



# Ouderen en Traplopen

Ingrid Lock



**Afstudeerscriptie Studierichting Bewegingstechnologie  
aan de Haagse Hogeschool te Den Haag**

**Haagse Hogeschool  
Drs. B.J. Gerritsen**

**TUE - Instituut voor Gerontechnologie  
Dr. J. Rietsema**

**BMGT 94.629  
juni 1994**

## **Voorwoord**

Deze scriptie kwam tot stand in het kader van het afstudeerproject van de studierichting Bewegingstechnologie van de Haagse Hogeschool te Den Haag.

Tijdens de stage voorafgaand aan de afstudeerperiode is mij duidelijk geworden dat ouderen een belangrijke doelgroep zijn voor de bewegingstechnoloog. Dit deed mij besluiten mij verder te verdiepen in de problematiek van ouderen. Uit de stage kwam naar voren dat het grootste probleem voor de ouderen, wat betreft mobiliteit, het traplopen is (BMGT-rapport 'ouderen en indoor-mobiliteit' BMGT 94.486). Dit gaf aanleiding om traplopen aan een nader onderzoek te onderwerpen.

Deze scriptie beoogt een opstap te zijn voor vervolgonderzoek. Het geeft een idee van de problematiek van het traplopen bij ouderen.

Tenslotte vermeld ik dat deze scriptie tot stand gekomen is dankzij de suggesties en opbouwende kritiek van J. Rietsema en in het bijzonder B. Gerritsen. Daarnaast ben ik dank verschuldigd aan de medewerkers van BMGT en bureau Glaukopis voor hun gastvrijheid en de belangstelling voor mijn afstudeerproject. Last but not least wil ik mijn ouders en mijn broer bedanken voor de steun die zij mij gaven tijdens de afstudeerperiode. Allen nogmaals heel veel dank.

Ingrid Lock

## Samenvatting

Uit eerder onderzoek is naar voren gekomen dat traplopen één van de grootste problemen voor ouderen is wat betreft indoor-mobiliteit. Dit was aanleiding om het traplopen van ouderen nader te onderzoeken, mede omdat de gevolgen van een ongeval met de trap zo ernstig kunnen zijn dat zelfstandig wonen niet langer mogelijk is.

Doel van het onderzoek was om na te gaan welke problemen ouderen hebben en hoe daar met aanpassingen in de woonomgeving aan tegemoet kan worden gekomen. Daarnaast moest dit literatuuronderzoek een aanzet geven voor vervolgonderzoek op de voor het probleem relevante gebieden. Dit rapport is een eerste oriëntatie op specifieke problemen die ouderen met traplopen hebben.

Uitgaande van een viertal vragen is aan de hand van literatuur over verouderingsprocessen en de valproblematiek een inventarisatie van problemen die ouderen met traplopen hebben gemaakt.

De centrale vraagstelling luidde :

- 'Waardoor hebben ouderen problemen met traplopen en hoe kunnen deze problemen worden opgelost ?'

met als subvragen :

- 'Wat zijn de bewegingskarakteristieken van traplopen ?'
- 'Welke problemen hebben ouderen met traplopen ?'
- 'Welke veranderingen in de woonomgeving kunnen aan de problemen van traplopen tegemoet komen ?'

Omdat onvoldoende gegevens van het traplopen van ouderen in de literatuur beschikbaar waren is veel gebruik gemaakt van gegevens uit onderzoek met jongere proefpersonen. Voorlopige conclusies betreffende ouderen moeten in vervolgonderzoek geverifieerd worden.

Zowel in het trap oplopen als het trap aflopen zijn voor traplopen karakteristieke bewegings- en spierpatronen te herkennen. In de traploopcyclus zijn een stand- en zwaafase te herkennen die weer onder te verdelen zijn in subfasen. Aan de hand van in de literatuur beschreven EMG-onderzoeken is een overzicht gemaakt van de bij het traplopen betrokken spieren per fase van zowel trap oplopen als trap aflopen. Per fase is per spier nagegaan hoe de spieractiviteit te verklaren is aan de hand van de hoekstandsveranderingen, de uitwendige momenten en de effecten van de spieren. De extensoren van de heup en knie en de plantairflexoren van de enkel spelen een belangrijke rol in het traplopen. Bij het trap oplopen ligt de nadruk op het strekken van de betrokken gewrichten en bij het trap aflopen wordt een gecontroleerde buiging van deze gewrichten bewerkstelligd door deze spieren. Uit een indicatieve analyse blijkt dat op kritische punten in het traplopen een gebrek aan spierkracht aanleiding kan zijn voor een val.

Zowel lichamelijke, sensorische als cognitieve veranderingen ten gevolge van veroudering kunnen hun invloed op het traplopen hebben.

In het traploopp proces zijn een aantal essentiële acties te herkennen die nodig zijn voor succesvol traplopen.

Deze acties zijn :

- controle van de verwachtingen
- detectie van mogelijke gevaren
- implicaties van de waarnemingen
- opzetten van een traploopp plan
- uitvoering van een traploopp plan
- controle en bijstelling van het traploopp plan

Een analyse van het traploopp proces laat zien dat verouderingsprocessen het valrisico kunnen vergroten. Het valrisico is groter wanneer niet zowel aan het begin als aan het einde van de trap naar de treden gekeken wordt en wanneer bij het eerste aantal treden van de trap geen 'kinesthetic test' (het reiken van de voet naar de trede om de afmetingen en condities van de trap te testen) wordt uitgevoerd. Daarnaast moet ter controle van de traploopp beweging tijdens het traplopen regelmatig naar de trap worden gekeken.

Traploopp problemen van ouderen zijn complex, omdat vaak meer factoren tegelijk een rol spelen. Een eenduidige oplossing voor traploopp problemen is dan ook niet te geven. Aan traploopp problemen kan bij het ontwerpen van een trap voor ouderen wel tegemoet gekomen worden door onder andere aandacht te schenken aan de constructie van de trap, de plaatsing van de leuning, de inrichting van het huis, materiaalkeuze, verlichtingscondities etc. Twee aspecten, te weten de invloed van de dimensies van de trap en de functie van de leuning, worden in dit rapport nader toegelicht. Daaruit vloeit voort dat een veilige trap voor ouderen bij voorkeur aan beide zijden een leuning heeft en een helling van maximaal 32 graden met een minimale tredediepte van 28.2 cm.

In vervolgonderzoek zullen de problemen van ouderen met traplopen verder moeten worden uitgediept. Het betreft het verzamelen van traploopp gegevens, onderzoek naar bijzondere vormen van traplopen, bijvoorbeeld het achterwaarts traplopen, inventariseren van de traploopp situaties bij ouderen thuis, ontwikkeling van traploopp hulpmiddelen, valbescherming, analyse van de rol van de leuning en de vraag of training van het traplopen (of aan traplopen verwante oefeningen) een vorm van ongevallenpreventie kan zijn.

## Inhoudsopgave

|   |    |
|---|----|
| Voorwoord .....   | I  |
| Samenvatting .....  | II |
| Inleiding .....   | 1  |
| 1 Bewegingskarakteristieken van traplopen .....                       | 3  |
| 1.1 Bewegingen en spieractiviteit tijdens het trap oplopen .....      | 7  |
| 1.1.1 Weight Acceptance .....   | 8  |
| 1.1.2 Pull Up .....   | 11 |
| 1.1.3 Forward Continuance .....                                       | 12 |
| 1.1.4 Foot clearance .....  | 13 |
| 1.1.5 Foot Placement .....  | 14 |
| 1.2 Bewegingen en spieractiviteit tijdens het trap aflopen .....      | 15 |
| 1.2.1 Weight Acceptance .....   | 18 |
| 1.2.2 Forward Continuance .....                                       | 19 |
| 1.2.3 Controlled Lowering .....                                       | 20 |
| 1.2.4 Leg Pull Through .....  | 20 |
| 1.2.5 Foot Placement .....  | 21 |
| 2 De rol van verouderingsprocessen bij het traplopen .....            | 23 |
| 2.1 Verouderingsprocessen .....                                       | 23 |
| 2.1.1 Lichamelijke veranderingen in relatie tot traplopen .....       | 23 |
| 2.1.2 Cognitieve veranderingen in relatie tot traplopen .....         | 26 |
| 2.1.3 Sensorische veranderingen in relatie tot traplopen .....        | 26 |
| 2.2 Afname van de spierkracht en de gevolgen voor het traplopen ..... | 27 |
| 3 Valproblematiek in relatie tot traplopen .....                      | 32 |
| 3.1 Inleiding .....   | 32 |
| 3.2 Valtypen .....  | 33 |
| 3.3 De rol van de mens in het vallen .....                            | 34 |
| 4 Aanpassingen in de woonomgeving .....                               | 39 |
| 4.1 Dimensies van de trap .....                                       | 39 |
| 4.2 De leuning .....  | 42 |
| 4.3 Aandachtspunten voor trappen voor ouderen .....                   | 48 |
| Conclusies .....  | 51 |
| Aanbevelingen .....   | 53 |
| Literatuurlijst .....   | 55 |
| Bijlage 1 : Momenten  |    |
| Bijlage 2 : Anatomische terminologie                                  |    |

## **Inleiding**

### **Introductie**

Het is bekend dat de gemiddelde levensverwachting voor mannen en vrouwen de laatste jaren is gestegen en in de toekomst nog meer zal toenemen. Het percentage ouderen in de samenleving zal naar verwachting ook stijgen.

Wanneer men ouder wordt neemt over het algemeen de indoor-mobiliteit<sup>1</sup> af. Deze afname wordt veroorzaakt door veranderingen op lichamelijk, psychisch, sensorisch en cognitief vlak.

Een van de activiteiten waarbij de afname van de indoor-mobiliteit sterk tot uitdrukking komt is het traplopen. Veel ouderen wonen nog in hun eigen huis en moeten regelmatig gebruik maken van de trap. Juist deze trap is regelmatig aanleiding voor ongelukken, die een blijvende invaliditeit tot gevolg kunnen hebben waardoor zelfstandig wonen niet meer mogelijk is.

Om het valrisico te verminderen is het nodig dat oorzaken van ongevallen waarbij de trap betrokken is worden onderzocht en dat onderzocht wordt op welke wijze de veiligheid kan worden beïnvloed.

### **Projectomschrijving**

Het afstudeer-project is opgezet om meer inzicht verkrijgen in de problematiek van het traplopen bij ouderen ten einde adviezen en/of maatregelen te kunnen formuleren ter voorkoming/vermindering van problemen van ouderen met traplopen, bijvoorbeeld door training, hulpmiddelen of aanpassingen in de woonomgeving die het traplopen ondersteunen.

Het project omvat een analyse van het traplopen en een analyse van de factoren die een rol spelen bij de traplooppromatiek. Daarnaast moet het project inzicht verschaffen in de rol van de verouderingsverschijnselen op de wijze van traplopen en moeten adviezen en/of maatregelen geformuleerd worden die de veiligheid van het traplopen vergroten.

---

<sup>1</sup> Indoor-mobiliteit is het vermogen om binnenshuis zelfstandig volgens een vooropgesteld plan op een efficiënte, comfortabele en veilige manier op een zelfgekozen tijdstip, binnen een redelijk tijdsbestek de benodigde veranderingen van positie of locatie uit te voeren, eventueel met een hulpmiddel.

## **Vraagstelling**

Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van een viertal vragen, te weten een centrale vraagstelling en 3 subvragen.

**Centrale vraagstelling :**

Waardoor hebben ouderen problemen met traplopen en hoe kunnen deze problemen worden opgelost ?

**Subvragen :**

- Wat zijn de bewegingskarakteristieken van traplopen ?
- Welke problemen hebben ouderen met traplopen ?
- Welke veranderingen in de woonomgeving kunnen aan de problemen van traplopen tegemoet komen ?

**opzet rapport**

Het rapport is bedoeld als introductie in de traplooppromatiek van ouderen. In het rapport worden de volgende aspecten belicht :

**Hoofdstuk 1 Traplopen algemeen**

In dit hoofdstuk worden de bewegingskarakteristieken van het traplopen behandeld.

**Hoofdstuk 2 Verouderingsprocessen**

In hoofdstuk 2 worden de veranderingen die optreden in het lichaam ten gevolge van veroudering en hun mogelijke invloed op het traplopen behandeld.

**Hoofdstuk 3 Valproblematiek**

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan het vallen op de trap en de rol van de mens in het traplooppromatiek.

**Hoofdstuk 4 Wijze waarop door het ontwerp van de trap en zijn omgeving ingespeeld kan worden op de problematiek van het traplopen.**

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de invloed van de dimensies van de trap, het nut van de leuning en punten die in acht moeten worden genomen bij het ontwerpen van een trap ten behoeve van ouderen.

Tot slot worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

## 1 Bewegingskarakteristieken van traplopen

Traplopen is een bijzondere vorm van gaan en heeft tot doel een niveauverschil te overbruggen. Dit wordt bereikt door stapsgewijze verplaatsingen van het lichaam in gelijktijdig verticale en horizontale richting. Er zijn twee vormen te onderscheiden, te weten de trap omhoog lopen en de trap omlaag lopen (zie afbeelding 3 en 6). In de engelstalige literatuur wordt gesproken van ascending, respectievelijk descending.

Het traplopen is een cyclische beweging. De terugkerende eenheid is de schrede bestaande uit twee stappen. De schrede is gedefinieerd als de periode tussen het initiële contact van de voet en het daaropvolgende initiële contact van dezelfde voet en een stap is de periode tussen het initiële contact van de ene voet en het initiële contact van de andere voet.

Een volledige schrede omvat twee unipedale en twee bipedale fasen. In de engelstalige literatuur spreekt men van perioden van single limb support en double support. In tabel I is een overzicht van de duur van deze perioden weergegeven.

Bij een symmetrisch gangpatroon moeten de unipedale fase 1 en de bipedale fase 1 gelijk zijn aan respectievelijk de unipedale fase 2 en de bipedale fase 2. Dit nagaan voor het traplopen laat zien dat bij trap oplopen de unipedale fase 1 en 2 niet gelijk zijn en bij trap aflopen zowel uni- als bipedale fase 1 en 2 verschillend van duur zijn. Door Zachazewski wordt dit niet opgemerkt.

De geconstateerde assymetrie heeft mogelijk te maken met de gebruikte proefopstelling. De in het onderzoek van Zachazewski gebruikte trap bestond uit vijf treden [Zachazewski, 1993]. Andriacchi et al. vermelden dat de eerste stap op de trap niet representatief is voor het traplopen (daarom maken zij onderscheid in een stap van de grond naar een trede en de stap van een trede naar een volgende trede) [Andriacchi et al., 1980]. Door Archea werd erop gewezen dat pas na een aantal treden, waarin de de gang aangepast wordt aan de trap, het traplopen een 'steady state' bereikt [Archea, 1985]. Dit betekent dat Zachazewski de duur van de fasen heeft bepaald in de periode waarin de proefpersonen het gangpatroon nog aan het afstemmen zijn op de trap. Deze periode is niet representatief voor 'steady state' traplopen, iets wat wel door hem gesuggereerd wordt.

Een verklaring voor de toename van de duur van de unipedale fase bij trap oplopen heeft mogelijk te maken met het verminderen van de loopsnelheid in verband met het bereiken van het plateau na de laatste trede van de trap (afremmen). De afname van de duur van de unipedale fase bij trap aflopen komt mogelijk door een toename van de loopsnelheid (opstarten).



In toekomstig onderzoek zal nagegaan moeten worden hoeveel treden een experimentele trap moet hebben om metingen bij een 'steady state' tempo te garanderen. Het is zinvol om in vervolgonderzoek zowel het trap op- als aflopen in drie categoriën te bezien :

1. overgang van lopen op een vlakke ondergrond naar traplopen
2. 'steady state' traplopen
3. overgang van traplopen naar lopen op een vlakke ondergrond

**Tabel I** Duur van de uni- en bipedale fasen in procenten van de volledige schrede (een volledige schrede komt overeen met 100 %).

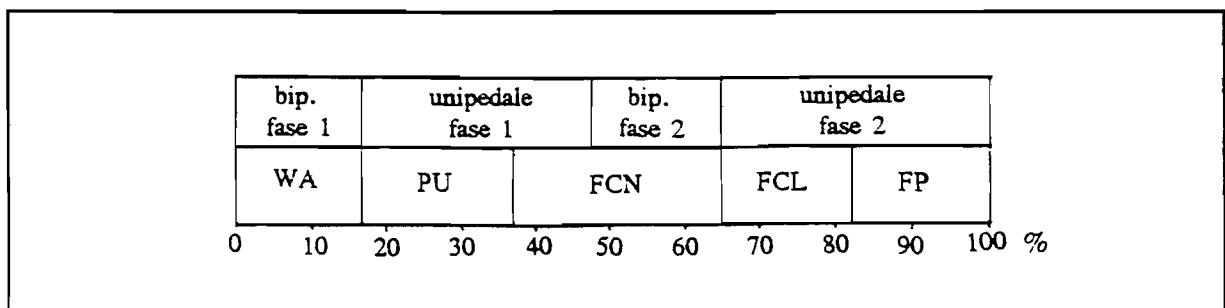
**de trap op lopen**

|                  |           |
|------------------|-----------|
| bipedale fase 1  | ( 0- 17%) |
| unipedale fase 1 | (17- 48%) |
| bipedale fase 2  | (48- 65%) |
| unipedale fase 2 | (65-100%) |

**de trap af lopen**

|                  |           |
|------------------|-----------|
| bipedale fase 1  | ( 0-14%)  |
| unipedale fase 1 | (14-53%)  |
| bipedale fase 2  | (53-68%)  |
| unipedale fase 2 | (68-100%) |

De schrede van het linker been (of rechter been) omvat een stand- en een zwaai fase. De stand- en zwaai fase zijn onder te verdelen in subfasen voor zowel het trap oplopen als aflopen (zie afbeelding 1 en 2, zie tabel I en II voor verklaring van de gebruikte afkortingen voor de namen van de subfasen).



**Afbeelding 1** Fase-verdeling van één been van een volledige schrede tijdens het de trap op lopen.

|                |    |                     |    |    |                |     |                     |    |    |       |
|----------------|----|---------------------|----|----|----------------|-----|---------------------|----|----|-------|
| bip.<br>fase 1 |    | unipedale<br>fase 1 |    |    | bip.<br>fase 2 |     | unipedale<br>fase 2 |    |    |       |
| WA             |    | FCN                 | CL |    |                | LPT |                     | FP |    |       |
| 0              | 10 | 20                  | 30 | 40 | 50             | 60  | 70                  | 80 | 90 | 100 % |

**Afbeelding 2** Fase-verdeling van één been van een volledige schrede tijdens het de trap af lopen

De onderverdeling van de schrede en de duur van de subfasen in procenten van de totale schrede zijn weergegeven in tabel II voor het trap oplopen en tabel III voor het trap aflopen.

**Tabel II** Onderverdeling van de schrede in subfasen bij het de trap op lopen uitgedrukt in procenten van de volledige schrede

**standfase (0-65 %)**

weight acceptance (WA, 0-17 %)

pull up (PU, 17-37 %)

forward continuance (FCN, 37-65 %)

**zwaai fase (65-100 %)**

foot clearance (FCL, 65-82 %)

foot placement (FP, 82-100 %)

**Tabel III** Onderverdeling van de schrede in subfasen bij het de trap af lopen in procenten van de volledige schrede

**standfase (0-68 %)**

weight acceptance (WA, 0-14%)

forward continuance (FCN, 14-34 %)

controlled lowering (CL, 34-68 %)

**zwaai fase (68-100 %)**

leg pull through (LPT, 68-84%)

foot placement (FP, 84-100%)

De naamgeving van de subfasen komt overeen met de door McFadyen & Winter beschreven fase-indeling. Zij geven in hun artikel aan dat de grenzen van pull up naar forward continuance en van foot clearance naar foot placement tijdens het trap oplopen, evenals de overgang van forward continuance en controlled lowering en van leg pull through naar foot placement tijdens het trap aflopen, gebaseerd zijn op schattingen [McFadyen & Winter, 1988]. Vaak worden bij de beschrijving van de subfasen termen als midstance en midswing gehanteerd, zonder dat zij voldoende zijn gedefinieerd [Townsend et al., 1978], [Andriacchi, 1980], [Lyons et al., 1983], [McFadyen & Winter, 1988], [Zachazewski, 1993].

Tijdens trap oplopen duurt de standfase ongeveer 65 % en de zwaafase ongeveer 35 %. Tijdens trap aflopen duurt de standfase langer, namelijk 68 % van de schrede. De zwaafase beslaat dus tijdens het trap aflopen ongeveer 32 % van de schrede [Zachazewski, 1993].

