

Zo zit het!



Zo zit het!

Over zitten, stoelen en rolstoelen

dr. ir. H.A.M. Staarink

2014 >g koninklijke
van gorcum

© 2014, Koninklijke Van Gorcum BV, Postbus 43, 9400 AA Assen.

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van reprografische verveelvoudiging uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16 h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprerecht (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp www.reprerecht.nl). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.cedar.nl/pro).

NUR 892, 927

ISBN 978 90 232 5251 1

Illustraties: W. Hoppenbrouwer

Omslagontwerp: Richard Bos Grafische Vormgeving & Illustratie / W. Hoppenbrouwer

Zetwerk: LINE UP boek en media bv, Groningen

Grafische verzorging: Koninklijke Van Gorcum, Assen

Inhoud

Voorwoord	IX
Voorwoord bij de tweede druk	XI
Over dit boek	XII

Deel A Waarnemen, verklaren en toepassen

1	Waarnemen van zitgedrag	3
1.1	Zitgedrag	4
1.2	Momentane comfortbeleving	8
1.2.1	Stabiliteit van de romp	9
1.2.2	Stabiliteit van het hoofd	11
1.3	Zitmeubels en zitkussens	13
1.4	Samenvatting en conclusies	16
2	Verklaren van zitgedrag	18
2.1	Comfort en tijd	19
2.2	(Neuro)fysiologische aspecten van de zithouding	19
2.2.1	Gewrichten	20
2.2.2	De wervelkolom	23
2.2.3	Het besturingssysteem	27
2.3	Biomechanica van de zithouding	31
2.3.1	Biomechanisch model van het menselijk lichaam	31
2.3.2	Definitie van zithouding	34
2.3.3	Zithouding als leverancier van uitwendige belasting	36
2.4	De individuele voorkeursohouding	39
2.4.1	Het hoofd in balans op de romp	46
2.5	Stabiliteit van de romp	48
2.6	Typering van zithouding en activiteit	51
2.7	Invloed van de zitondersteuning op comfortbeleving	53
2.7.1	Drukverdeling	53
2.7.2	Zitstabiliteit	57
2.7.3	Vocht- en warmteregulatie	58
2.8	Samenvatting en conclusies	59

3	Toepassen van kennis over zitgedrag	62
3.1	Maatvoering	63
3.2	Actieve stoelen	65
3.2.1	Kantoorstoel	68
3.2.2	Eetkamerstoel	72
3.2.3	Werk(plaats)stoel	74
3.2.4	Bureaustoel: het zitten en werken achter een pc	78
3.2.5	Kniestoel	80
3.3	Semi-actieve stoelen en ruststoelen	82
3.3.1	Fauteuils en banken	83
3.3.2	Stoelen in treinen en vliegtuigen	87
3.3.3	Autostoelen	88
3.4	Samenvatting en conclusies	90
4	Zitten en zitgedrag in rolstoelen	92
4.1	Analyse van rolstoelgebruikers	93
4.1.1	De basiszithouding	96
4.1.2	Dynamisch zitgedrag	99
4.1.3	De ondersteuning van het hoofd	101
4.2	Preventieve en curatieve aspecten van de zithouding	104
4.2.1	Verminderde coördinatie	105
4.2.2	Halfzijdige beperkte been- en armfunctie	110
4.2.3	Dwangstanden	112
4.3	Kinderen en rolstoelen	116
4.4	Zitkussen en drukverdeling	120
4.5	Analyse van rolstoeleigenschappen	125
4.6	Samenvatting en conclusies	129
	Geraadpleegde literatuur deel A	131

Deel B Verdieping

V1	Biomechanica van de zithouding	135
V1.1	Biomechanisch model	136
V1.2	Definitie zithouding	138
V1.3	Inwendige belasting	140
V1.4	Uitwendige belasting	143
V1.5	De stabiliteit van het bovenlichaam	148
V1.6	De stabiliteit van het hoofd	151
V1.7	Samenvatting en conclusies	152
	Geraadpleegde literatuur V1	153

V2	Decubitus, ontstaan en preventie	154
V2.1	Analyse van de inwendige belasting	157
V2.2	Invloed van vocht en warmte op het ontstaan van decubitus	161
V2.3	Risicofactoren voor het ontstaan van decubitus	162
V2.4	Het verband tussen de temperatuurreactie van de huid en de hoogte van de uitwendige druk	163
V2.5	Preventie	166
V2.6	Kenmerken van rolstoelgebruikers	167
V2.7	Samenvatting en conclusies	169
	Geraadpleegde literatuur V2	170
V3	Drukverdeling	172
V3.1	De meetbil	174
V3.2	Structuur van achterwerk en kussen	177
V3.3	Drukverdelende werking van schuimkussens	178
	V3.3.1 Invloed van de draagconstructie op de maximale druk	180
	V3.3.2 Invloed van de cover op de drukverdeling van schuimkussens	182
	V3.3.3 Conclusie	186
V3.4	De werking van lucht- en watergevulde kussens	187
V3.5	De werking van samengestelde drukverdelende media	190
V3.6	Samenvatting en conclusies	192
	Geraadpleegde literatuur V3	193
V4	Het meten, analyseren en optimaliseren van zithouding en drukverdeling in de praktijk	194
V4.1	Doel en opzet van het pilotproject SMS Zitadvies	195
V4.2	Metten en vastleggen van een zithouding	195
V4.3	Het analyseren en optimaliseren van een zithouding	198
V4.5	Kussens: covers, drukverdelende media en draagconstructies	208
V4.6	Het analyseren en optimaliseren van drukverdeling	211
V4.7	Vervolg van het pilotproject SMS Zitadvies	212
V4.8	Samenvatting en conclusies	214
	Bijlage 1 Checklist analyse achterwerk – kussen	215
	Verklarende woordenlijst	218
	Verantwoording figuren	221
	Register	224



Voorwoord

Het voorwoord van *Het Zitboek* (1995) begon ik met de zin: ‘Mijn bemoeienis met rolstoelen en dus met “zitten” is begonnen in 1971.’ Ik beschreef de weg die ik tot dan toe in Het land van Zitten had afgelegd en de mensen die me daarbij behulpzaam zijn geweest.

Bij de invoering van de Wet voorzieningen gehandicapten (WVG) in 1995 hield de Gemeenschappelijke Medische Dienst (GMD), waar ik stafmedewerker was, op te bestaan. Ik besloot als zelfstandige een rolstoel te ontwikkelen van kunststof met een individuele zitondersteuning en deze kleinschalig aan de man te brengen. De individuele zitondersteuning moest aan de hoogste eisen van ‘goed zitten’ voldoen en volgens objectieve en meetbare criteria tot stand komen. Enfin, de kunststof rolstoel met individuele zitondersteuning is er in productievorm niet gekomen, maar wel gekomen zijn de objectieve en meetbare criteria waarmee een goede zithouding tot stand kan worden gebracht. De hulp hierbij van mijn vrienden Ton Tournier, fysiotherapeut en manueel therapeut, als mijn inspirator en paramedisch geweten en Jaap van Wijngaarden, arts, als scherp analyticus en personal coach kan niet onvermeld blijven en is wezenlijk geweest bij deze ontdekkingstocht. Het bijzondere van onze ontdekkingstocht is dat ons resultaat, achteraf gezien en beschouwd met een nieuwe definitie van zithouding, beschreven staat in een congresverslag uit 1969, *Sitting Posture*, onder redactie van Grandjean; alleen ontbreekt daarbij de analyse waarop de individuele voorkeuren van de proefpersonen gebaseerd zouden kunnen zijn.

Dat specifieke zithoudingen van mensen meer met elkaar overeenstemmen dan men in eerste instantie zou veronderstellen, was een geweldige ontdekking.

Naast Jaap en Ton zijn er anderen die direct en indirect bijgedragen hebben aan deze kennisontwikkeling van het ‘zitten’.

Voor het individueel optimaliseren van een zithouding en zitondersteuning is in 1996 een passtoel ontwikkeld met veel manipuleerbare variabelen. Het omgaan met deze parameters heeft geleid tot een standaardprocedure voor het optimaliseren van een individuele zitondersteuning en zithouding. Met het vertalen van deze procedure in een ontwerp voor een individueel aanpasbare rugondersteuning werd in feite de oorspronkelijke doelstelling ingehaald en is overgestapt naar een conventioneel rolstoel-

ontwerp, waarin het nieuwe concept rugondersteuning is opgenomen. Het ontwerpen van deze rolstoel en het realiseren van het prototype is mede mogelijk gemaakt door Ed Beenhakker te Rotterdam.

Op het nieuwe concept individueel instelbare, ergonomisch logische rugondersteuning is octrooi aangevraagd en wereldwijd verkregen.

In 2001 vroeg Louis Huttenhuis mij of ik voor PR Sella te Oldenzaal mee wilde werken aan de ontwikkeling van software waarmee de gemeten *interface pressure* tussen zitting en zitvlak gemakkelijk door therapeuten geïnterpreteerd zou kunnen worden. De stimulerende samenwerking met Louis heeft niet alleen geleid tot de SMS (Sit Measurement System) analyse software, maar ook tot een samenwerkingsverband in 2005 met het Revalidatiecentrum Het Roessingh waarin de nieuwe inzichten en methoden worden geïmplementeerd en geëvalueerd. Ook Louis is al jaren actief op het gebied van zitten en zitproblematiek. Hij deelt met mij dezelfde fascinatie en is ervan overtuigd dat het zitten in een rolstoel niet beantwoordt aan in redelijkheid te stellen eisen, en verbeterd moet worden. Zijn betrokkenheid en enthousiasme hebben mede geleid tot nieuwe productontwikkelingen. Louis heeft het mogelijk gemaakt dat dit boek kon worden geschreven en uitgegeven.

Jaap, Ton en Louis dank ik voor al hun stimulerende bijdragen en vriendschappelijke samenwerking. Ik dank Loes Mulder, Frank in 't Groen, ergotherapeuten van Het Roessingh, en mijn oud GMD-collega Rolf-Jan den Adel voor hun kritisch commentaar. Collega Wouter Hoppenbrouwer van PR Sella dank ik voor zijn positieve bijdragen en het nauwgezet verzorgen van de vele illustraties. Jasper Reenalda dank ik voor de actualisering van het verdiepingsonderwerp: Decubitus, ontstaan en preventie.

Voor de goede lezer en verstaander van dit boek zal het duidelijk worden dat veel specifieke stoelen, en in het bijzonder rolstoelen, zonder noemenswaardige extra kosten wezenlijk verbeterd kunnen en moeten worden. Daarnaast hoop ik dat dit boek aanleiding zal zijn een aantal Arbo-regels met betrekking tot het zitten en zitmeubilair aan een kritische beschouwing te onderwerpen en zo mogelijk bij te stellen. Daar is alle reden voor.

Tot slot spreek ik de wens uit dat dit boek zal bijdragen aan meer inzicht in de Kunst van het Zitten, en zal bijdragen aan beter ontworpen zitmeubels en rolstoelen.

Dr. ir. H.A.M. Staarink
Numansdorp, maart 2007

Voorwoord bij de tweede druk

De nieuwe visie op zitten zoals die door mij in dit boek is ontwikkeld begint zijn weg in het revalidatieveld te vinden. Men begint in te zien dat de basiszithouding voor volwassenen in rolstoelen niet anders kan zijn dan de anatomisch verantwoorde, stabiele zithouding, wanneer maar een zithouding in de rolstoel beschikbaar is.

Voor kinderen in rolstoelen werkt deze benadering fundamenteel anders vanwege de aard van het zich ontwikkelende kind. Ignace Braet, kinesitherapeut van het Medisch Pedagogisch Instituut Ten Dries te Landegem, België heeft mij hierop gewezen. Paragraaf 4.3 'Kinderen en rolstoelen' is daarom in zijn geheel aangepast. Zijn visie en kritische opmerkingen zijn samen met die van Ton Tournier verwerkt in de herziene versie.

Sinds het verschijnen van de eerste druk hebben de ontwikkelingen niet stilgestaan. Dr. Jasper Reenalda heeft zijn proefschrift: *Dynamic sitting to prevent pressure ulcers in spinal cord injured* in 2009 met succes verdedigd. In het verdiepingshoofdstuk V2 heeft hij zijn bevindingen die voor therapeuten van belang zijn toegevoegd. In paragraaf V4.7 wordt verslag gedaan van de ontwikkeling van een zitsysteem dat voortgekomen is uit de nieuwe visie op zitten en zitten in rolstoelen in het bijzonder. Het door PR Sella ontwikkelde zitsysteem blijkt aan de verwachtingen te voldoen. De theorie wordt door de praktijk bevestigd.

Verder zijn in deze tweede druk de gebruikelijke onvolkomenheden uit de eerste druk verbeterd.

Harrie Staarink
Numansdorp, januari 2014

staarink@xs4all.nl
www.harriestaarink.com
www.pr-sella.nl

Over dit boek

Dit boek bestaat uit twee delen.

In het eerste deel wordt in een lopende beschrijving het zitgedrag waargenomen, geanalyseerd en verklaard. Vervolgens worden conclusies en consequenties getrokken voor een gewenst zitgedrag en voor gewenste eigenschappen van allerlei zitmeubels, met bijzondere aandacht voor zitondersteuning in rolstoelen. Het verhaal wordt zo veel mogelijk ondersteund met aanschouwelijk beeldmateriaal. Ieder hoofdstuk wordt afgesloten met een samenvatting en conclusies.

Het tweede deel bestaat uit een verdieping van vier afzonderlijke onderwerpen, die ook als zodanig opgezet zijn. Benadering en beschrijving zijn zakelijk en wetenschappelijk van aard. Waar nodig wordt gebruikgemaakt van tabellen, grafieken en overzichten.

Dit boek is het resultaat van jarenlange bemoeienis met het fenomeen zitten en vooral van de behoefte dit fenomeen te begrijpen. Dat dit boek na eerdere publicaties geschreven moest worden, komt door verhelderende, voortschrijdende inzichten door eigen onderzoek dat gedurende de jaren 1997-2000 in samenwerking met J. van Wijngaarden, arts, en A. Tournier, fysiotherapeut en manueel therapeut, is uitgevoerd.

Een belangrijke rol bij de bevestiging van de eigen onderzoeksresultaten heeft het congresverslag *Sitting Posture* onder redactie van E. Grandjean uit 1969 gespeeld. Onderzoeksresultaten van Grandjean en Wotzka bleken bij toepassing van de ontwikkelde definitie van zithouding dezelfde resultaten op te leveren, maar konden door het eigen onderzoek worden verklaard en begrepen. Bij het schrijven en samenstellen van dit boek is gebruikgemaakt van eigen publicaties, te weten:

- *Het Zitboek, zithoudingsproblematiek in rolstoelen*, 1994.
- *Sitting posture, comfort and pressure, assessing the quality of wheelchair cushions*. Proefschrift 1995, verder in dit boek 'het kussenonderzoek' genoemd.
- *De Kunst van het Zitten*, 1999.
- *Handboek Dwarslaesie Revalidatie*, tweede druk 2007, onder redactie van dr. F. van Asbeck: hoofdstuk 18.1.1.1, Biomechanische en (neuro)fysiologische achtergronden bij het zitten.

Verder is in 2001 in opdracht van PR Sella te Oldenzaal gestart met het werken aan het project *SMS (Sit Measurement System)* om door middel van analysesoftware drukmeetresultaten inzichtelijk te maken voor therapeuten. In dit project is de benadering die is gebruikt in *Sitting Posture, comfort and pressure* verder uitgewerkt naar een individuele toepassing.

Het SMS-project heeft in 2006 mede geleid tot een samenwerkingsverband tussen PR Sella en het Revalidatiecentrum Het Roessingh te Enschede in het *Pilotproject SMS Zit-advies*. Dit project beoogt de nieuwe inzichten met betrekking tot het zitten in rolstoelen te evalueren en te implementeren in Het Roessingh. De opzet hiervan wordt in het vierde verdiepingshoofdstuk beschreven.

Doelstelling van dit boek is te laten zien en aan te tonen dat duidelijke conclusies en consequenties getrokken kunnen worden uit het begrijpen van zitgedrag, en dat een goede zithouding minder individueel is dan op dit moment algemeen wordt verondersteld. Vandaar de titel: *Zo zit het!*



Deel A

Waarnemen, verklaren en toepassen

- 1 Waarnemen van zitgedrag
- 2 Verklaren van zitgedrag
- 3 Toepassen van kennis over zitgedrag
- 4 Zitten en zitgedrag in rolstoelen



Hoofdstuk

1

Waarnemen van zitgedrag

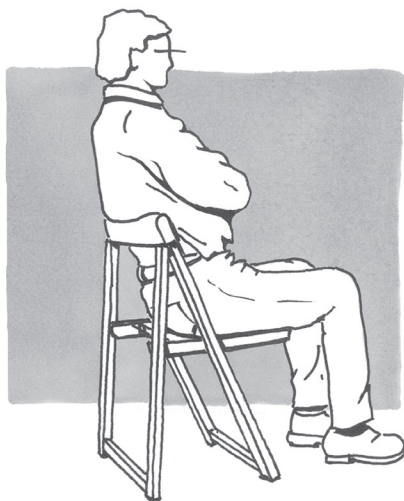
In dit hoofdstuk wordt het zitgedrag van mensen beschreven. Wat zijn de opvallende kenmerken van dat zitgedrag en hoe verhoudt zich dat tot het zitmeubel?

Er moeten redenen aan dat zitgedrag ten grondslag liggen. Als die redenen begrepen worden, moet het mogelijk zijn daaraan conclusies te verbinden en consequenties te trekken voor gewenst zitgedrag en gewenste eigenschappen van zitmeubels. Maar eerst: het waarnemen.

1.1 Zitgedrag

Zittende mensen zitten nooit stil. Ze veranderen steeds van houding. De ene keer is dat nauwelijks waarneembaar, de andere keer gaan ze duidelijk verzitten. Het is afhankelijk van wat ze aan het doen zijn en de intensiteit waarmee ze dat aan het doen zijn: een boterham eten of een gesprek voeren, een tekening maken of achter een beeldscherm zitten. De ontspannen blikrichting die daarbij nodig is, is bepalend voor de houding die wordt aangenomen.

Bij eenzelfde blikrichting zijn *en detail* vele houdingsvarianten waar te nemen. De houding die de stoel aanbiedt, doet er niet eens zoveel toe. De aangenomen houding is vaak totaal anders dan de aangeboden houding van de stoel.



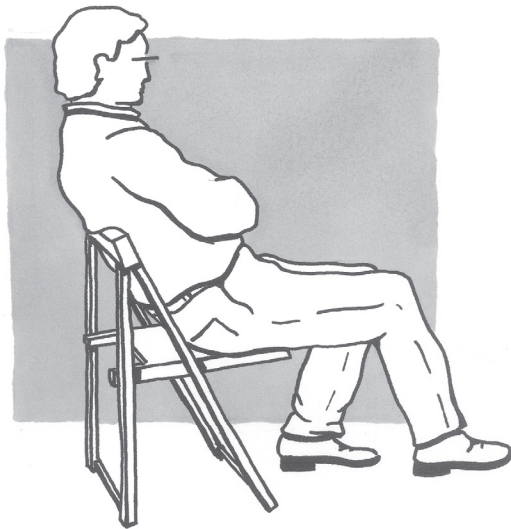
Figuur 1.1 Een rechtop zittende, actieve houding op een eetkamerstoel.

De stoel van figuur 1.1 veronderstelt een actief gebruik en een rechtop zittende, actieve houding. Zodra echter een conversatie gestart wordt, wordt snel een meer ontspannen houding gezocht: het achterwerk gaat iets naar voren op de zitting en de rug gaat achterover en steunt op de bovenkant van de rugleuning. Zie de persoon in figuur 1.2. Kennelijk is deze houding comfortabeler dan de eerste actieve houding. Toch ziet zij er in feite niet zo comfortabel uit.

De persoon lijkt uit de stoel te glijden en de harde houten rugleuning zal plaatselijk een flinke belasting op zijn rug geven. Toch wordt voor deze houding op dat moment gekozen, zo lang als het duurt. Want na enige tijd zal – bewust of onbewust – vanwege die plaatselijke hoge belasting een andere houding worden ingenomen. Kenmerkend voor deze houdingen is dat ze weinig energie vergen om ze te handhaven. Kennelijk wordt dat prettig gevonden.

Mensen zijn steeds op zoek naar houdingen die in ieder geval in de aanvang direct een gevoel van comfort geven. Als dan na verloop van tijd blijkt dat de houding toch niet

als zo comfortabel wordt ervaren, wordt deze verwisseld voor een houding die ook weer in de aanvang comfortabel aanvoelt. Kennelijk is men niet in staat een houding te kiezen die voor langere tijd comfortabel is of is de zitondersteuning niet in staat dat comfort voor langere tijd aan te bieden, of beide.



Figuur 1.2 Een ontspannen houding in een stoel die een rechtop zittende, actieve houding aanbiedt.

