstanden, andere aspecten spreken in het voordeel van sportafstand 30 cm en weer andere in het voordeel van sportafstand 35 cm. In het algemeen kunnen we stellen dat voor het lopen op de ladder een sportafstand 30 cm te prefereren is en voor het hanteren van de ladder een sportafstand van 35 cm. Subjectieve ervaringen van vermoeidheid, belasting en gebruikersgemak spreken ook in het voordeel van de 35 cm sportafstand, waarbij we ons ervan bewust moeten zijn dat gewinning aan één van de twee sportafstanden een rol kan hebben gespeeld (zes proefpersonen waren niet gewend aan sportafstand 30 cm). Enige kanttekeningen zijn hier op zijn plaats. Vooroordelen kunnen een mogelijk effect hebben op subjectieve oordelen (Van Dieën en Van de Top, 1996).

Bij het klimmen en dalen zien we verschillen in belasting variërend van 8% tot 23% (resp. zijwaartse

knobelasting en totale heupbelasting). De vraag is in hoeverre deze verschillen relevant zijn. Enige indicatie kunnen we krijgen uit het Static Strength Prediction Model van Chaffin, hoewel het model uitgaat van statische situaties, dus zonder beweging. Zo is volgens dit model, bij benadering, voor 50% van de mannelijke beroepsbevolking een enkel- en heupmoment van respectievelijk circa 160 Nm en 210 Nm nog haalbaar, maar 10% van de beroepsbevolking komt al in de problemen bij 90 Nm en 110 Nm. De gevonden enkel- en heupbelasting bij sportafstand 35 cm bedraagt respectievelijk circa 100 Nm en circa 150 Nm. De conclusie lijkt gerechtvaardigd dat de enkel- en heupbelasting bij het lopen op een ladder, voor een deel van de beroepsbevolking, de grenzen van de belastbaarheid zal benaderen. De verschillen in heup- en enkelbelasting bij het klimmen en dalen zijn dus niet irrelevant.

Voor de knie is met name sprake van een zijwaartse belasting. Dit komt voort uit de veel voorkomende klimtechniek waarbij de proefpersonen met 'naar buiten gedraaide knieën' lopen, soms tot buiten de ladderbomen. Hoewel toepasbare belastbaarheidsgegevens ontbreken, lijkt bij de 35 cm sportafstand de 8% hogere belasting van met name de passieve structuren rond de knie (banden en ligamenten) ook ongewenst.

Wat bij het klimmen en dalen vóór de sportafstand van 35 cm pleit, is dat het daarbij mogelijk is de knieën binnen de ladderbomen te houden zonder ze tegen de sporten te stoten. Het probleem van de zijwaartse belasting van de knie verdwijnt door deze looptechniek. Hoewel deze looptechniek wel deel uitmaakt van de opleiding tot glazenwasser, is hij in de praktijk niet gangbaar.

Andere voordelen van sportafstand 35 cm hebben betrekking op het hanteren van de ladders, namelijk het lagere (4,4%) gewicht en de mogelijkheid om een betere tilhouding in te nemen. Ook deze verschillen zijn relevant, want de fysieke belasting bij het tillen en verplaatsen van ladders bevindt zich in een, vanuit gezondheidskundig oogpunt, betekenisvol gebied. De gewichten van de gebruikte ladders (31 tot 45 kg) liggen ruim boven de norm die NIOSH hanteert, namelijk een maximaal aanvaardbaar gewicht van 23 kg in een ideale tilsituatie (Waters 1993). Vanwege deze forse overschrijding is iedere reductie van tilgewicht en verbetering van tilhouding dringend gewenst.

Aanbeveling

Op grond van bovenstaande overwegingen en het feit dat beide activiteiten, namelijk het lopen op én het

hanteren van de ladders in het werk van een glazenwasser zeer frequent voorkomen, komen we tot de volgende conclusie.

De resultaten geven geen aanleiding om één van de sportafstanden van harte aan te bevelen.

Er is dan ook onvoldoende grond om de ladders met sportafstand 35 cm voortaan te vervangen door ladders met sportafstand 30 cm.