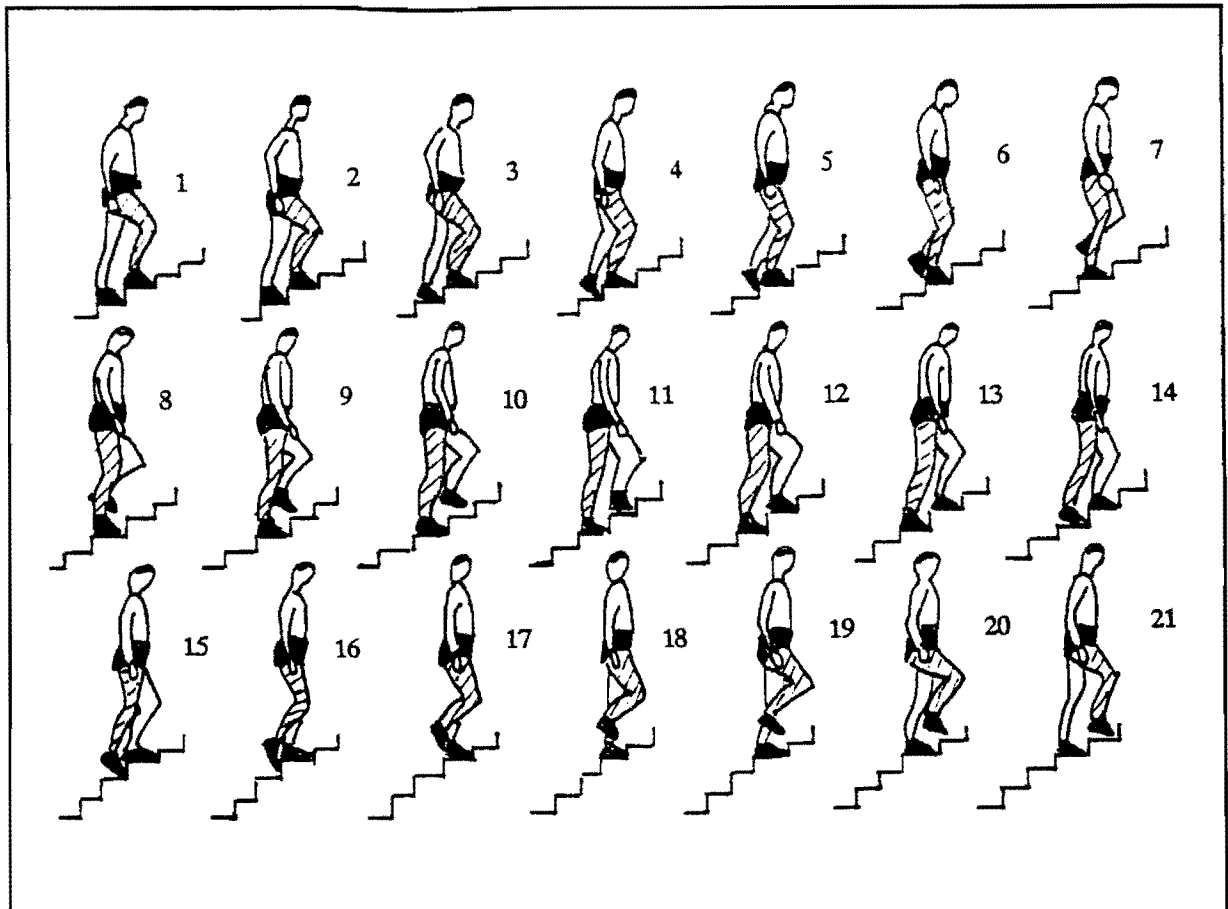
De in de literatuur gemelde percentages voor de verschillende fasen zijn niet in alle onderzoeken gelijk in verband met verschillen in onderzoekspopulatie, loopsnelheid (vrij gekozen) en trapconfiguratie (trededimensies, wel of geen leuning etc.) en onderzoeksomstandigheden, maar wijken niet veel af. In dit rapport worden de door Zachazewski gevonden percentages gehanteerd, daar hij het meest complete overzicht geeft [Zachazewski, 1993].

De bestudeerde literatuur schenkt voornamelijk aandacht aan bewegingen het sagittale vlak en gaat weinig in op de betekenis van spieractiviteit. Andriacchi et al. en McFadyen & Winter hebben wel bewegingen in het frontale vlak verzameld, maar hier wordt nauwelijks aandacht aan geschonken in hun artikel [Andriacchi, 1980], [McFadyen & Winter, 1988].

Veelal werd volstaan met het aangeven dat een spier actief was [Andriacchi, 1980], [Lyons et al., 1983]. De analyse van de spieractiviteit beperkt zich tot bewegingen in het sagittale vlak.

## 1.1 Bewegingen en spieractiviteit tijdens het trap oplopen

Het trap oplopen wordt beschreven van initieel voetcontact tot initieel voetcontact van dezelfde voet. Een overzicht van het trap oplopen is weergegeven in afbeelding 3.



Afbeelding 3 Overzicht van het de trap op lopen

### in afbeelding 3

figuur 1 t/m 4 = weight acceptance

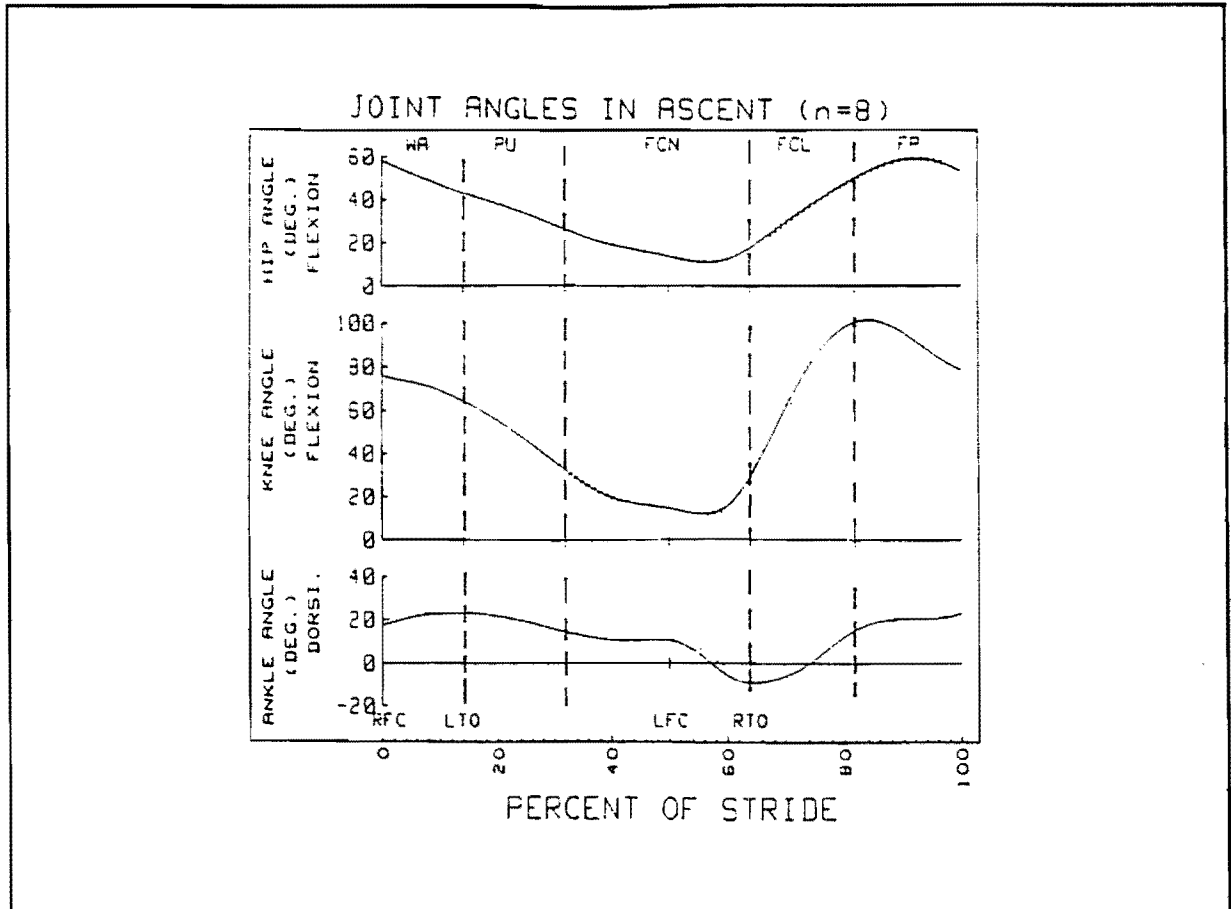
figuur 5 t/m 7 = pull up

figuur 8 t/m 15 = forward continuance

figuur 16 t/m 18 = foot clearance

figuur 19 t/m 21 = foot placement

Afbeelding 4 geeft een overzicht van de hoekstandsveranderingen van het rechterbeen. In afbeelding 4 staat RFC voor het rechter voetcontact, LTO voor toe-off van de linkervoet, LFC voor het linker voetcontact en RTO voor toe-off van de rechter voet. De afkortingen voor de subfasen zijn overeenkomstig aan tabel II. In tabel IV is een overzicht gegeven van de spieren die actief zijn per fase van de traploopcycclus.



**Afbeelding 4** Overzicht van de hoekstandsveranderingen van het rechterbeen tijdens een volledige schrede bij het de trap op lopen [McFadyen & Winter, 1988] (verklaring zie tekst).

Het overzicht is gebaseerd op EMG-onderzoeken en is tot stand gekomen door de spieractiviteiten per fase per spier van deze onderzoekers met elkaar te vergelijken en daaruit het algemene beeld te bepalen [Joseph & Watson, 1967], [Townsend et al., 1978], [Andriacchi et al., 1980], [Lyons et al., 1983], [McFadyen & Winter, 1988]. In geval van onderling verschillende bevindingen wat betreft activiteit van een spier is het meest voorkomende patroon genomen. Er moet op gewezen worden dat variabiliteit in spieractiviteitspatronen regelmatig voorkomt, met name wat betreft de hamstrings en de m. tibialis anterior [Townsend et al., 1978].

Per fase zal beschreven worden welke hoekstandsveranderingen plaats vinden, wat de uitwendige momenten op de gewrichten zijn, welke spieren actief zijn en zo mogelijk zal een verklaring van deze activiteit worden gegeven.

### 1.1.1 Weight Acceptance

Weight acceptance omvat de bipedale fase, dus van initieel contact van het standbeen totdat de voet van het andere been de grond verlaat. Tijdens weight acceptance wordt het gewicht overgebracht op het standbeen.

Tabel IV Overzicht van spieractiviteiten tijdens het de trap op lopen

|                        | WA             | PU             | FCN              | FCL            | FP             |
|------------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| <b>heup</b>            |                |                |                  |                |                |
| hamstrings             | +              | ± <sup>1</sup> | ± <sup>m,v</sup> | ± <sup>v</sup> | +              |
| m. rectus femoris      | +              | +              | ± <sup>1</sup>   | -              | -              |
| m. gluteus maximus     | +              | +              | ± <sup>1</sup>   | -              | -              |
| m. gluteus medius      | +              | +              | ± <sup>1</sup>   | -              | -              |
| m. tensor fascia latae | ± <sup>m</sup> | ± <sup>2</sup> | ± <sup>1</sup>   | ± <sup>1</sup> | -              |
| m. adductor magnus     | +              | ± <sup>1</sup> | -                | -              | ± <sup>2</sup> |
| heupflexoren           | ± <sup>1</sup> | -              | ± <sup>2</sup>   | +              | +              |
| <b>knie</b>            |                |                |                  |                |                |
| m. gastrocnemius       | -              | ± <sup>2</sup> | +                | -              | -              |
| hamstrings             | +              | ± <sup>1</sup> | ± <sup>m,v</sup> | ± <sup>v</sup> | +              |
| m. quadriceps femoris  | +              | +              | ± <sup>1</sup>   | -              | -              |
| <b>enkel</b>           |                |                |                  |                |                |
| m. tibialis anterior   | -              | -              | ± <sup>2</sup>   | +              | ± <sup>v</sup> |
| m. soleus              | +              | +              | ± <sup>1</sup>   | -              | -              |
| m. gastrocnemius       | -              | ± <sup>2</sup> | +                | -              | -              |

- = niet actief gedurende de fase

± = deel van de fase actief

+ = gehele fase of grootste deel van de fase actief

<sup>m</sup> = midden van de fase actief

<sup>v</sup> = variabel

<sup>1</sup> = eerste deel van de fase actief

<sup>2</sup> = tweede deel van de fase actief

WA = Weight Acceptance

PU = Pull Up

FCN = Forward Continuance

FCL = Foot Clearance

FP = Foot Placement

Op het moment van voetplaatsing bevinden heup en knie zich in een flexie-stand en de enkel in de meeste gevallen in plantairflexie [Andriacchi, 1980], [Templer, 1992]. Soms wordt ook een dorsaalflexie-stand van de enkel gevonden [McFadyen & Winter, 1988]. Deze verschillen zijn mogelijk, doordat de stand van de voet, die vrij gekozen kan worden, afhankelijk van de loopstijl, snelheid en lichaamsbouw.

Na het initiële voetcontact worden de heup en de knie gestrekt en maakt de enkel een dorsaalflexie-beweging [Andriacchi, 1980], [McFadyen & Winter, 1988].

Het voetcontact begint op het voorste en laterale deel van de voet waarna de voet afrolt in de richting van de hiel [Andriacchi, 1980], [McFadyen & Winter, 1988]. De hiel wordt lang niet altijd op de trede geplaatst [Templer, 1992].

Het uitwendige moment tijdens weight acceptance op de heup en de knie is flecterend en op de enkel dorsaalflecterend [Andriacchi, 1980], [McFadyen & Winter, 1988].

De strekking van de heup en knie vindt plaats door contractie van zowel monoarticulaire als biarticulaire spieren. De monoarticulaire m. gluteus maximus en de biarticulaire hamstrings strekken de heup en overwinnen het flecterende moment op de heup [Joseph & Watson, 1967], [McFadyen & Winter, 1988].

De knie wordt gestrekt tegen het flecterende moment in door de monoarticulaire mm. vasti en de biarticulaire m. rectus femoris [Joseph & Watson, 1967], [Andriacchi, 1980].

Indien zowel de m. rectus femoris als de hamstrings concentrisch met gelijke kracht contraheren zullen op basis van de verschillen in momentsarmen over knie en heup, de heup en de knie gestrekt worden (De momentsarm van de hamstrings over de heup is groter dan de momentsarm van de m. rectus femoris over de heup [Rozendal et al., 1990]. Bij de knie is dit precies tegengesteld en heeft de m. rectus femoris de grootste momentsarm. Bij een gelijktijdige contractie met gelijke kracht van de m. rectus femoris en de hamstrings overheerst het effect van de hamstrings op de heup en van de m. rectus femoris over de knie).

Voor de activiteit van de m. adductor magnus en de m. gluteus medius wordt in de literatuur geen verklaring gegeven. Op basis van hun effect over de heup zouden de m. adductor magnus en delen van de m. gluteus medius bij kunnen dragen aan de extensie van de heup. De m. gluteus medius is ook in staat het (ongewenste) adducerende moment, dat ontstaat door contractie van de m. adductor magnus te neutraliseren.

Joseph & Watson melden activiteit van de heupflexoren (vermoedelijk bedoelen zij de m. iliopsoas), maar geven geen verklaring voor de activiteit in deze fase [Joseph & Watson, 1967]. Wel melden zij dat zij problemen ondervonden met de reproduceerbaarheid van de spieractiviteit. Geen van de andere onderzoekers schonk aandacht aan de m. iliopsoas. Een mogelijke verklaring voor de activiteit is te geven door de stand van de romp in acht te nemen. Indien deze achterover helt zouden de heupflexoren in deze fase actief kunnen zijn om extensie van de romp ten opzichte van het bekken te voorkomen.

Rond de enkel wordt in de fase van weight acceptance activiteit gemeten van de m. soleus. De m. soleus heeft een plantairflecterend moment en werkt in tegen het uitwendig op de enkel werkende dorsaalflecterende moment [Andriacchi, 1980]. De dorsaalflexie van de enkel wordt daardoor gedoseerd uitgevoerd.

De m. gastrocnemius, die ook een plantairflecterend moment geeft, is in deze fase niet actief. Mogelijk heeft dat te maken met het ongewenste effect van de m. gastrocnemius, namelijk het tegenwerken van de extensie van de knie.

### 1.1.2 Pull Up

Deze fase duurt van het einde van de eerste bipedale fase tot ongeveer het midden van de zwaafase van het contralaterale been [McFadyen & Winter, 1988].

Dit is de fase waarin de meeste verticale verplaatsing plaats vindt (in combinatie met een voorwaartse verplaatsing) [Zachazewski, 1993]. De verticale verplaatsing van het lichaam in deze fase is toe te schrijven aan de strekking van het ipsilaterale been op de trede en is niet het gevolg van het afzetten van de onderliggende trede met contralaterale been aan het eind van weight acceptance van het ipsilaterale been [Joseph & Watson, 1967], [Templer, 1992].

Bij aanvang van pull up zijn heup en knie geflecteerd en de enkel in dorsaalflexie. Tijdens deze fase voert de enkel een plantairflexie uit, waardoor de knie in een hogere positie komt en door strekking van heup en knie de verticale verplaatsing gerealiseerd wordt [McFadyen & Winter, 1988].

De uitwendige momenten op heup- en kniegewricht zijn flecterend en op het enkelgewricht dorsaalflecterend [Andriacchi, 1980], [McFadyen & Winter, 1988].

De extensie van de heup en knie wordt uitgevoerd door de hamstrings en m. gluteus maximus in samenwerking met de m. quadriceps femoris op vergelijkbare wijze als tijdens weight acceptance [Townsend et al., 1978], [Andriacchi, 1980], [McFadyen & Winter, 1988]. In het tweede deel van pull up zijn de hamstrings niet langer actief.

Uit berekening van spierlengtes vonden McFadyen & Winter, in overeenstemming met eerdere analyse van Pedotti et al. (1973) dat de m. rectus femoris in deze fase verlengt en de m. vastus lateralis verkort [McFadyen & Winter, 1988]. De monoarticulaire mm. vasti zorgen voor de strekking van de knie tegen het uitwendige flecterende moment in. De m. rectus femoris strekt de knie, maar geeft geen flexie van de heup.

Delen van de m. gluteus medius en de m. adductor magnus kunnen op basis van hun effect over de heup bijdragen aan de strekking van de heup. De m. gluteus medius is in staat het lichaam over het standbeen heen naar lateraal te verplaatsen en voorkomt dat het lichaam naar de niet-ondersteunde zijde valt [Joseph & Watson, 1967], [McFadyen & Winter, 1988].

De enkel maakt in deze fase een plantairflexie tegen het uitwendige dorsaalflecterende moment in. De m. soleus en later de m. gastrocnemius zorgen voor deze plantairflexie-beweging [Joseph & Watson, 1967], [Andriacchi, 1980], [McFadyen & Winter, 1988].

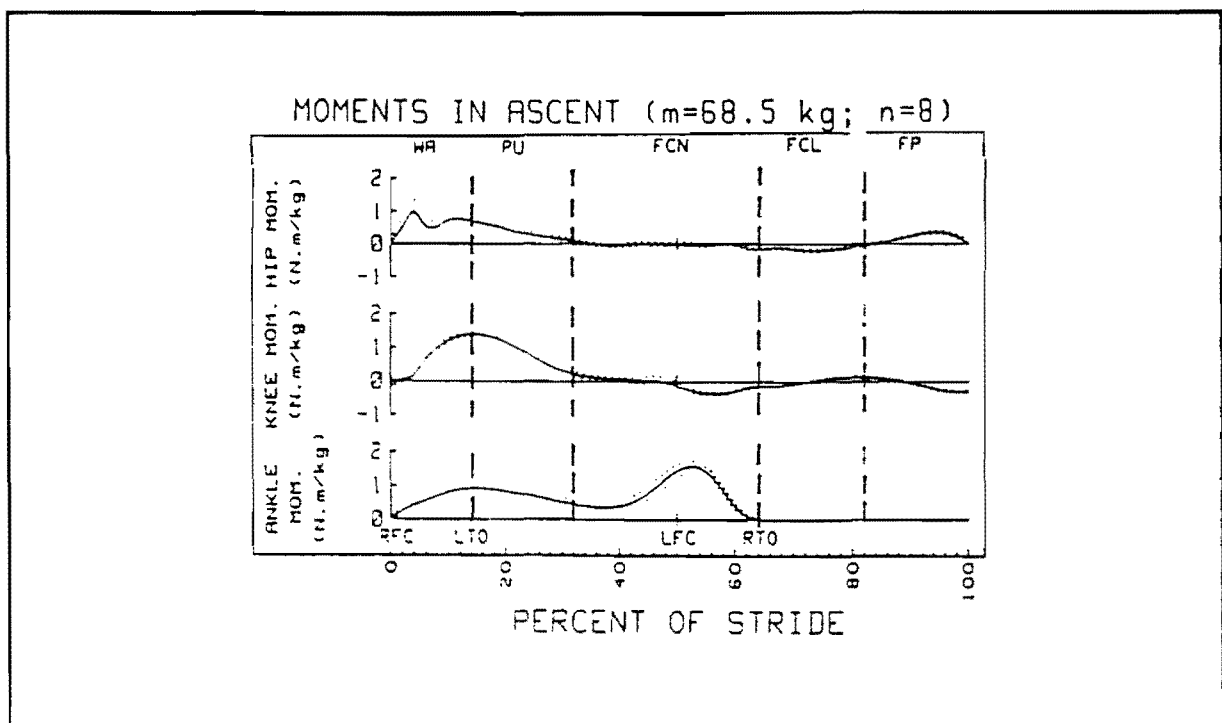


### 1.1.3 Forward Continuance

Deze fase vangt aan als het contralaterale been ongeveer in het midden van de zwaafase is en duurt tot de voet van het standbeen de grond verlaat. Het tweede deel van deze fase (vanaf voetcontact van het contralaterale been) is een bipedale fase (de tweede in de cyclus; zie afbeelding 1).

In de fase van forward continuance vindt voornamelijk voorwaartse verplaatsing van het lichaamszwaartepunt plaats met aan het eind een verticale component gelijktijdig met een snelle plantairflexie van het standbeen. De heup maakt een extensie die vlak voor het eind van deze fase verandert in een flecterende beweging. De knie wordt gedurende het grootste deel van de fase gestrekt. Aan het eind van forward continuance wordt de knie weer geflecteerd (zie afbeelding 4). Dit heeft te maken met het loskomen van de hiel van de trede (zie afbeelding 3, figuur 14 en 15). De enkel blijft tot voetcontact van het contralaterale been in een constante dorsaalflexiestand, daarna vindt een snelle plantairflexie plaats (zie afbeelding 4 (FCN)).

In het eerste deel van forward continuance is er nagenoeg geen uitwendig moment op de heup. In het laatste deel van forward continuance wordt het uitwendige moment licht extenderend. (Dit is te verklaren als de positie van de romp aan het einde van de fase in acht wordt genomen. De romp extendeert aan het einde van de fase, waardoor het deelzwaartepunt dorsaal van het heupgewricht komt te liggen en een



Afbeelding 5 Uitwendige momenten op de heup, knie en enkel tijdens het de trap op lopen [McFadyen & Winter, 1988]

extenderend moment op de heup heeft. Aan de positie van de romp wordt in de literatuur weinig aandacht besteed, terwijl deze wel invloed heeft op de uitwendige momenten van heup, knie en enkel.) Het uitwendige moment op de knie is flecterend en verandert na het voetcontact van het contralaterale been naar extenderend. Op het enkelgewricht werkt een dorsaalflecterend moment dat een piek heeft vlak na het voetcontact van het contralaterale been en wat afneemt naar toe-off van het ipsilaterale been (zie afbeelding 5).