Het zitgedrag wordt blijkbaar gestuurd door een comfortgevoel op een bepaald moment: het momentane comfortgevoel.

Hetzelfde proces kan worden waargenomen bij mensen die vanaf een bank tv kijken. De bank is weliswaar ruim van kussens voorzien en men zit of ligt ogenschijnlijk comfortabel tv te kijken, maar dat blijkt eveneens van korte duur te zijn. Ook vanuit deze comfortabele situatie zal vrij snel de behoefte ontstaan van houding te veranderen.

Meestal gebeurt dat onbewust. Het lichaam zet daartoe aan. Het lichaam voelt iets oncomfortabels en wil dat veranderen. Het is hetzelfde mechanisme dat ons in slaap van de ene zij op de andere doet belanden. Kennelijk zijn al die zachte kussens en de houding die deze opleveren, niet voldoende om langere tijd 'ongestoord' tv te kijken.

Een merkwaardig feit doet zich voor bij het besturen van een auto. De bestuurder zit vrij gefixeerd in een houding te sturen en blijkt dat met gemak enige uren achter elkaar te kunnen volhouden. Beroepschauffeurs rijden meer dan acht uur per dag met maar een paar korte pauzes daar tussendoor. Als de chauffeur klaagt over zijn stoel, krijgt hij een 'speciale' stoel of wordt zijn stoel 'aangepast'. Wat er dan is veranderd, kan vaak nauwelijks exact aangeduid worden, maar het schijnt te werken. Er is alle reden om het fenomeen van het langdurig auto kunnen rijden in het vervolg van dit boek nader uit te zoeken en te verklaren.



Figuur 1.3 Een lang vol te houden zithouding tijdens het autorijden.

Een andere interessante waarneming is de houding en het zitgedrag van mensen achter een pc. De houding wordt heel duidelijk beïnvloed door de hoogte van het beeldscherm, omdat die immers de blikrichting bepaalt. Een hoog geplaatst beeldscherm dwingt tot een rechtop zittende, actieve houding. Vaak zie je mensen actief op het puntje van hun stoel zitten zonder dat ze gebruikmaken van de rugleuning. Wanneer ze telefoneren, gebruiken ze de rugleuning om een ontspannen houding op te zoeken.



Figuur 1.4 Correcte rechtop zittende actieve zithouding bij scherm op ooghoogte, waarbij geen gebruik wordt gemaakt van de rugleuning.

Staat het scherm laag, dan is de blik naar beneden gericht, de rug bolt naar achteren en men hangt als het ware in zijn eigen rug. Deze houding vergt weliswaar weinig energie, maar is erg belastend voor de rug. Het hoofd moet wel meer opgericht worden en dat kost extra energie. Toch wordt deze houding kennelijk kortstondig als comfortabel ervaren, of men weet eenvoudigweg geen andere houding aan te nemen. Overigens wordt ook in deze houding de rugleuning niet of nauwelijks gebruikt.



Figuur 1.5 Een naar beneden gericht blikrichting heeft een kyfoserende zithouding tot gevolg.

Het gevaar van ‘computeren’ schuilt daarin dat men zo gefascineerd is door waar men mee bezig is, dat het normale waarschuwingsmechanisme voor overbelasting wordt genegeerd en men uiteindelijk zichzelf beschadigt door houdingen aan te nemen die op de lange duur zeer belastend zijn voor het lichaam.

Ook in deze situatie is een nadere analyse van wat er allemaal aan de hand is interessant, en dat geldt vooral voor de conclusies die hieruit voor het gebruik getrokken kunnen worden.

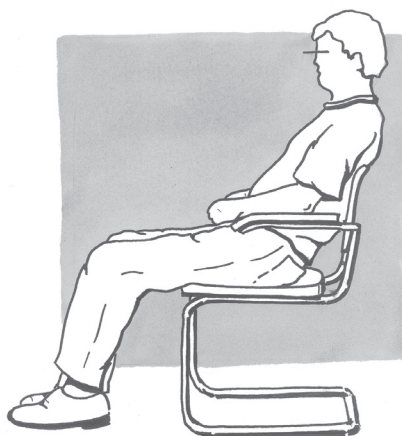
Zitgedrag en verandering van zithouding ontstaan automatisch – enerzijds door de blikrichting die voor een bepaalde activiteit nodig is en anderzijds door de waarschuwingsmechanismen in het lichaam die het lichaam tegen overbelasting beschermen. Verandering van houding betekent dat de belasting op het lichaam verandert en daar gaat het kennelijk om. Zitgedrag kan uiteraard ook bewust beïnvloed worden. Alleen al het zich realiseren van wat er tijdens het zitten aan de hand is, kan voldoende zijn voor een gezond zitgedrag.

1.2 Momentane comfortbeleving

Een van de eerste voorlopige conclusies die uit het waarnemen van zitgedrag zijn te trekken, is dat men steeds op zoek is naar een gevoel van comfort en dat de tijdsduur van invloed is op de comfortbeleving. Comfort laat zich het gemakkelijkst omschrijven als het afwezig zijn van discomfort. Men spreekt over comfort wanneer men geen discomfort ervaart. Houdingen worden ingenomen op basis van een momentaan comfortgevoel: het gevoel waarop de tijdsduur nog geen invloed heeft gehad.

Wanneer men zittende mensen observeert, wordt duidelijk dat sommige factoren die comfort bepalen belangrijker zijn dan andere. Er zijn houdingen en vooral details van houdingen te zien die niet comfortabel kunnen zijn. De bovenkant van een scherpe rugleuning die in de rug prikt, achterwerken die bijna van de stoel afglijden, afknellende bovenbenen op de voorrand van de zitting; het is allemaal waar te nemen en het ziet er niet alleen erg oncomfortabel uit, maar het is ook oncomfortabel.

Toch worden deze houdingen in eerste instantie als comfortabel ervaren, want ze worden ingenomen. Vaak is de essentie van een dergelijke houding dat het lichaam er weinig energie in hoeft te steken om hem te handhaven.



Figuur 1.6 Scherpe bovenrand van de rugleuning die men desondanks gebruikt bij het zoeken naar stabiliteit van de romp door 'onderuit' te gaan zitten.

Het is opvallend, als men daarop let, hoe snel mensen overgaan van een rechtop zittende, actieve houding naar een houding die minder energie vergt, zodra dat mogelijk is. Even nadenken achter de pc en de muis niet hoeven te bedienen, en meteen gaat het achterwerk naar voren op de stoel, de romp naar achteren en hangt men tegen de rugleuning. Observeer mensen tijdens het nuttigen van een maaltijd en hetzelfde gedrag is waar te nemen.

De conclusie is dat een laag energieverbruik een zeer belangrijke factor is in de comfortbeleving en kennelijk bepaalde vormen van discomfort in eerste instantie *overrulet*. Sommige factoren die de comfortbeleving beïnvloeden, zijn blijkbaar dominanter

dan andere. Anders gezegd: er moet sprake zijn van een zekere hiërarchie in factoren die comfort bepalen.

1.2.1 Stabiliteit van de romp

Als mensen zich niet meer willen inspannen, gaan ze liggen. Alle lichaamsdelen worden ondersteund. Er is geen energie nodig om deze houding te handhaven: een voorwaarde om te kunnen slapen. Het lichaam verkeert in een *stabiele* situatie. Als mensen moe zijn van het staan, gaan ze zitten. Als ze moe zijn van het zitten, gaan ze liggen. Zitten kan als een soort tussenfase tussen staan en liggen beschouwd worden. Er is minder energie voor nodig dan voor het staan, maar meer dan voor het liggen.

In de beschrijving van het zitgedrag is duidelijk geworden dat binnen de mogelijkheden van de gewenste blikrichting gekozen kan worden voor houdingen die relatief veel en relatief weinig energie vergen. Dit alles heeft te maken met *stabiliteit*. Een stabiele ondersteuning van de romp vergt weinig spierinspanning, dus weinig energie, en krijgt om die reden – onbewust – de voorkeur.

Zithoudingen kunnen dus beoordeeld worden op de mate en wijze waarop ze stabiliteit aan het lichaam geven. De lichaamsdelen die daarvoor in aanmerking komen zijn: bekken, romp en hoofd. Naast zitondersteuning kunnen armen en handen mede een rol spelen in het tot stand brengen van stabiliteit.

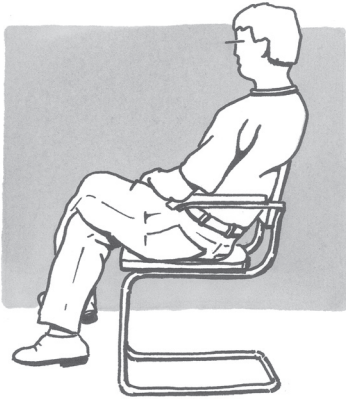
In figuur 1.7 is te zien dat de rugleuning niet gebruikt wordt en dat de armen afsteunen op het tafelblad. Op deze manier wordt de romp in balans gehouden.



Figuur 1.7 Stabiliteit van de romp door het afsteunen van de armen op tafel.

Wanneer de rugleuning van de stoel te recht op staat en te hoog is om achteroverleunend stabiliteit van de romp te vinden, geeft de ruimte boven de armleuning mogelijk-

heden om toch stabiliteit van de romp te creëren, zoals in figuur 1.8 wordt gedemonstreerd.



Figuur 1.8 Dwars in de stoel om de romp naar achteren te kunnen brengen boven de armleuning om stabiliteit van de romp te realiseren.

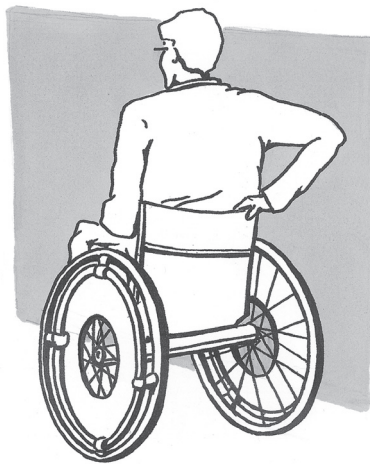
Ook staand wordt, zodra de mogelijkheid zich aandient, stabiliteit gezocht. Het beeld van figuur 1.9, leunend tegen een deurpost, moet bekend voorkomen.



Figuur 1.9 Leunen tegen de deurpost voor een meer ontspannen, stabiele houding.

In het rolstoelgebruik kun je een merkwaardig beeld tegenkomen. Mensen die door een lichamelijke beperking gedwongen zijn de hele dag te zitten, gebruiken een rolstoel die hen de hele dag in een rechtop zittende, actieve houding laat zitten, hoewel ze daar meestal maar beperkte fysieke vermogens voor hebben. De situatie van figuur 1.10 is dan ook vaak waar te nemen: stabiliteit van de romp wordt gezocht door de romp naar achteren toe te ondersteunen met de armen op de rugleuningbuizen. Of, wat ook vaak te zien is: een elleboog wordt achter een van de duwhandvatten gehaakt om te voldoen aan de behoefte aan stabiliteit.

De houding zelf biedt deze kennelijk als zodanig niet. Dit leidt snel naar een houding waarin stabiliteit wordt gevonden door de rug naar achteren te bollen en in de banden van de wervelkolom te gaan hangen. De buik komt in deze houding behoorlijk in de knel en de rug wordt – permanent – flink belast. In deze houding moet het hoofd extra opgericht worden om de blik op de horizon te houden. Het gedurende de hele dag actief rechtop moeten zitten in een rolstoel is bovendien niet in overeenstemming met algemeen waar te nemen zitgedrag, dat steeds op zoek is naar ontspanning en dus naar stabiliteit.



Figuur 1.10 Het stabiliseren van de romp met de armen op de rugleuningbuizen in een zogenaamde actief-rolstoel.

1.2.2 Stabiliteit van het hoofd

Wanneer men bij het observeren van zitgedrag zich speciaal richt op het hoofd, komt men tot verrassende ontdekkingen. Het hoofd blijkt heel vaak en heel subtiel ondersteund te worden, zodra de mogelijkheden zich daartoe aandienen.

Op het eind van de dag, wanneer de vermoeidheid toeslaat, is dikwijls een situatie waar te nemen zoals in figuur 1.11 is te zien. Het hoofd rust in de handpalm. Hoofd en

romp worden door de rugleuning en door de arm afgesteund in een stabiele positie. Er is blijkbaar weinig energie meer te besteden.



Figuur 1.11 Stabiliteit van het hoofd door het afsteunen met de armen.

De spieren in de nek en schouder hoeven nu niet meer geactiveerd te worden en kunnen ontspannen.

Een vergelijkbare situatie is achter een pc aan te treffen. De blik is op het beeldscherm gericht, terwijl het hoofd ondertussen kortstondig afgesteund wordt door de duimen onder de kin te houden. Een moment van ontspanning, totdat de muis of het toetsenbord weer moet worden beroerd. Dit is gedrag waarvan men zich nauwelijks bewust is, maar dat aangeeft hoe onbewust met energie en met het comfortgevoel wordt omgegaan, en hoe belangrijk het is nek- en schouderspieren – tijdelijk – te ontspannen.



Figuur 1.12 Stabiliteit van het hoofd door het afsteunen van de kin.

Het hoofd in zijn positie houden kost energie, en dat gebeurt in feite de hele dag. Het ondersteunen van het hoofd is een welkome afwisseling: het ontspant de nek- en schouderpijlen en spaart energie. Dat wordt blijkbaar als comfortabel ervaren. Gezien de frequentie waarmee dit fenomeen is waar te nemen, moet het hoog in de hiërarchie van de momentane comfortbeleving staan.

1.3 Zitmeubels en zitkussens

Tot nu toe is het zitgedrag voornamelijk beschouwd vanuit de gebruikers en niet zozeer vanuit de zitondersteuning die meubels aanbieden. Een uitzondering daarop is gemaakt voor autostoelen. Daarvan is geconstateerd dat ondersteuning en houding kennelijk ook op langere duur om een of andere reden comfort bieden respectievelijk niet snel leiden tot een gevoel van discomfort.

Er zijn veel soorten stoelen en meubels op de markt verkrijgbaar. Ze zijn ontworpen voor een specifiek gebruiksdoel. Ze worden door kopers in de winkel geselecteerd voor een specifiek gebruik. Hoewel het voor de hand ligt te veronderstellen dat de functionele gebruiksbedoeling van de stoel en het uiteindelijke functionele gebruik met elkaar overeenstemmen, blijkt dat in de praktijk vaak niet het geval te zijn. Daar kunnen vele redenen aan ten grondslag liggen. Hier wordt volstaan met de constatering dat aan twee kanten 'fouten' kunnen worden gemaakt. De gebruiksbedoeling van een stoel kan slecht uitgevoerd zijn, zodat hij niet optimaal geschikt is voor het bedoelde gebruik. De stoel kan ook op verkeerde gronden geselecteerd zijn, met andere woorden, het door de gebruiker geplande gebruik komt niet overeen met de gebruiksbedoeling van de stoel.

Los van functionaliteit hebben meubels over het algemeen nog een ander belangrijk aspect: men kan zich door middel van meubels profileren, zich onderscheiden van anderen, en men kan er ook mee laten zien tot een bepaalde sociale groep te willen behoren. *Design*, *image* en sociale klasse zijn hierin de sleutelwoorden. Dat geldt zowel voor bedrijven als voor particulieren.

Functionaliteit hoeft echter 'design' en 'image' niet in de weg te staan. Een goede functionaliteit zou per definitie een specifiek design kunnen ondersteunen. Dit boek beperkt zich in zijn analyse uitsluitend tot de functionaliteit.

Meubels bieden over het algemeen een specifieke zithouding voor een specifieke gebruiksbedoeling. Een zithouding komt tot stand door een bepaalde configuratie van zit- en rugondersteuning. De stand van die – belaste – ondersteuning in de ruimte bepaalt de aangeboden zithouding.

Tot nu toe zijn de waarnemingen van zitgedrag uitsluitend gefocust geweest op de invloed van houdingen op het momentane comfortgevoel.

Het comfortgevoel wordt natuurlijk ook beïnvloed door de hardheid of zachtheid van de ondersteuning. Het is interessant te zien in welke mate de gebruiksbedoeling van een stoel en de wijze van ondersteuning – lees: hardheid en zachtheid van de stof – van invloed is op de mogelijke comfortbeleving.

Er zijn een aantal zaken die opvallen. Meubels die een relaxte houding aanbieden, waarin men geacht wordt te converseren of tv te kijken, zijn over het algemeen voorzien van zachte kussens. Banken worden vaak vol gelegd met losse, zachte kussens. In advertenties van banken ziet men bijna nooit mensen gewoon comfortabel zitten, maar vaak half hangen of liggen in een houding die er comfortabel uitziet, maar vaak niet comfortabel is.

Met een bank is dus iets merkwaardigs aan de hand. Je moet en mag er van alles mee in en op kunnen, behalve op een behoorlijke manier zitten. Zo lijkt het althans. Zachtheid is wat geboden wordt, maar wel vaak zonder een adequate houding die een verantwoorde stabiliteit biedt. Die mag men met kussens zelf uitvinden of met behulp van de armen op de rugleuning proberen te realiseren. Resultaat: onrustig zitgedrag! Functioneel gezien betekenen kussens in feite een zwaktebod in het ontwerp.

Bij het ontwerpen van fauteuils lijkt meer aandacht te zijn besteed aan een comfortabele zithouding. De houding is gebaseerd op conversatie en op tv kijken. De kussens zijn over het algemeen wat minder zacht dan in een bank, maar ook hier kan men vaak losse, zachte kussens aantreffen waarmee men zelf de houding comfortabeler mag maken. Bovenstaande opmerking daarover geldt ook hier.

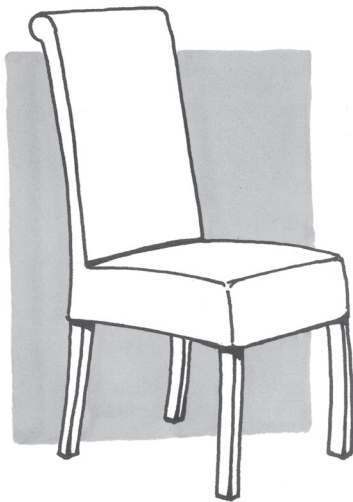


Figuur 1.13 Een karakteristieke zithouding op een zachte bank met de armen op de rugleuning om een comfortabele stabiliteit te creëren, die zonder de armen op de rugleuning niet mogelijk is.

Eetkamerstoelen bieden meestal een rechtop zittende, actieve zithouding, met een vrij harde ondersteuning van zitting en rugleuning. Veel uitvoeringsvormen en materialen kan men tegenkomen. De zitting kan bestaan uit gevlochten riet of geprofileerd beukenhout, of kan gestoffeerd zijn met een dunne laag schuim, afgedekt met een cover.

Eetkamerstoelen hebben een sociale functie: men eet, converseert en luistert. De laatste twee doet men het liefste in een ontspannen, stabiele zithouding.

De trendy eetkamerstoel uit 2006 in figuur 1.14 biedt een actieve zithouding. Door de hoge rugleuning zijn er geen mogelijkheden om op een alternatieve wijze stabiliteit en dus ontspanning te vinden. Het gevolg is dat men stabiliteit vindt in een houding met een bolle rug en men in de banden van de wervelkolom hangt. De buik komt in de knel en dat geeft, zeker na een copieuze maaltijd, een onprettig gevoel. Men zou dan immers het liefste willen 'uitbuiken'.

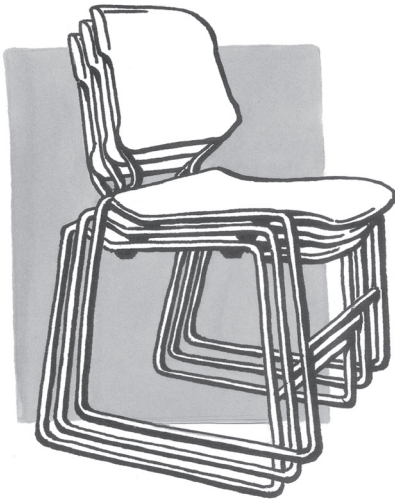


Figuur 1.14 Eetkamerstoel volgens de trend in 2006, met een rechtop zittende, actieve zithouding.

Kantoorstoelen die gebruikt worden in vergaderzalen en in ruimten voor het volgen van lezingen e.d. bieden meestal een rechtop zittende, actieve houding, terwijl de voor naamste bezigheid in die stoel luisteren is. Dat doet men bij voorkeur in een ontspannen zithouding op een niet al te hard zitkussen. De gemiddelde kantoorstoel verschaft die meestal niet. Vaak is de zitting gefabriceerd uit kunststof of geperst beukenhout. In het gunstigste geval is de zitting geprofileerd naar de vorm van het achterwerk. Design blijkt ook hier vaak belangrijker dan zitfunctionaliteit.