Vanuit het meer algemeen ergonomisch oogpunt dat werkplekken aangepast moeten worden aan het individu, is het aan te bevelen dat iedere glazenwasser in de gelegenheid wordt gesteld die ladder te kiezen die hem het beste past, bijvoorbeeld qua beenkracht, tilkracht en/of beenlengte. Daarom bevelen we glazenwasbedrijven aan, om onder voorwaarden, beide type ladders beschikbaar te stellen. Glazenwassers die bijvoorbeeld problemen hebben met het klimmen op de '35 cm-ladder' kunnen dan voor een ladder met een 30 cm sportafstand kiezen. Voor glazenwassers waarvoor juist het hanteren van de ladder een probleem vormt, is in plaats van de '30 cm-ladder' juist een '35 cm-ladder' geschikter.

Een andere aanbeveling luidt dat de glazenwassers (nog) beter worden getraind in een looptechniek met de knieën binnen de ladderbomen. Tenslotte zou er bij sportafstand 30 cm meer aandacht moeten uitgaan naar verbetering van de grip om het hanteren van de ladder, zowel in uit- als in ingeschoven toestand, te vergemakkelijken (er bestaan reeds ladders met een speciaal handvat, maar deze worden niet als optimaal ervaren).

Summary

The optimal rung separation for ladders of window-cleaners

Currently, there is much debate about the optimal rung separation for the ladders of window-cleaners in The Netherlands. Official standards recommend a rung separation of 25 to 30 cm, while the window-cleaners prefer a rung separation of 35 cm. In the present study, rung separations of 30 and 35 cm were compared with respect to the physical load, the usability and the safety of the window-cleaner. Eleven window-cleaners performed a protocol of activities reflecting their daily work and various separate specific activities. The measurements and analyses include 3-D movement analysis, 3-D force measurements, inverse dynamics, heart rate recordings, questionnaires and interviews.

No difference between both rung separations was observed in energetic loading. The mechanical loa-

ding on the ankle, knee and hip was higher (8-23%) at the 35 cm rung separation in the activities of climbing and descending the ladder. However, the 35 cm rung separation resulted in lower mechanical loads while lifting and carrying the ladders, because of a 4% lower weight and a better lifting posture. From the subjective evaluations of physical load, safety and usability, the higher rung separation seems preferable. It was concluded that there is no clear argument to replace the 35 cm by the 30 cm rung separation, as directed by the official standards.

Literatuur

- Astrand, P.O. en Rodahl, K. 1986 *Textbook of work physiology*. McGraw-Hill Book Co. Singapore.
- Bloswick, D.S. 1999 *Climbing Biomechanics*. In: Kumar, S. (ed.), *Biomechanics in Ergonomics*. Taylor & Francis, 335-349.
- Bloswick, D.S. en Chaffin, D.B. 1990 *An ergonomic analysis of the ladder climbing activity*. *International Journal of Industrial Ergonomics* 6: 17-27.
- Bloswick, D.S. en Crookston, G. 1992 *The effect of personal, environmental and equipment variables on preferred ladder slant*. In: Kumar, S. (ed.), *Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV*, Taylor & Francis, 1015-1020.
- Dieën, J.H. en Top, M. van den 1996 *Werkmethoden evalueren: veld- of laboratorium onderzoek*. In: *Stand van de Ergonomie*.
- Hammer, W. en Schmalz, U. 1992 *Human Behaviour when climbing ladders with varying inclinations*. *Safety Science* 15: 21-38.
- Kingma, I., Looze, M.P. de, Toussaint, H.M., Klijnsma, H.G., Bruijnen, T.B.M. 1996 *Validation of a full body 3-D dynamic linked segment model*. *Human Movement Sciences* 15: 833-860.
- Kowalk, D.L., Duncan, J.A. en Vaughan, C.L. 1996 *Abduction-Adduction moments at the knee during stair ascent and Descent*. *Journal of Biomechanics* 29: 383-388.
- Lee, Y.H. en Tung, E.K. 1992 *Body and ladder mechanical stresses analysis in a climbing strike*. In: Kumar, S. (ed.), *Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV*, Taylor & Francis, 1007-1014.
- McIntyre, D.R. 1983 *Gait patterns during free choice ladder ascents*. *Human Movement Science* 2: 187-195.
- Ouellet, B., Dessureault, J., en Laurencelle, L. 1991 *La montée d'un escabeau*. *Le Travail humain* 54: 251-265.
- Waters, T.R., Putz-Anderson, V., Garg, A. en Fine, L.J. 1993, *Revised NIOSH-equation for the design and evaluation of manual lifting tasks*. *Ergonomics* 36: 749-776.