De *m. gluteus maximus* en de hamstrings (geassisteerd door delen van de *m. gluteus medius*), zijn actief in het eerste deel van forward continuance. Zij hebben een extenderend moment over de heup en geven extensie van de heup.

De *m. rectus femoris* en de hamstrings zijn gedurende het eerste deel in een extensor-synergie waardoor de heup en de knie gestrekt worden [Townsend et al., 1978]. Wanneer de flexie beweging wordt ingezet zijn de heupflexoren actief en valt de activiteit van de *m. gluteus maximus* en de hamstrings weg.

In het tweede deel van forward continuance verwacht je in tegenstelling tot de bevindingen in EMG-onderzoek, activiteit van de *m. quadriceps femoris* (waarvan de *m. rectus femoris* en de *mm. vasti* de knie strekken en de *m. rectus femoris* tevens de heup buigt). Mogelijk is het uitwendige extenderende moment op de knie voldoende voor de strekking van de knie.

De *m. gluteus medius* en de *m. tensor fascia latae*, zijn tijdens de unipedale fase actief. Zij hebben een abducerend moment over de heup en zijn waarschijnlijk actief om de adductie van de heup te doseren (ter voorkoming van het zijwaarts vallen van het lichaam) De *m. tensor fascia latae*, die tevens een flecterend moment over de heup heeft, kan aan het einde van de fase van forward continuance bijdragen aan de flexie van de heup.

De *m. gastrocnemius*, de *m. soleus* en de *m. tibialis anterior* hebben in de standfase een belangrijke rol in de propulsie [Rozendal, 1990]. Zij kunnen tevens supinerend ervoor zorgen dat het lichaamsgewicht overgebracht wordt op het contralaterale been. In het laatste deel geven de *m. soleus* en de *m. gastrocnemius* plantairflexie van de enkel [Townsend et al., 1978], [Andriacchi, 1980], [McFadyen & Winter, 1988].

#### **1.1.4 Foot Clearance**

Dit is het eerste deel van de zwaafase waarin de heup en knie geflecteerd worden en de enkel van plantairflexie naar dorsaalflexie wordt gebracht [Andriacchi, 1980], [McFadyen & Winter, 1988].

Het uitwendige moment op de heup is extenderend. Op het kniegewricht is het uitwendige moment in het eerste deel extenderend en gaat het moment halverwege naar flecterend. Op de enkel werkt nagenoeg geen moment (zie afbeelding 5).

De spieractiviteiten in deze fase zijn erop gericht het been over de tussenliggende trede te brengen. Het been ondergaat een slingerverkorting door flexie van de heup, flexie van de knie en dorsaalflexie van de enkel, waardoor het been vrij over de tussenliggende trede heen kan zwaaien.

De flexoren van de heup (vermoedelijk is de *m. iliopsoas* door Joseph & Watson bedoelt) overwinnen het extenderend moment op de heup en zorgen voor voldoende flexie van de heup. Van het vrij hangende been dreigt de knie in het begin van de fase van foot clearance naar extensie te gaan. Om dit te voorkomen contraheren de hamstrings die flexie van de knie geven [Joseph & Watson, 1967], [McFadyen & Winter, 1988]. Het moment op de knie verandert al snel naar flecterend ten gevolge van de heupflexie (Bij aanvang van de zwaafase is de knie in een lichte flexie (zie afbeelding 4). Op het tijdstip dat de voet de grond verlaat bevindt het zwaartepunt van het onderbeen zich dorsaal van het kniegewricht (zie afbeelding 3). Ten gevolge van de zwaartekracht op het onderbeen is het uitwendige moment op de knie extenderend. Wanneer de heup vervolgens een actieve flexie maakt, oefent het bovenbeen een naar ventraal gerichte kracht uit op het craniale deel van het onderbeen. Het onderbeen gaat ten gevolge van de naar ventraal gerichte kracht voorover roteren om zijn zwaartepunt. Het uitwendige moment op de knie wordt dan flecterend.) De hamstrings zijn actief om voldoende flexie van de knie te waarborgen.

Direct nadat de voet los komt van de grond wordt de voet naar dorsaalflexie gebracht door de *m. tibialis anterior* om de kans op contact met de tussenliggende trede zo klein mogelijk te maken [Joseph & Watson, 1967], [McFadyen & Winter, 1988].

Een verklaring voor de activiteit van de *m. tensor fascia latae* wordt niet gegeven. De *m. tensor fascia latae* is actief ter voorkoming van een adductie van de heup van het standbeen. Het voorkomen van adductie draagt bij aan het verkorten van de slinger van het zwaaibeen. De *m. tensor fascia latae* heeft ook een flecterend moment over de heup en kan bijdragen aan de flexiebeweging van de heup tijdens foot clearance.

### **1.1.5 Foot Placement**

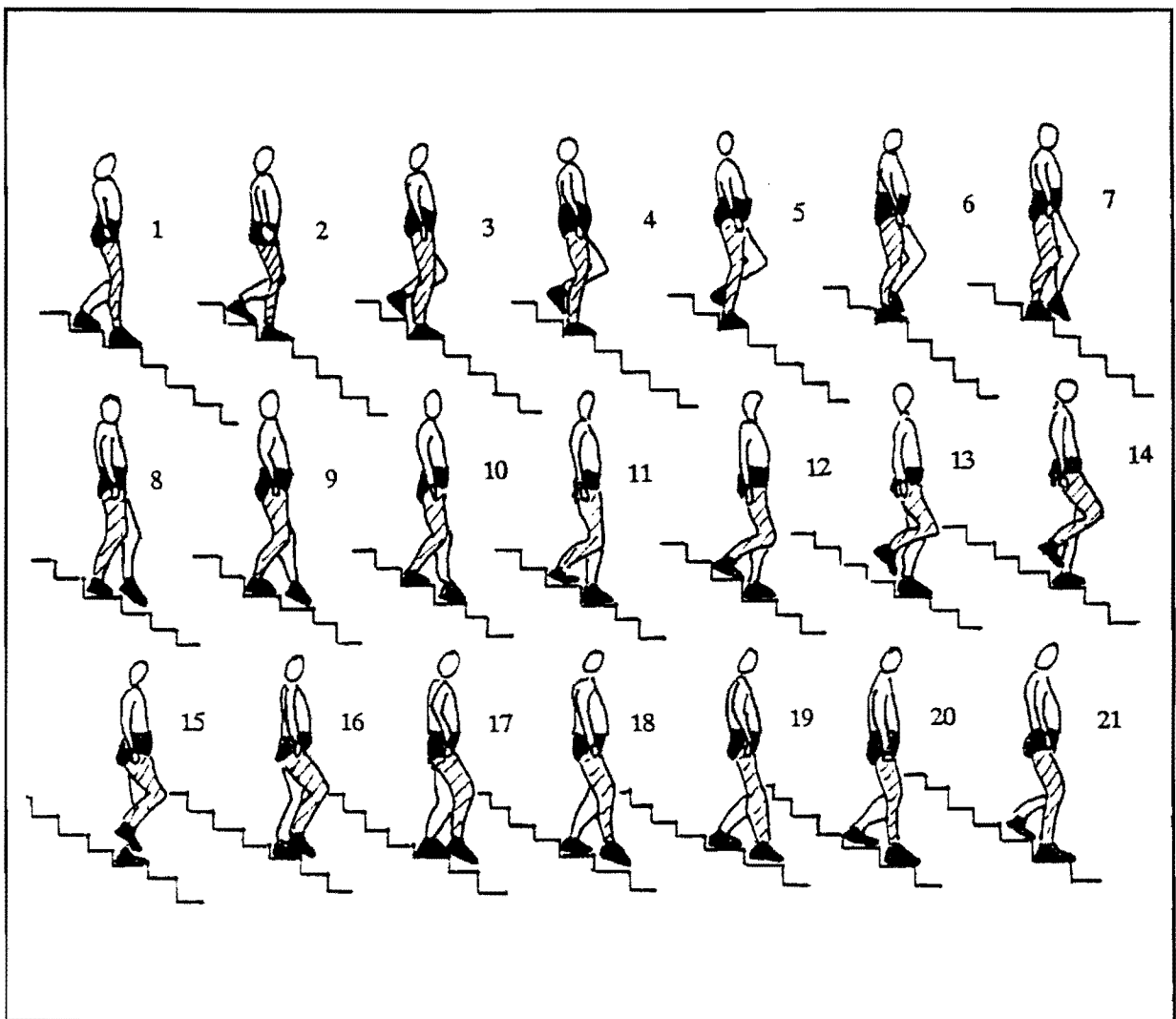
De flexie-beweging van de heup neemt eerst nog iets toe, maar verandert al snel in een extensiebeweging. De knieflexie neemt iets af ten opzichte van het einde van de fase van foot clearance. De dorsaalflexiestand van de enkel blijft nagenoeg gelijk (zie afbeelding 4 (FP)).

Op de heup werkt tijdens deze fase een flecterend moment ten gevolge van de zwaaisnelheid van het been. De knie ondergaat eerst een flecterend moment dat overgaat in een extenderend moment (Het bovenbeen wordt afgeremd terwijl het onderbeen doorzwaait; Het bovenbeen oefent een naar dorsaal gerichte kracht uit op het craniale deel van het bovenbeen, waardoor het onderbeen achterover roteert. Het moment op de knie wordt dan extenderend). Er is nagenoeg geen uitwendig moment op de enkel (zie afbeelding 5 (FP)).

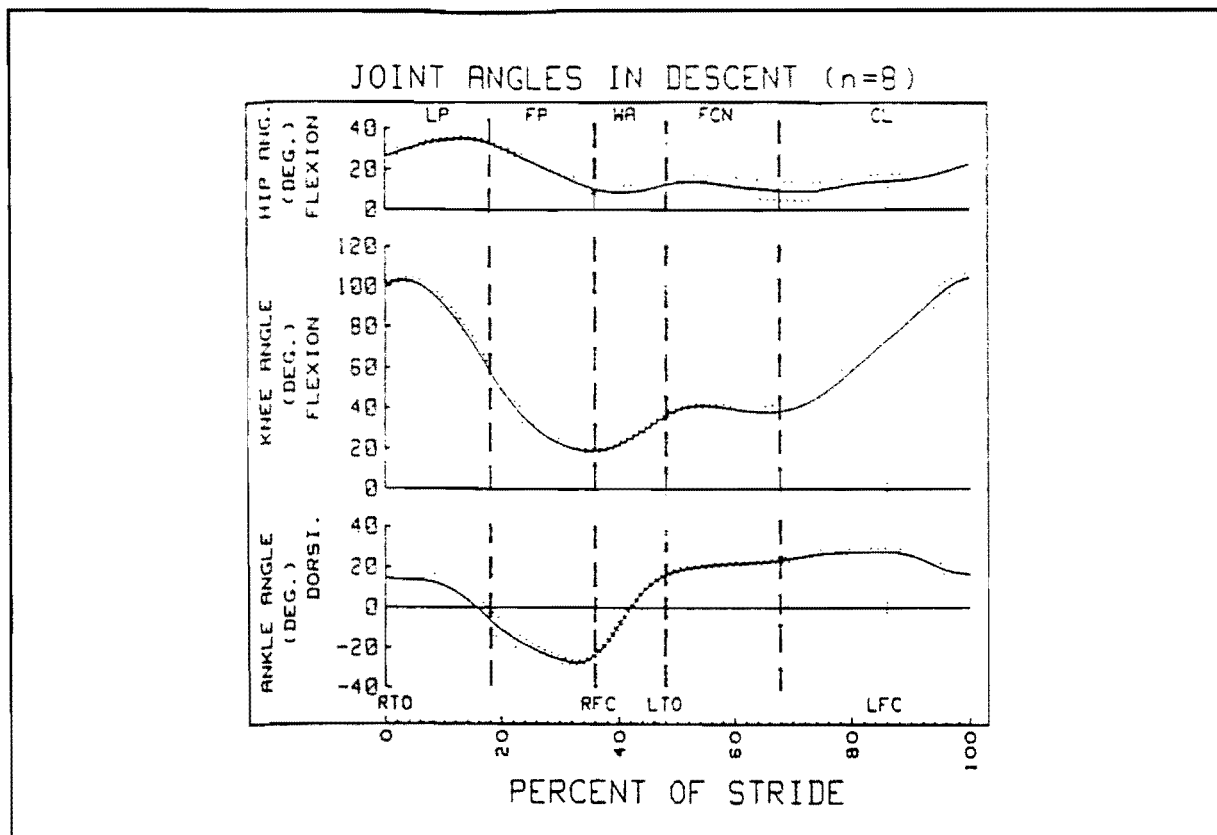
In deze fase zijn de heupflexoren en de hamstrings actief om het been te positioneren voor de voetplaatsing. De hamstrings remmen de knie-extensie af [Joseph & Watson, 1967], [McFadyen & Winter, 1988]. Mogelijk speelt de *m. adductor magnus* hierin ook een rol. De *m. adductor magnus* kan het door de hamstrings veroorzaakte endoroterende moment tegen gaan door het geven van exoroterend moment.

## 1.2 Bewegingen en spieractiviteit tijdens het trap aflopen

Het trap aflopen wordt beschreven van initieel voetcontact tot initieel voetcontact van dezelfde voet, alhoewel in de literatuur vaak begonnen wordt bij toe-off.



Afbeelding 6 Overzicht van het de trap af lopen



**Afbeelding 7** Overzicht van de hoekstandsveranderingen van het rechter been tijdens een volledige schrede bij het de trap af lopen [McFadyen & Winter, 1988]

Een overzicht van de het trap aflopen is weergegeven in afbeelding 6.

**in afbeelding 6**

figuur 1 t/m 3 = weight acceptance

figuur 4 t/m 6 = forward continuance

figuur 7 t/m 12 = controlled lowering

figuur 13 t/m 15 = leg pull through

figuur 16 t/m 19 = foot placement

figuur 20 t/m 21 = weight acceptance van de volgende cyclus

Afbeelding 7 geeft een overzicht van de hoekstandsveranderingen van het rechterbeen. In afbeelding 7 staat RTO voor toe-off van de rechter voet, RFC voor het rechter voetcontact, LTO voor toe-off van de linkervoet, LFC voor het linker voetcontact. De afkortingen voor de subfasen zijn overeenkomstig aan tabel II.

In tabel V is een overzicht gegeven van de spieren die actief zijn per fase van de traploopcycclus.

**Tabel V** Overzicht van spieren die actief zijn tijdens het de trap af lopen

|                        | WA | FCN            | CL             | LPT            | FP                |
|------------------------|----|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| <b>heup</b>            |    |                |                |                |                   |
| hamstrings             | ±  | -              | -              | +              | -                 |
| m. rectus femoris      | +  | +              | +              | -              | ± <sup>2</sup>    |
| m. gluteus maximus     | +  | -              | -              | -              | ± <sup>2</sup>    |
| m. gluteus medius      | +  | +              | -              | -              | ± <sup>2</sup>    |
| m. tensor fascia latae | +  | ±              | -              | -              | ± <sup>cind</sup> |
| m. adductor magnus     | -  | ±              | -              | -              | -                 |
| heupflexoren           | -  | -              | +              | ± <sup>1</sup> | -                 |
| <b>knie</b>            |    |                |                |                |                   |
| m. gastrocnemius       | +  | ± <sup>1</sup> | -              | -              | +                 |
| hamstrings             | ±  | -              | -              | +              | -                 |
| m. quadriceps femoris  | +  | +              | +              | -              | ± <sup>2</sup>    |
| <b>enkel</b>           |    |                |                |                |                   |
| m. tibialis anterior   | +  | ± <sup>1</sup> | ± <sup>2</sup> | +              | -                 |
| m. soleus              | +  | +              | -              | -              | -                 |
| m. gastrocnemius       | +  | ± <sup>1</sup> | -              | -              | +                 |

+ = de gehele fase of het grootste deel van de fase actief

- = niet actief tijdens deze fase

± = weinig of slechts een klein deel van de fase actief

1 = alleen eerste deel van de fase

2 = alleen tweede deel van de fase

cind = alleen aan het einde van de fase actief

WA = weight acceptance

FCN = forward continuance

CL = controlled lowering

LPT = leg pull through

FP = foot placement

Dit overzicht is tot stand gekomen op basis van EMG-onderzoeken en is tot stand gekomen door de spieractiviteit per fase per spier van deze onderzoekers met elkaar te vergelijken en daaruit het algemene beeld te bepalen [Joseph & Watson, 1967], [Townsend et al., 1978], [Andriacchi et al., 1980], [Lyons et al., 1983], [McFadyen & Winter, 1988]. In geval van onderlinge verschillen in spieractiviteit is het meest voorkomende patroon genomen. Er moet op gewezen worden dat variabiliteit in spierpatronen regelmatig voorkomt, met name wat betreft de hamstrings en de m. tibialis anterior [Townsend et al., 1978].

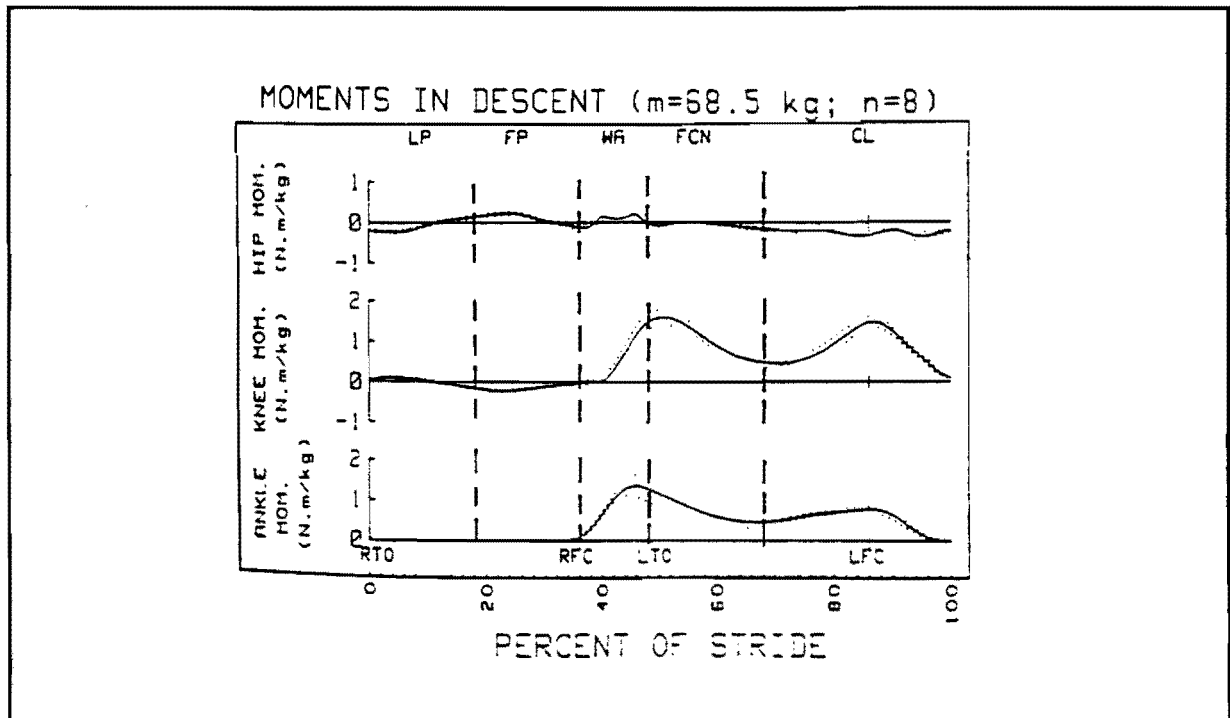
Per fase zal beschreven worden welke hoekstandsveranderingen plaats vinden, wat de uitwendige momenten op de gewrichten zijn, welke spieren actief zijn en zo mogelijk zal een verklaring voor hun activiteit worden gegeven.

### 1.2.1 Weight Acceptance

In deze fase wordt het lichaamsgewicht overgebracht op het standbeen. Weight acceptance duurt van het initiële voetcontact tot de unipedale fase begint [McFadyen & Winter, 1988], [Zachazewski, 1993].

In de periode van initieel voetcontact tot het midden van de standfase blijft de heup in een nagenoeg constante flexiestand van ongeveer 15 graden. De knie maakt een flexie van 20 naar ongeveer 40 graden en de enkel gaat van ongeveer 20 graden plantairflexie naar ongeveer 20 graden dorsaalflexie (zie afbeelding 7 (WA)).

Het uitwendige moment op de heup is tijdens weight acceptance flecterend. Het moment op de knie wordt vlak na voet contact flecterend met piek aan het eind van de bipedale fase wanneer de contralaterale voet de grond verlaat. Ook het moment op de enkel dat dorsaalflecterend is in deze fase neemt toe tot een maximum op het tijdstip dat de contralaterale voet de grond verlaat (zie afbeelding 8 (WA)).



Afbeelding 8 Uitwendige momenten op heup, knie en enkel tijdens het de trap af lopen [McFadyen & Winter, 1988]

Aan de rol van de spieren in deze fase wordt in de literatuur weinig aandacht besteed. Hun functie in deze fase is het opvangen van het lichaamsgewicht door gecontroleerde flexie [Townsend et al., 1978]. De flexiebeweging van de heup en knie wordt gestabiliseert door een samenwerking van de biarticulaire m. rectus femoris en de hamstrings. Van de spieren rond de heup die actief zijn hebben de m. rectus femoris, delen van de m. gluteus medius en de m. tensor fascia latae een flecterend moment over de heup. De m. rectus femoris remt tevens de flexie van de knie.

De hamstrings en de m. gluteus maximus kunnen in deze fase het flecterend moment van de m. rectus femoris, m. gluteus medius en de m. tensor fascia latae neutraliseren.