Een bijzondere categorie stoelen zijn de bureaustoelen. Bureaustoelen moeten volgens de Arbo-wet voldoen aan NEN 1812. De stoel is verrijdbaar op vijf wielen vanwege de stabiliteit van de stoel en de zitting moet draaibaar zijn om een centrale as, een eis die stamt uit de tijd van de eerste elektrische IBM-typemachine met bolletje. Deze machine was zo hoog dat een apart *verlaagd* bureaublad wenselijk was om de machine goed te kunnen bedienen. Meestal stond deze haaks op het grote bureaublad en leek een draaibare bureaustoel erg handig. Over de consequenties voor het zitgedrag is niet nagedacht. Een natuurlijk zitgedrag is op dergelijke stoelen bijna niet mogelijk. Iedere

beweging van het lichaam heeft direct een draaiing van de zitting tot gevolg. Het is nauwelijks mogelijk je tegen de stoel af te zetten en een andere positie op de zitting in te nemen, zoals men normaal doet op een stabiele, niet verrijdbare stoel. De stoel biedt in feite – gek genoeg – te weinig mogelijkheden tot een gevarieerd zitgedrag, tot echte verandering van belasting.



Figuur 1.15 Goed stapelbare kantoorstoele met actieve houding en harde ondersteuning.

Bij bestudering van het aanbod valt op dat de zittingen van bureaustoelen over het algemeen wat dikker gestoffeerd zijn dan de zittingen van gestoffeerde kantoorstoele. Opvallend is overigens dat NEN 1812 geen uitspraken doet over de kwaliteiten van de zitondersteuning.

Het lijkt erop dat een stoel waarop men geacht wordt actief te zitten over het algemeen een harde zitting heeft, en dat het zitkussen zachter wordt naarmate de houding minder actief en meer relaxed is.

1.4 Samenvatting en conclusies

Het meest opvallende aan zitgedrag van mensen is de voortdurende, meestal onbewuste verandering van zithouding. Mensen blijken nauwelijks stil te kunnen zitten. Mensen willen ook niet veel energie in het zitten steken. Zodra het kan, gaan ze van een actieve houding over in een meer ontspannen houding waarvoor minder energie nodig is. Sleutelwoord daarbij is stabiliteit. Hoe stabielere de houding, des te minder energie erin gestoken hoeft te worden. Mensen blijken heel creatief in het vinden van stabiele zithoudingen op stoelen die daar niet voor ontworpen zijn. De meeste kantoorstoele en eetkamerstoelen veronderstellen een actief gebruik en een actieve houding. Toch

wordt de meeste tijd op deze stoelen converserend, luisterend of nadenkend doorgebracht. Geen nood. Men creëert ondanks de stoel een zo goed mogelijke stabiele, ontspannen houding door dwars in de stoel te gaan zitten om de romp naar achteren te kunnen brengen om stabiliteit te vinden. Bij rolstoelen kan men vaak waarnemen dat stabiliteit van de romp gezocht wordt door de ellebogen achter de duwhandvatten te haken.

De factor tijd is van invloed op de comfortbeleving. Wat aanvankelijk als comfortabel wordt ervaren, blijkt na verloop van tijd toch niet zo te zijn. Men verandert – onbewust – zijn houding en kiest voor een nieuwe houding, die op dat moment in het begin weer als comfortabel wordt ervaren. Nauwkeurige observatie van houding en wijze van ondersteuning laat zien dat er een hiërarchie in de momentane comfortbeleving moet zijn. Weinig energie te hoeven aanwenden, blijkt hoog in die hiërarchie te staan. Ook ontspanning van de nek- en schouderspieren staat hoog in de hiërarchie, gezien het feit dat mensen vaak hun hoofd, ook al is het maar kortstondig, met hun handen afsteunen.

Autorijden blijkt een bijzondere activiteit in een kennelijk bijzondere houding, omdat men dat lang blijkt vol te kunnen houden.

De algemene neiging van mensen naar houdingen met een laag energieniveau is niet terug te vinden in de zogenaamde actief-rolstoelen, waarin rolstoelers geacht worden de hele dag in een rechtop zittende, actieve houding te zitten zonder stabiele ondersteuning van de rug. Dit leidt snel naar een houding waarin stabiliteit toch gevonden wordt door de rug naar achteren te bollen en in de banden van de wervelkolom te gaan hangen. Nek- en schouderklachten zijn het gevolg. Zitondersteuning is over het algemeen vrij hard in actieve stoelen en worden zachter naarmate de houding meer relaxed is.

Aan dit waargenomen zitgedrag moeten redenen ten grondslag liggen die het zitgedrag kunnen verklaren en die richting kunnen geven aan het ontwikkelen van een bewust zitgedrag op goed ontworpen zitmeubilair.

Hoofdstuk

2

Verklaren van zitgedrag

In hoofdstuk 1 zijn waarnemingen gedaan over het zitgedrag van mensen. Er is gesproken over verschillende zithoudingen in uiteenlopende situaties zonder die zithoudingen precies te definiëren. Bezigheden bepalen in belangrijke mate de houdingen die ontstaan. Voor het verklaren van zitgedrag is een goede en nauwkeurige definitie van een zithouding van belang om tot de geheimen van dat gedrag te kunnen doordringen. Die definitie is gekoppeld aan de specifieke anatomische eigenschappen van het lichaam en met name aan de biomechanische consequenties daarvan in een zittende houding. De zithouding zelf levert een krachtenspel op dat van invloed is op de comfortbeleving en om die reden nader geanalyseerd moet worden.

Fysiologische en neurofysiologische eigenschappen van het lichaam zijn bepalend voor de wijze waarop interne en externe belasting worden verwerkt en ervaren met als resultaat het in hoofdstuk 1 beschreven zitgedrag. Inzicht in deze eigenschappen is nodig om dat gedrag te kunnen verklaren.

Voordat aandacht wordt besteed aan de (neuro)fysiologische eigenschappen van het lichaam zal eerst de invloed van de factor tijd nader toegelicht worden.

Nadat alle relevante aspecten voor het verklaren van het waargenomen zitgedrag zijn besproken, zal worden ingezoomd op de specifieke kenmerken van de *individuele voorkeursohouding* en op het fenomeen *stabiliteit*. Tot slot zal besproken worden op welke wijze kussens bijdragen aan het comfortgevoel.

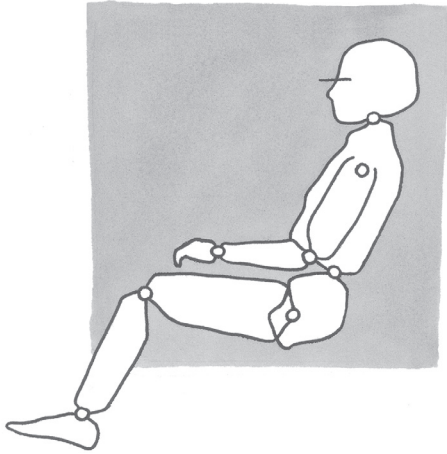
2.1 Comfort en tijd

Verandering van houding is het gevolg van een permanente behoefte aan comfort. Comfort is een moeilijk begrip. Mensen voelen zich comfortabel als ze niets bijzonders voelen. Het gevoel van comfort is niet precies te duiden. Men voelt zich over het hele lichaam prettig. Gemakkelijker is het spreken over comfort als de afwezigheid van discomfort. Discomfort is immers gemakkelijker te duiden. Men spreekt over pijn in de rug, kriebels in het zitvlak, benen die afgekneld worden et cetera. Pijnprikkels worden doorgegeven aan het besturingssysteem en soms bewust, maar meestal onbewust worden er 'maatregelen' genomen. De oorzaak van de pijnprikkel wordt weggenomen: men neemt een andere houding aan, men gaat verzitten, de oude belastingssituatie wordt gestopt en men creëert een nieuwe, die op dat moment als comfortabel wordt ervaren. In het vorige hoofdstuk is dat de *momentane comfortbeleving* genoemd. Uit het zitgedrag van mensen blijkt dat de factor tijd een belangrijke rol speelt in de comfortbeleving. Wat in eerste instantie comfortabel aanvoelde, blijkt dat later niet meer te zijn. De momentane comfortbeleving wordt in belangrijke mate bepaald door de behoefte aan geen (gevoelde) inspanning, aan stabiliteit. In het vorige hoofdstuk is daaruit mede de conclusie getrokken dat er een soort hiërarchie in de comfortbeleving is.

Plaatselijke hoge druk op het lichaam door een slechte ondersteuning wordt aanvankelijk gevoelsmatig 'geaccepteerd', maar niet voor lang. Sapstromen in vaten en weefsel worden immers geblokkeerd, en daarmee de voeding van cellen. Dat kan wel even, maar niet al te lang. Het menselijk lichaam is mede om deze reden niet ingericht op *statische* belasting. Het is voor zijn functioneren afhankelijk van beweging c.q. van wisselende belasting, zowel in passieve als in actieve situaties. Het actief openhouden van een wasknijper tussen duim en wijsvinger kan maar iets langer dan een minuut worden volgehouden. Aan- en afvoer van voedings- en afvalstoffen worden door de permanente spierinspanning geblokkeerd en zetten aan tot verandering van de situatie: het loslaten van de wasknijper. Hierdoor komt de aan- en afvoer weer op gang. Een soortgelijk mechanisme werkt bij uitwendige belasting van weefsel in het zitvlak. Het voortdurend veranderen van houding is daarvan een natuurlijk gevolg en moet als zodanig ook zo veel mogelijk gestimuleerd worden, met name in die situaties waarin mensen door overconcentratie of door onvermogen waarschuwingssignalen kunnen negeren of niet doorkrijgen, zoals bij fanatiek computeren of zitten in een rolstoel.

2.2 (Neuro)fysiologische aspecten van de zithouding

Zithoudingen zijn het resultaat van de mogelijkheden die het menselijk lichaam biedt. Het lichaam kan opgevat worden als een keten van lichaamssegmenten die door middel van gewrichten aan elkaar verbonden zijn. Spieren over die gewrichten heen kunnen de onderlinge stand van die segmenten veranderen, en houding en beweging tot stand brengen.



Figuur 2.1 Het lichaam voorgesteld als een keten van lichaamssegmenten.

Voor de zittende houding is de onderlinge stand van onderbenen, bovenbenen, bekken, romp en hoofd van belang. De armen kunnen bij de verschillende houdingen een rol spelen in belastende of ontlastende zin. Wanneer ze niet ondersteund worden, zijn ze over het algemeen belastend; wanneer ze ondersteund worden, kunnen ze bijdragen aan de stabiliteit van de romp en het hoofd.

De wervelkolom is een bijzonder stelsel van afzonderlijke gewrichten die in samenhang met elkaar functioneren. In paragraaf 2.2.2 zal de wervelkolom besproken worden.

Houding en beweging kunnen alleen ontstaan door sturing vanuit de hersenen: het besturingssysteem. Het verklaren en begrijpen van comfort is slechts mogelijk wanneer ook de werking van het besturingssysteem in al zijn aspecten wordt doorgrond.

2.2.1 Gewrichten

Gewrichten kennen een specifiek bewegingspatroon en een specifieke bewegingsuitslag die afhankelijk zijn van de bewegingsassen en van de 'constructie' van het gewricht. Ligamenten, de bindweefselbanden rondom een gewricht, houden het gewricht bij elkaar en bepalen mede de bewegingsuitslag.

Behalve wanneer ze 'op slot' staan, zoals het kniegewricht in stand, worden de uiterste standen over het algemeen niet als comfortabel ervaren. Dat is gemakkelijk voor te stellen door in te zien dat de spieren rondom een gewricht – in de eindstanden van dat gewricht – maximaal gerekt of maximaal actief aangespannen zijn. Ieder gewricht kent een zogenoemde 'comfortzone', ergens in het midden van de bewegingsomvang van dat gewricht. De positie en de omvang van deze zone zijn mede afhankelijk van de stand van de aangrenzende gewrichten. Het strekken van de knieën in een rechtop zit-

tende houding is bijvoorbeeld bijna niet mogelijk zonder dat het bekken achterover kantelt. Dit heeft zijn invloed op de comfortzones.

Tijdens het slapen, wanneer het lichaam zich in absolute rust bevindt, wordt in zitting automatisch de meest comfortabele houding aangenomen: de – comfort – heuphoek is daarbij circa 135° , evenals de kniehoek: de hoek tussen onderbeen en bovenbeen.

Het momentane comfortgevoel van het ‘onderuit liggen’ op een bank, zoals in figuur 2.2, zou hierin wel eens zijn reden kunnen vinden, wanneer het tijdelijk hoog in de hiërarchie van de comfortbeleving wordt geplaatst (naast de behoefte aan stabiliteit). Deze houding lijkt immers veel op de boven beschreven slaaphouding.



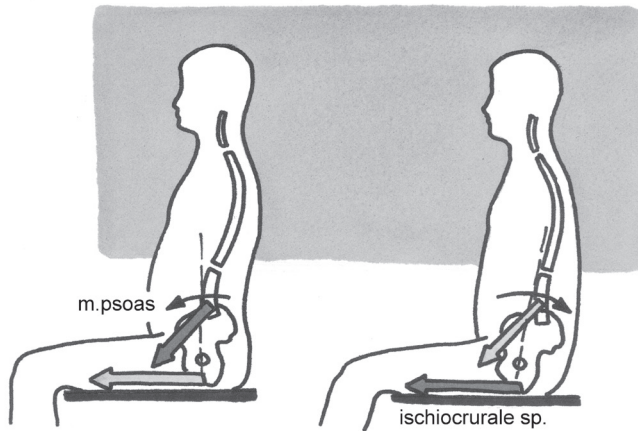
Figuur 2.2 Onderuitliggend op een bank in twee maal circa 135° met de armen op de rugleuning om de buik meer ruimte en de romp stabiliteit te geven.

In de verschillende waar te nemen zithoudingen is te zien dat er steeds een parallel is tussen de kniehoek en de heuphoek. Bij een actieve zithouding is dat 90° om 90° in de klassieke definitie. Wordt de heuphoek groter, dan wordt ook de kniehoek groter respectievelijk kan de kniehoek comfortabel groter worden door verminderde spanning op de *hamstrings* – de spieren aan de onderzijde van de bovenbenen.

De stand van het bekken speelt bij het realiseren van zowel een actieve als een – passief – ondersteunde zithouding een cruciale rol en is hierbij bepalend voor zowel een comfortabele stand van de benen als de stand van de wervelkolom. De individuele kenmerken met betrekking tot vorm en segmentale bewegingsfuncties van de wervelkolom bepalen op hun beurt weer de positionering van het bekken, zowel tijdens het staan als bij het zitten. De spier-gewrichtsmechanismen die daarbij de hoofdrol spelen zijn:

- de *m. iliopsoas*: deze heeft een indirecte bewegingsrelatie tot de beide heupgewrichten, die zich uit in een vooroverkanteling van het bekken;
- de poly-articulaire musculatuur van de ischiocrurale groep die, via een antagonistische functie ten opzichte van de *m. psoas*, zorgdraagt voor een afremming van bo-

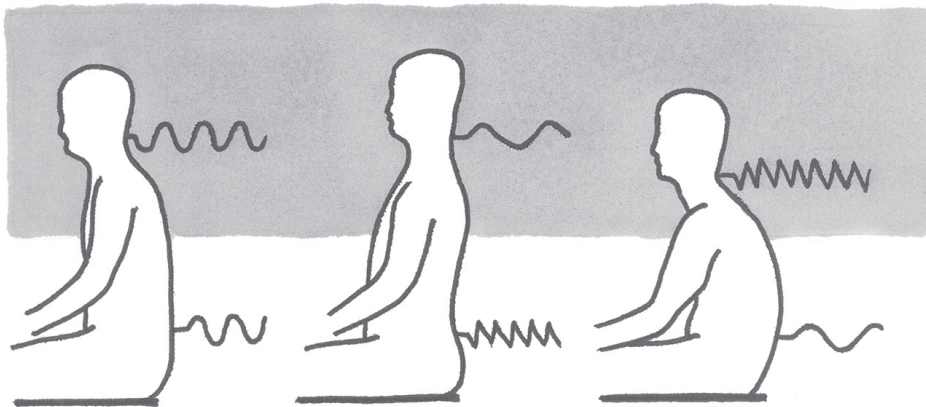
vengenoemde vooroverkanteling en bij het actief strekken van de knieën zelfs zorgt voor het achterover kantelen van het bekken.



Figuur 2.3 Spieren die de kanteling van het bekken beïnvloeden.

Een en ander is afhankelijk van de lengtespanning van de ischiocrurale groep (hamstrings, *triceps surae*).

Bij toenemende actieve flexie van de heup vanuit een zitpositie neemt de spanning van de m. iliopsoas toe en dienen de hamstrings zich te ontspannen, teneinde beweging in het heupgewricht toe te laten. De strekkers van de knieën dienen hierbij in spanning gelijk te blijven of af te nemen, tenzij het heffen van het bovenbeen mede wordt ingezet met het strekken van de knie. In beide gevallen heeft het bekken de neiging tot achterover kantelen op de zitbeenknobbels.



Figuur 2.4 Spieractiviteit bij verschillende niet-ondersteunde houdingen.

In een actieve zithouding kan men de achteroverkanteling van het bekken tegengaan door het aanspannen van de m. psoas.

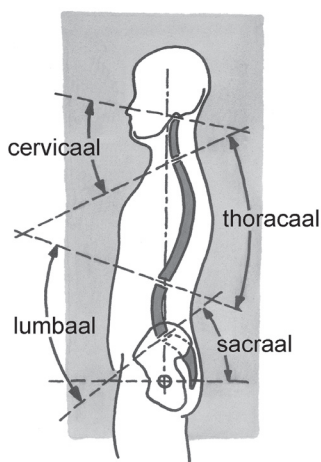
In de illustratie van figuur 2.4 is de spieractiviteit als een elektromyogram weergegeven: een hogere frequentie duidt op een hogere spieractiviteit. In houding C kan men zien dat een achterover gekanteld bekken en uitbolling van de rug naar achteren weinig spieractiviteit kosten, maar wel extra activiteit in de nek tot gevolg hebben om het hoofd met een blik op de horizon te houden. Houding C is een houding die min of meer vanzelf ontstaat in een (rol)stoel met een rechtop zittende, actieve zithouding, wanneer men zich in die stoel niet al te veel wil inspannen. Overigens is houding C erg belastend voor de lumbale wervelkolom, zoals later zal blijken.

2.2.2 De wervelkolom

De wervelkolom is opgebouwd uit bewegingselementen (wervels, tussenwervelschijven, ligamenten, kapselstructuren en neurale, musculaire en vasculaire structuren) die door hun specifieke vorm ten opzichte van elkaar aan iedere houding en/of beweging van de wervelkolom hun eigen bijdrage leveren.

De verschillende delen van de wervelkolom bezitten normaliter elk een karakteristieke kromming:

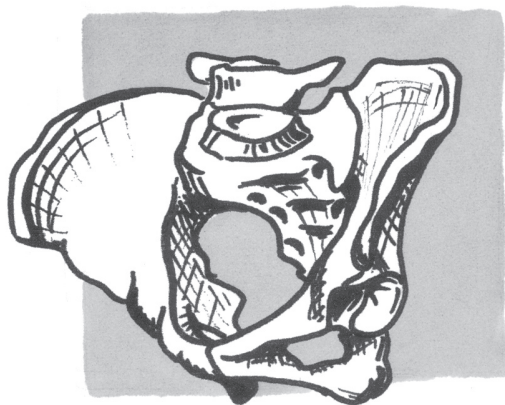
- de zeven halswervels vormen het cervicale deel, dat een lichte lordose bezit;
- de twaalf borstwervels vormen het thoracale deel, met een kyfose;
- de vijf lendenwervels vormen het lumbale deel, met een lordose;
- de vijf 'wervels' van het heiligbeen zijn met elkaar vergroeid tot een geheel, en gaan over in het *os coccygis* (staartbeen). Zij vormen samen een kyfose.



Figuur 2.5 Vorm en benaming van delen van de wervelkolom (wk).

Het bekken bestaat uit een centraal middengedeelte: het heiligbeen (*sacrum*: S). Het heiligbeen is via een specifieke gewrichtsverbinding (SIG) links en rechts verbonden met een heupbeen (*ilium*), waarin de heupgewrichten zich bevinden.

Beide heupbeenderen zijn aan de voorzijde met elkaar verbonden door de *symphysis*. Deze gewrichtsverbindingen, SIG en symphysis, zijn normaliter zo stug en veerkrachtig met elkaar verbonden dat van enige vorm van angulair bewegen geen sprake is. Zowel in stand als in zittende positie zal een hoekverkleining tussen romp en benen – een zogeheten (passieve) heupflexie – voornamelijk plaatsvinden in de heupgewrichten.



Figuur 2.6 Bekken, bestaande uit het heiligbeen en de beide heupbeenderen.