De m. tibialis anterior, de m. soleus en de m. gastrocnemius stabiliseren de voet. Zij dragen door middel van hun supinerend moment bij aan het afremmen van het over te brengen lichaamsgewicht. De m. gastrocnemius en de m. soleus die beiden plantairflexie geven doseren de dorsaalflexie van de voet.

### 1.2.2 Forward Continuance

Forward continuance begint bij aanvang van de unipedale fase en loopt door tot het midden van de standfase (aangenomen wordt dat dit ongeveer samenvalt met het tijdstip dat contralaterale been het standbeen passeert). Tijdens deze fase ondergaat het lichaamsswaartepunt voornamelijk een horizontale verplaatsing [Zachazewski, 1993].

Vanaf de aanvang van de unipedale fase tot het midden van de standfase maakt de heup een lichte extensie tot ongeveer 10 graden. (zie afbeelding 7 (FCN)). De knie blijft gedurende deze fase in een flexiestand van ongeveer 40 graden tot aan het midden van de standfase (zie afbeelding 7 (FCN)). De enkel blijft in deze fase in nagenoeg dezelfde stand, ongeveer 20-25 graden dorsaalflexie (zie afbeelding 7 (FCN)).

Het uitwendige moment op de heup is tijdens forward continuance extenderend. De knie ondergaat een flecterend moment dat afneemt tot het midden van de standfase. Het uitwendige moment op de enkel is in deze fase dorsaalflecterend (zie afbeelding 8 (FCN)).

Omdat de m. gluteus maximus en de hamstrings in deze fase niet actief zijn moet de extensiebeweging in de eerste fase toegeschreven worden aan het uitwendige moment en de activiteit van de m. adductor magnus en delen van de m. gluteus medius. De extensie van de heup wordt gedoseerd door de m. rectus femoris en de m. tensor fascia latae, die beide een flecterend moment over de heup hebben. De m. tensor fascia latae en de m. gluteus medius kunnen in deze fase ook de heup abducen en voorkomen dat het lichaam zijwaarts valt naar de niet-ondersteunde zijde [Joseph & Watson, 1967].



De m. tibialis anterior, de m. gastrocnemius en de m. soleus hebben tijdens forward continuance een belangrijke rol in de progressie, door middel van hun supinerende moment op de enkel waardoor het lichaamsgewicht naar voren wordt verplaatst [Rozendal, 1990].

### **1.2.3 Controlled Lowering**

Tijdens deze fase wordt het gewicht overgebracht op het contralaterale been. Het lichaamszwaartepunt verplaatst tijdens deze fase verticaal en naar lateraal. De fase begint vlak na het midden van de standfase en duurt tot de voet van het standbeen de grond verlaat (aanvang van de tweede unipedale fase).

In deze fase neemt de flexie van de heup verder toe tot ongeveer 25 graden. De knieflexie neemt toe tot een maximum van ongeveer 100 graden. De dorsaalflexie van de enkel neemt in deze fase eerst licht toe tot ongeveer 25 graden en neemt daarna af tot ongeveer 15 graden dorsaalflexie (zie afbeelding 7 (CL)).

De afname van de dorsaalflexie heeft te maken met het bereiken van de maximale dorsaalflexiestand van de enkel bij tijdens controlled lowering. Een verdere dorsaalflexie van de enkel is niet mogelijk, waardoor de hiel genoodzaakt is de trede te verlaten voordat de andere voet volledig het gewicht over heeft genomen. Het optillen van de hiel heeft tot gevolg dat de enkel naar een minder grote dorsaalflexiestand kan gaan. De afname van dorsaalflexie wordt gecompenseerd met het verder buigen van de knie en de heup.

Het moment dat tijdens controlled lowering op de heup werkt is extenderend. Het moment op de knie is flecterend. Tijdens deze fase neemt het dorsaalflecterende moment op de enkel weer af tot nul op het moment dat de voet de grond verlaat (zie afbeelding 8 (CL)).

Omdat de heup in deze fase geflecteerd wordt en er een extenderend moment op de heup staat mogen we activiteit van de flexoren van de heup verwachten. De heupflexoren en de m. rectus femoris zijn inderdaad in deze fase actief (zie tabel V).

De m. quadriceps femoris zijn in deze fase actief om de flexie van de knie te doseren. De activiteit van de m. tibialis anterior in het tweede deel van de fase heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat de hiel de grond verlaat. Aan de m. tibialis anterior moet een stabiliserende werking op de enkel worden toegeschreven.

### **1.2.4 Leg Pull Through**

Dit is de periode vanaf het moment dat de voet de grond verlaat tot ongeveer het midden van de zwaafase. In deze fase wordt de voet over de tussenliggende trede gezwaid. Op het moment van dat de voet de grond verlaat is de heup geflecteerd tot ongeveer 25 graden. De knie is in flexie van ongeveer 100 graden. De enkel is in dorsaalflexie van ongeveer 20 graden. Tijdens leg pull through neemt de flexie in de

heup eerst toe tot ongeveer 35 graden waarna een lichte daling van de flexie tot ongeveer 30 graden optreedt. De knie maakt een extensie van 100 tot ongeveer 60 graden flexie. De enkel maakt een plantairflexie-beweging en de dorsaalflexie neemt af tot ongeveer een licht geplantairflecteerde stand rond het midden van de zwaafase (zie afbeelding 7 (LPT)).

Het uitwendige moment op het heupgewricht is tijdens leg pull through eerst extenderend en later flecterend. In de momentsgrafieken van McFadyen & Winter (afbeelding 8 (LPT)) is te zien dat het moment op de knie in het begin flecterend en daarna extenderend is. Dit is in eerste instantie niet begrijpelijk, maar mogelijk heeft dit te maken met de buigsnelheid van de knie die in de vorige fase verkregen is. Het moment op de enkel is verwaarloosbaar.

Tijdens leg pull through wordt net als bij foot clearance bij het trap oplopen de slingerlengte van het been verkort. Verkorting van het slingerbeen gebeurt door flexie van de heup, door flexie van de knie en het optillen van de voet.

De flexie van de heup wordt gemaakt door contractie van de heupflexoren (m. iliopsoas). De hamstrings zijn verantwoordelijk voor de knieflexie tijdens leg pull through [Townsend et al., 1978].

Na het loskomen van de voet maakt de enkel een plantairflexie beweging tot een neutrale stand (zie afbeelding 7).

Je verwacht hier juist een dorsaalflexiebeweging in verband met de verkorting van het slingerbeen, mede in verband met de activiteit van de m. tibialis anterior. De m. tibialis anterior is actief om te voorkomen dat te veel plantairflexie optreedt tijdens leg pull through.

De verkorting van het slingerbeen is in deze fase minder kritisch dan tijdens foot clearance bij het trap oplopen [McFadyen & Winter, 1988], [Templer, 1992]. Tijdens het trap oplopen stoot de voet na het loskomen van de trede direct tegen de tussenliggende trede als de voet onvoldoende opgetild wordt. Bij het trap aflopen dreigt het gevaar van stoten tegen de tussenliggende trede pas later in de zwaafase.

### **1.2.5 Foot Placement**

Foot placement begint ongeveer in het midden van de zwaafase en duurt tot voetcontact van het zwaaibeen met de lagere trede. In het laatste deel van de zwaafase wordt het been gepositioneerd en voorbereid op de plaatsing van de voet op de lager gelegen trede (zie afbeelding 6).

De flexie van de heup neemt af van 30 tot ongeveer 10 graden. De knieflexie neemt verder af tot ongeveer 20 graden. De plantairflexie van de enkel wordt voortgezet tot een stand van ongeveer 25 graden plantairflexie wordt bereikt (zie afbeelding 7 (FP)).

De heup ondergaat een uitwendig moment dat in het grootste deel van deze fase flecterend is (zie afbeelding 8(FP)). Dit is verklaarbaar wanneer de zwaaisnelheid van het onderbeen verkregen tijdens leg pull through in acht wordt genomen. Het

onderbeen zwaait door wanneer het bovenbeen wordt afgeremd. Het onderbeen veroorzaakt daardoor een flecterend moment op de heup. Aan het eind van de fase wordt het uitwendige moment weer extenderend als de voet op de trede geplaatst wordt.

Het uitwendige moment op de knie is extenderend en neemt af in grootte tot het voetcontact op de lager gelegen trede. De enkel ondervindt een verwaarloosbaar moment (zie afbeelding 8 (FP)).

Het been wordt uitgestrekt naar de trede door extensie van de heup door de m. gluteus maximus, en delen van de m. gluteus medius extensie van de heup. De knie wordt geëxtendeerd door de m. rectus femoris. De m. gastrocnemius geeft de plantairflexie van de enkel.

De activiteit van de spieren aan het einde van de zwaafase moet in verband worden gebracht met het positioneren van de voet en het been, en het voorbereiden van het been op het initiële contact met de volgende trede [Townsend et al., 1978]. De activiteit van de m. tensor fascia latae is hier een voorbeeld van.

## **2 De rol van verouderingsprocessen bij het traplopen**

In dit hoofdstuk zal eerst aandacht besteed worden aan de verschillende aspecten van veroudering. Vervolgens zal worden toegelicht op welke wijze deze veroudering zijn invloed kan hebben op traplopen.

### **2.1 Verouderingsprocessen**

Onder veroudering verstaan we het optreden van ogenschijnlijk spontane, irreversibele veranderingen met de tijd [Eulderink, 1993]. Voordat ingegaan wordt op de verouderingsprocessen moet men zich realiseren dat er veel intra- en interindividuele verschillen zijn wat betreft mate en snelheid van veroudering.

De vier belangrijkste groepen verouderingsprocessen zijn veranderingen op lichamelijk, cognitief, sensorisch en psychisch vlak. In tabel VI is een overzicht gegeven van de tot deze vier groepen behorende aspecten van veroudering.

De invloed van psychische veranderingen op het traplopen wordt in dit rapport buiten beschouwing gelaten. De mogelijke invloed van de overige drie groepen op het traplopen zal nader worden toegelicht.

#### **2.1.1 Lichamelijke veranderingen in relatie tot traplopen**

Verwacht wordt dat de afname van de spierkracht die optreedt ten gevolge van veroudering ertoe kan leiden dat het traplopen niet langer mogelijk is of slechts moeizaam gaat.

Indien veel moeite wordt ondervonden zal men geneigd zijn tot het zoeken van steun aan een leuning of als deze er niet is aan de palen, richels, randen, muren of hoger gelegen treden. Deze steunpunten worden gezocht ter ontlasting van de gewrichten en daarmee ter vermindering van de benodigde spierkracht. In een aparte paragraaf wordt een indicatieve analyse uitgevoerd die de fasen waarin bij ouderen door gebrek aan spierkracht problemen ontstaan toelicht (zie paragraaf 2.2).

Ten gevolge van pijn of stijfheid van het gewrichtskapsel kan een verminderde beweeglijkheid van de gewrichten ontstaan. Een verminderde maximale bewegingsuitslag van de gewrichten zal in de meeste situaties geen aanleiding zijn tot het ontstaan van problemen. Tabel VII geeft een idee van de grootte van de gevraagde bewegingsuitslagen, zoals gevonden door Andriacchi en McFadyen & Winter.

Wel moet hierbij worden aangetekend dat het steeds onderzoek van jongere proefpersonen betreft en dat bewegingsuitslagen onder andere afhankelijk zijn van lengte van de proefpersoon in verhouding tot de dimensies van de trap, compensatiemogelijkheden van bewegingsbeperkingen.

**Tabel VI Aspecten van veroudering****Lichamelijke veranderingen**

Anatomische en fysiologische veranderingen in botten, spieren, gewrichten, organen.

- afname spierkracht
- afname lenigheid
- verminderde coördinatie
- afname uithoudingsvermogen
- afname functioneren organen
- veranderde lichaamshouding

**Cognitieve veranderingen**

Verandering van denkprocessen, verwerkingscapaciteit.

- afname reactievermogen
- verminderde aandacht/ concentratie
- afname verwerkingscapaciteit
- afname aanpassingssnelheid
- vergeetachtigheid

**Sensorische veranderingen**

Opname van gegevens uit de omgeving.

- afname gehoor
- afname zien
- afname tactiliteit
- afname smaak
- afname reuk
- verminderde evenwichtsfunctie

**Psychische veranderingen**

De wijze waarop de omgeving benaderd/ ervaren wordt.

- minderwaardigheidscomplex
- anderen zeggen 'niet doen'
- eenzaamheid
- angst

---

Met de ouderdom gaan de organen minder goed functioneren. De hartfunctie neemt af waardoor de bloedcirculatie en daarmee de aanvoer van zuurstof lager is. De elasticiteit van het longweefsel neemt af en de mogelijkheid om zuurstof op te nemen uit de omgeving vermindert. Dit alles leidt ertoe dat ouderen eerder een gevoel van vermoeidheid krijgen, waardoor het traplopen minder lang volgehouden kan worden. Het traplopen kost 2 tot 5 keer zoveel energie als bij het gaan [Templer, 1992]. Het zuurstofgebruik per minuut is tijdens het trap oplopen 3 tot 4 keer zo hoog als bij het trap aflopen [Ramanathan & Kamon, 1974]. Doordat kwantificering bij Templer ontbreekt is niet na te gaan of de resultaten van beide onderzoekers bij elkaar aansluiten.

**Tabel VII Maximale hoekstanden die bereikt worden in heup, knie en enkel voor zowel het de trap op als het de trap af lopen**

**trap omhoog lopen**

*heup*

| minimum | maximum |    |
|---------|---------|----|
| 10      | 60      | *  |
| 5       | 40      | ** |

*knie*

| minimum | maximum |    |
|---------|---------|----|
| 10      | 100     | *  |
| 10      | 90      | ** |

*enkel*

| minimum | maximum |    |
|---------|---------|----|
| -10     | 20      | *  |
| -35     | 10      | ** |

**trap naar beneden lopen**

*heup*

| minimum | maximum |    |
|---------|---------|----|
| 10      | 30      | *  |
| 0       | 35      | ** |

*knie*

| minimum | maximum |    |
|---------|---------|----|
| 20      | 100     | *  |
| 10      | 115     | ** |

*enkel*

| minimum | maximum |    |
|---------|---------|----|
| -30     | 30      | *  |
| -40     | 40      | ** |

\* [McFadyen & Winter, 1988] (tredehoogte = 22 cm, tredediepte = 28 cm, helling = 37 graden)

\*\* [Andriacchi, 1980] (tredehoogte = 21 cm, tredediepte = 25.5 cm, helling = 38 graden)

N.B. de genoemde waarden zijn afgeronde, uit grafieken afgelezen waarden.

Een verminderde coördinatie kan ertoe leiden dat de voet minder goed gepositioneerd wordt boven de trede, waardoor misstappen kunnen ontstaan.

Op hogere leeftijd verandert de lichaamshouding. De vormverandering van de romp kenmerkt zich door een versterkte thoracale kyfose en een afgevlakte lendelordose. De buikwand puilt over het algemeen uit naar voren. Ten gevolge hiervan ligt het totale lichaamsswaartepunt relatief ver naar ventraal in de romp. De oudere zal daardoor eerder neigen tot voorover vallen.

Het looppatroon van de oudere kenmerkt zich door een meer schuifelende gang [Craik, 1989]. De voeten worden minder hoog opgetild. De gangsnelheid ligt over het algemeen lager en de staplengte is kleiner. De gang van de mannen kenmerkt zich door een breed gangspoor, terwijl de vrouwen op oudere leeftijd juist kiezen voor een smaller gangspoor. Het is niet ondenkbaar dat ook het looppatroon op de trap verandert. Het is te verwachten dat ouderen ook op de trap anders zullen lopen dan jongeren. Uit onderzoek van Archea bleek dat ouderen meer tijd nodig hebben voor het nemen van met name de eerste en tweede trede van de trap. Ouderen (65+ jaar) hebben voor de eerste trede gemiddeld 1.25 seconde nodig tegen 0.77 s bij jongeren (45-64 jaar). Voor de tweede trede registreerden hij respectievelijk 1.02 en 0.62 seconden [Archea, 1985]. Hij vermeldt niet of dit verschil blijvend is of veroorzaakt wordt door de een gemiddeld lagere snelheid van de ouderen.

### **2.1.2 Cognitieve veranderingen in relatie tot traplopen**

De oudere heeft een lagere reactiesnelheid [Age & Design]. Plotselinge verstoringen van de balans worden minder snel gecorrigeerd, waardoor de kans op een val groter is.

De oudere heeft meer tijd nodig om informatie van buitenaf te interpreteren. Door vermindering van de verwerkingscapaciteit kunnen snelle wijzigingen in de situatie of omgeving niet adequaat verwerkt worden. Meer opeenvolgende wijzigingen kunnen als verwarrend ervaren worden. Het duurt langer voordat de oudere zich bewust is van een wijziging.

Ouderen hebben meer moeite om meer activiteiten gelijktijdig uit te voeren, bijvoorbeeld het dragen van een voorwerp gecombineerd met het traplopen of het omkijken naar iemand, die beneden aan de trap iets tegen de oudere zegt.

Het traplopen vereist een hoge alertheid voor onverwachte veranderingen. De oudere heeft meer moeite zich goed te concentreren op een bezigheid. De aandacht is snel afgeleid.

Algemeen kan gesteld worden dat cognitieve problemen een rol spelen als activiteiten complex zijn.

### **2.1.3 Sensorische veranderingen in relatie tot traplopen**

Ter ondersteuning van de beweging speelt informatie uit de omgeving een grote rol. Met name het gehoor en de visus hebben een belangrijke functie [Age & Design]. Zij moeten informatie verstrekken over verstoringen in de omgeving die de balans kunnen verstoren. Zonder deze informatie is het lichaam minder goed in staat te anticiperen op verstoringen in omgeving of verstoringen in de lichaamsbalans, die op kunnen treden bij onverhoopte misstappen.

De belangrijkste veranderingen op het gebied van de visus zijn een afname van de grootte van het gezichtsveld, een grotere stijfheid van de lens waardoor het accommodatiegebied afneemt, minder lichtinval op het netvlies door vertroebeling van de lens, minder kleuronderscheid met name voor blauwtinten (men kijkt als het ware door geel-filters), meer tijd voor de pupilreflex waardoor een minder snelle adaptatie bij plotselinge overgang van licht naar donker plaats vindt.

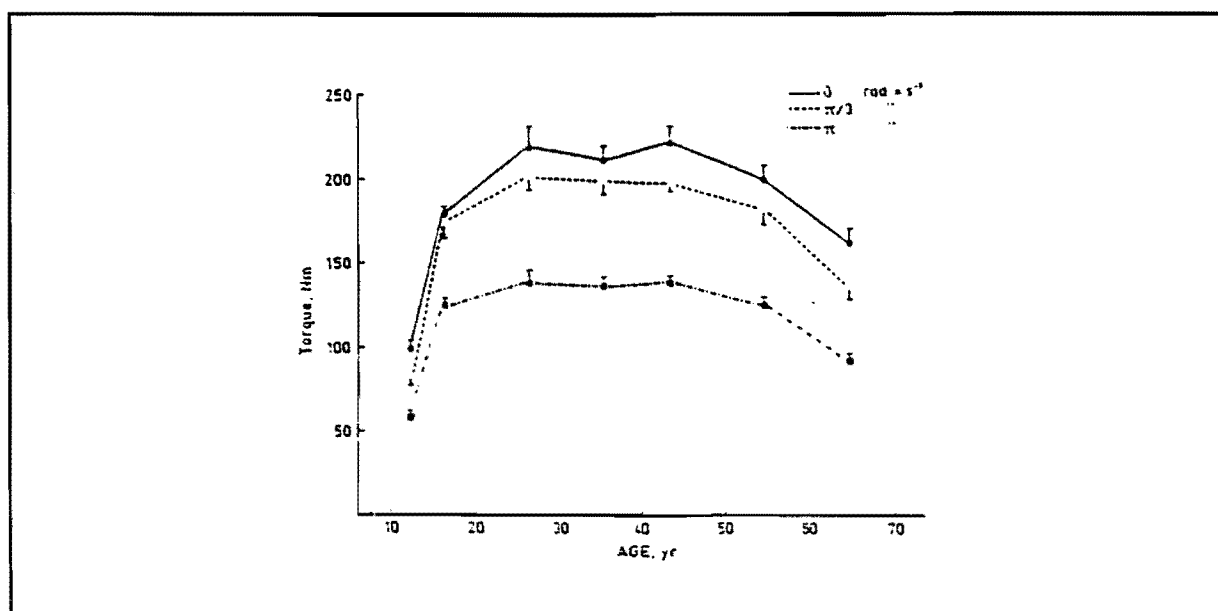


De proprioceptie (pees-, gewrichtssensoren en spierspoeltjes) van de oudere is verminderd waardoor het waarnemen van de positie van lichaamsdelen in de ruimte minder precies is wat met name problemen kan geven bij het positioneren van de voet boven de trede en het zorgen voor voldoende afstand tussen trede rand en de voet van het zwaaibeen. De afname van reuk en smaak hebben geen invloed op de het traplopen.

Afname van de tastzin kan ertoe leiden dat ouderen meer moeite hebben met het waarnemen van voetcontact met de trede, waardoor men minder goed voorbereid wordt op het neerkomen op de trede met name bij het omlaag lopen. Hierdoor komen ouderen 'zwaarder' neer op de trede.

## 2.2 Afname van de spierkracht en de gevolgen voor het traplopen

Voldoende spierkracht is een vereiste om de dagelijkse activiteiten, waaronder het traplopen uit te kunnen voeren. Uit onderzoek is gebleken dat het moment wat geleverd kan worden door de spieren in verband staat met de leeftijd [Larsson, 1979]. In afbeelding 9 is deze relatie voor de m. quadriceps femoris weergegeven.



Afbeelding 9 Het te leveren moment van de m. quadriceps femoris in relatie tot de leeftijd bij drie verschillende hoeksnelheden [Larsson, 1979]

Tot het dertigste levensjaar neemt het maximaal door de spieren te leveren moment toe, vervolgens blijft het vrij constant en na het zestigste jaar neemt het te leveren moment weer af. De afname van het moment is voor de spieren van de bovenste extremiteit groter dan voor de onderste extremiteit.

In tabel VIII is een overzicht gegeven van de door verschillende onderzoekers gevonden spierkrachtafname in procenten [Spirduso & Gilliam McRae, 1990]. In de tabel VII staan vermeld de onderzochte 'spiergroep', de leeftijden die met elkaar

vergeleken worden, de sekse van de onderzoeksgroep, de procentuele afname van de spierkracht van de betreffende 'spiergroep' en tot slot de onderzoeker die de afname oorspronkelijk rapporteerde.

**Tabel VIII Procentuele afname van spierkracht**

| <b>grijpkracht/ armspierkracht</b> |                  |         |                            |
|------------------------------------|------------------|---------|----------------------------|
| 20-69 jaar                         | mannen + vrouwen | 10-20 % | Montoye & Lamphiear(1977)  |
| <b>m. quadriceps femoris</b>       |                  |         |                            |
| 20-65 jaar                         | mannen           | 26-38 % | Larsson (1978)             |
| 20-70 jaar                         | vrouwen          | 35 %    | Young, Stokes, Crow (1984) |

De afname van de spierkracht is niet de enige factor die bepaalt of een beweging niet meer kan worden uitgevoerd. Door Pendergast werd erop gewezen dat de gevraagde momenten tijdens de activiteiten vaak veel kleiner zijn dan de maximaal te leveren momenten door ouderen [Pendergast, 1993]. Om een indicatie te krijgen of dit ook geldt voor traplopen bij ouderen is een indicatieve analyse uitgevoerd.

Er is gebruik gemaakt van de maximaal door ouderen door de spieren te leveren momenten zoals verzameld door Schultz [Schultz, 1992]. Omdat geen gegevens bekend zijn van ouderen over de uitwendige momenten op de gewrichten tijdens traplopen is gebruik gemaakt van de uitwendige momenten tijdens traplopen van jongere proefpersonen (zie afbeelding 5 en 8). Per gewricht is nagegaan of het maximale uitwendige moment het moment dat maximaal door de spieren geleverd kan worden overschrijdt. In bijlage 1 is een overzicht opgenomen van maximaal uitwendige en de maximaal door de spieren te leveren momenten.

Na onderlinge vergelijking van deze momenten blijkt dat in een aantal situaties problemen optreden (een probleem treedt op als het maximaal door de spieren te leveren moment is kleiner dan het maximaal uitwendige moment).

### **de trap oplopen**

#### **- enkel**

Het maximale uitwendige moment wordt bereikt tijdens forward continuance vlak na het initiële contact van het contralaterale been; de enkel bevindt zich in een plantairflexiestand van ongeveer 10 graden.

#### **- knie**

(een gebrek aan spierkracht zal mogelijk aanleiding zijn tot problemen; het verschil tussen het door de spieren geleverde moment en het maximale uitwendige moment is klein)

Het maximale uitwendige moment treedt op op de overgang van weight acceptance naar de fase van pull up bij een gewrichtshoek van ongeveer 60 graden.

**de trap aflopen****- knie**

Het maximale uitwendige moment wordt voor de eerste keer in de cyclus bereikt bij de overgang van weight acceptance naar forward continuance, vlak na toe-off van het contralaterale been. De knie is in een constante flexie van ongeveer 40 graden.

Een tweede maximum van het uitwendige moment vinden we tijdens controlled lowering op de overgang van de unipedale naar de bipedale fase. De knie bevindt zich dan in een flexiestand van ongeveer 80 graden.

**- enkel**

Het maximale uitwendige moment treedt op aan het begin van de standfase (weight acceptance). De enkel is in dorsaal- [McFadyen & Winter, 1988] of plantairflexie [Andriacchi, 1980], [Templer, 1992].

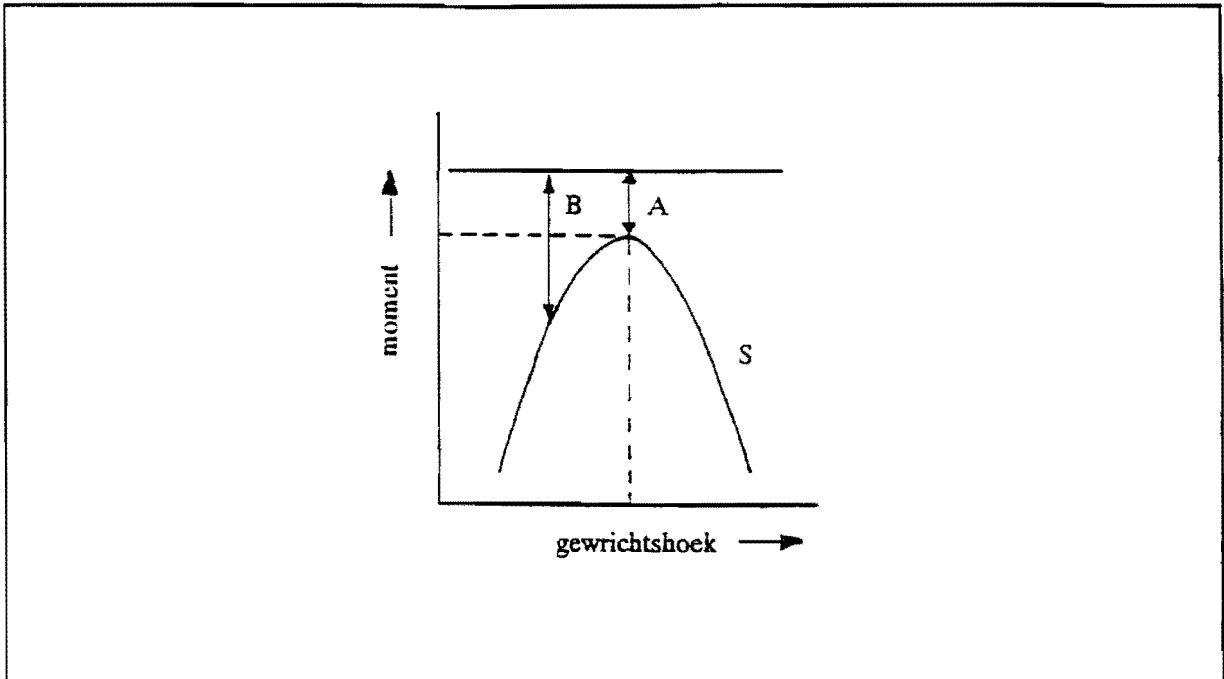
Het door de spieren te leveren moment is mede afhankelijk van de hoekstand van het gewricht. Het maximale extenderende moment wordt door de extensoren van de knie geleverd bij een hoekstand van de knie van 50 graden flexie. De plantairflexoren leveren hun maximale moment bij een hoekstand van 10 graden plantairflexie van de enkel [Inman et al., 1981]

Vergelijking van deze optimale hoekstand met de hoekstand zoals gevonden op het tijdstip dat het maximale uitwendige moment tijdens het traplopen optreedt, laat zien dat bij het omhoog lopen de extensoren van de knie en de plantairflexoren van de enkel het optimale moment kunnen leveren.

Bij het trap aflopen ligt de hoekstand van de knie, wanneer voor de eerste keer een maximaal uitwendig moment gevraagd wordt, niet ver van de optimale hoekstand. Daarentegen is de hoekstand bij het bereiken van het tweede maximum van het uitwendige moment, de hoekstand minder gunstig. Het door de spieren geleverde moment is daardoor kleiner dan het optimale moment dat geleverd kan worden in de meest gunstige hoekstand. De hoekstand van de enkel is redelijk gunstig. Het door de plantairflexoren geleverde moment is nagenoeg gelijk aan het optimale moment.

Voor de knie is, bij het bereiken het tweede maximale uitwendige moment, het probleem groter dan op het eerste gezicht uit vergelijking van het maximale uitwendig en door de spieren geleverd moment bleek.

We zullen dit verduidelijken aan de hand van een fictieve voorstelling weergegeven in afbeelding 10. Langs de horizontale as is de hoekstand van een willekeurig gewricht uitgezet. Op de verticale as is de grote van het door de spieren geleverde moment uitgezet. De kromme S geeft het verloop van het maximaal door de spieren te leveren moment bij gegeven hoekstand van het gewricht. Door stippellijnen is de optimale gewrichtshoek met het optimale moment aangegeven. De doorgetrokken horizontale lijn is het uitwendige moment. Bij een optimale hoekstand bedraagt het tekort aan door de spieren geleverd moment A. Voor iedere andere hoekstand is het tekort aan door de spieren geleverd moment groter.



**Afbeelding 10** Fictieve voorstelling van de vertekening van het tekort aan door de spieren geleverd moment

Dit toepassend voor de situatie voor de knie bij het voor de tweede keer in de cyclus bereiken van het maximale uitwendige moment (situatie B in afbeelding 10) wordt duidelijk dat het tekort niet A, maar B groot is. Het tekort aan door de spieren geleverde moment is groter dan bleek uit de eerdere vergelijking.

De omstandigheden waarin een tekort aan spierkracht op kan treden bepalen of er een kans op een ongeval is. Per probleemsituatie zal nu nagegaan worden wat de mogelijke gevolgen zijn.

Het tekort aan spierkracht van de plantairflexoren van de enkel heeft weinig risico bij het trap oplopen. Bij het trap omhoog lopen zijn de plantairflexoren actief om het lichaam over te brengen op het contralaterale been. Dit tekort kan opgevangen worden door een lichte rompflexie, om te assisteren bij het verplaatsen van het lichaamsswaartepunt naar het andere been. Er is geen valgevaar te verwachten. Bij het trap aflopen wordt de voet minder gedoseerd op de trede geplaatst. De snelle dorsaalflexie, waardoor het overbrengen van het lichaamsgewicht in korte tijd op een minder gecontroleerde wijze plaats vindt, stelt hogere eisen aan het handhaven van het evenwicht. Dit geldt met name wanneer geen gebruik gemaakt wordt van de leuning. Voor ouderen betekent het dat een tekort aan spierkracht van de plantairflexoren bij het trap aflopen het valrisico verhoogt.

De risico's bij de knie zijn groter. Tijdens het trap oplopen treedt het probleem op bij de overgang van de eerste bipedale fase naar de unipedale fase. De voorwaartse beweging wordt in deze fase omgezet in een opwaartse beweging. Het door de knie zakken in de unipedale fase is een direct valgevaar. Tijdens het trap aflopen vinden de knieproblemen plaats in de unipedale fase en aan het eind van de unipedale fase, beide kunnen aanleiding geven tot een ernstige val.

Uit de indicatieve analyse komt naar voren dat juist tijdens instabiele fasen bij gebrek aan spierkracht problemen te verwachten zijn.

Toch moeten deze resultaten met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd, met name wat betreft de grootte van de uitwendige en de door de spieren geleverde momenten. De maximaal door de spieren te leveren momenten van ouderen zijn bepaald in test opstellingen onder isometrische of isokinetische omstandigheden bij geringe snelheid. Zoals bekend neemt het moment wat geleverd kan worden door een spier over een gewricht af bij grotere hoeksnelheden [Larsson,1979], [Rozendal,1990] (zie ook afbeelding 9). Verwacht wordt dat ten gevolge van de lagere loopsnelheid van ouderen de hoeksnelheden lager zijn.

De gegevens betreffende de uitwendige momenten zijn afkomstig van jongere proefpersonen die met vrijgekozen snelheid lopen. Omdat bekend is dat ouderen langzamer lopen en een ander looppatroon hebben mag verwacht worden dat de uitwendige momenten niet gelijk zullen zijn, maar mogelijk lager. Bovendien is het te leveren moment, naast snelheid, ook afhankelijk van de hoekstand van het gewricht. De dimensies van de trap zullen de grote van de momenten waarschijnlijk beïnvloeden. Er mogen dan ook alleen voorlopige conclusies aan deze indicatieve analyse worden verbonden.

### 3 Valproblematiek in relatie tot traplopen

#### 3.1 Inleiding

Voor ouderen is het traplopen een activiteit die relatief veel risico met zich mee brengt. Door de stichting consument en veiligheid worden per jaar 5850 ongevallen onder 55-plussers waarbij de trap betrokken is geregistreerd met behulp van het privé-ongevallen registratie systeem<sup>2</sup>. Het aantal geregistreeerde trapongevallen bij ouderen is ongeveer 10 procent van het totaal aantal trapongevallen onder 55-plussers per jaar.

In 91.3 % van de gevallen betreft het een val van hoogte, waarvan 90.9 % op een vaste trap. In 6.7 % van de gevallen is er sprake van een val van gelijk niveau, waarvan 3.7 % door verstappen/verzwikken, 1.2 % door uitglijden en 1.1 % ten gevolge van struikelen (zie tabel IX).

De gevolgen van een val zijn relatief ernstiger voor ouderen. Het genezingsproces en de revalidatie van ouderen kosten veel tijd.

**Tabel IX Privé-ongevallen met de trap bij ouderen in de periode 1986-1991 geregistreerd via het privé-ongevallen registratie systeem [Stichting Consument en Veiligheid, PORS 1986-1991]**

| type ongeval                 | totaal       | %           |
|------------------------------|--------------|-------------|
| <b>val van hoogte</b>        | <b>32131</b> | <b>91.3</b> |
| val van vaste trap           | 31985        | 90.9        |
| overig                       | 147          | 0.4         |
| <b>val van gelijk niveau</b> | <b>2353</b>  | <b>6.7</b>  |
| struikelen                   | 398          | 1.1         |
| uitglijden                   | 429          | 1.2         |
| verstappen/verzwikken        | 1286         | 3.7         |
| overig                       | 241          | 0.7         |
| <b>overige typen</b>         | <b>700</b>   | <b>2.0</b>  |

<sup>2</sup> De Stichting Consument en Veiligheid verzamelt gegevens van privé-ongevallen, die binnenkomen bij de EHBO-afdelingen van 14 grote ziekenhuizen in Nederland. Dit betreft ongeveer 10 % van het totaal aantal ongevallen in Nederland.

### 3.2 Valtypen

De gevolgen van een val zijn afhankelijk van het soort val, de omgevingscondities en lichamelijke conditie. Omgevingsfactoren die een rol spelen zijn de hoogte waarvan, de afstand waarover, de ondergrond waarop en de richting waarin gevallen wordt. Een belangrijke lichamelijke factor is de aanwezigheid van osteoporose.

Tijdens het traplopen zijn een aantal valtypen te verwachten (zie tabel X).

**Tabel X** Valtypen die verwacht mogen worden tijdens traplopen

---

#### **verstoring standbeen**

- van de trede rand afglijden door foute voetplaatsing  
(te ver naar voren bij trap af lopen, te ver naar achter bij trap op lopen)
- over de trede rand heen stappen
- door het standbeen zakken (knie)
- object op trap

#### **verstoring zwaaibeen**

- zwaaibeen blijft haken achter/ stoot tegen de trederand

#### **foute lichaamshouding**

- te ver naar links/ rechts tijdens de standfase (val naar lateraal)
- te weinig naar links/rechts tijdens de standfase (val naar mediaal)
- te ver voorover buigen
- te ver achterover hangen

#### **overig**

- tegenligger
- 

In onderzoek van Svanstrom werd in 50 % van de gevallen een val voorwaarts, in 40 % een val achterwaarts en in 10 % van de gevallen een val opzij waargenomen. Er werd vreemd genoeg geen onderscheid gemaakt tussen de trap op en aflopen [Svanstrom, 1973].

### 3.3 De rol van de mens in het vallen

#### 3.3.1 Inleiding

De mens als individu is in staat in te spelen op veranderingen in zijn omgeving. De wijze waarop dit plaats vindt is afhankelijk van de kunde, kennis en de inventiviteit van het individu.

Door Templer zijn op basis van een model van Hale en Glendon de processen in kaart gebracht die nodig zijn voor het traplopen. De uitwerking van Templer in combinatie met de kennis van de verouderingsprocessen biedt een mogelijkheid om eventuele problemen van ouderen zichtbaar te maken.

Achtereenvolgens zal aandacht besteed worden aan het betreffende model en de implicaties voor het traplopen van ouderen.

#### 3.3.2 Het model

Door Hale en Glendon is een model ontwikkeld om het gedrag van mensen te kunnen analyseren bij het omgaan met activiteiten die risico's met zich meebrengen [Hale & Glendon, 1987]. Zij onderscheiden drie niveaus van handelen. In tabel XI zijn deze drie niveaus aangegeven.

Hoe hoger het handelingsniveau, hoe complexer de acties die ondernomen moeten worden om op wijzigingen in de situatie te anticiperen.

**Tabel XI Handelingsniveaus volgens Hale & Glendon, 1987**

---

op basis van kunde (skill-based level)

De beweging gaat automatisch; Er hoeft niet over nagedacht te worden.

volgens vaste regels (rule-based level)

Er is een verstoring die verholpen kan worden door volgens gangbare regels te reageren.

op basis van kennis (knowledge-based level)

Er is een situatie die niet direct verholpen kan worden, maar waarvoor een aparte strategie moet worden opgezet om tot een oplossing te komen.

---

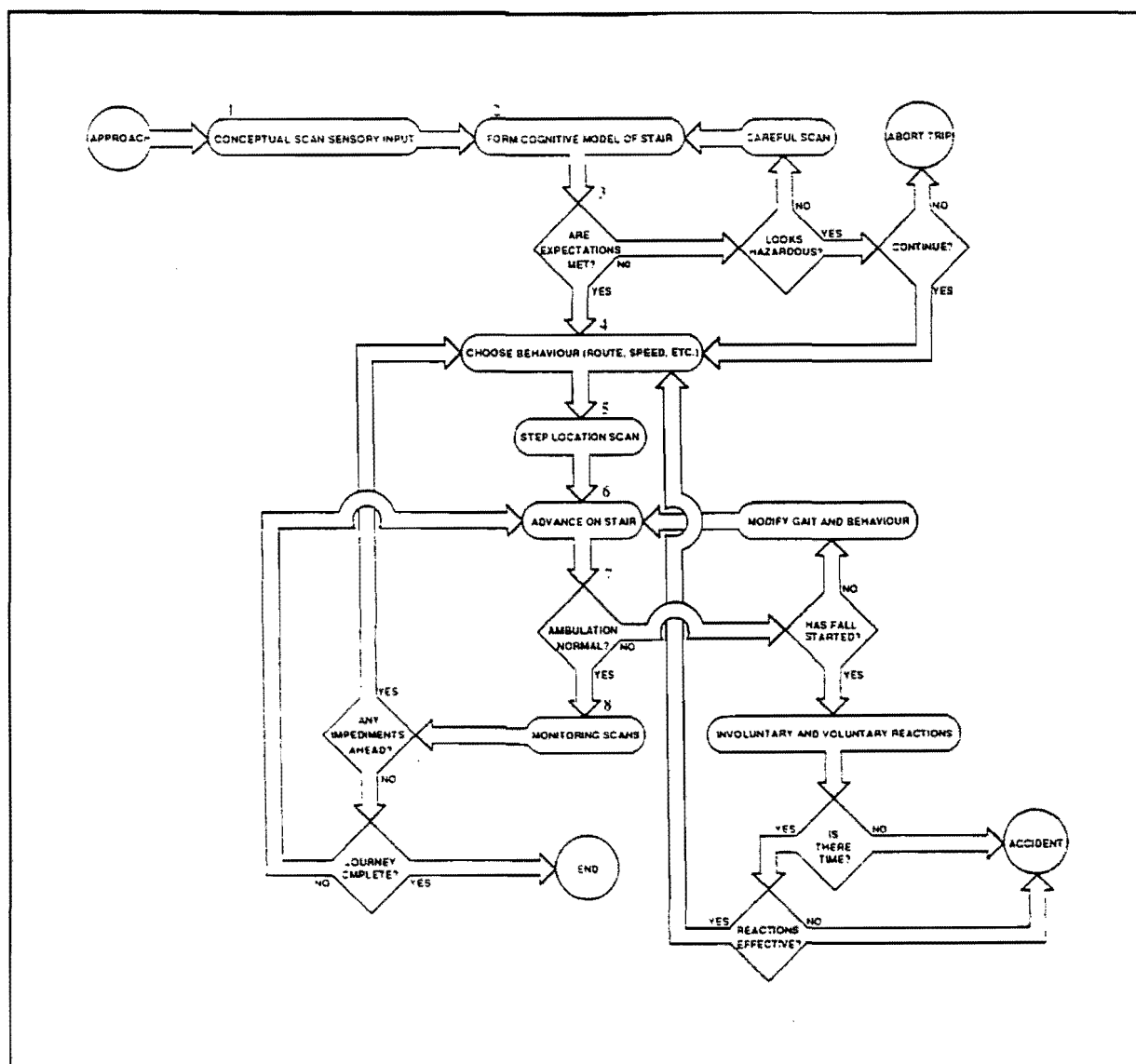
Het handelingsniveau dat ingeschakeld wordt is afhankelijk van de mate van verstoring/ onregelmatigheid.

Door Templer is aan de hand van het model van Hale & Glendon het traplopen uitgewerkt [Templer, 1992]. De uitwerking van Templer kan worden toegepast op het traplopen van ouderen.



Het door Templer opgestelde schema van het traplopen is in te passen in de black-box van een black-box model. Het traplooproces kent als ingangen een doelstelling (het overbruggen van een niveauverschil door gebruik te maken van de trap) en een verwachting (over de condities van de trap en risico's). Een onverwachte wijziging van de omstandigheden (van omgeving of het individu) heeft een verstorend effect. De ingangsparemeters in combinatie met het stooreffect bepalen het resultaat van het traplooproces.

Het resultaat kan zowel positief als negatief zijn. Een positief resultaat betekent dat het niveauverschil het met succes overbrugd is. Een negatief resultaat duidt op het vroegtijdig beëindigen van het traplooproces ten gevolge van een val of een niet te overbruggen risico. De inhoud van het blackbox-model is weergegeven in afbeelding 11.