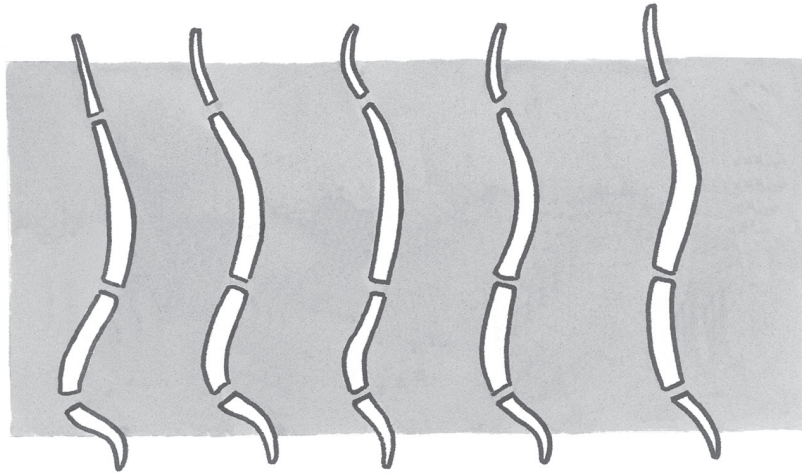
De bijdrage aan de beweeglijkheid van de wervelkolom (wk) varieert: het cervicale en lumbale deel nemen het grootste deel van de *voor/achterwaartse buiging* voor hun rekening, het thoracale deel neemt het *zijwaarts buigen* voor zijn rekening. Het zijwaarts buigen wordt omgezet in een torsie om de lengteas ten gevolge van de remmende werking van de ribben van de borstkas (*thorax*). In pathologische zin kan een voortdurend zijwaarts gebogen houding leiden tot een scoliose, een min of meer permanente kromming van de wervelkolom in het frontale vlak.

De lumbale wervels gaan over in het heiligbeen van het bekken en volgen de beweging daarvan. De stand van het bekken bepaalt in belangrijke mate de vorm van de wervelkolom, zowel in stand als tijdens zit.

De wervelkolom heeft een specifieke vorm, die veroorzaakt wordt door de verschillende vormen van de verschillende te onderscheiden delen. Deze vormen beïnvloeden elkaar. Het cervicale deel van de wervelkolom kan variëren tussen hol en bol, van lordose tot kyfose. Het thoracale deel varieert van minder kyfose tot meer kyfose. Het lumbale deel varieert van minder lordose naar meer lordose.

De wervels worden benoemd met een letter en cijfer; C7 is bijvoorbeeld de zevende cervicale wervel van boven.

De curvatures van de wervelkolom zijn mede bepalend voor de (fysiologische) bewegingsfuncties en zijn een individueel kenmerk. In figuur 2.7 zijn vormen opgenomen die als normaal en gezond worden beschouwd.

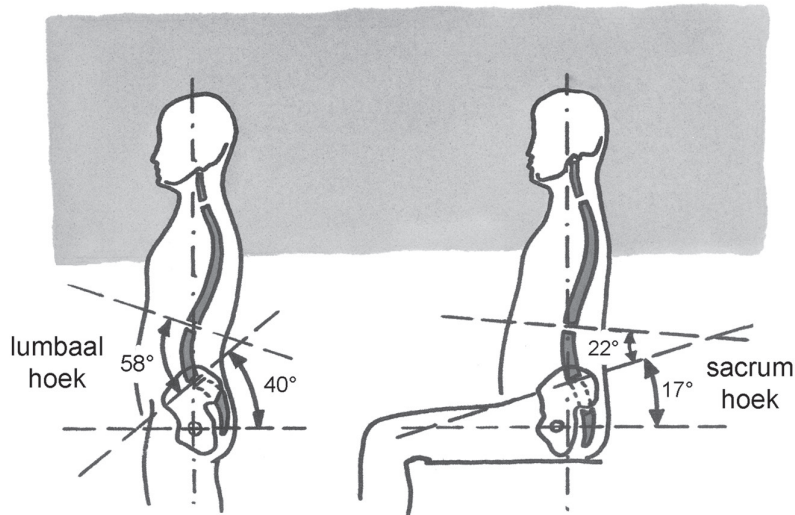


Figuur 2.7 Gezonde vormen van de wervelkolom.

De wervels zijn gescheiden door tussenwervelschijven. Deze veerkrachtige elementen tussen de wervels geven de wervelkolom mede zijn beweeglijkheid en het vermogen om schokken te dempen. De wervels zijn onderling verbonden door een vezelachtige omhulling, de ligamenten. Mede daardoor kan de wervelkolom ook op trek worden belast.

De vorm van de tussenwervelschijf varieert al naar gelang zijn plaats in de wervelkolom: waar deze het sterkst gekromd is, zijn de tussenwervelschijven wigvormiger en naarmate de tussenwervelschijf lager zit, is hij dikker. Waar de tussenwervelschijf ten opzichte van de wervelhoogte verhoudingsgewijs het dikst is, wordt de grootste beweeglijkheid van de wervelkolom gevonden.

Tussen staan en zitten vertoont de rug een afvlakking in het lumbale deel, kort boven het bekken. De verandering in de stand van het bekken ten opzichte van de romp is hiervan de oorzaak: door de achterwaartse kanteling van het bekken wordt zowel de sacrumhoek als de lumbaalhoek kleiner, respectievelijk van 40° naar 17° en van 58° naar 22° . Volledig herstel van de staande lumbaalhoek is niet mogelijk, omdat er dan een te grote rek komt in de spieren in de ischiocrurale groep.



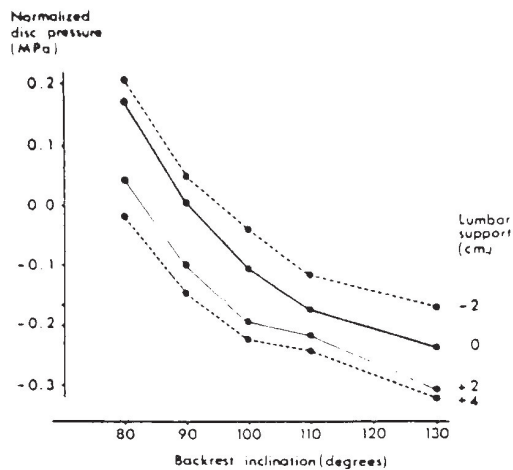
Figuur 2.8 Aflakking van de lumbale wervelkolom bij het zitten.

Een zo goed mogelijk behoud van de natuurlijke vorm van het lumbale deel van de wervelkolom zoals deze zich in stand voordoet, is een voorwaarde voor een comfortabele zithouding. In de staande houding is immers de belasting op de tussenwervelschijf gelijkmatig verdeeld, en daarmee is de kans op overbelasting zo klein mogelijk.

Bij een rechtop zittende, actieve zithouding is de druk in de L3-L4-tussenwervelschijf anderhalf keer de druk tijdens het staan. Wanneer men zittend het bekken volledig achterover laat kantelen en passief in zijn rug gaat hangen, zoals in situatie C van figuur 2.4, kan deze druk oplopen tot tweeënhalf keer zo hoog. Het gevolg van het veelvuldig toepassen van deze houding geeft op de lange duur een maximale continue rek van ligamenten, tegelijk met het uitschakelen van de *propriocepsis* en de *enterocepsis*, de signalen die vanuit spieren en gewrichten naar het besturingssysteem in de hersenen gaan (zie paragraaf 2.2.3). Deze houding lijkt ontspannen voor de spieren, maar leidt veelal tot een reactieve hypertonie van de monosegmentaal geïnnerveerde intervertebrale musculatuur in het lumbale gebied, die op termijn een dwangstand van het gewricht tot gevolg kan hebben. Deze houding is zeer belastend voor ligamenten en gewrichtsstructuren, en dus onwenselijk voor langdurig gebruik.

Wanneer de rug ondersteund wordt door een rugleuning, is de druk in de tussenwervelschijf afhankelijk van de stand van de rugleuning in de ruimte (*backrest inclination*) en van de mate waarin de rug individueel ondersteund wordt (*lumbar support* in cm). Zie hiervoor figuur 2.9. Plus 2 cm (+2) in de grafiek betekent dat ter plekke van de lende een verdikking is gemaakt van 2 cm en de rug gedwongen wordt zijn natuurlijke lordotische vorm beter aan te nemen. De definities die in deze figuur gebruikt worden,

wijken overigens in belangrijke mate af van de definities die in paragraaf 2.3.2 voor het vastleggen van een zithouding zijn ontwikkeld.



The pressure at the point of reference is 0.51 MPa = 3834 mmHg.

Figuur 2.9 Druk in de tussenwervelschijf L3-L4 is afhankelijk van rugleuningshoek en mate van individuele rugondersteuning (lumbar support), uitgedrukt in cm. ten opzichte van een vlakke rugleuning.

De druk in het referentiepunt (0.0 op de verticale as) is 0.51 MPa. Dat betekent dat 0.1 op de verticale schaal een drukvermindering inhoudt van circa 20%.

Bij een hoek van de (vlakke) rugleuning van 100° en een lendensteun van 2 centimeter dik vindt er een reductie van de druk plaats van circa 40% ten opzichte van een rugleuningshoek van 90° zonder specifieke lendensteun. Gezien het zitgedrag van mensen, waarbij men het niet zo nauw neemt met de manier waarop de lende wordt belast, moet deze extra belasting laag in de hiërarchie van momentane comfortbeleving staan.

2.2.3 Het besturingssysteem

Een mens kan zich zeer bewust zijn van zijn houding. Met gesloten ogen ervaart hij precies waar zijn voeten zich bevinden, hoe de stand van de armen is en in welke houding hij zich bevindt.

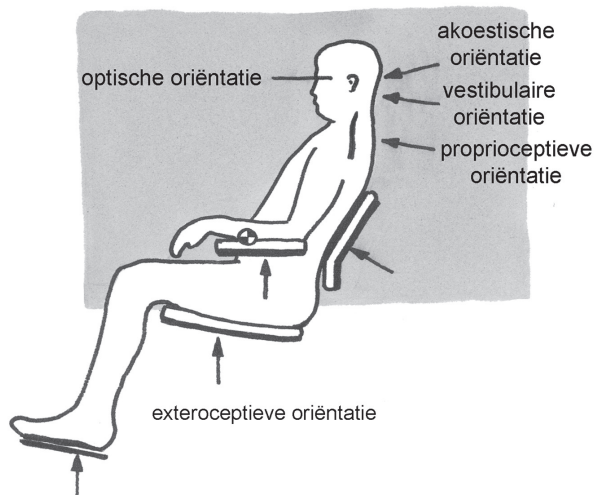
Iedere lichaamshouding wordt in fysiologische zin verkregen door sturing vanuit het CZS, het centraal zenuwstelsel. Noodzakelijke voorwaarde voor alle actie en reactie in houding en beweging is de onbewuste detectie van de stand die het lichaam of lichaamsdeel inneemt ten opzichte van de omgeving. Motorische activiteit is dus volledig afhankelijk van een goed functionerend sensorisch-perceptief vermogen.

Het sensorisch-perceptief vermogen is, naast de visuele en de vestibulaire reacties vanuit het evenwichtsorgaan, onder meer opgebouwd uit:

- de interoceptie: aanvoer van prikkels vanuit sensoren in de interne orgaansystemen;
- de proprioceptie: aanvoer van prikkels vanuit de sensoren in de spier-spoel, de pees-sensoren en de gewrichtssensoren;
- de exteroceptie: zintuiglijke prikkels vanuit huidsensoren, oog en oor.

Prikkels uit deze verschillende sensoren worden continu aan het besturingssysteem in de hersenen doorgegeven. Dit is in staat een mens bewust te maken van zijn houding en zijn beweging en te bepalen wat beneden of boven, links of rechts is en uit welke richting een geluid komt.

Zoals visuele prikkels in de hersenen omgezet worden in 'beeld', zo worden deze prikkels omgezet in een gewaarwording van de eigen houding in de omgeving. Deze houding kan een mens met de ogen dicht 'in beeld' brengen – een vermogen overigens dat blindgeboren mensen in staat stelt zich motorisch te ontwikkelen.



Figuur 2.10 Het sensorisch-perceptief systeem.

Cognitie, het bewust worden of bewust zijn van de wijze waarop handelingen worden uitgevoerd, blijkt een zeer belangrijk element bij het aanleren van motorische vaardigheden.

Een mens kan bewust voor een bepaalde houding kiezen. De spieren die betrokken zijn bij het creëren en handhaven van een gekozen houding, worden deels onwillekeurig en deels willekeurig aangestuurd door signalen vanuit het besturingssysteem. Het besturingssysteem 'weet' welke houding wordt verwacht en schakelt een programma in om

die te realiseren. Sommige spieren worden gespannen en andere juist niet, totdat de gewenste houding is gerealiseerd.

Deze spieractiviteiten berusten voor een groot gedeelte op een combinatie van een stelsel van automatische bewegingspatronen op basis van primitieve houdingsreflexen, die in het besturingssysteem zijn voorgeprogrammeerd en waarmee een mens wordt geboren. In zijn jeugd heeft hij geleerd hoe hij daarmee moet omgaan. Hij heeft zelf door oefening (vallen en opstaan) aanvullende programma's gemaakt voor de meest uiteenlopende, verfijnde bewegingen en houdingen.

Het besturingssysteem heeft, om zijn werk goed te kunnen doen, een referentie nodig. Vergelijk het met het bouwen van een huis, waarbij de waterpas een onontbeerlijk instrument is om vloeren perfect horizontaal en muren perfect verticaal te kunnen bouwen. Het lichaam heeft ook een dergelijk instrument nodig om de positie in de ruimte te bepalen.

Dat instrument wordt gevormd door alle sensoren die het hoofd in balans op de romp waarnemen en het programma in de hersenen dat die informatie kan interpreteren. Het hoofd in balans op de romp is een unieke situatie van labiel evenwicht waarin het de minste spieractiviteit kost om het hoofd in die stand te houden. Dat wordt direct geregistreerd en direct ervaren.

Biomechanisch en fysiologisch gezien is de houding waarbij het hoofd in balans op de romp staat een bijzondere situatie, omdat het zwaartepunt van het hoofd met de blik op de horizon ca. 20° vóór de atlas ligt. In paragraaf 2.4.1 wordt dit nader uitgelegd.

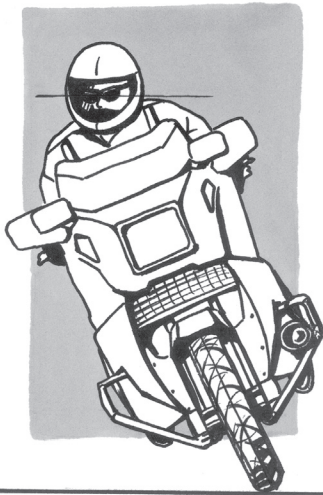
Het hoofd in balans op de romp met de blik op de horizon gericht kan als de neurofysiologische referentiestand beschouwd worden. Vanuit deze stand wordt het lichaam bij activiteiten of handelingen het nauwkeurigst aangestuurd, omdat dat in de hersenen van jongs af aan is aangeleerd of, anders gezegd, zo is geprogrammeerd.

Het geploeter van een zich motorisch ontwikkelend kind geeft veel informatie over de manier waarop het lichaam reflexmatig houdingen inneemt en de betekenis daarbij van de stand van het hoofd. Een kind dat zichzelf uiteindelijk met veel inspanning langs de spijlen van de box omhoog heeft getrokken en voor het eerst staat – zij het wat wiebelig – zal deze houding volhouden totdat de ogen onverhoeds naar beneden gericht worden. Dan zakt het opeens als een pudding in elkaar. De referentie en daarmee de aansturing van houdingsreflexen is weg. Het kind zal moeten leren zich op de horizon te oriënteren. Wanneer het daartoe eenmaal in staat is, zal het leren reflexactiviteiten zodanig op elkaar af te stemmen dat steeds nauwkeuriger bewegingen mogelijk worden, die gaandeweg meer in overeenstemming zijn met de vrije wil.

Strikte oriëntering van de blik op de horizon is op een gegeven moment niet per se meer nodig. Na verloop van tijd weet het kind met de ogen dicht hoe het staat en welke beweging het uitvoert. Het is in staat blind het puntje van de neus te vinden. En als dat de eerste keer niet nauwkeurig lukt, lukt het de tweede keer. Het heeft inmiddels van de eerste keer geleerd hoe het zo'n beweging moet bijstellen.

Hoewel het lijkt alsof de stand van het hoofd steeds minder belangrijk wordt voor het 'volwassen' functioneren, is dat niet het geval. De blik op de horizon met het hoofd in balans op de romp blijft de referentiestand voor de aansturing van het houdings- en bewegingsapparaat. Als wij daar – onbewust – te weinig rekening mee houden, raakt de programmatuur in de war.

Motorrijders weten dat ze bij het rijden van een bocht niet vlak voor zich op de weg moeten kijken, omdat dan de kans groot is de controle over de motor te verliezen en uit de bocht te vliegen.



Figuur 2.11 Motorrijder in de bocht met de blik op 'horizon' voor precieze controle.

Het besturingssysteem is een *zelflerend* en *zichzelf onderhoudend* systeem. Het moet voortdurend gevoed worden met goede informatie, goede houdings- en bewegingspatronen en een voortdurende herijking c.q. bevestiging van de referentie.

Hoe beter de aansturing, des te beter de beweging en des te beter de terugkoppeling.

Goed zitgedrag levert een goede terugkoppeling en daardoor een goede fijnafstelling van het besturingsprogramma. Te lang zonder heroriëntering, dus zonder te 'resetten', in één houding zitten, verwacht het besturingssysteem, en brengt daarmee de aansturing van houding en beweging in het ongerede, omdat een eenduidige referentie ontbreekt.

Bovendien hebben langdurig op één lengte gehouden spieren de neiging deze lengte als normaal te beschouwen. Zij geven aan deze stand de voorkeur als een nieuwe ervaren middenstand, en geven ook zodanige signalen door aan het besturingssysteem. Dat geldt ook voor gewrichtsstructuren. Deze inzichten hebben uiteraard een geweldige implicatie voor mensen die door een onvermogen gedwongen zijn om zittend in een rolstoel te functioneren.

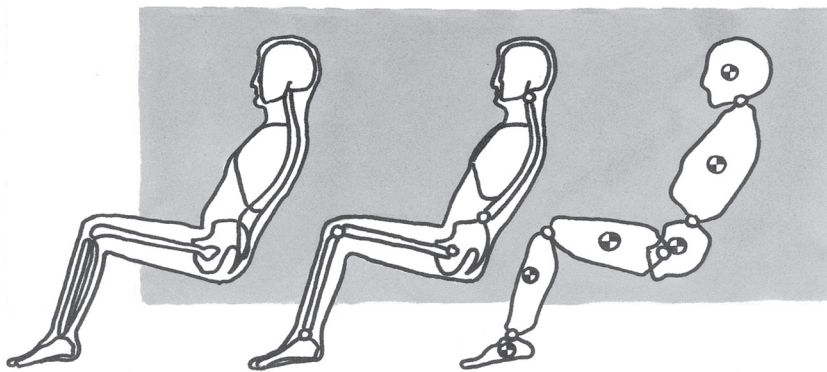
2.3 Biomechanica van de zithouding

Het is wellicht een vreemde gedachte dat wanneer men op een stoel zit met een bepaald zitgewicht, de zitting van de stoel een reactiekracht geeft op het zitvlak die even groot is. Zou die kracht minder zijn, dan zou men door de stoel zakken. De reactiekrachten van zitting en rugleuning belasten het lichaam en zijn medeverantwoordelijk voor het ontstaan of niet ontstaan van een gevoel van comfort.

Iedereen kan ervaren dat een liggende houding minder belastend is voor het lichaam dan een zittende houding. Om comfort goed te kunnen begrijpen, is het zaak om de invloed van de verschillende zithoudingen op de uitwendige en inwendige belasting van het lichaam goed te begrijpen. Maar eerst moet een zithouding gedefinieerd worden, en het liefst op een manier die vastlegging ervan zowel aan het lichaam zelf als in een stoel mogelijk maakt. Enige abstractie van het menselijk lichaam is hierbij gewenst om tot goede inzichten te komen.

2.3.1 Biomechanisch model van het menselijk lichaam

Het menselijk lichaam kan opgevat worden als een keten van lichaamssegmenten die door middel van gewrichten met elkaar verbonden zijn. Spieren aan weerszijde van die gewrichten kunnen de onderlinge stand van die segmenten beïnvloeden, en houding en beweging tot stand brengen. In figuur 2.12 worden deze segmenten in twee stappen afgeleid.

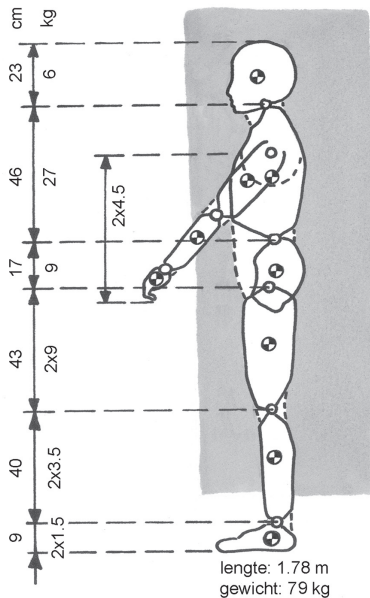


Figuur 2.12 Afleiding van een biomechanisch model van het menselijk lichaam.

Het model bestaat uit aan elkaar geschakelde, starre lichaamssegmenten, die elk hun eigen afmetingen en massa bezitten en hun eigen massamiddelpunt. Opvallend in dit model is het enkelvoudige scharnierpunt in de lende. Dit scharnierpunt vertegenwoordigt de complexe bewegingsmogelijkheden van een aantal lumbale wervels. Dit is een sterke vereenvoudiging van de werkelijkheid. Hierdoor zijn heldere biomechanische analyses mogelijk.

Ook de gewrichten van enkel, knie en heup zijn vereenvoudigd tot enkelvoudige scharnieren. Het hoofd is eveneens met het cervicale gedeelte van de wervelkolom verbonden door een enkel scharnierpunt. In het getekende model zijn voor de duidelijkheid geen spieren weergegeven rond de gewrichten.

Wanneer aan de segmenten maten en massa's worden toegekend op basis van antropometrische gegevens, ontstaat een volwaardig biomechanisch model van het menselijk lichaam.



Figuur 2.13 Biomechanisch model van het menselijk lichaam.

De massa van de lichaamssegmenten wordt geacht geconcentreerd te zijn in afzonderlijke massamiddelpunten. Met een dergelijk model zijn berekeningen te maken van externe en interne belastingen.

De momenten die rond de scharnierpunten werken om een evenwicht te bereiken, zijn representatief voor de belastingen op spieren, pezen en banden rond het gewricht. De reactiekrachten in de scharnierpunten vormen de belastingen op gewrichten.

Als in een bepaalde zithouding een evenwicht wordt bereikt zonder dat er momenten rond de scharnierpunten hoeven te werken, betekent dit dat die houding in principe zonder spierinspanning kan worden volgehouden.

Het model is kortweg te omschrijven als een verzameling van volumes, ieder met zijn eigen specifieke massa en ligging van het massamiddelpunt, verbonden door scharnieren.

De bedoeling van het ontwikkelde model is om de biomechanische aspecten van de zithouding ten principale te kunnen analyseren. In dat licht bezien is een exacte bepaling van de ligging van het massamiddelpunt van een bepaald segment iets minder van belang dan de notie dat er een massamiddelpunt is en dat op dat punt, modelmatig gezien, de versnelling van de zwaartekracht inwerkt. Dit geldt ook voor de geschematiseerde ligging van de verschillende scharnierpunten.

Het model kan gebruikt worden om een zithouding adequaat te definiëren, om inzicht te krijgen in grootte en richting van de uitwendige en inwendige belasting, om zithoudingen te optimaliseren en om te onderzoeken wat de invloed is van het verminderen of wegvallen van spierfuncties op het handhaven van een houding.

Uit het model is bijvoorbeeld te halen dat bekken, romp, hoofd en armen samen 51 kg wegen. De beide armen wegen samen 9 kg. Dat is afgerond 18% van het totale gewicht van het bovenlichaam. Ondersteuning van beide armen in een zithouding kan dus een verlichting van 18% schelen van de belasting op het zitvlak! Voor rolstoelers een niet onbelangrijk gegeven in het kader van decubituspreventie.

Van het model is een 3D-ledenpop gemaakt, in een schaal van 1 op 2, om bepaalde fenomenen, zoals stabiliteit en wrijvingsloos zitten, te demonstreren. In dijbenen en rug kunnen wielletjes aangebracht worden, waardoor de pop alleen maar kan zitten in een zithouding zonder wrijving tussen zitting en dijbenen.



Figuur 2.14 3D-ledenpop met wielletjes in dijbenen en rug, om wrijvingsloos zitten te kunnen demonstreren.

2.3.2 Definitie van zithouding

Een zithouding komt tot stand met behulp van ‘ondersteuningselementen’ van een stoel, die een bepaalde zithouding ‘aanbieden’. De stand van de ondersteuningsvlakken in de ruimte wordt dikwijls als de zithouding van de stoel aangeduid. In hoofdstuk 1 is uitgebreid beschreven dat in een stoel zeer veel zithoudingen kunnen worden aangegenomen. Het is zaak goede afspraken te maken over de manier waarop een zithouding gedefinieerd wordt.

De zithouding kan het best vanuit biomechanische en fysiologische perspectieven gedefinieerd worden, omdat van daaruit verklaringen kunnen worden gevonden voor het aannemen van bepaalde houdingen in relatie tot activiteiten, en voor het analyseren van voorkeurs houdingen of houdingsklachten.

Een zithouding wordt gedefinieerd door de onderlinge stand van de biomechanisch en fysiologisch relevante lichaamsdelen ten opzichte van elkaar en de stand van het geheel in de ruimte.

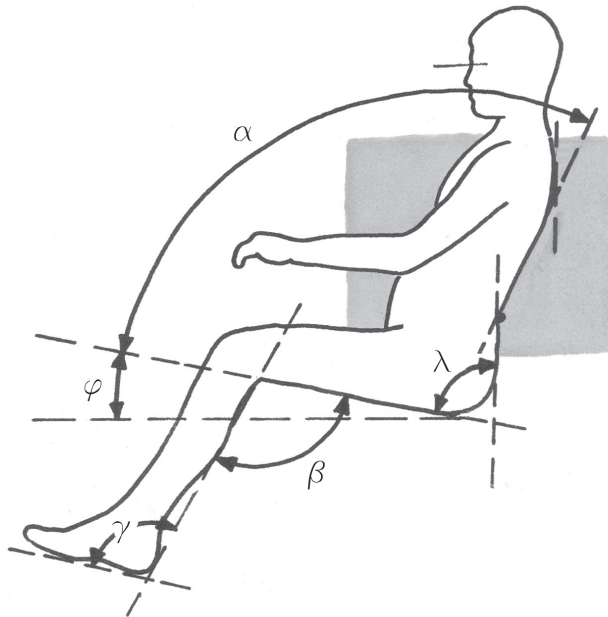
Om een relatie te kunnen leggen met de ‘aangeboden zithoudingen’ van stoelen, worden de raakvlakken langs de lichaamssegmenten als referentievlakken genomen en worden de hoeken van de verschillende segmenten ten opzichte van elkaar op deze wijze gedefinieerd. De stand van dijbenen wordt ten opzichte van de horizontaal gedefinieerd. Hiermee is tevens de positie van de verschillende lichaamsdelen in de ruimte te berekenen. Deze benadering is niet alleen biomechanisch relevant, maar ook praktisch.

De consequentie van deze benadering is dat in een stoel/meubel de aangeboden houding *belast* moet worden gemeten. Dat is ook logisch, want het gaat per slot van rekening om het functionele resultaat.

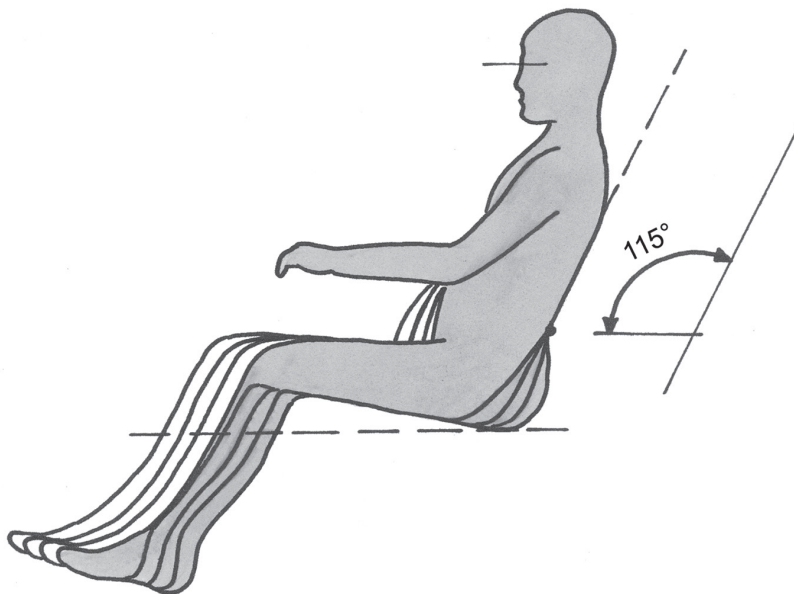
De basiszithouding is hierbij gedefinieerd door de hoeken φ , α , β , γ en λ . In figuur 2.15 zijn de gedefinieerde hoeken gevisualiseerd.

- Hoek φ geeft de stand aan van het raakvlak aan de onderzijde van de dijbenen met de horizontaal. De hoek boven de horizontaal wordt positief genomen. Omdat alle andere hoeken ten opzichte van elkaar zijn gedefinieerd, geeft hoek φ in feite de stand van het lichaam weer in de ruimte. Hoek φ wordt zittinghoek genoemd.
- Hoek α geeft de stand aan van het raakvlak aan de rugzijde van het bovenste rompsegment ten opzichte van het raakvlak aan de onderzijde van de bovenbenen. Hoek α wordt heuphoek genoemd. Deze definitie betekent dat de stand van de bovenste romp in de ruimte bepaald wordt door hoek $(\varphi + \alpha)$. Hoek $(\varphi + \alpha)$ wordt de functionele rugleuninghoek genoemd.

Deze definitie van de stand van de romp in de ruimte is wezenlijk voor het begrijpen van stabiliteit. Deze definitie is onafhankelijk van de individuele verschillen in kromming van de lende die bij mensen zijn waar te nemen.



Figuur 2.15 Definitie van de hoeken die in het sagittale vlak een zithouding bepalen.



Figuur 2.16 De definitie van hoek α is onafhankelijk van de vorm van de rug.

In veel literatuur wordt de heuphoek: hoek α gedefinieerd met behulp van de raaklijn langs de rug en het sacrum. De vorm van de lumbale rug wordt vervolgens, als individueel persoonskenmerk, gedefinieerd als de grootste diepte die vanaf de raaklijn langs het thoracale en sacrale deel van de rug richting het lumbale deel van de wervelkolom te meten is. Dit is ook gebeurd in het onderzoek van figuur 2.9, waarin de diepte van de lende in centimeters is weergegeven ten opzichte van een vlakke rugleuning. Deze definitie is biomechanisch onjuist, omdat de stand van de romp in de ruimte onafhankelijk is van de diepte van de lende. Zij is ook uitermate verwarrend en niet relevant. Bovendien is ze onpraktisch, omdat de op deze wijze gedefinieerde heuphoek niet gemeten kan worden in een rugleuning met een duidelijk geprononceerde lendensteun.

Bij het bespreken van het fenomeen stabiliteit zal hier uitgebreid op worden ingegaan.

- Hoek λ geeft de stand aan van het bekken ten opzichte van de bovenbenen. Hoek λ wordt gedefinieerd door de hoek tussen het raakvlak aan de achterzijde van het bekken en het raakvlak aan de onderzijde van de bovenbenen. Populair gezegd geeft hoek λ aan welke ruimte er in de stoel is voor het achterwerk.
- Hoek $(\alpha-\lambda)$ beschrijft de vorm van de lumbale rug die tijdens de zithouding ontstaat. Is deze hoek positief, dan heeft de wervelkolom een lordose en is de grootte een indicatie voor de diepte van de lumbale lordose.
- Hoek β beschrijft de hoek tussen de lijn van de knieholte naar de achterzijde van de hiel en de raaklijn aan de onderzijde van de bovenbenen.
- Hoek γ beschrijft de stand van het enkelgewricht als de hoek tussen de onderzijde van de voet en de lijn van de knieholte naar de achterzijde van de hiel.

Met deze definities van hoeken in het sagittale vlak kan de (zit)houding voldoende nauwkeurig worden beschreven en in getallen worden vastgelegd. Het asymmetrische zitten ten opzichte van het mid-sagittale vlak, bijvoorbeeld wanneer men zijwaarts helt, vergt een aparte definiëring.

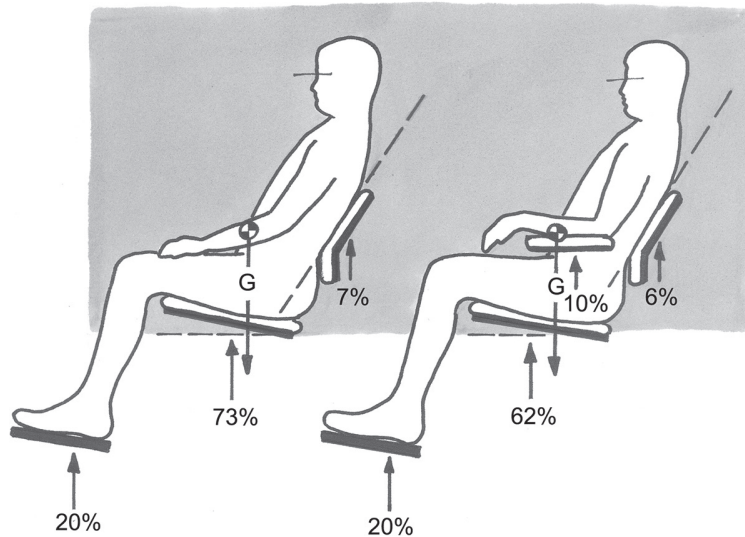
De aangeboden 'zithouding' van een stoel is in principe te beschrijven en vast te leggen door middel van de hoeken φ , α en λ . De stoel dient hiertoe in belaste toestand gemeten te worden. Van een rolstoel kunnen ook de hoeken β en γ worden gegeven. Wanneer het lichaam in staat is of in staat wordt gesteld om precies op deze 'hoeken' aan te sluiten, zal het lichaam ook daadwerkelijk deze houding aannemen. Kan dat niet of gebeurt dat niet, dan ontstaat in principe een andere houding dan die door de stoel wordt aangeboden.

2.3.3 Zithouding als leverancier van uitwendige belasting

Zitting en rugleuning ondersteunen het lichaam in zittende houding. De vloer of voetsteunen nemen het gewicht van voeten en onderbenen op. De verdeling van de belasting over het lichaam is afhankelijk van de zithouding en het al dan niet aanwezig zijn

van een rugleuning en arMLEUNINGEN. Zittend op een kruk zal het zitgewicht circa 80% van het totale lichaamsgewicht zijn.

Wanneer de rug wordt ondersteund, zal de rugleuning meer belasting opnemen naarmate de functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) groter wordt, en zal de zitting minder belast worden. Het gebruik van arMLEUNINGEN doet de belasting op het zitvlak aanzienlijk dalen, zoals in figuur 2.17 is aangegeven.



Figuur 2.17 Gewichtsverdeling in een ontspannen houding, zonder en met arMLEUNING.

De invloed van de zithouding op de belasting is evident en kan iedereen ervaren. De mate waarin het zitvlak belast wordt, kan direct doorgetrokken worden naar de interne belasting van de rug.

In een zithouding is er altijd sprake van een krachtenevenwicht, anders zou men door de stoel heen zakken of uit de stoel glijden. Het feit dat men naar voren toe niet uit de stoel glijdt, betekent in de praktijk *vaak* dat er tussen zitting en bovenbenen een wrijvingskracht ontstaat die dat verhindert. Die wrijvingskracht trekt als het ware aan de huid van de bovenbenen, en dat wordt na verloop van tijd als onprettig ervaren. De bloeddorstroming komt in de knel. Resultaat: het momentane comfortgevoel houdt op en men gaat verzitten.

Een *goede zithouding* zou men dan ook kunnen definiëren als een houding waarin geen wrijvingskrachten nodig zijn voor het krachtenevenwicht. De vraag is vervolgens of dergelijke zithoudingen bestaan. Het antwoord is: ja. Bij iedere stand van de rugleuning is er in principe een stand van de zitting te vinden die ervoor zorgt dat wrijvings-

krachten voor het krachterevenwicht niet nodig zijn. Stoelen waarin men geacht wordt langdurig te zitten, zoals stoelen in vliegtuigen, fauteuils en rolstoelen, dienen een dergelijke zithouding aan te bieden. Een praktisch probleem daarbij is dat naarmate de hellingshoek van de – belaste – zitting groter wordt – en die wordt groter naarmate hoek($\varphi+\alpha$) groter wordt – men moeilijker uit de stoel komt. Vooral ouderen en rolstoelers kunnen hier problemen mee hebben.



Figuur 2.18 Slappe ledenpop in stabiele zithouding, zonder wrijving op zitting en rugleuning.

De fenomenen van de wrijvingskrachten, van het momentane comfortgevoel en van de definitie van zithouding, alsmede van de relatie tussen zithouding en activiteit, kwamen op een verrassende en duidelijke manier naar voren na analyse van de resultaten van een proef gedurende een cursus. De vraag aan de cursisten was: zoek in een verstelbare (rol)stoel een houding op waarin je gedurende lange tijd televisie zou kunnen kijken. Het resultaat was gemiddeld als volgt:

$$\text{hoek } \varphi = 12^\circ \text{ en hoek } \alpha = 107^\circ, \text{ dus hoek}(\varphi+\alpha) = 119^\circ$$

Vervolgens is deze proef herhaald, waarbij een dun, glad materiaal (spinakerdoek) dubbel op de zitting was gelegd. Deze ‘constructie’ kan nauwelijks wrijvingskrachten opnemen. Het gemiddelde resultaat was nu als volgt:

$$\text{hoek } \varphi = 15^\circ \text{ en hoek } \alpha = 103^\circ, \text{ dus hoek}(\varphi+\alpha) = 118^\circ$$

NB: Aan de absolute waarden kan geen betekenis worden gehecht, omdat destijds aan het frame van de stoel is gemeten. Desondanks zijn deze waarden niet onrealistisch.

Wat is het opmerkelijke van dit resultaat?

Op de eerste plaats is het eindresultaat van beide proeven van de stand van het bovenlichaam in de ruimte: hoek($\varphi+\alpha$) binnen 1° hetzelfde. Kennelijk ligt daar het criterium voor het beoordelen van het comfort van de houding. Omdat de blik gericht is op de horizon (de tv), staat het hoofd in deze houding op dezelfde wijze op de romp.

De verdeling over de hoeken φ en α is alleen verschillend. Het dubbelgladde materiaal maakt het noodzakelijk hoek φ te vergroten, om een gevoel van uit de stoel glijden te voorkomen. Vervolgens is hoek α verkleind, kennelijk in de behoefte eenzelfde stand van de romp in de ruimte te hebben en daarmee eenzelfde stand van het hoofd op de romp.

Bij de eerste opdracht is klaarblijkelijk het gevoel van wrijving op de bovenbenen niet doorslaggevend geweest in dat korte moment voor het beoordelen van het comfort van de houding. Hiermee worden de eerder vastgestelde hiërarchie in comfortbeleving en de invloed van tijdsduur bevestigd. Bij het bespreken van de *individuele ontspannen voorkeurshouding* zal nader op deze constatering worden ingegaan.

Dezelfde proef is gedaan met het zoeken naar een comfortabele werkhouding. Het resultaat hiervan liet eenzelfde tendens zien.

2.4 De individuele voorkeurshouding

Als mensen gevraagd wordt een bepaalde activiteit uit te voeren – een brief schrijven of tv kijken – zal een houding worden aangenomen die past bij de noodzakelijke blikrichting. Autorijden is abstract gezien hetzelfde als tv kijken, ervan uitgaande dat de tv op ooghoogte staat. De autostoel is meestal instelbaar, de meeste fauteuils en banken zijn dat niet. Autorijden blijkt lang achter elkaar volgehouden te kunnen worden. Op een bank en in een fauteuil wordt al snel van houding veranderd, ondanks de aanwezigheid van veel zachte kussens. Wat is het geheim achter deze fenomenen? Wat gaat er goed, wat gaat er fout? Als dit begrepen kan worden, moet het mogelijk zijn perfecte stoelen te ontwerpen voor langdurig gebruik, zoals stoelen in vliegtuigen en rolstoelen. Wellicht is met deze kennis zelfs de autostoel te perfectioneren.

In 1997 is een eigen onderzoek gestart naar meetbare criteria voor goede zithoudingen.

Het onderzoek was geen doelstelling op zichzelf, maar stond ten dienste van industriële productontwikkeling. De doelstelling was een rolstoel te ontwikkelen met een individuele zitondersteuning. De vraagstellingen waren: waaraan kun je zien dat iemand goed zit, waardoor wordt dat beïnvloed, hoeveel 'goede' zithoudingen zijn er eigenlijk en hoe individueel zijn die?

Ten behoeve van dit onderzoek is een passtoel ontwikkeld, waarin vele variabelen en houdingshoeken instelbaar zijn. Zie figuur 2.19.



Figuur 2.19 De ontwikkelde passtoel met centrale ondersteuning van de wervelkolom door rechthoekige elementen. Let op de zichtbare curvatuur van de wervelkolom aan de achterzijde.