Afbeelding 11 Schematische weergave van het traplooproces [Templer, 1992]

Templer geeft hierin aan dat een aantal acties ondernomen moet worden om het traplopen met succes te voltooien. De acties die de 'rode draad' binnen het traplopen vormen zijn :

- controle van de verwachtingen
- detectie van mogelijke gevaren
- implicaties van de waarnemingen
- opzetten van een traplooplan
- uitvoering van het traplooplan
- controle en bijstelling van het traplooplan

Met behulp van gegevens uit de literatuur over verouderingsprocessen (zie hoofdstuk 2) kan nagegaan worden op welke plaatsen in het traplooproces problemen voor ouderen kunnen ontstaan. Het traplooproces zal daartoe stap voor stap worden doorlopen.

Het traplopen vangt aan met de 'conceptual scan sensory input' (zie afbeelding 11). In die periode wordt de trap en zijn omgeving met vluchtige blikken bekeken. Aspecten waar aandacht aan geschonken wordt zijn :

#### **Algemeen**

- de plaats van de trap ten opzichte van de omgeving
- de plaatsen waar de trap begint en eindigt
- de vorm van de trap (bochten etc.)
- de steilheid van de trap (verhouding van op- en aantrede)
- mogelijke obstakels en gevaren
- aanwezigheid en locatie van de leuning

#### **Specifiek**

- de condities van de trap (nat, glad, slecht onderhoud etc.)
- de verlichtingscondities
- de aanwezigheid van andere personen op de trap (wie, hoe en waarheen)

Niet al deze aspecten komen tot het bewustzijnsniveau. Er wordt een selectie gemaakt van de belangrijkste aspecten. De verwachtingen van de trap spelen een rol bij de aandacht die aan de verschillende aspecten wordt gegeven en welke aspecten extra attentie behoeven. Ouderen kunnen moeite hebben met het selecteren van de juiste informatie en door afname van het gezichtsvermogen kunnen gevaren over het hoofd worden gezien.

Het grootste risico op een val ontstaat wanneer de trap anders is als de verwachtingen die de gebruiker vooraf had over de trap en de gebruiker van de trap zich niet realiseert dat de situatie gewijzigd is. In de thuisituatie van de oudere is het voorstelbaar dat een tijdelijk op de trap geplaatst voorwerp over het hoofd wordt gezien, omdat het daar niet verwacht werd, met alle gevolgen van dien.

Op basis van de scans (een vluchtige blik werpen op de trap) wordt een model van de omstandigheden van de trap gevormd wat getest wordt aan de verwachtingen. Als de trapsituatie bekend is wordt een plan opgesteld, gebaseerd op de lichamelijke mogelijkheden, waarop de trap gebruikt zal gaan worden. Dit plan omvat onder andere route (kortste weg, langs de leuning, richtingswissel) en snelheid. De opzet van het plan wordt afhankelijk van de omstandigheden op rule-, skill- of knowledge-based level uitgevoerd.

Na opstelling van het plan van aanpak vangt een zeer essentiële fase aan waarin de overgang van normaal lopen naar traplopen wordt gemaakt (van een vrij stappatroon naar een voorgeschreven stappatroon).

Archea beschreef dat het welslagen van de overgang van normaal naar traplopen in relatie staat met het uitvoeren van een visual test (het kijken naar de eerste trede). Uit een analyse van het trap aflopen van 32000 mensen registreerde hij 12 ongevallen en 120 misstappen. In zeven van de twaalf gevallen ontbrak de visual test, terwijl alle mensen die niet vielen de visual test wel deden. De visual test werd direct gevolgd door een kinesthetic test (het reiken van de voet naar de volgende trede met als doel de dimensies van de trap aan te voelen en de condities van de trap te testen). De kinesthetic test zwakt af naarmate de trap verder is afgedaald en is evenals de visual test van essentieel belang [Archea, 1985].

Voor ouderen met een beperkt gezichtsvermogen kunnen problemen ontstaan met de positionering van de voet op de trede. Ouderen krijgen immers minder informatie uit de kinesthetic test, doordat de proprioceptie verminderd is.

Gedurende het traplopen wordt steeds nagegaan of er onregelmatigheden in de beweging zijn (skill-based level). Indien een onregelmatigheid in de beweging gesignaleerd wordt, wordt een hoger handelingsniveau ingeschakeld. Het optreden van een val is aanleiding voor het in gang zetten van een reeks onwillekeurige en willekeurige reacties. Indien de reactiesnelheid hoog genoeg is kan de val tijdig gekeerd worden (er is dan sprake van een misstap).

Doordat ouderen een hogere reactietijd hebben, een verminderde verwerkingscapaciteit en minder snel kunnen anticiperen op zich wijzigende omstandigheden is de kans op een val groot wanneer de beweging wordt verstoord.

Normaal wordt op een rechte trap tijdens traplopen gemiddeld om de zeven treden opnieuw de situatie van de trap bekeken. Op een trap met een bocht is het interval kleiner [Templer, 1992]. Ouderen zullen indien zij moeite hebben met traplopen veel aandacht besteden aan de voetplaatsing waarbij scans een belangrijke rol spelen. Het identificeren van de trederand kan voor ouderen met een beperkt gezichtsvermogen, door onvoldoende verlichting of misleiding door omgevingselementen problemen opleveren. Bifocale brillen (met een leesgedeelte in het onderste deel van de glazen) hebben als vervelende bijkomstigheid dat de trederand niet scherp zichtbaar is.

Het aanpassen van de looproute door een tegenligger gaat minder goed.  
Balansverstoringen zijn niet ondenkbaar (de leuning wordt in veel gevallen los gelaten om een tegenligger te laten passeren).

Uit de toelichting op het overzicht van Templer blijkt dat ouderen op meerdere momenten tijdens traplopen problemen kunnen ondervinden waaraan in de ontwerpfase rekening mee moet worden gehouden.

## 4 Aanpassingen in de woonomgeving

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op aspecten waar in de ontwerpfase van een trap voor ouderen aandacht moet worden geschonken. De trap moet de oudere in staat stellen om op een zo efficiënt mogelijke, veilige en comfortabele wijze de trap te kunnen gebruiken.

### 4.1 Dimensies van de trap

De verhouding tussen op- en aantrede (hoogte en diepte van de trede) bepaalt het gangpatroon dat aan de gebruiker wordt voorgeschreven. De voetplaatsing is niet vrij te kiezen zoals bij het lopen op een vlakke ondergrond.

De verhouding tussen op- en aantrede bepaald de steilheid van de trap en daarmee de beloopbaarheid. Een steile trap heeft een grote optrede en een kleine aantrede. In woonhuizen zijn de trappen over het algemeen steiler dan in openbare gelegenheden, mede omdat een steile trap weinig ruimte inneemt.

De keuze van de verhouding tussen op- en aantrede houdt verband met een aantal aspecten, te weten :

- Energiegebruik

Dit dient zo laag mogelijk gehouden te worden in verband met de beperkte belastingsmogelijkheid van het hart.

- Veiligheid

De kans op een ongeval moet geminimaliseerd worden.

- Comfort

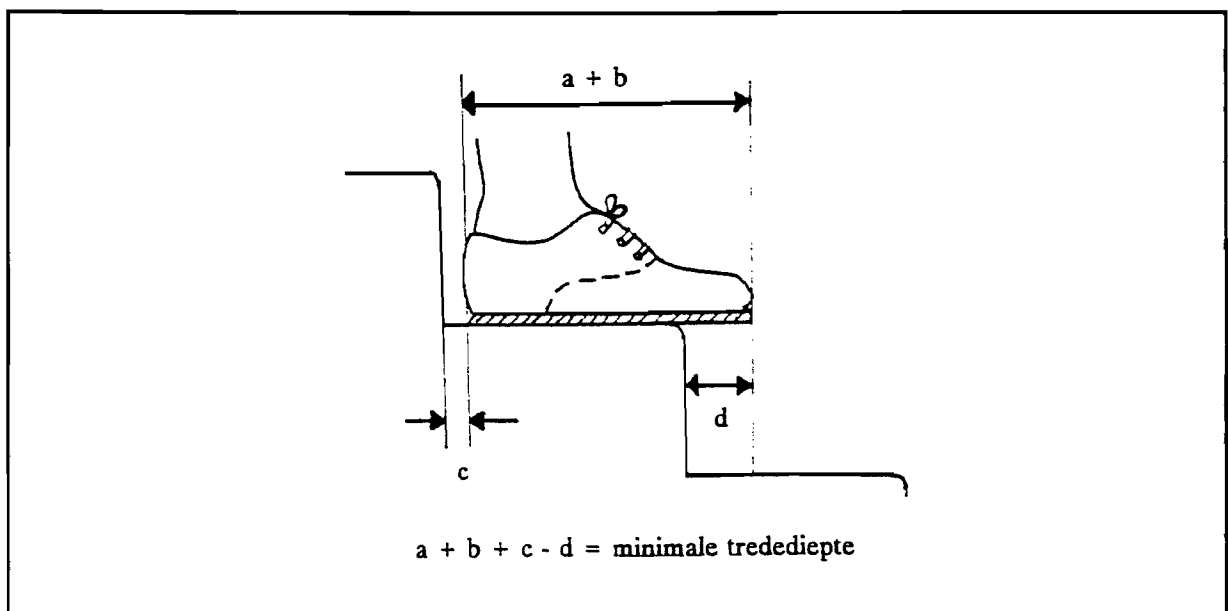
Het stapritme moet lekker aanvoelen en bij voorkeur congruent zijn met de 'normale' gang.

Door Blondel werd in 1675 een formule opgesteld voor de te kiezen verhouding tussen op en aantrede, zodat het traplooptritme het beste aansloot bij het normale gangpatroon. Hij stelde dat de aantrede plus twee maal de optrede gelijk moest zijn aan 24 inch [Blondel, 1675]. Merkwaardig genoeg stelt Blondel geen minimale waarde voor de afmeting van de aantrede. Een trap met een aantrede van 2 inch ( $\approx 5$  cm) en een optrede van 11 inch ( $\approx 28$  cm) is geen trap die tot een gangpatroon leidt dat aansluit bij het normale gangpatroon.

Templer maakte deel uit van een onderzoeksgroep die in 1974 een uitgebreid onderzoek deed met behulp van een mechanische traplooptredmolen, waarvan steilheid en snelheid instelbaar waren, naar de optimale verhouding van op- en aantrede. De optimale verhouding werd bepaald op basis van het aantal geregistreerde misstappen en het minimum aan energiegebruik [Fitch et.al., 1974].

Aangegeven werd dat op basis van veiligheid de afmetingen van de trap tijdens het trap oplopen anders moeten worden gekozen dan bij het trap aflopen. De reden voor dit verschil werd niet nader toegelicht. Mogelijk heeft het verschil te maken met het feit dat tijdens het omhoog lopen niet noodzakelijk de hele voet op de trede moet kunnen worden geplaatst terwijl dit bij het trap aflopen wel nodig is. Te smalle treden tijdens het afdalen zijn aanleiding voor een kreeftegang. De voeten worden in een geroteerde positie op de trede geplaatst. De kreeftegang is aanleiding voor balansverstoringen. Om de kreeftegang te voorkomen moet de gehele voet op de trede geplaatst kunnen worden (Uit latere beweringen kunnen we concluderen dat Templer met de gehele voet de hiel tot en met de metatarsale kopjes heeft verstaan [Templer, 1992]). Omdat de trap aflopen meer ongevallen met zich meebrengt dan de trap oplopen moet de trap gebaseerd worden op de eisen van het afdalen.

Als minimum eis voor de breedte van de trede voor het afdalen adviseert Templer een afmeting van 11.1 inch [Templer, 1992]. Deze maat komt tot stand door de 95-ste percentiel-score van de voetslengte te nemen hierbij 1.2 inch op te tellen voor de schoen. Vervolgens wordt de afstand tussen hiel en hielbord hierbij opgeteld en de afstand waarover de voet over de trederand mag uitsteken ervan afgetrokken. In tabel XI zijn de diverse maten aangegeven en in afbeelding 11 is de totstandkoming van de minimale tredediepte gevisualiseerd.



Afbeelding 12 De minimale tredediepte gevisualiseerd

**Tabel XII Diverse maten gebruikt voor de bepaling van de minimale tredediepte.**

|     | <b>maat</b>       | <b>(inch)</b> | <b>(cm)</b> |
|-----|-------------------|---------------|-------------|
| a : | voetlengte        | 11.4          | 28.9        |
| b : | extra voor schoen | 1.2           | 3.0         |
| c : | hiel tot hielbord | 0.25          | 0.6         |
| d : | overhangen schoen | 1.75          | 4.4         |

$$\text{minimale tredediepte} = a + b + c - d = 11.1 \text{ inch} \approx 28.2 \text{ cm}$$

Op basis van deze gegevens wordt een minimale aantrede van 28.2 cm gevonden. In hoeverre deze maten ook representatief zijn voor de Nederlandse ouderen is mij niet bekend. Hoe Templer de minimaal benodigde afstand tussen hiel en hielbord heeft bepaald wordt niet aangegeven. De afstand waarover de voet over de trederand mag uitsteken moet volgens Templer zo zijn dat de metatarsale kopjes van de nog op de trede moeten kunnen worden geplaatst bij afdalen.

Op basis van het energiegebruik adviseren Fitch et al. te kiezen voor een kleine optrede in combinatie met een grote aantrede of een grote optrede met een kleine aantrede [Fitch et al., 1974]. Van de combinatie kleine optrede met grote aantrede is wel te begrijpen dat het energiegebruik laag zal zijn, de verticale verplaatsing is immers klein. Dat de combinatie van een hoge op- en een kleine aantrede een lager energiegebruik geeft is door mij niet te verklaren.

De eisen combinerend (minimaal aantal mistappen en minimaal energiegebruik) ontstaat het volgende advies [Templer, 1992] :

optrede : 4-7 inch ( $\approx$  10-18 cm)  
aantrede : 11-14 inch ( $\approx$  28-35 cm)

De helling van de trap is uitgaande van deze afmetingen van op- en aantred minimaal 16 graden en maximaal 32 graden.

In de Nederlandse woonhuizen zijn de trappen meestal steiler dan de door Templer geadviseerde steilheid. Het bouwbesluit stelt dat de optrede maximaal 21 cm mag zijn en de aantrede minimaal 18.5 cm (de optrede staat onder een hoek van 15 graden) [SEV, 1992]. Deze eisen zijn veel lager dan de door Templer geadviseerde afmetingen. De Stichting Experimentele Volkshuisvesting (SEV) hanteert voor een veilige trap voor ouderen een aantrede van minimaal 22.0 cm en een optrede van maximaal 18.0 cm [SEV, 1992]. Deze verschillen in normering geven aan dat er nog geen sluitende richtlijn is over de afmetingen van een veilige trap ten behoeve ouderen.

## 4.2 De leuning

Ongeacht leeftijd is 16 % [McGuire, 1971], 18 % [Svanstrom, 1973] van de valongevallen op de trap toe te schrijven aan het ontbreken van de leuning. Onder ouderen is dit 33 % [Svanstrom, 1973]. Carson vindt daarentegen geen relatie tussen het ontbreken van de leuning en het ongevalsrisico, maar stelt wel dat het ontbreken van de leuning de ernst van de ongevallen beïnvloedt [Carson, 1978]. Templer is het met Carson eens, maar geeft aan dat er binnen risicogroepen (mensen die zich aan de leuning optrekken of die de leuning gebruiken ter handhaving van de balans) meer ongevallen ontstaan door het ontbreken van de leuning. Sheldon stelt dat 44 % van de ongevallen onder ouderen voorkomen had kunnen worden indien de trap voorzien was van een leuning en goede verlichting [Sheldon, 1960]. Daar het merendeel van de ongevallen volgens Archea te wijten is aan slechte visuele omstandigheden [Archea, 1985] geeft de bewering van Sheldon geen duidelijkheid over het effect van het ontbreken van de leuning alleen.

Het wel of niet gebruiken van de leuning in de zin van waarnemen dat een leuning wordt vastgepakt, zoals in de aangehaalde onderzoeken zegt weinig over het nut van de aanwezigheid van een leuning. Een leuning wordt lang niet altijd gebruikt [Templer, 1992]. Het gebruik wordt bepaald door het doel dat de gebruiker beoogt en de mogelijkheden die de gebruiker heeft.

### **wanneer de leuning van de trap wel wordt gebruikt**

- als informatiedrager over verloop/einde van de trap
- als ontlasting; verlagen van de belasting van het lichaam
- voor het geval dat (onzekerheid)
- uit gewoonte, achteloos gebruik
- comfortabele houding

### **wanneer de leuning van de trap niet wordt gebruikt**

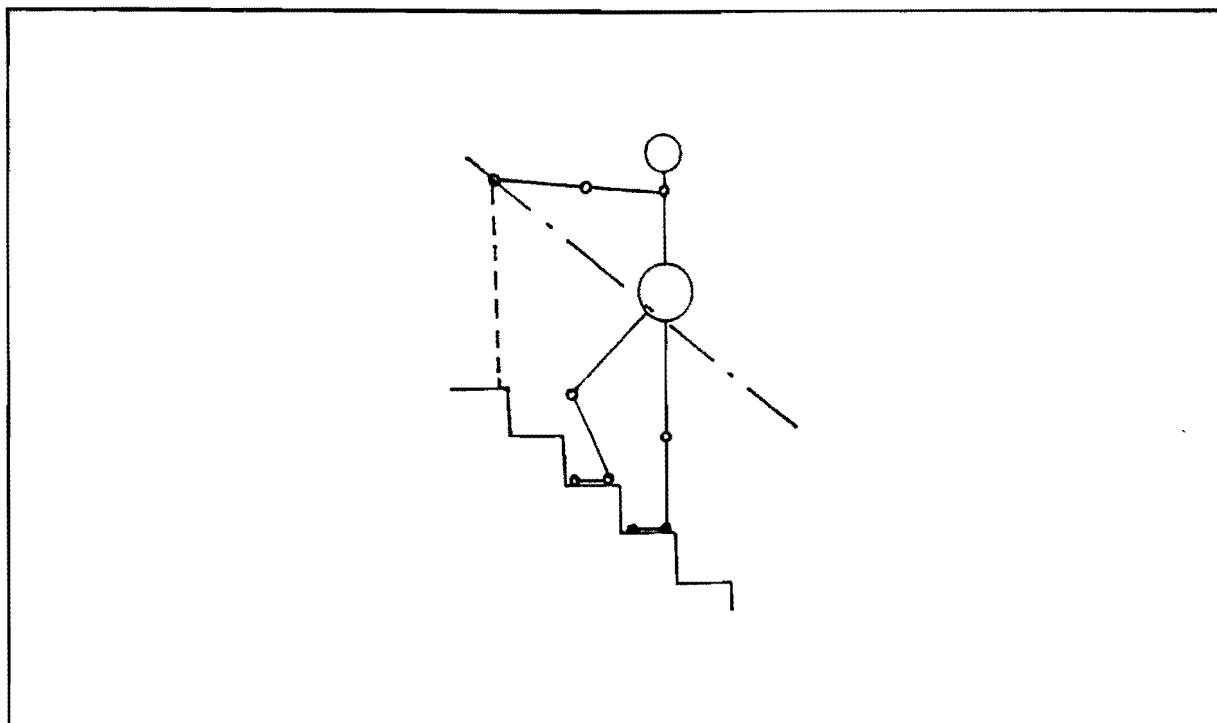
- gebruik van een leuning is niet noodzakelijk
- alleen grijpen als val optreedt
- de leuning is buiten bereik (bijvoorbeeld door aanwezigheid van tegenligger)
- transport van een object maakt gebruik onmogelijk
- leuning ligt 'uit de loop' (een 'omweg' nodig voor gebruik)

Met name ouderen maken gebruik van de leuning. Bij het omlaag lopen verschuift de hand veelal gelijkmatig omlaag terwijl bij het omhoog lopen de hand regelmatig verpakt wordt [Templer, 1992].

Bij ouderen zal met name wanneer het traplopen met meer moeite gaat ook bij het omlaag lopen een stapsgewijze verplaatsing van de hand optreden. De leuning fungeert zodoende als kruk of als 'derde been'. Door het gebruik van de leuning wordt het steunvlak aanzienlijk vergroot, zodat het eenvoudiger is om het evenwicht te handhaven.