De rugondersteuning bestaat uit een stelsel van gelijke, platte, rechthoekige elementen van 30 mm dik, die onafhankelijk ten opzichte van elkaar in het sagittale vlak in te stellen zijn. Aan de achterzijde van de passtoel is precies te zien wat er in het contactvlak met de wervelkolom gebeurt en welke individuele curvatuur er ontstaat. De eerder gedefinieerde functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$), is aan de achterzijde nauwkeurig op te meten.

In de passtoel is met een spindel de positie van de zitting ten opzichte van de rugleuning in te stellen. De stand van de rugleuning ten opzichte van de zitting (hoek α) is elektrisch verstelbaar. Zitting en rugleuning samen kunnen elektrisch gekanteld worden. Dit levert uiteindelijk de stand op van de romp in de ruimte: hoek($\varphi+\alpha$).

Met al deze mogelijkheden is de kernvraag: hoe kan een proces van houdingsoptimalisatie gestart worden, zonder dat het proces zelf een individuele optimalisatie in de weg staat? Met andere woorden: wat moet het eerst gedaan worden en wat het laatst?

Het lichaam van een proefpersoon is goed te manipuleren als het een stabiele houding aangeboden krijgt en het zich daarin kan ontspannen. Het bleek dat een stabiele houding te creëren is met een vlak van slechts 150 mm hoog en 120 mm breed ter plaatse van Th 9 tot L 2/3, dus een ondersteuning *boven* het diepste punt van de lende, wanneer hoek($\varphi+\alpha$) ongeveer 117° en hoek φ ongeveer 13° is.



Figuur 2.20 Ondersteuning van het lumbaal-thoracaal overgangsgebied in een stabiele zithouding als start voor het optimaliseren van een individuele rugondersteuning.

Met deze starthouding is de stand van de romp in de ruimte, hoek($\varphi+\alpha$), gedefinieerd.

In deze starthouding en met deze minimale ondersteuning van het bovenlichaam wordt vervolgens een juiste positie gezocht van de rugondersteuning ten opzichte van de zitting, teneinde een individuele kromming van de wervelkolom te kunnen volgen of te beïnvloeden. In figuur 2.21 is goed te zien wat het effect is van de positionering van de rugleuning ten opzichte van de zitting op het ontstaan van een individuele kromming van de wervelkolom.



Figuur 2.21 Invloed van plaatsing van de rugondersteuning ten opzichte van de zitting op de kromming van de wervelkolom.

In de volgende stap worden het lumbale, het sacrale en het hogere thoracale deel van de wervelkolom ondersteund door alle overige segmenten van de rugondersteuning met lichte druk naar het lichaam aan te schuiven zonder te corrigeren en vervolgens te fixeren. Hiermee wordt ook de bekkenhoek, hoek λ , gerealiseerd. De ruimten naast het centrale deel worden gevuld met korreltjes in een siliconenzak en vacuüm gezogen. Hiermee is de totale individuele rugondersteuning een feit. In de loop van het onderzoek bleek deze benadering bijzonder goed reproduceerbaar.

Deze procedure om een individuele ondersteuning van de wervelkolom tot stand te brengen, is steeds de start van het eigen zitonderzoek geweest. De grootte van de zithoek, hoek α , is daarbij min of meer constant gehouden op 103° , een waarde die in de literatuur bij vergelijkbare onderzoeken steeds wordt gevonden.

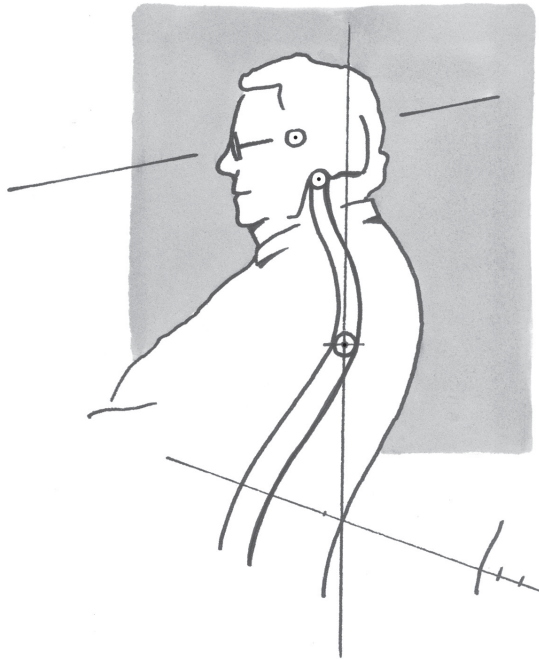
Het eerste onderzoek richtte zich op een houding waarin comfortabel televisie gekeken kan worden. De proefpersonen werd gevraagd zelf op zoek te gaan naar een comfortabele houding – ‘de individuele voorkeurshouding’ – door verstelling van hoek φ en daarmee tevens van hoek $(\varphi+\alpha)$. Tot onze verrassing bleek deze houding bij alle negen proefpersonen (jong, oud, met een mobiele of immobiele lumbale wervelkolom) te liggen bij een hoek $(\varphi+\alpha)$ van 123° plus of min 2° . De verschillen tussen de zeer verschillende individuen bleken dus maar heel klein.

Het blijkt dat mensen een comfortabele zithouding ervaren wanneer het hoofd ‘in balans op de romp’ staat met de blik op de horizon. Mensen zoeken deze houding intuïtief op en ervaren het onmiddellijk. Neurofysiologisch wordt dit verklaard vanuit de houdingsregulatie door de vestibulaire en optische informatie en de tonische halsreflexactiviteiten, zoals eerder beschreven. Het moment dat het hoofd in balans op de romp staat, is met enige oefening waar te nemen. Het lukte omgekeerd proefpersonen in dezelfde houding te zetten die ze eerder zelf als comfortabel gekozen hadden.

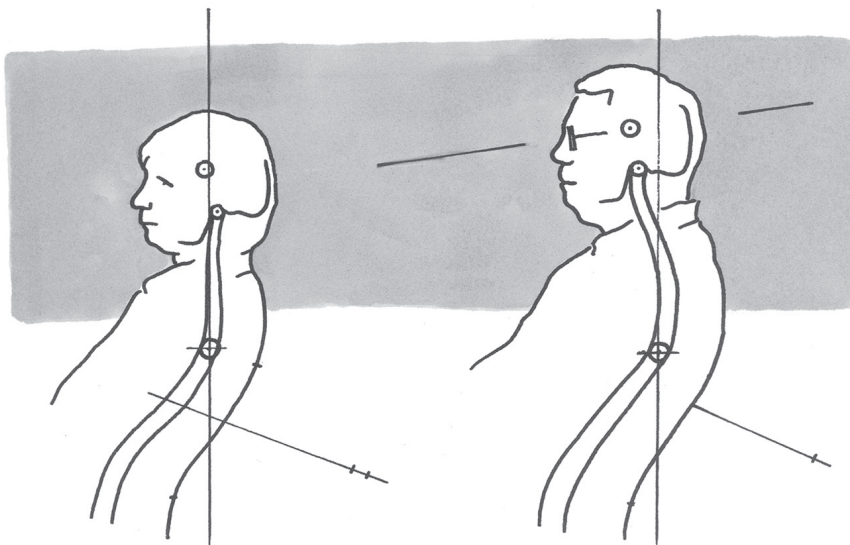
Wanneer het hoofd in balans op de romp staat, is minimale spierinspanning nodig om het hoofd in die positie te houden. Nek en schouderspieren kunnen dus maximaal ontspannen, en dat geeft een gevoel van comfort!

In het zitonderzoek met de passtoel zijn van de verschillende houdingen foto's gemaakt. Met behulp van de zichtbare vorm van de rugondersteuning aan de achterzijde zijn hiervan tekeningen vervaardigd voor analyse (figuur 2.22).

In figuur 2.23 zijn de individuele voorkeurshoudingen opgenomen van twee personen met een duidelijk verschillende thoracale vorm van de wervelkolom. Opvallend is dat de individuele voorkeurshouding bij beide proefpersonen eenzelfde hoek $(\varphi+\alpha)$ van 122° oplevert. Vrijwel dezelfde waarden worden gevonden bij andere proefpersonen, zoals eerder beschreven. De vraag rijst nu: berust dit resultaat op toeval, of valt hier een lijn in te ontdekken?



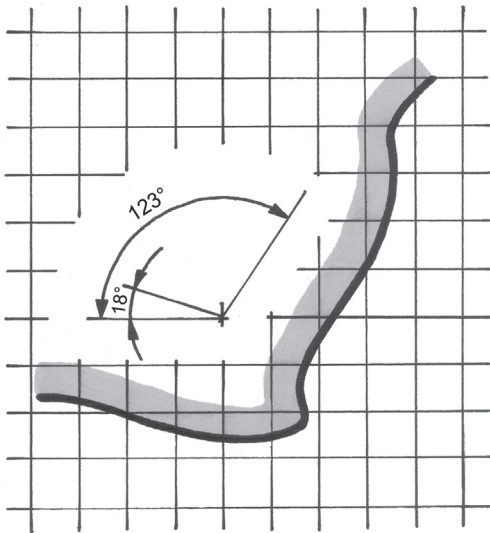
Figuur 2.22 Getekende interpretatie van een meetresultaat.



Figuur 2.23 Een duidelijk verschillende thoracale kyfose, maar toch een gelijke individuele voorkeurshouding. Hoek($\varphi+\alpha$) is 122° in beide gevallen.

Grandjean (1969) beschrijft in *The Development of a Rest Chair Profile for Healthy and Notalgic People* het onderzoek naar de voorkeuren voor zithoudingen van 68 proefpersonen bij vijf verschillende rugondersteuningsprofielen. In figuur 2.24 is het eindresultaat opgenomen met volgens de auteur een rugleuninghoek (*back-rest angle*) van 106° tot 107° en een zittinghoek (*seat inclination*) van 19° tot 21° . Onduidelijk is hoe deze hoeken zijn gedefinieerd.

Wanneer echter de eerder beschreven definities van zithouding worden toegepast, blijkt deze stoel een hoek($\varphi+\alpha$) te hebben van 123° en een hoek φ van 18° .



Figuur 2.24 Het door Grandjean ontwikkelde zitprofiel voor mensen met rugklachten, met in de figuur aangegeven hoeken volgens de definities van dit boek.

Deze resultaten van Grandjean kunnen niet op een ander comfortgevoel zijn gebaseerd dan de resultaten die met de passtoel zijn verkregen, namelijk ontspanning van de nek- en schouderspieren doordat het hoofd in balans op de romp staat bij een min of meer individuele ondersteuning van de rug. Hiermee wordt een bevestiging gevonden voor de resultaten van het eigen onderzoek en wordt tegelijkertijd het resultaat van Grandjean begrepen.

Als bovenstaande metingen worden uitgevoerd met een vlakke rugleuning waarin de rug niet individueel wordt ondersteund, blijkt dat de voorkeurshoudingen duidelijk afwijken van de eerder gevonden resultaten. Soms wordt hoek($\varphi+\alpha$) groter en soms juist kleiner. De vorm van de rug blijkt van invloed op de balansstand van het hoofd op de romp.

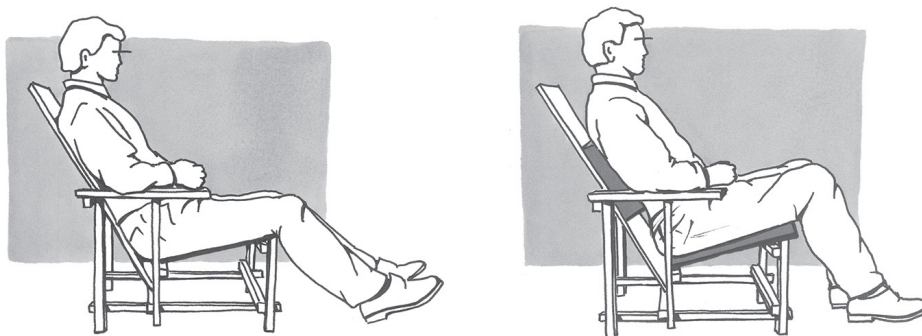
Wanneer alle metingen na een maand worden herhaald, blijken de resultaten bij individuele ondersteuning van de rug nauwelijks te verschillen van eerdere resultaten.

Bij de niet-individueel ondersteunde rug zijn de afwijkingen opvallend groot. De verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat in een niet-individueel ondersteunde rug een reactieve spierhypertonie ontstaat, die een nauwkeurige waarneming door de proefpersoon hoe zijn hoofd in balans op de romp staat, bemoeilijkt. Zijn die spanningen er niet, zoals bij een individuele ondersteuning, dan blijkt die balansstand van het hoofd steeds bij dezelfde houding te ontstaan. Een opmerkelijke prestatie van het menselijk lichaam en in bijzonder van het verfijnde sensorisch-perceptief vermogen van het besturings-systeem.

Hieruit kan ook de conclusie getrokken worden dat de gevolgde procedure om de rug individueel te ondersteunen goed reproduceerbaar is.

Een individuele ondersteuning van de rug is een voorwaarde voor een *juist* comfortgevoel bij de realisering van de individuele voorkeurshouding. Een individuele ondersteuning komt – populair gezegd – tot stand wanneer – als start – de romp *boven* de lende wordt ondersteund in een stabiele houding, daar beneden voldoende ruimte is gecreëerd voor het achterwerk en dit vervolgens wordt ondersteund.

Demonstratie-experimenten met de Rood-blauwe Rietveldstoel laten het effect van een individuele ondersteuning van de rug duidelijk zien.



Figuur 2.25 Rood-blauwe rietveldstoel: links in originele uitvoering (hoek($\varphi+\alpha$) is 118°), rechts met individuele ondersteuning van de rug boven de lende (hoek($\varphi+\alpha$) is 123°) en met een vergroting van de zittinghoek: hoek φ .

In figuur 2.25 is op de linkertekening de originele rood-blauwe rietveldstoel te zien met een hoek($\varphi+\alpha$) van 118° . In de rechtterkening is op de rugleuning boven de lende een steunvlak aangebracht, waardoor hoek($\varphi+\alpha$) 123° wordt. Door dit steunvlak is ruimte gemaakt voor het achterwerk en voor een individuele curvatuur van de rug. De zittinghoek: hoek φ is met een wig vergroot tot 16° . Hoewel de functionele rugleuninghoek 5° groter is, ziet de rechthouding er niet alleen veel actiever uit dan de linker-, maar wordt ook als zodanig ervaren. Door de individuele ondersteuning van de rug staat het hoofd in deze houding meer ontspannen op de romp.

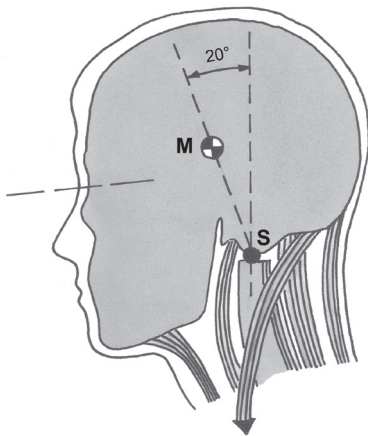
Uit de experimenten met de passtoel en uit de resultaten van Grandjean kan dus de conclusie getrokken worden dat een ontspannen individuele voorkeurshouding met het hoofd in balans op de romp, uitgedrukt in de gedefinieerde hoek($\varphi+\alpha$), minder individueel is dan men in eerste instantie zou denken. Deze voorkeurshouding heeft gemiddeld een functionele rugleuninghoek: hoek ($\varphi+\alpha$) van om en nabij de 123° , mits de rug op de hiervoor beschreven wijze individueel wordt ondersteund.

Dit resultaat heeft uiteraard consequenties voor de wijze waarop men tv kijkt, auto rijdt, in vliegtuigstoelen zit en in rolstoelen zit c.q. dient te zitten, als men dit comfortabel en langdurig wil doen.

2.4.1 Het hoofd in balans op de romp

Het hoofd in balans op de romp is een bijzondere situatie die een nadere uitleg behoeft.

Wanneer 'het hoofd in balans op de romp' staat, zou het hoofd, bij het in slaap vallen in een stoel, in 50% van de gevallen achterover en in 50% van de gevallen voorover vallen. In de praktijk zien we een bijna 'slappend' hoofd knikkebollen. Hoe is dit biomechanisch te verklaren, temeer daar het massamiddelpunt M van het hoofd (ver) vóór het scharnierpunt S ligt? In figuur 2.26 is te zien dat het hoofd 20° achterover moet kantelen voordat het massamiddelpunt M boven het scharnierpunt S komt te liggen.

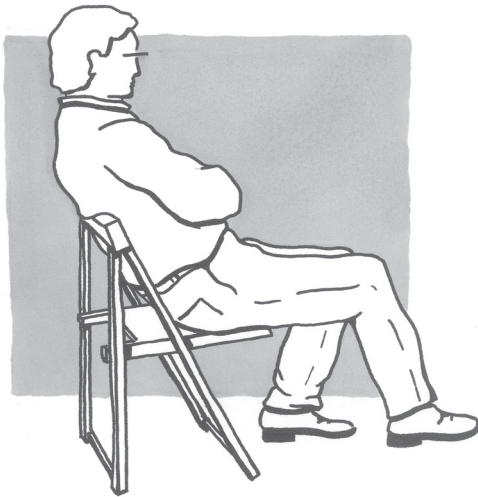


Figuur 2.26 Positie van het massamiddelpunt M ten opzichte van het scharnierpunt S.

Wil het hoofd met de blik op de horizon in balans op de romp blijven staan, dan moeten er door verandering van houding interne krachten op het hoofd ontstaan die het in evenwicht brengen. Het moment (kracht x arm) dat het massamiddelpunt M van het

hoofd ten opzichte van het scharnierpunt S ontwikkelt, moet gecompenseerd worden door een even groot tegengesteld moment. De bewegingsfunctie van de spieren in het nek-schoudergebied die het hoofd positioneren ten opzichte van de romp, is buitengewoon gecompliceerd, maar duidelijk is dat er in een bepaalde houding, namelijk bij een hoek $(\varphi + \alpha)$ van ca. 123° , in spieren en ligamenten van nek en schouder krachten ontstaan door een passieve oprekking die kennelijk het juiste tegengestelde moment opleveren om het hoofd in balans te krijgen, en er dus geen of weinig actieve spierkracht nodig is om het hoofd in deze stand te houden.

Het niet hoeven aan te wenden van spierenergie in het nek-schoudergebied wordt kennelijk als zeer plezierig ervaren, gezien het feit dat deze houding intuïtief snel opgezocht wordt bij activiteiten waarbij de blik horizontaal is, zoals tijdens een conversatie. Dit gebeurt ook in stoelen die daar nauwelijks geschikt voor zijn, zoals in hoofdstuk 1 is beschreven. Ontspannen zitten begint dus met stabiliteit van de romp, en daarbinnen wordt intuïtief een stand gezocht waarbij het hoofd in balans op de romp staat en nek- en schouderspieren zich kunnen ontspannen.



Figuur 2.27 Een intuïtief aangenomen stabiele zithouding met het hoofd in balans op de romp, in een stoel die daar eigenlijk niet voor geschikt is.

De precieze grootte van de hoek $(\varphi + \alpha)$ die zal ontstaan, is afhankelijk van de vorm van de wervelkolom tijdens de ondersteuning, zoals in het beschreven eigen onderzoek is aangetoond, en zal rondom 123° zijn. Ondertussen is duidelijk gemaakt dat het fenomeen 'hoofd in balans op de romp' aan de top van de hiërarchie in comfortbeleving zal staan.

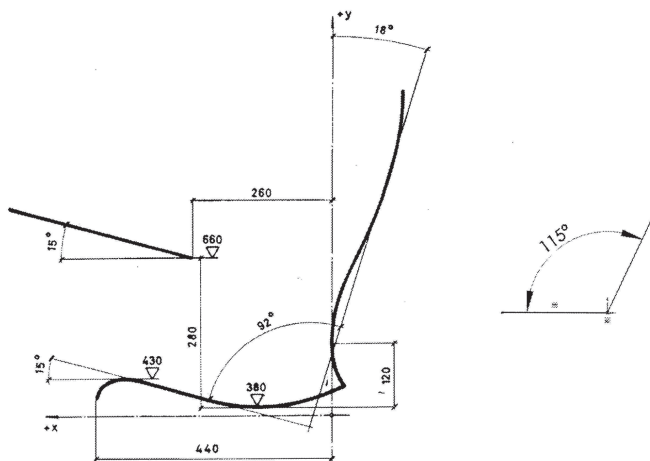
Uit deze beschouwing wordt ook duidelijk dat een hoofd pas stabiliteit (rust) tegen een hoofdsteun krijgt, wanneer het ten minste 20° achterover gekanteld is.

2.5 Stabiliteit van de romp

Het zitgedrag van mensen komt voor een belangrijk deel voort uit de behoefte zich niet meer in te spannen dan nodig is. Bij activiteiten die vanwege de benodigde oog-hand-coördinatie noodzakelijkerwijs een actieve houding vereisen, wordt, zodra dat mogelijk is, een houding aangenomen die minder energie vraagt. Men gaat op zoek naar stabiliteit. De rugleuning wordt ingeschakeld, maar ook de armen kunnen worden ingezet om stabiliteit van romp en hoofd te verkrijgen. Stabiliteit van de romp blijkt een belangrijke comfortbepalende factor te zijn.

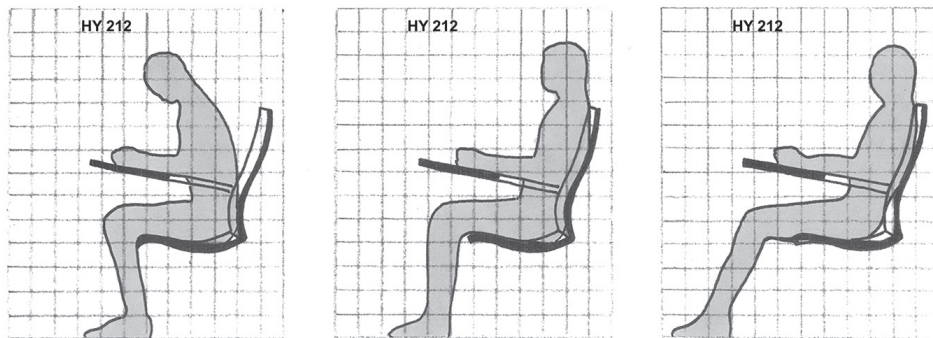
In het eigen onderzoek zijn met de passtoel experimenten gedaan om uit te zoeken waar stabiliteit begint, waar zij ophoudt en waarvan zij afhankelijk is. Proefpersonen werd gevraagd een houding op te zoeken waarin zij nog net het gevoel hadden stabiel te zitten. De rug werd volgens de beschreven procedure individueel ondersteund. Stabiliteit blijkt bij alle proefpersonen te ontstaan bij een hoek($\varphi+\alpha$) van 115° . Het gevoel werd 'steviger' naarmate hoek($\varphi+\alpha$) groter werd, en dat is logisch. De proef is herhaald met een niet-individueel ondersteunde rug, dus met een vlakke rugleuning. De resultaten waren gelijk. De metingen na een maand gaven geen ander beeld.

In *Sitting Posture* staat een verslag van Wotzka van de ontwikkeling van een auditoriumstoel. Hij testte met een groot aantal proefpersonen verschillende stoelconfiguraties. In figuur 2.28 is het profiel van het eindresultaat opgenomen. De rugleuning staat volgens tekening 18° uit het lood, maar dat is volgens de definitie van dit boek (figuur 2.15) 25° , waarmee de functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) 115° wordt en de heuphoek: hoek α 100° . De schrijftafel, die bijna tegen de buik zit, staat onder een hoek van 15° . In een latere versie is de helling van het schrijfblad 10° geworden.



Figuur 2.28 Profiel en afmetingen van de auditoriumstoel met door Wotzka gedefinieerde hoeken, resulterend in een functionele rugleuninghoek van 115° .

De auteurs schrijven de gunstige beoordeling van het profiel van deze zitondersteuning toe aan de vorm van het oppervlak van de zitting en de verhouding daarvan met de rugleuning. De kromming van de zitting staat verschillende zitposities van het lichaam toe en maakt wisseling ervan gemakkelijk. De rugleuning geeft in elke houding steun.



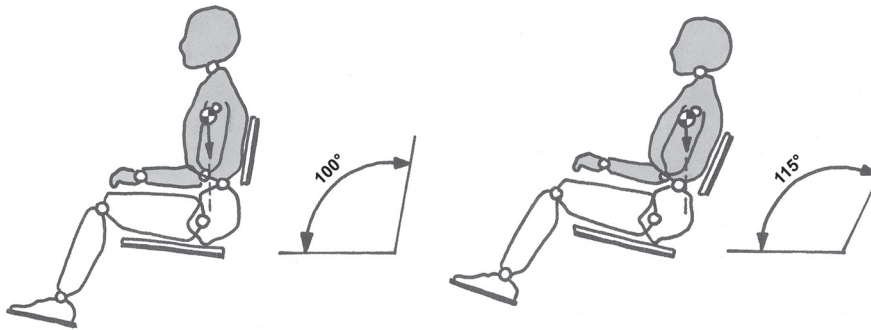
Figuur 2.29 De auditoriumstoel HY 212 met drie zithoudingen voor respectievelijk schrijven, luisteren en luisteren met iets achterover gekanteld bekken als alternatief.

De rugleuning van 115° is kennelijk de hoek die stabiliteit biedt wanneer men uitsluitend luistert, maar die niet verhindert om naar voren te buigen om iets op te schrijven. De grootte van hoek φ speelt hierin overigens ook een belangrijke rol. Deze mag niet te groot zijn om comfortabel voorover te kunnen buigen met voldoende ruimte voor de buik, en niet te klein om onderuitschuiven in de stabiele houding te voorkomen. In de voorovergebogen houding wordt alleen het bekken afgesteund. Verder laat figuur 2.29 in de laatste twee plaatjes zien dat stabiliteit onafhankelijk is van de positie van de *tubera* in het kussen, van de stand van het bekken en van de individuele kromming van de rug. De stand van het bekken c.q. de kromming van de lumbale wervelkolom blijkt hiermee een mogelijkheid te zijn om de inwendige belasting op de wervelkolom te variëren bij gelijkblijvende stabiliteit.

De resultaten bevestigen de met de passtoel verkregen waarnemingen. De resultaten van Wotzka kunnen nu beter worden begrepen. De belangrijkste conclusie is dat stabiliteit kennelijk *ontstaat* bij een hoek($\varphi+\alpha$) van 115° en dat dit een algemene waarde betreft.

Stabiliteit is eenvoudig te begrijpen wanneer gebruikgemaakt wordt van het biomechanisch model van het menselijk lichaam. Het modelmatige scharnier in de lende speelt in deze beschouwing een belangrijke rol. Ten opzichte van dit scharnier ontstaat stabiliteit, of niet. Dat is afhankelijk van de ligging van het massamiddelpunt van het gehele bovenlichaam – romp, hoofd en armen – ten opzichte van dit scharnier.

Stabiliteit komt tot stand wanneer de gecombineerde massamiddelpunten van alle onderdelen van het bovenlichaam zich boven of achter het lendenscharnier bevinden. Hierdoor ontstaat een *anatomisch verantwoorde stabiliteit*, omdat de wervelkolom op een anatomisch verantwoorde manier wordt belast. Het totale massamiddelpunt van het bovenlichaam bevindt zich ergens in de okselstreek. Figuur 2.30 laat een stabiele en een niet-stabiele houding zien.

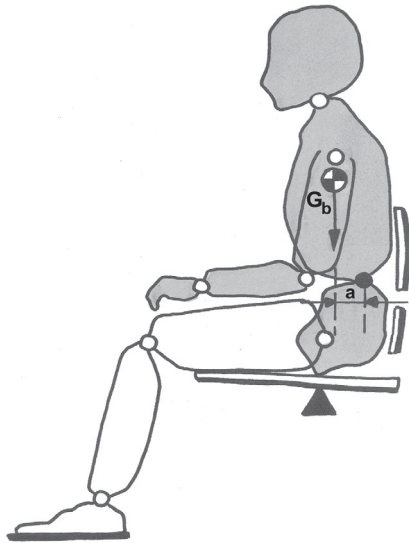


Figuur 2.30 Een niet-stabiele, dus actieve zithouding, en een anatomisch verantwoorde stabiele zithouding bij resp. een hoek $(\varphi+\alpha) = 100^\circ$ en een hoek $(\varphi+\alpha) = 115^\circ$.

De niet-stabiele houding wordt in de praktijk vaak stabiel 'gemaakt' doordat het bekken achterover kantelt en de rug in kyfose komt en blijft 'hangen' in de ligamenten die de wervels bij elkaar houden. De wervels verkeren ten opzichte van elkaar in de eindpositie. Het lendenscharnier wordt als het ware achterwaarts op slot gezet. De spieren worden weliswaar ontspannen, maar de tussenwervelschijven en ligamenten worden extra belast. Bovendien wordt het besturingssysteem op het verkeerde been gezet, zoals in paragraaf 2.2.2 is beschreven. Deze vorm van stabiliteit is een anatomisch *onverantwoorde* stabiliteit.

Een bijzondere situatie doet zich voor bij een niet-mobiele lumbale wervelkolom. Romp en bekken worden hierdoor een star geheel. Het scharnierpunt voor stabiliteit verschuift naar onderen, naar de zitbeenknobbels T. In figuur 2.31 is sprake van een stabiele zithouding.

Toch levert dit geen anatomische verantwoorde stabiliteit op. Immers, de ligamenten van de lumbale wervels worden permanent extra belast door een buigend moment $G_b * a$, waarbij a de afstand is tussen G_b en het lendenscharnierpunt. Dit leidt tot verdere kyfoserig van de lumbale wervelkolom. Hierdoor komt ook de buik verder in de knel, en dit geeft extra druk op de interne organen. Dit wordt op den duur als onprettig ervaren. Ter compensatie van de kyfoserig van de lumbale wervelkolom moet het hoofd extra opgericht worden, wat uiteraard weer een extra inspanning kost.



Figuur 2.31 Een niet-mobiele rug in een stabiele houding ten opzichte van de tubera, maar met een onwenselijk kyfoserend moment $G_b * a$ op de lumbale wervelkolom.

2.6 Typering van zithouding en activiteit

Iedere activiteit creëert zijn eigen specifieke houding. Bepalend daarbij zijn de vereiste blikrichting en met name of er sprake is van oog-handcoördinatie. Observatie van het zitgedrag van mensen laat zien dat mensen zo min mogelijk energie willen steken in het zitten. Zodra een handeling dat toestaat, zoekt men stabiliteit en gaat men op zoek naar een houding die de minste energie vraagt en het meest ontspant. Bij voorkeur is dit een houding die ook de nek- en schouderspieren ontlast. Dat kan zijn door het hoofd met de arm op tafel af te steunen, of door een houding te zoeken waarbij het hoofd in balans op de romp staat.

Bij het analyseren en typeren van zithoudingen is onderscheid te maken in actieve dan wel passieve stabiliteit van het bekken, romp en hoofd.

Overeenkomstig het gehanteerde biomechanische model van het menselijk lichaam kan een zitondersteuning bestaan uit een zitting met bekkensteun die het achterover kantelen van het bekken tegengaat, maar wel een actieve stand van de romp vereist, of de zitondersteuning kan bestaan uit een zitting met rugleuning die zowel het bekken als de romp ondersteunt. Stabiliteit van de romp ontstaat wanneer het lumbaal-thoracal gedeelte van de rugondersteuning een hoek $(\varphi + \alpha)$ maakt van ten minste 115° .

Ontspanning van de nekspieren ontstaat in een houding waarbij het hoofd in balans op de romp staat, en dat is rondom een gedefinieerde functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) van 123° .

In tabel 2.1 zijn de karakteristieken van alle principieel verschillende zithoudingen bij elkaar gezet en getypeerd.

A : Actieve, niet-stabiele houding zonder bekkensteun	werken op pc	hoek ($\varphi+\alpha$) $\pm 100^\circ$
Er is een actieve stand van het bekken	het bekken is niet afgesteund	hoek ($\varphi+\alpha$) $\pm 100^\circ$
Er is een actieve stand van de romp	de romp is niet afgesteund	hoek α $\pm 100^\circ$
Zithoek		hoek φ = 0°
Zittinghoek		hoek ε $\pm 10^\circ-30^\circ$ *
Er is een actieve stand van het hoofd	het hoofd is niet afgesteund	
B: Actieve, niet-stabiele houding met bekkensteun	eten, werken op pc	hoek ($\varphi+\alpha$) $\pm 105^\circ$
Er is stabiliteit van het bekken	het bekken is afgesteund	hoek ($\varphi+\alpha$) $\pm 105^\circ$
Er is een actieve stand van de romp	de romp is niet afgesteund	hoek α $\pm 101^\circ$
Zithoek		hoek φ $\pm 4^\circ$
Zittinghoek		hoek ε $\pm 15^\circ-35^\circ$ *
Er is een actieve stand van het hoofd	het hoofd is niet afgesteund	
C: Semi-actieve, stabiele houding	telefoneren, eten converseren	hoek ($\varphi+\alpha$) $> 115^\circ$
Er is stabiliteit van het bekken	het bekken is afgesteund	hoek ($\varphi+\alpha$) $> 115^\circ$
Er is een beginnende stabiliteit van de romp	de romp is afgesteund	hoek α $\pm 103^\circ$
Zithoek		hoek φ $\pm 12^\circ$
Zittinghoek		hoek ε $\pm 25^\circ-40^\circ$ *
Er is een actieve stand van het hoofd	het hoofd is niet afgesteund	
D: Ontspannen, stabiele voorkeurs**houding	tv kijken, auto rijden	hoek ($\varphi+\alpha$) $\pm 123^\circ$
Er is stabiliteit van het bekken	het bekken is afgesteund	hoek ($\varphi+\alpha$) $\pm 123^\circ$
Er is stabiliteit van de romp	de romp is afgesteund	hoek α $\pm 105^\circ$
Zithoek		hoek φ $\pm 18^\circ$
Zittinghoek		hoek ε $\pm 35^\circ-50^\circ$ **
Het hoofd staat in balans op de romp	het hoofd is niet afgesteund	
E: Stabiele rusthouding (met hoofdsteun)	rusten, slapen	hoek ($\varphi+\alpha$) $> 123^\circ$
Er is stabiliteit van het bekken	bekken is afgesteund	hoek ($\varphi+\alpha$) $> 123^\circ$
Er is stabiliteit van de romp	de romp is afgesteund	hoek α $> 105^\circ$
Zithoek		hoek φ $> 18^\circ$
Zittinghoek		hoek ε $< 15^\circ-35^\circ$ **
Er is stabiliteit van het hoofd	het hoofd is afgesteund	

*) afhankelijk van de mate van thoracale kyfose

**) de houding die mensen desgevraagd kiezen wanneer de rug individueel gesteund wordt

***) het hoofd is minimaal 20° achterover gekanteld tegen een hoofdsteun

Tabel 2.1 Typering van zithoudingen en activiteiten.

2.7 Invloed van de zitondersteuning op comfortbeleving

Eerder is besproken dat de zithouding de leverancier is van de uitwendige belasting op het lichaam. De houding is verantwoordelijk voor de grootte en richting van de belasting op het achterwerk en op de rug. Wanneer er wrijvingskrachten in de zitting nodig zijn voor het krachtenevenwicht, is de verhouding tussen de zittinghoek φ en functionele rugleuninghoek α niet juist.

Bij een goede zithouding ontbreken wrijvingskrachten. Anders gezegd: een zithouding kan in dit verband als goed worden gekwalificeerd wanneer wrijvingskrachten in het krachtenevenwicht ontbreken. Voor de duidelijkheid: een kussen of kusseneigenschappen kunnen wrijvingskrachten niet opheffen, hoewel sommige fabrikanten van rolstoelkussens anders beweren.

Een zithouding bepaalt dus grootte en richting van de belasting; de zitondersteuning zorgt voor de verdeling van die belasting over het lichaam. Bij een zitkussen wordt in dat verband vaak gesproken over drukverdeling. Een kussen met een goede drukverdeling wordt als comfortabel ervaren. Wat gebeurt er precies als de druk wordt verdeeld?

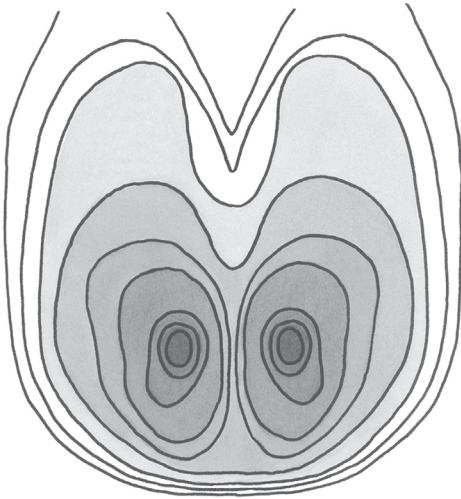
Naast drukverdeling zijn de vocht- en warmteregulerende eigenschappen van een kussen zeer bepalend voor het comfort. Men denke aan lange autoritten, die zeer vervelend kunnen zijn wanneer de vochtregulerende eigenschappen van de rugleuning en het zitkussen onvoldoende zijn. Ze gaan plakken.

De zitting reageert ook op de dynamiek van de bewegingen van het bovenlijf. Een zitting die daar sterk op reageert, wordt als wiebelig en oncomfortabel ervaren. De zitting geeft in dat geval in dwarsrichting weinig stabiliteit aan het bekken. Deze eigenschap van een zitting of zitkussen wordt *zitstabiliteit* genoemd. Een slechte zitstabiliteit bemoeilijkt activiteiten waarbij een goede oog-handcoördinatie is vereist. Hoe stabielere de zitting, des te beter zijn deze activiteiten uit te voeren.

2.7.1 Drukverdeling

Tijdens het zitten wordt het gewicht van het bovenlichaam door de lumbale wervelkolom het bekken ingeleid, en via de beide zitbeenknobbels en een dunne laag weke delen en huid overgebracht op de zitting. De zitting reageert met een reactiekracht die even groot is als het totale gewicht waarmee de zitting wordt belast. Deze reactiekracht is de belasting op het achterwerk.

Deze belasting blijkt niet gelijkmatig over het achterwerk verdeeld te worden. In figuur 2.32 is een algemeen patroon van deze verdeling over het achterwerk opgenomen, zoals deze *tussen* het achterwerk en de zitting kan worden gemeten: de zogenaamde 'interface pressure'.



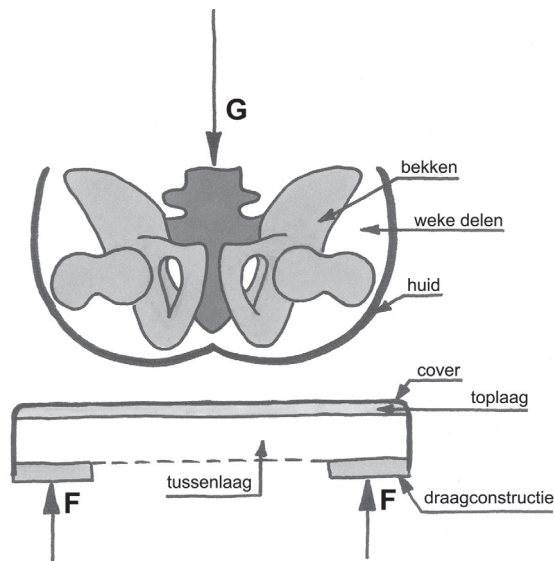
Figuur 2.32 Een typisch patroon van drukverdeling over het achterwerk, waarbij de interface pressure onder de zitbeenknobbels het hoogst is en naar buiten toe afloopt.

Dit patroon is kenmerkend en wordt in alle onderzoeken gevonden. De hoogste druk wordt steeds waargenomen onder de zitbeenknobbels, de *tubera ischii*.

Het begrip 'drukverdelend' als eigenschap van een zitting moet in dit verband als volgt worden begrepen: de verdeling van reactiekrachten van een zitting over het zitvlak laat een patroon zien van druklijnen rondom de tubera, waarbij de druk van binnen naar buiten afneemt. Een zitting wordt als comfortabel ervaren wanneer de druk onder de tubera relatief laag is. Een zitting met goede 'drukverdelende' eigenschappen zal de druk onder de tubera zo laag mogelijk proberen te krijgen. Dit gebeurt onder andere door de belasting over een zo groot mogelijk oppervlak te verdelen. Druk is immers kracht gedeeld door oppervlak, dus hoe groter het oppervlak bij eenzelfde belasting, des te lager de druk. Daarnaast kunnen specifieke kusseneigenschappen ervoor zorgen dat de druk ter plekke van de tubera zo laag mogelijk is.

Individuele kenmerken spelen een belangrijke rol in het ervaren van comfort. Het is daarbij van belang in te zien dat de weke delen van het achterwerk ten opzichte van de zitbeenknobbels als een drukverdelend medium werken. Van belang is ook in te zien dat inwendig de druk tussen zitbeenknobbel en weke delen hoger is dan de druk daar-
onder tussen weke delen en huid. Een en ander is afhankelijk van de dikte van de laag weke delen. Simpel gezegd: hoe voller een achterwerk, des te minder druk op de zit-
beenknobbels. De dikte van de laag weke delen tussen tubera en kussen, en de grootte van het belastbare oppervlak spelen hierin een doorslaggevende rol. Dit kan het *eigen*

drukverdelend vermogen van een achterwerk genoemd worden. Dit eigen drukverdelend vermogen van het achterwerk blijkt het meest optimaal wanneer de vorm ervan onder belasting zo goed mogelijk intact blijft. Hierdoor blijft immers de kritische laag tussen tubera en huid het best 'op dikte'.