Eigen observaties leerden dat bij het trap aflopen de steunfunctie minder effectief is dan bij het omhoog lopen. De hand kan tijdens het omlaag lopen in vergelijking met omhoog lopen minder afstand overbruggen. De hand wordt bij het omlaag lopen op de leuning geplaatst ongeveer recht boven de tweede trede, terwijl bij het omhoog

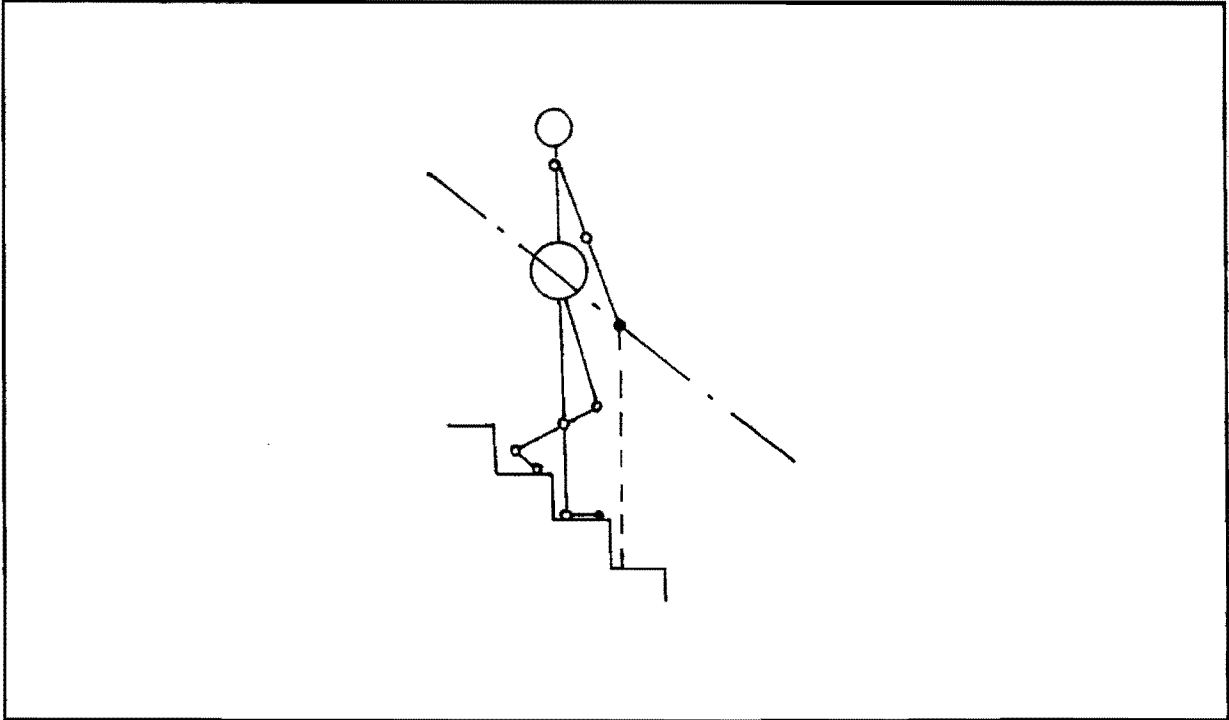


**Afbeelding 13** Reikafstand van de hand bij het omhoog lopen; de hand reikt tot boven de derde trede

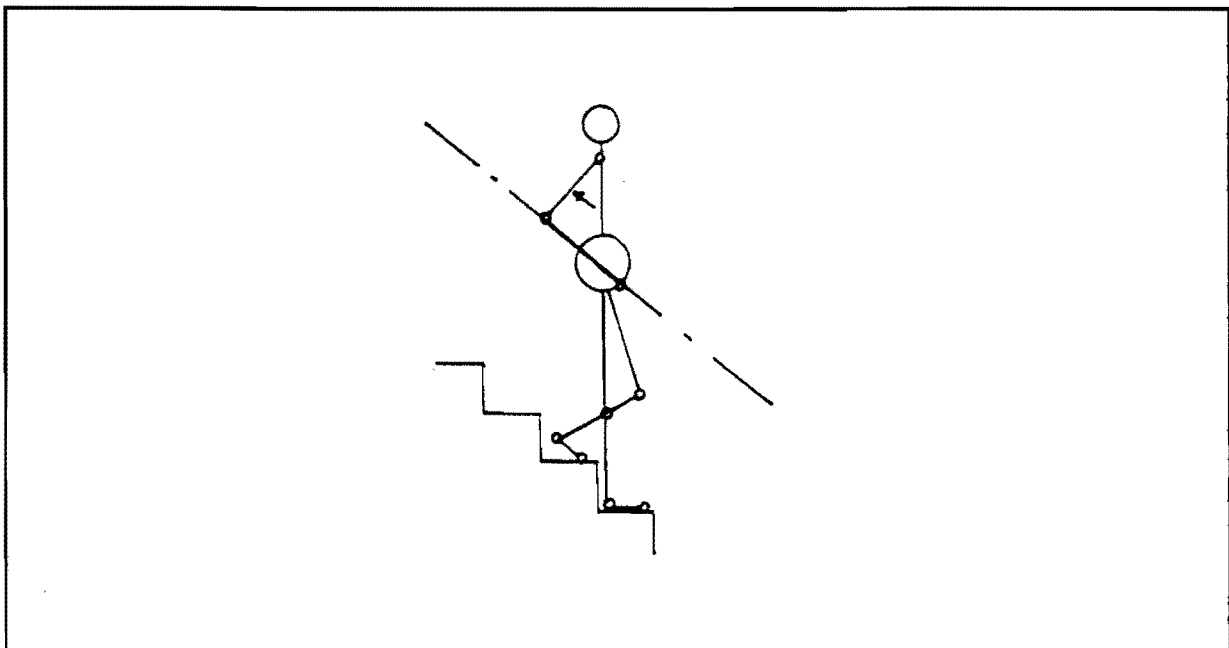
lopen de hand boven de derde trede op de leuning geplaatst kan worden (zie afbeelding 13 en 14). Dit verschil is af te leiden aan de hand van de work-enveloppe van de gestrekte arm.

De periode waarin ondersteuning gewenst is (de steunfase) vangt aan aan het begin van de unipedale fase van het ipsilaterale been en duurt voort tot het einde van weight acceptance van het contralaterale been.

De steilheid van de trap bepaalt de verticale en horizontale verplaatsing die het lichaam tijdens de steunfase ondergaat. De arm wordt in de steunfase gebogen (de hand blijft op dezelfde positie op de leuning).



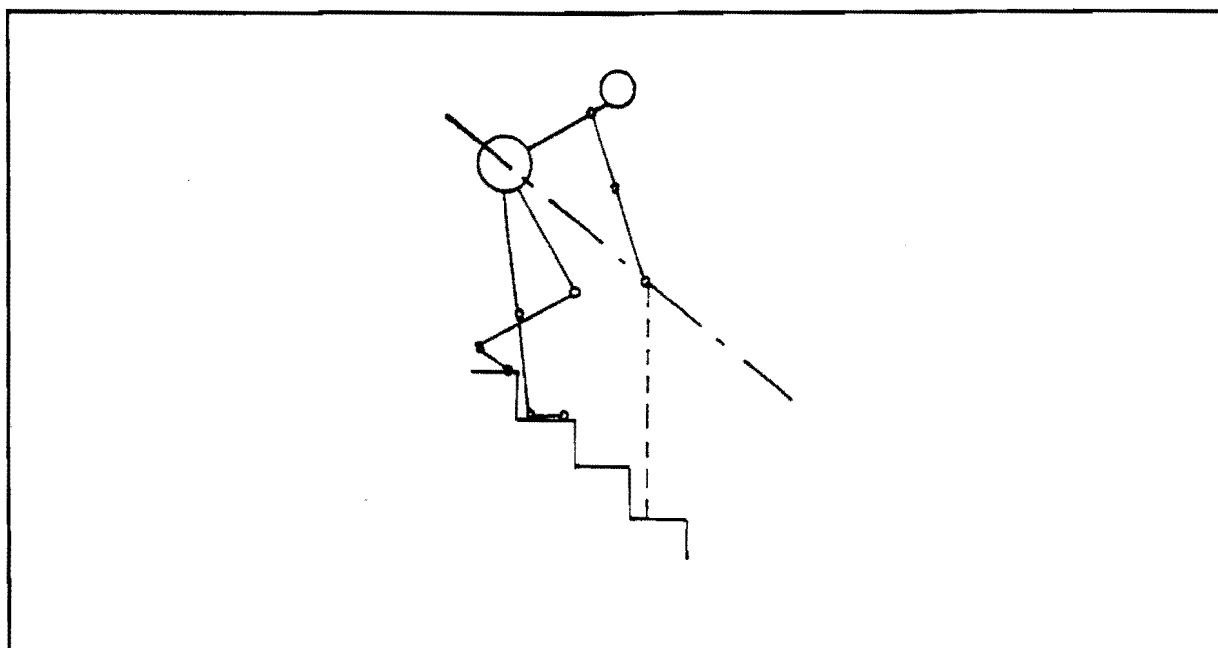
**Afbeelding 14** Reikafstand van de hand tijdens het omlaag lopen; de hand reikt tot boven de tweede trede



**Afbeelding 15** Een ongunstige positie van de arm aan het einde van de steunfase tijdens het de trap af lopen

De arm komt bij het omlaag lopen tijdens de steunfase in een steeds ongunstiger positie (zie afbeelding 15, de elleboog maakt een flexie en de schouder wordt geretrofleeteerd; ongunstig voor het leveren van kracht in de gewenste richting). Wanneer een misstap optreedt kan deze bijna onmogelijk worden opgevangen in deze ongunstige positie en zal een val resulteren.

Voorgaande analyse gaat ervan uit dat tijdens het omlaag lopen de romp relatief recht op blijft. De gebruiker kan bij het omlaag lopen echter ervoor kiezen de leuning lager beet te pakken door de lichaamshouding aan te passen via een plantairflexie in de enkel en een flexie in de heup van het standbeen (zie afbeelding 16, salutation). Bij deze wijze van gaan zal de kans groter zijn dat een val voorwaarts optreedt, echter de steunmogelijkheid aan het eind van de steunfase is veel beter, doordat de arm zich in een gunstiger positie bevindt voor de krachtleverantie in de gewenste richting (ter voorkoming van een voorwaarts rotatie van het (boven)lichaam).

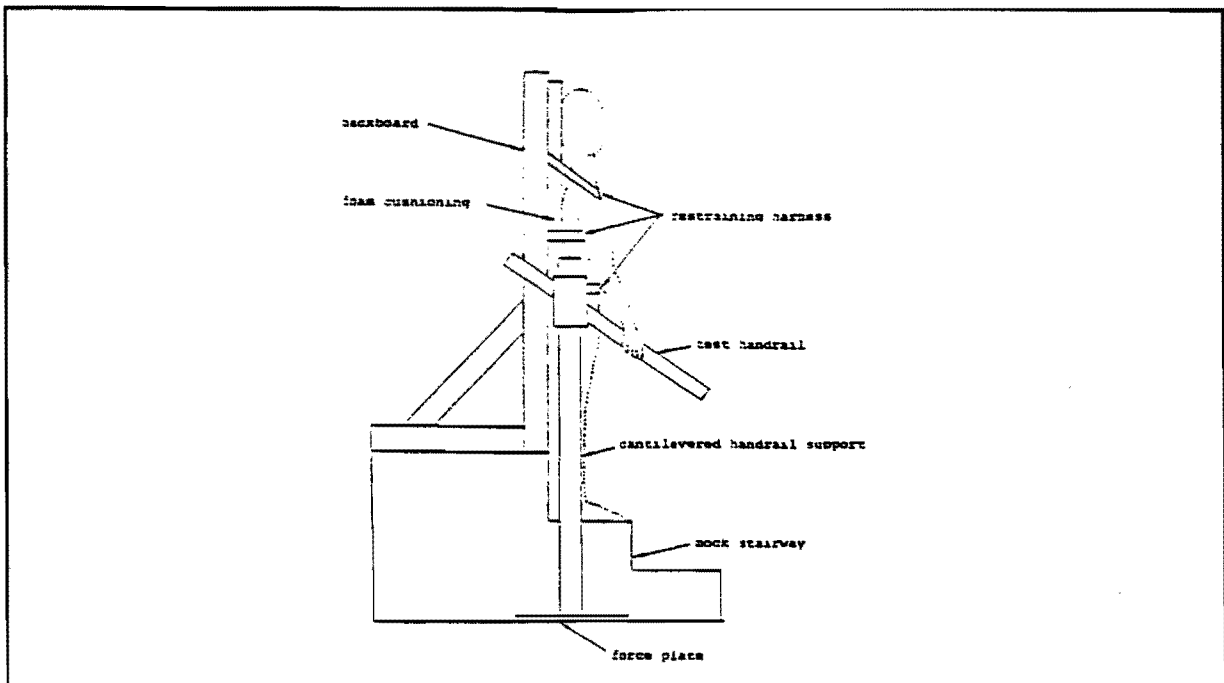


**Afbeelding 16** Salutation tijdens het de trap aflopen.

Bij het omhoog lopen blijft de hand constant voor het lichaam en bevindt de arm zich steeds in een gunstige positie voor het opvangen van een misstap.

De dimensies van de trap (steilheid, hoogte van de leuning, afstand van de gebruiker tot de leuning e.d.) bepalen op welk moment in de cyclus de ongunstige periode intreedt.

Op basis van eigen waarneming is het aan te raden een tweede leuning binnen bereik te hebben, die ondersteuning kan bieden in de fase waarin de arm die steunt op de eerste leuning zich in de ongunstige positie bevindt.

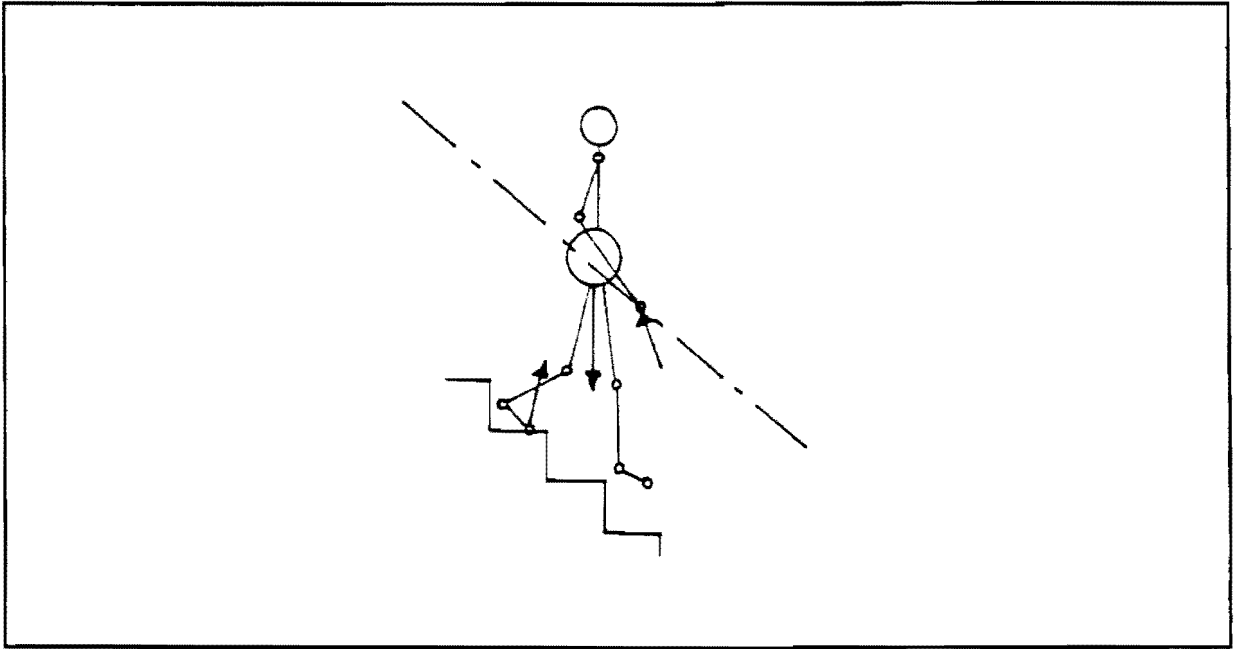


Afbeelding 17 Meetopstelling van Maki et al., 1984

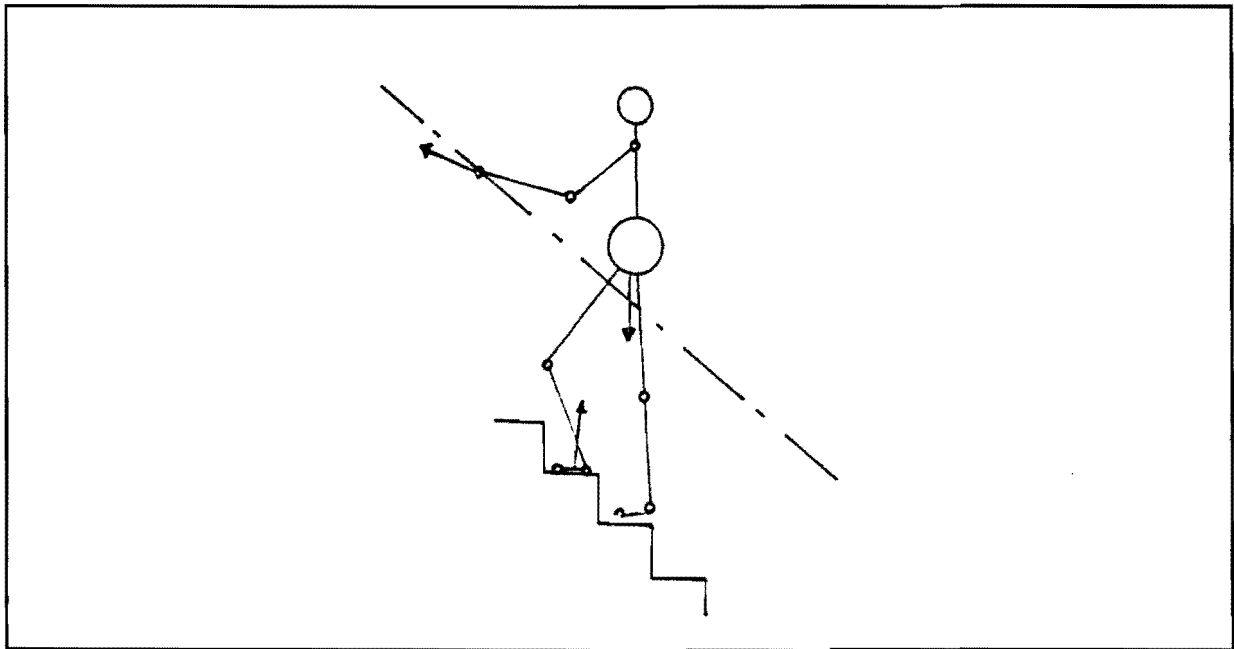
Door Maki et al. werd onderzoek gedaan naar de maximale momenten die uitgeoefend kunnen worden op de leuning met als doel de optimale hoogte te bepalen. Zij deden dit bij zowel jongere als oudere proefpersonen. Zij bepaalden de maximale momenten die in verschillende richtingen op de leuning kunnen worden uitgeoefend met behulp van een meetopstelling (zie afbeelding 17) terwijl de proefpersonen gefixeerd waren aan het backboard en concludeerden dat een hoogte van 0.91-0.97 het beste compromis tussen biomechanische eisen en comfort [Maki et al., 1984], [Maki et al., 1985]. Deze situatie is echter niet representatief voor het traplopen. De door hen bepaalde maximale momenten zullen hoger zijn dan in de normale traploopsituatie, doordat proefpersonen zich schrap kunnen zetten tegen het backboard. Bovendien is de houding waarin de proefpersoon zich bevindt niet representatief voor de situatie tijdens het traplopen. Dit is het enige onderzoek waarin kwantitatief naar de functie van de leuning wordt gekeken. Een nader onderzoek naar het gebruik van de leuning is gewenst.

De leuning is in staat een deel van het lichaamsgewicht te dragen tijdens het afdalen. Het lichaam is te beschouwen als kantelend om de op de trede steunende voet. Door het steunen op de leuning wordt een tegen de zwaartekracht inwerkend moment op het lichaam uitgeoefend. Hierdoor kan het lichaam gelijkmatig worden opgevangen op de lager gelegen trede. In afbeelding 18 is deze situatie weergegeven.

Tijdens het omhoog lopen kan het lichaam worden opgetrokken aan de leuning. In afbeelding 19 is de situatie tijdens het trap oplopen voorgesteld. De op de leuning uitgeoefende kracht heeft een vooroverkantelend effect ten opzicht van het steunpunt op de trede.



**Afbeelding 18** De functie van de leuning tijdens afdalen



**Afbeelding 19** De functie van de leuning tijdens het de trap oplopen

### 4.3 Aandachtspunten voor trappen voor ouderen

Punsgewijs zullen de aspecten aangegeven worden waaraan aandacht moet worden geschonken bij het ontwerpen van een trap ten behoeve van ouderen.

#### leuning

- De leuning moet geplaatst worden op een voor de oudere comfortabele hoogte, waardoor de oudere tot het gebruik van de leuning wordt uitgenodigd.
- De leuning moet voldoende ver van de muur geplaatst zijn, zodat de leuning eenvoudig vastgepakt kan worden zonder dat de gebruiker zich bezeert aan de muur of de bevestigingsbeugels.
- De leuning moet volledig kunnen worden omvat, zodat een stevige grip mogelijk is.
- De leuning moet de juiste diameter hebben, die een optimale grijpkracht voor ouderen garandeert. Heimplaetzer en Goossens adviseren een omtrek van 60 tot 100 mm. Voor ouderen liefst aan de grote kant [Heimplaetzer & Goossens, 1985].
- De leuning moet doorlopen tot na de laatste trede. Hierdoor kan geen misverstand ontstaan over de laatste trede van de trap.
- De leuning moet afbuigen naar de muur, zodat de gebruiker niet met zijn/haar kleding achter de leuning kan blijven hangen.
- De trap moet minimaal één leuning, maar het plaatsen van twee leuningen heeft de voorkeur.

#### materialen

- De trap is bekleed met vast liggende vloerbedekking.
- De bekleding van de trap is niet glad, zodat uitglijden tot een minimum beperkt wordt.
- De trap mag niet glad worden als er water op ligt.
- De leuning is stroef, zodat in geval van een val de leuning vast gehouden kan worden om de val te breken.

#### constructie trap

- Een rechte trap heeft de voorkeur een trap met een bocht vraagt steeds aanpassing van het stapritme. Van een trap met een bocht zijn de treden in de binnenbocht vaak te smal.
- De trap is regelmatig. De ruimte tussen voet en trede is tijdens de zwaai fase soms slechts enkele millimeters groot. Tijdens het trap aflopen varieert deze afstand bij vrouwen tussen 55 en 70 jaar van 3.7 tot 63.5 mm met een gemiddelde van 25.5 mm [Simoneau et al., 1991]. Een onregelmatigheid in de trap is dan snel een aanleiding voor een misstap of een val.
- De trap heeft geen scherpe randen, zodat de gevolgen van een val worden geminimaliseerd. Een afgeronde trederand geeft bovendien reflecties die de trederand beter zichtbaar maken.
- De trap heeft voldoende breed treden, zodat de voet niet in een geroteerde positie op de trede geplaatst hoeft te worden. Een minimale tredediepte van 28.2 cm wordt geadviseerd (zie paragraaf 4.2).
- De trap heeft een helling van maximaal 32 graden (zie paragraaf 4.2)

**verlichting**

- De verlichting is zo aangebracht dat de gebruiker niet in zijn/ haar eigen schaduw loopt.
- Het trappenhuis wordt voldoende verlicht. De oudere heeft in verhouding met jongeren meer behoefte aan verlichting. Dit heeft te maken met de vertroebeling van de lens, tengevolge waarvan minder licht invalt op het netvlies.
- Het is gewenst verlichting aan te brengen die bij betreding van het trappenhuis automatisch aan gaat en geruime tijd aan blijft.
- Indien er geen automatische verlichting is aangebracht dient de verlichting zowel boven als beneden te bedienen te zijn. De schakelaars dienen ook 's nachts goed zichtbaar te zijn.
- De overgang van donker naar licht moet geleidelijk plaats vinden, rekening houdend met de verminderde pupilreflex van ouderen. Een te snelle overgang van donker naar licht kan aanleiding zijn voor kortstondige verblinding.

**uiterlijk trap**

- Er mogen geen strepen parallel aan de trede worden aangebracht bijvoorbeeld door het plaatsen van antislipstrippen. Strepen parallel aan de trede kunnen verward worden met de trederand.
- Er mogen geen schaduwen van de omgeving op de treden vallen. Schaduwen van de omgeving op de trap veroorzaken donkere plaatsen en kunnen aanleiding zijn voor verwarring met de trederand.
- De trederand moet duidelijk zichtbaar zijn (contrasterend met zijn omgeving).
- De eerste en laatste trede moeten duidelijk aangegeven zijn door afwijkende textuur, afwijkende kleur of permanente verlichting.
- Bij de kleurkeuze moet rekening gehouden worden met kleurenblindheid.
- Er moeten geen blauw- en groentinten worden toegepast omdat deze voor ouderen minder goed zichtbaar zijn.
- Er moeten in het trappenhuis niet te sterk contrasterende kleuren gebruikt worden; hierdoor ontstaat een druk beeld.
- De vloerbedekking mag geen druk patroon hebben. Een druk patroon geeft geen duidelijk onderscheid tussen de treden.
- Aan de herkenbaarheid van de treden kan tegemoet worden gekomen wanneer de treden afwisselend van kleur zijn.
- Indien antislipstrippen worden toegepast, dan moeten deze niet parallel aan de trederand worden aangebracht, maar direct aan rand de trederand. Ook kan in plaats van antislipstrippen cirkelvormige antislip worden toegepast.

**uiterlijk omgeving**

- De muren mogen geen streeppatroon hebben omdat dit een onrustig beeld geeft en de aandacht van de gebruiker van de trap afleidt.
- Er mogen geen spiegels aan de wanden geplaatst worden.
- De gebruiker van de trap mag niet worden afgeleid door geluid.
- Een vrije doorgang moet gegarandeerd zijn, zodat de gebruiker geen kans heeft het hoofd te stoten of moet bukken.

**indeling woning**

- Geen openslaande deur bovenaan, onderaan of halverwege de trap. Een plotseling openslaande deuren kan de gebruiker van de trap af duwen.
- De trap moet zo geconstrueerd worden dat plaatsing van een traplift in de toekomst mogelijk is.
- Er mogen geen ramen in het trappenhuis worden aangebracht. Het schoonmaken van deze ramen nodigt de oudere uit tot gevaarlijke capriolen.
- Halverwege de trap mag geen open blikveld zijn, die de aandacht van de trap afleidt.
- De oudere moet zich aanwennen geen losse voorwerpen of kleedjes op de trap te leggen ter voorkoming van struikelpartijen.
- Er moet geen mogelijkheid zijn tot het ophangen van was in het trappenhuis, waardoor de doorgang belemmerd wordt. Ook direct grenzend aan de trap mag geen was worden opgehangen.

De genoemde aspecten zullen in later onderzoek verder uitgediept moeten worden. Daarbij kan ook gebruik worden gemaakt van het onderzoek van Heimplaetzer & Goossens waarin uitgebreid aandacht besteed is aan de eisen waaraan een veilige trap moet voldoen [Heimplaetzer & Goossens, 1985]. Zij richten zich niet specifiek op de oudere gebruiker. Wel geven zij afmetingen aan die gehanteerd zouden moeten worden voor veilige trappen. Het valt buiten het bestek van dit onderzoek uitgebreid in te gaan op hun bevindingen. In het rapport van Molenbroek et al. betreffende bejaardenantropometrie wordt kort aandacht besteed aan de eisen van een trap voor een oudere [Molenbroek et al., 1985].



## Conclusies

Uitgaande van de in de inleiding geformuleerde vraagstelling kunnen de volgende (voorlopige) conclusies worden geformuleerd :

### Wat zijn de bewegingskarakteristieken van traplopen ?

- Het trap aflopen is een bijzondere vorm van gaan
- De traploocyclus omvat twee unipedale en twee bipedale fasen
- Wanneer de traploocyclus van het rechterbeen (of het linkerbeen) beschouwd wordt zijn schreden en stappen te herkennen.
- Een volledige schrede is voor zowel trap op als trap aflopen onder te verdelen in een aantal subfasen voor zowel de stand- als de zwaafase.
- Op basis van literatuur (meetgegevens van jongere proefpersonen) is een analyse gemaakt van de hoekstandsveranderingen, de uitwendige momenten tijdens het trap oplopen en het trap aflopen en is een overzicht gemaakt aan de hand van in de literatuur beschreven EMG-onderzoeken waarin het meest algemeen gevonden spieractiviteitspatroon is opgenomen.
- Per fase is per spier voor zowel trap oplopen als trap aflopen aan de hand van literatuurgegevens nagegaan op welke wijze de spieractiviteit kan worden verklaard.
- Bij het trap oplopen ligt de nadruk op een actieve strekking van de gewrichten van de heup en knie terwijl bij het trap aflopen de nadruk ligt op het uitvoeren van een gecontroleerde flexie van de deze gewrichten.
- De uitwendige momenten op de heup, knie en enkel zijn in het grootste deel van de traploocyclus tegengesteld aan de uitgevoerde beweging.
- Zowel bij trap oplopen als bij trap aflopen hebben de extensoren van heup en knie en de plantairflexoren van de enkel een belangrijke functie.
- Verwacht wordt dat ouderen vergelijkbare bewegings- en spieractiviteitspatronen hebben tijdens het traplopen. Mogelijk worden zij beïnvloedt door de loopsnelheid.
- Van de bewegingskarakteristieken van ouderen zijn onvoldoende gegevens beschikbaar.

### **Welke problemen hebben ouderen met traplopen ?**

(De problemen van ouderen zijn benaderd vanuit twee invalshoeken, te weten met als basis de kennis van verouderingsprocessen en met als basis de valproblematiek.)

- Lichamelijke, sensorische en cognitieve veranderingen spelen een rol in het traplopen.
- Een indicatieve analyse laat zien dat een gebrek aan spierkracht aanleiding kan zijn voor een val.
- Er zijn verschillende valtypen te onderscheiden.
- De ernst van een val wordt mede bepaald door omgevingsfactoren.
- Het model van Templer toegepast op de oudere geeft een overzicht van de bij het traplopen betrokken acties die aanleiding kunnen zijn voor problemen.

### **Welke veranderingen in de woonomgeving kunnen aan de problemen van traplopen tegemoet komen ?**

- De dimensies van de trap zijn mede bepalend voor het ongevalsrisico, het energiegebruik en het comfort.
- Voor ouderen wordt geadviseerd te kiezen voor een rechte trap met aan beide zijden leuning met een helling van 16 - 32 graden en een tredediepte van 28.2 cm.
- De leuning kan het traplopen ondersteunen bij zowel het trap op als de trap aflopen.
- De hoogte en steilheid van de leuning zijn van invloed op de mogelijkheid van krachtleverantie.
- Bij het ontwerpen van een trap moet rekening gehouden worden met de oudere gebruiker wat betreft de constructie van de trap, de leuning, de materialen, het uiterlijk van de trap en zijn omgeving, verlichting en indeling van de woning.

### **Waarom hebben ouderen problemen met traplopen ?**

Bij het ontstaan van traploopp Problemen spelen vaak meer factoren een rol; zowel de mens als zijn omgeving. De problematiek is te complex om de combinatie van factoren aan te geven die aanleiding is voor traploopp Problemen. Aan de basis van traploopp Problemen bij ouderen staat steeds de van buitenaf niet te beïnvloeden veroudering.

## Aanbevelingen

### - verzamelen van traplooplegevens van ouderen

Het doel van het verzamelen van traplooplegevens is het verkrijgen van meer inzicht in de bewegingskarakteristieken van het traplopen specifiek gericht op ouderen. Daarbij valt te denken aan bewegingspatronen, spieractiviteitspatronen en snelheid. De bewegingspatronen van gezonde ouderen kunnen gebruikt worden om afwijkende bewegingspatronen (bijvoorbeeld ten gevolge van een bewegingsbeperking of handicap) te kunnen begrijpen. Met het oog op functionele training ter verbetering van het traplopen kunnen de spierpatronen van nut zijn om doelgerichte trainingssituaties op te zetten. De traploopsnelheid hangt mogelijk samen met veranderingen in bewegings- en spierpatronen en heeft zeker invloed op de duur van de verschillende fasen. Kennis van de bewegingskarakteristieken kan bijdragen aan de ontwikkeling van veilige trappen.

### - meer vormen van traplopen onderzoeken

Een tekortkoming van de in de literatuur beschreven onderzoeken is niet alleen dat er weinig traplooplegevens specifiek gericht op ouderen is, maar ook dat in alle onderzoeken alleen het op een 'normale' manier traplopen onderzocht wordt. Andere vormen van voortbewegen worden buiten beschouwing gelaten, terwijl juist deze situaties interessant zijn voor ongevallenpreventie. Te denken valt aan het achterwaarts de trap aflopen met steun aan leuning en trap, het transporteren van kleine en grote voorwerpen zowel omhoog als omlaag etc. Ook oneigenlijk gebruik dient in de onderzoeken betrokken te worden.

### - inventarisatie van trapsituaties bij de ouderen thuis

Om aan te kunnen geven welke verbeteringen aan de huidige trap nodig zijn moet er een goed beeld zijn van de omstandigheden bij de ouderen thuis, zoals het soort trappen, de wijze van gebruiken van deze trappen, verlichtingscondities, omgevingskenmerken, etc.

### - diepte interview ter verkrijging van inzicht in de aard van problemen bij ouderen

De onderzoeken waarin problemen van ouderen worden aangegeven zijn veelal kwalitatief van aard. Er wordt aangegeven dat er een probleem is met het traplopen, maar de aard van de problemen blijft onduidelijk. Dit hangt waarschijnlijk samen met het inventariserende karakter van deze studies. Om de werkelijke problemen te achterhalen zal de oudere, waarvan bekend is dat er problemen zijn met traplopen, de gelegenheid moeten krijgen uitgebreid ervaringen en gevoelens te omschrijven.

**- traploophulpmiddelen**

Aan problemen met traplopen kan tegemoet gekomen worden door het toepassen van hulpmiddelen die het traplopen vergemakkelijken. De tussenstap, bedoeld om de trede hoogte te halveren zodat per stap minder hoogte overbrugd moet worden, die ontwikkeld is door Herwijnen in samenwerking met de SEV, is hier een mooi voorbeeld van. Een andere mogelijkheid is het plaatsen van een tussenleuning in het midden van de trap, waardoor ouderen altijd steun aan twee leuningën kunnen hebben. Mogelijk kan deze zo uitgevoerd worden dat deze eenvoudig te verwijderen of opzij te schuiven is.

**- valbescherming**

Het doel van valbescherming is het minimaliseren van de gevolgen van een ongeval aan de hand van de analyse van valscenario's. Te denken valt aan keuze van materialen, toepassing van airbags, vang gordels etc. Hierbij moet, behalve de veiligheid, het comfort van de gebruiker een belangrijke rol spelen. Het is niet prettig als het traplopen, door het gebruik van het beveiligingsmechanisme, onnodig opgehouden wordt.

**- analyseren van de rol van de leuning**

Er moet worden nagegaan op welke wijze de leuning gebruikt wordt door ouderen en er moet bepaald worden wat de optimale hoogte is rekening houdend met veiligheid, krachtleverantie en comfort (zie ook hoofdstuk 4.2)

**- effecten van training**

Er moet worden nagegaan of door gerichte training (kracht, balans etc.) de problemen met traplopen verminderd kunnen worden en of door training van het traplopen het aantal trapongevallen per jaar kan worden beïnvloed.

## Literatuurlijst

Age & Design, Age & Design for new technology. Age & Cognitive Performance Research Centre, University of Manchester, Manchester M139PL.

Andriacchi, T.P., Andersson, G.B.J., Fermier, R.W., Stern, D., Galante, J.O., 'A study of lower-limb mechanics during stair-climbing'. The Journal of Bone and Joint Surgery, vol. 62-A, no. 5, juli 1980, p. 749-757.

Archea, J.C., 'Environmental factors associated with stair accidents by the elderly'. Clinics in Geriatric Medicine, vol. 1, no. 3, augustus 1985, p. 555-569.

Blondel, F., Cours d'Architecture Enseigné dans l'Académie Royale d'Architecture. Parijs, Lambert Roulland, 1675-1683.

Carson, D.H., Archea J., Margulis, S., Carson, F., Safety on stairs. National Bureau of Standards, BSS 108, Washington, D.C., 1978.

Craik, R., 'Changes of locomotion in the aging adult'. in : Woollacott, M.H., Shumway-Cook, A., Development of posture and gait across the life-span. University of South Carolina Press, 1989.

Eulderink et al. (red.), Inleiding gerontologie en geriatrie. Bohn Stafleu van Loghum, 1993.

Fitch, J.M., Templer, J., Corcoran, P., The dimensions of stairs. Scientific American, oktober, 1974.

Spirduso, W.W., Gilliam McRae, P., Motor performance and aging. in : Handbook of Psychology of aging. derde editie, 1990, Academic Press, Inc.

Hale, A.R., Glendon I.A., Individual Behaviour in the Control of Danger. Elsevier Amsterdam ,1987.

Heimplaetzer, P.V., Goossens, L.H.J., Een onderzoek naar de veiligheid van trappen in en bij woningen (samenvatting). Delft, april 1985, Technische Hogeschool Delft, vakgroep veiligheidskunde.

Inman, V.T., Ralston, H.J., Todd, F., Human walking. Baltimore, 1981.

Joseph, J., Watson, R., 'Telemetering electromyography of muscles used in walking up and down stairs'. The Journal of Bone and Joint Surgery, vol. 49-B, no. 4, november 1967, p. 774-780.

- Larsson, L., Grimby, G., Karlsson, J., 'Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology'. J. Appl. Physiol., vol. 46, no. 3, 1979, p. 451-456.
- Lyons, K., Perry, J., Gronley, J.K., Barnes, L., Antonelli, D., 'Timing and relative intensity of hip extensor and abductor muscle action during level and stair ambulation (an EMG-study)'. Physical Therapy, vol. 63, no. 10, oktober 1983, p. 1597-1605.
- Maki, B.E., Bartlett, S.A., Fernie, G.R., 'Influence of stairway handrail height on the ability to generate stabilizing forces and moments'. Human Factors, vol. 26, no. 6, 1984, p. 705-714.
- Maki, B.E., Bartlett, S.A., Fernie, G.R., 'Effect of stairway pitch on optimal handrail height'. Human Factors, vol. 27, no. 3, 1985, p. 355-359.
- McFadyen, B.J., Winter, D.A., 'An integrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent'. J. Biomechanics, vol. 21, no. 9, 1988, p. 733-744.
- McGuire, M.C., 'Preventive measures to minimize accidents among the elderly'. Occupational Health Nursing, april 1971.
- Molenbroek, J.F.M., Houtkamp, J.J., Burger, A.K.C., Bejaardenantropometrie, onderzoek naar en toepassingen van afmetingen van Nederlandse bejaarden. Reeks industrieel ontwerpen bijzondere onderwerpen deel 6, derde druk, Delft, 1984, Technische Hogeschool Delft, afdeling Industrieel Ontwerpen.
- Pendergast, D.R., Fisher, N.M., Calkins, E., 'Cardiovascular, neuromuscular, and metabolic alterations with age leading to frailty'. The Journals of Gerontology, vol. 48 (special issue), 1993, p. 61-67.
- Ramanathan, N.L., Kamon, E., 'The application of stairclimbing to ergometry'. Ergonomics, vol. 17, no. 1, p. 13-22.
- Rozendal, R.H, Huijing, P.A.J.B.M., Heerkens, Y.F., Woittiez, R.D., Inleiding in de kinesiologie van de mens. vijfde druk, Educaboek Culemborg, 1990.
- Schultz, A.B., 'Mobility impairment in the elderly : challenges for biomechanics research'. J. Biomechanics, vol. 25, no. 5, 1992, p. 519-528.
- Sheldon, J.H., 'On the history of falls in old age'. British Medical Journal, vol. 2, 1960.
- Simoneau, G.G., Cavanagh, P.R., Ulbrecht, J.S., Leibowitz, H.W., Tyrrell, R.A., 'The influence of visual factors on fall-related kinematic variables during stair descent by older women'. Journal of Gerontology, vol. 46, 1991, M188-M195.
- Stichting Consument en Veiligheid, Privé Ongevallen Registratie Systeem, gegevens periode 1986-1991.

Svanstrom, L., Falls on Stairs : An Epidemiological Study. Departments of Social and Preventive Medicine and Architecture, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden, 1973.

Templer, J.A., The staircase : studies of hazards, falls and safer design. Massachusetts Institute of Technology, The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England, 1992.

Townsend, M.A., Lainhart, S.P., Shiavi, R., Caylor, J., 'Variability and biomechanics of synergy patterns of some lower-limb muscles during ascending and descending stairs and level walking'. Medical & Biological Engineering & Computing, vol. 16, november 1978, p. 681-688.

Zachazewski, J.E., Riley, P.O., Krebs, D.E., ' Biomechanical analysis of body mass transfer during stair ascent and descent of healthy subjects'. Journal of Rehabilitation Research and Development, vol. 30, no. 4, 1993, p. 412-422.

## Bijlage 1 : Momenten

|             | trap op |    | trap af |     | maximaal mom. |     |             |
|-------------|---------|----|---------|-----|---------------|-----|-------------|
|             | A       | B  | A       | B   | ♀             | ♂   |             |
| heup flex.  | 69      | 90 | 20      | 70  | 110           | 203 | heup ext.   |
| heup ext.   | 17      | -  | 24      | 25  | 51            | 89  | heup fl.    |
| knie flex.  | 97      | 65 | 117     | 110 | 105           | 166 | knie ext.   |
| knie ext.   | 23      | 20 | 20      | 50  | 58            | 109 | knie fl.    |
| enkel p.fl. | 114     | 90 | 98      | 85  | 80            | 135 | enkel p.fl. |

A = McFadyen & Winter, 1988

B = Andriacchi et al., 1980

Momentswaarden zijn gegeven in Nm.

Alle gewrichtsmomenten zijn uit grafieken van McFadyen & Winter en Andriacchi afgelezen afgeronde maximale waarden. Het betreft hier gegevens van jongere proefpersonen. Deze waarden moeten met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd, omdat niet bekend is of de gewrichtsmomenten bij ouderen gelijk zijn aan die van jongeren.

De maximaal door de spieren te leveren momenten zijn overeenkomstig de gemiddelde voor de betreffende spiergroep gemelde waarden van Schultz, 1991.

De eerste kolom van links geeft aan welk (uitwendig) moment bedoeld is over welk gewricht. De tweede en derde kolom van links zijn de maximale uitwendige momenten op de gewrichten tijdens het trap oplopen van respectievelijk McFadyen & Winter en Andriacchi. De vierde en vijfde kolom van links zijn de maximale uitwendige momenten op de gewrichten tijdens het trap aflopen van respectievelijk McFadyen & Winter en Andriacchi. De zesde en zevende kolom van links geven de maximaal door de spieren te leveren momenten bij ouderen opgesplitst naar geslacht. De achtste kolom van links vermeldt de betrokken spiergroep. Er wordt verondersteld dat alleen deze groep spieren het uitwendige moment kan compenseren.

De probleemsituaties zijn vet aangegeven. De eventuele probleemsituaties zijn cursief aangegeven. Opvallend is dat alleen de vrouwen problemen ondervinden. De mannen zijn altijd in staat een voldoende groot moment met de spieren te leveren.



## **Bijlage 2 : Anatomische terminologie**

**flexie** = buiging van knie of heup

**extensie** = strekking van knie of heup

**plantairflexie** = hoekstandsverandering van de enkel waarbij de voet omlaag beweegt.

**dorsaalflexie** = hoekstandsverandering van de enkel waarbij de voet wordt opgetild.

**retroflexie** (van de schouder) = beweging van het schoudergewricht, waarbij de armen opzichte van de romp naar achter wordt gebracht.

**craniaal** = aan de bovenzijde

**dorsaal** = aan de achterzijde

**ventraal** = aan de voorzijde

**thoracale kyfose** = kromming van de rug op borsthoogte

**lendelordose** = holling van de wervelkolom in de lage rug

**m. adductor magnus** = spier aan de binnenzijde van het bovenbeen die het been naar binnen kan bewegen.

**m. gastrocnemius** = spier aan de achterzijde van het onderbeen, aanhechtend aan de achillespees, die de knie kan buigen en voet omlaag kan bewegen.

**m. gluteus medius** = bilspier, die het been opzij kan bewegen

**m. gluteus maximus** = grote bilspier, die de heup kan strekken

**hamstrings** = verzamelnaam voor een groep spieren aan de achterzijde van het bovenbeen die de heup strekken en de knie buigen.

**m. quadriceps femoris** = verzamelnaam voor m. rectus femoris en mm. vasti

**m. tensor fascia latae** = spier aan de zijkant van het bekken, die het been naar opzij kan bewegen

**m. rectus femoris** = spier aan de voorzijde van het bovenbeen, die de heup buigen de knie strekt.

**m. soleus** = spier aan de achterzijde van het onderbeen, aanhechtend aan de achillespees, die de voet omlaag kan bewegen.

**m. tibialis anterior** = spier aan de voorzijde van het onderbeen, die de voet optilt

**mm. vasti** = spier aan de voorzijde van het bovenbeen die de knie strekt.

Voor meer informatie over anatomische terminologie kan een anatomische atlas of het boek van Rozendal geraadpleegd worden.