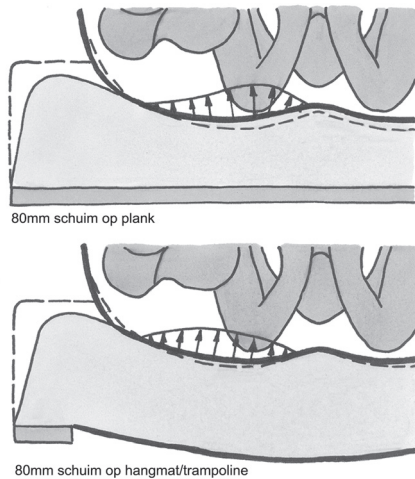


Figuur 2.33 Een vergelijkbare structuur van achterwerk en kussen met grote morfologische verschillen tussen de harde structuren.

Het is ook van groot belang te weten dat de inwendige druk onder de zitbeenknobbels twee- tot driemaal zo hoog is als de gemeten interface pressure tussen achterwerk en kussen. Onderzoeken in vivo en het kussenonderzoek hebben dit aangetoond. Een gemeten interface pressure-waarde kan dus niet vergeleken worden met een bloeddruk die daarboven in het weefsel heerst. Wel mag worden aangenomen dat een verlaging van de interface pressure ook een verlaging van de interne druk tot gevolg zal hebben.

Een zitkussen is over het algemeen opgebouwd uit een draagconstructie met daarop een laag schuim als drukverdelend medium, afgedekt door een *cover*. In de volksmond is een kussen een hoes met daarin een drukverdelend medium, zoals bijvoorbeeld losse schuimvlokken. Maar ook dit losse kussen krijgt zijn werking pas als het ergens op ligt. De belasting moet immers doorgeleid worden naar een frame dat op de grond staat.

De vorm van de draagconstructie (onder belasting) blijkt bij het toepassen van een laag schuim van grote invloed op het drukverdelingsresultaat. Naarmate de draagconstructie meer de vorm van het achterwerk heeft, wordt het drukverdelend vermogen groter.



Figuur 2.34 Invloed van de draagconstructie op de grootte van de vervorming van het schuim, en daarmee op de grootte van de reactiekracht van het schuim op het achterwerk.

In dat geval hoeft het schuim minder in te drukken en wordt de drukverdeling beter. Dat is eenvoudig te begrijpen wanneer men inziet dat schuim in feite een soort drukveer is: hoe dieper men in het schuim indrukt, des te groter wordt de weerstand en dus de reactiekracht. Op een vlakke draagconstructie zit de diepste indrukking onder de tubera en dat is nou precies de plek waar men zo min mogelijk reactiekrachten wil hebben. Als de draagconstructie de vorm heeft van een achterwerk, wordt niet alleen het belaste oppervlak vergroot, maar hoeft het schuim ook slechts gering te vervormen. Dat komt de druk onder de tubera ten goede. Bovendien wordt op deze wijze goed gebruikgemaakt van het eigen drukverdelend vermogen van het achterwerk, omdat de vorm van het achterwerk onder belasting zo goed mogelijk intact blijft.

Een ouderwets tractorzadel ontleent zijn drukverdelende werking louter aan de vorm van de draagconstructie, en wie daar wel eens op gezeten heeft, weet dat ondanks het ontbreken van een zacht kussen het comfort heel redelijk is.

Op kantoorstoelen is het verschil tussen een goed geprofileerde en een vlakke draagconstructie goed te voelen, omdat deze niet of slechts gering zijn gestoffeerd in verband met de benodigde zitstabiliteit.

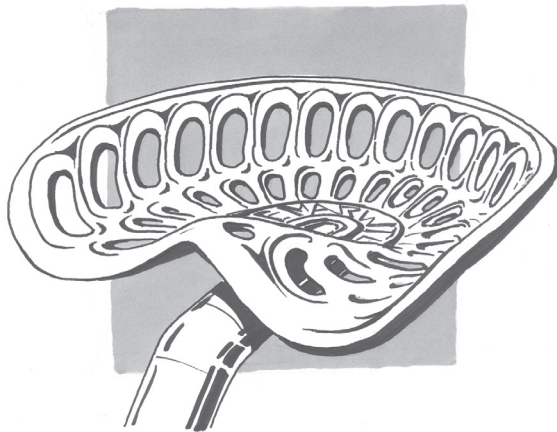
Naast de vorm van de draagconstructie spelen de kwaliteit, de stramtheid en de dikte van het schuim een rol in het uiteindelijke drukverdelingsresultaat.

Behalve de verschillende soorten schuim – polyether, latex en dergelijke – zijn er andere drukverdelende media en drukverdelende systemen die eenzelfde doel beogen:

een zo goed mogelijke verdeling van de belasting over het zitvlak ter bevordering van het comfortgevoel.

In banken en fauteuils worden vaak elastische singels of *no-sag*-veren toegepast als draagconstructie. De kwaliteit van hun werking is te beoordelen aan de vorm die ze onder belasting aan nemen: hoe beter die vorm de vorm van een achterwerk benadert, des te beter de drukverdeling.

Interessant is een drukverdelend medium op basis van gerubberiseerd paardenhaar of kokosnootvezels (*coconut fiber*). Dit drukverdelend medium heeft een hele open structuur, wat gunstig is voor de vochtregulerende eigenschappen.



Figuur 2.35 Een ouderwets tractorzadel: een draagconstructie in de vorm van het achterwerk voor een goede drukverdeling en met gaten voor goede vocht- en warmteregulatie.

In rolstoelen worden drukverdelende systemen gebruikt op basis van lucht en vloeibare gel. Ze worden aangeprezen als anti-decubitus-kussens: kussens die voorkomen dat men doorzit. Doorzitplekken vindt men onder de tubera, omdat daar de belasting het hoogst is. Het kussenonderzoek heeft aangetoond dat deze systemen niet per se een beter drukverdelingsresultaat geven dan goed ontworpen kussens op basis van schuim of gerubberiseerd paardenhaar.

2.7.2 Zitstabiliteit

Een zitting die zitstabiliteit verschaft, zorgt ervoor dat de bovenzijde van het bekken bij een zijwaartse beweging van het bovenlichaam min of meer horizontaal blijft. Dat betekent dat het bekken een stabiele basis vormt voor de wervelkolom. Het effect hiervan is dat het hoofd gemakkelijker op het werkstuk of de pc georiënteerd kan blijven. Een zitondersteuning moet in dit verband niet alleen beschouwd worden als een middel

waarmee een geschikte zithouding gecreëerd kan worden voor een bepaalde activiteit, maar ook als een *steunvlak* waarop krachten kunnen worden uitgeoefend die nodig zijn om handelingen uit te voeren. Stabiliteit van dit steunvlak en daarmee de stabiliteit van het bekken in dwarsrichting, vergroten de zekerheid en de nauwkeurigheid van handelingen en verkleinen daarmee de inspanning die nodig is om deze uit te voeren.

Eerder is geconstateerd dat werkstoelen en kantoorstoelen niet of slechts in geringe mate gestoffeerd zijn. Dat heeft alles te maken met de behoefte aan zitstabiliteit. Een dikke schuimlaag zal over het algemeen de druk beter verdelen, maar geeft ook een slechtere zitstabiliteit.

In dit verband verdient de in hoogte verstelbare bureaustoel die gemakkelijk kan draaien om zijn verticale centrale as, een aparte bespreking, omdat deze 'oplossing' een bijzonder soort van instabiliteit geeft. Het is duidelijk dat deze stoel niet kan functioneren als *stabiel steunvlak*, vanwege de permanente rotatiemogelijkheid van de zitting. De reactiekrachten van het afsteunen van voeten op de grond en eventueel van de armen op het werkblad dienen door de rotatie-as van de stoel te lopen en dienen vervolgens met elkaar in evenwicht te zijn, omdat de draaibare zitting geen moment (kracht x arm) als reactiekracht kan leveren. In de praktijk betekent dit dat bij eenzijdig afsteunen van het bovenlichaam, waarbij de reactiekrachten niet door de rotatie-as lopen, het torsiemoment geleverd moet worden door de lumbale wervelkolom. Omdat de reactiekrachten gedurende handelingen voortdurend veranderen, vraagt dit om een continue correctie. Dit is niet alleen vermoeiend voor de lumbale wervelkolom, maar ook voor de oriëntering van het hoofd op het werkstuk. Bovendien leidt dit tot een niet-natuurlijk zitgedrag, omdat normale bewegingen bijna altijd niet-normale extra bewegingen tot gevolg hebben. Verschuivingen van het achterwerk ten opzichte van de zitting zijn nauwelijks mogelijk zonder zich geheel van de zitting los te maken. Dit is niet in overeenstemming met een normaal (ver)zitgedrag, waarbij men over de zitting kan schuiven om houding en de belasting op het zitvlak te variëren.

De invloed van de draaibare zitting op een natuurlijk zitgedrag is nooit onderzocht. Het is goed denkbaar dat de hierboven geanalyseerde instabiliteit de oorzaak is van veel lichamelijke klachten die nu uitsluitend aan een verkeerde zithouding worden toegeschreven.

2.7.3 Vocht- en warmteregulatie

Bij langdurig zitten zijn, naast de drukverdeling, de vocht- en warmteregulerende eigenschappen van een zitkussen belangrijke comfortbepalende fenomenen.

Afhankelijk van de omgevingstemperatuur en zijn bezigheden produceert een mens vooral door spieractiviteiten een zekere hoeveelheid warmte. Deze warmte moet op de een of andere wijze afgevoerd worden om de interne temperatuur constant te houden.

Door een temperatuurverschil ontstaat er een droge warmtestroom tussen het lichaam en de omgeving. De grootte van deze warmtestroom is afhankelijk van de grootte van het temperatuurverschil en van de warmte-isolatie van de lagen tussen huid en omgeving. Deze warmtestroom wordt ook beïnvloed door ventilatie en luchtstromen langs het lichaam. Een mens heeft de mogelijkheid de huidtemperatuur binnen bepaalde grenzen te variëren, om zodoende deze warmtestroom aan te passen. Daarnaast gaat er altijd een bepaalde hoeveelheid vocht door de huid. Dit vocht verdampt gewoonlijk en gaat, indien mogelijk, door de kleding naar buiten. De verdampingsenergie wordt onttrokken aan de huid en zorgt op deze wijze voor een verkoelende warmtestroom. De hoeveelheid vocht die door de huid gaat, kan toenemen om zodoende voor een extra warmteafvoer te zorgen. Als het vocht dat door de huid gaat niet snel genoeg kan worden afgevoerd, ontstaat er vloeibaar vocht in de vorm van zweet op de huid. Dit gebeurt bijvoorbeeld als de waterdampdoorlatendheid van de lagen tussen huid en omgeving te klein is.

Vocht- en warmteregulatie zijn dus duidelijk aan elkaar gekoppeld. Bij het zitten op een kussen met een hoge warmte-isolatie zal de lichaamswarmte slecht afgevoerd worden en gaat men dientengevolge zweten. Dit vocht moet door de zitting heen kunnen verdampen of worden afgevoerd. Als dit niet gebeurt, zal er vloeibaar vocht tussen huid en zitting ontstaan. Aan de andere kant zal een kussen met een goede vochtregulatie met het vocht ook warmte afvoeren.

Een goede vochtregulatie betaalt dus dubbel uit!

2.8 Samenvatting en conclusies

Het zitgedrag van mensen kan heel goed verklaard en begrepen worden door biomechanische en (neuro)fysiologische analyses.

Het zitgedrag wordt in belangrijke mate gestuurd door de activiteit die men aan het uitvoeren is en de kennelijke (onbewuste) behoefte daar zo weinig mogelijk energie in te stoppen. Tijdens een boterham eten aan tafel zal men een actieve houding aannemen. Daarna, tijdens een conversatie, zal een meer ontspannen houding aangenomen worden op een manier die de stoel toestaat. Dat betekent dat gezocht wordt naar stabiliteit van bekken, romp en hoofd. Voor een stabiele houding is immers weinig energie nodig om deze te handhaven.

Een biomechanisch model van het menselijk lichaam maakt op eenvoudige wijze duidelijk hoe stabiliteit in en door een zithouding tot stand kan komen. Cruciaal in dit model is het enkelvoudige scharnier in het diepste punt van de lumbale wervelkolom. In werkelijkheid is dit scharnier veel gecompliceerder en gebaseerd op de bewegingsmogelijkheid van meerdere lumbale wervels tegelijk, maar het effect is hetzelfde. Stabiliteit van het hele bovenlichaam: romp, hoofd en armen ontstaat wanneer het gezamenlijke massamiddelpunt zich bevindt op of achter het modelmatige lumbale scharnierpunt. Wanneer dat het geval is, kost het weinig energie om deze houding te handhaven.

Er is voor gekozen de definitie van de functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) te koppelen aan de mate van stabiliteit van het bovenlichaam. De functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) wordt gedefinieerd als de stand van het raakvlak aan de rugzijde van de romp vanaf het diepste punt van de lumbale wervelkolom naar boven met het horizontale vlak. Hierbij is hoek φ gedefinieerd als de hoek die de onderzijde van het dijbeen met het horizontale vlak maakt en hoek α als de hoek tussen het raakvlak langs de bovenste romp met de onderzijde van het dijbeen.

Uit analyse van het zitgedrag van mensen blijkt de stand van het hoofd op de romp een zeer bepalende factor te zijn die in de hiërarchie van de comfortbeleving bovenaan staat. Heel vaak wordt er intuïtief niet alleen een houding gezocht die stabiel is, maar ook een waarbij tegelijkertijd het hoofd 'in balans op de romp' staat. Deze stand van het hoofd kost de minste energie van nek- en schouderspieren en dat blijkt bepalend voor het momentane comfortgevoel.

In eigen onderzoek met een multifunctionele passtoel naar de individuele voorkeurshouding bij het tv kijken blijkt de functionele rugleuninghoek: hoek ($\varphi + \alpha$) van tien heel verschillende proefpersonen steeds in de buurt van de 123° te liggen wanneer zij zelf deze houding mogen instellen. Bij deze proef is de rug volgens een vast protocol individueel ondersteund. Herhaling na een maand liet per persoon hetzelfde resultaat zien. De keuze van de proefpersoon blijkt te worden bepaald door het moment waarop het hoofd in balans op de romp staat. Met enige oefening is dit ook als 'observer' waar te nemen. De gevonden resultaten blijken overeen te komen met de resultaten van een groot onderzoek naar 'a Rest Chair Profile for Healthy and Notalgic People', gepubliceerd in het congresverslag 'Sitting Posture' uit 1969 (!) wanneer dezelfde definitie van de functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) wordt toegepast. De resultaten kunnen nu alleen beter geïnterpreteerd en begrepen worden.

De stand van 'het hoofd in balans op de romp' is de neurofysiologische referentiestand van waaruit het lichaam door het besturingssysteem wordt aangestuurd. Hierdoor is men zich bewust van de stand van het lichaam en de lichaamsonderdelen in de ruimte. Vanuit deze referentiestand wordt het lichaam bij activiteiten het nauwkeurigst aangestuurd omdat van jongs af aan de motoriek op deze wijze is ontwikkeld.

Met dezelfde passtoel is onderzoek gedaan naar een houding waarin rompstabiliteit begint te ontstaan. Dit blijkt te gebeuren bij een functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) van 115° . Ook deze hoek wordt gevalideerd door een ander groot onderzoek in *Sitting Posture* wanneer ook weer de ontwikkelde definitie van de functionele rugleuninghoek wordt toegepast.

Worden stabiliteit en 'het hoofd in balans op de romp' als onmiddellijk comfortbepalend ervaren, bij de uitwendige belasting op het lichaam speelt de factor tijd een belangrijke rol. Analyse van de reactiekrachten van de zitting op het zitvlak toont aan dat bij een juiste combinatie van de zittinghoek: hoek φ en heuphoek: hoek α geen wrijvingskrachten nodig zijn voor het krachtenevenwicht. Een goede zithouding is in dit verband als zodanig te definiëren. Wrijvingskrachten op het zitvlak worden op den duur als oncomfortabel ervaren.

De drukverdelende eigenschappen van ondersteuningselementen spelen een rol in de wijze waarop de reactiekrachten van de zitting aan het achterwerk worden doorgegeven. Wrijvingskrachten kunnen alleen door een goede zithouding worden vermeden en niet door een zitkussen worden 'opgelost'. Het zo veel mogelijk verminderen van de belasting van de gebieden rondom de zitbeenknobbels is de essentie van drukverdeling en werkt comfortverhogend.

Bij de drukverdelende werking van schuimkussens speelt de vorm van de draagconstructie een belangrijke rol. Hoe meer die vorm lijkt op de vorm van een achterwerk, des te beter de drukverdeling.

Naast de drukverdeling zijn de vocht- en warmteregulatie van een kussen belangrijke comfortbepalende eigenschappen

Het zal duidelijk zijn dat de twee gevonden specifieke zithoudingen: de net-stabiele zithouding en de individuele voorkeurshouding een belangrijke rol gaan spelen bij het ontwerpen van stoelen en rolstoelen.

Hoofdstuk

3

Toepassen van kennis over zitgedrag

Uit de analyse van het zitgedrag van mensen blijkt dat de 'onrust' tijdens het zitten vooral voortkomt uit een bewuste of onbewuste behoefte om het zich niet meer comfortabel voelen op te lossen door een andere houding aan te nemen. De oude belastingssituatie wordt opgeheven en er komt een nieuwe voor in de plaats. Het lichaam is immers niet ingericht op een voortdurende statische belasting.

Zitgedrag komt ook voort uit een behoefte de houding aan te passen aan datgene wat men aan het doen is. Een maaltijd nuttigen bestaat niet alleen uit het naar binnen brengen van voedsel van het bord naar de mond in een actieve houding, maar ook uit rustpauzes daartussendoor en uit onderlinge gesprekken. Deze gelegenheden worden direct aangegrepen voor een verandering van houding. Men zoekt een stabiele houding om minder energie te hoeven aanwenden.

Zitgedrag komt meestal voort uit een onbewust proces. Bij het voorkomen van zitklachten helpt het wanneer men bewust het zitgedrag beïnvloedt. Het zich realiseren van wat er met het zitten aan de hand is, kan al voldoende zijn om min of meer bewust het zitgedrag te beïnvloeden. Twee aspecten zijn daarbij van belang: het zich bewust zijn van de wijze van belasting, en de tijdsduur van een belasting. Een actieve zithouding moet ook daadwerkelijk een actieve zithouding zijn.

De spieren in de lage rug moeten aangespannen worden om de rug zo goed mogelijk zijn natuurlijke vorm te geven. Op die wijze wordt de rug anatomisch juist belast en hoeft de stand van het hoofd niet met extra spierinspanning bijgesteld te worden.

Op de een of andere wijze heerst er een misverstand dat men van zitten niet moe zou mogen worden. Maar bedenk: liever een beetje gezond moe dan op termijn (vage) rug-, nek- of schouderklachten.

Actieve zithoudingen kunnen gemakkelijk afgewisseld worden met stabiele houdingen waarin men zich even kan ontspannen. Dit bevordert de noodzakelijke dynamiek van de belasting.

Het langdurig gebruik van een zithouding waarin men stabiliteit verkrijgt door in de banden van de rug te hangen, dient om meerdere redenen vermeden te worden. Weliswaar kost deze houding weinig energie, maar tussenwervelschijven en ligamenten van de lage rug worden meer belast. In deze houding moet het hoofd extra opgericht worden, wat meer energie kost en kan leiden tot nek- en schouderklachten.

Bovendien moet men zich realiseren dat het besturingssysteem een zelflerend en zichzelf onderhoudend systeem is. Het is voor een goed functioneren afhankelijk van een terugkoppeling op basis van goede (lees: anatomisch verantwoorde) (zit)houdingen. Alleen dan kan het goed op orde blijven, en goede besturings- en waarschuwingsignalen afgeven.

Stoelen en meubels kunnen nog zo goed zijn, een dynamisch en goed zitgedrag kan weliswaar door goede stoeleigenschappen bevorderd worden, maar moet vooral door de gebruiker min of meer bewust worden uitgevoerd. Men bedenke dat je op een goede stoel slecht kunt zitten en op een slechte stoel goed.

Deze noties zullen steeds aan de basis liggen van de bespreking van de consequenties van de kennis over zitten en zitgedrag voor de verschillende typen stoelen.

3.1 Maatvoering

Tot nu toe is met geen woord gerept over de invloed van maatvoering van stoelen en meubels op de zithouding en het zitgedrag. De aandacht is volledig opgegaan aan het analyseren van de zithouding.

Tot verrassing is vastgesteld dat er tussen mensen die zeer verschillen met betrekking tot constitutie (vorm en mobiliteit van de rug) en lichaamsmaten, grote overeenkomsten zijn in de onderscheiden specifieke zithoudingen. Het is evenwel duidelijk dat iemand van 2,00 meter lengte niet qua houding, maar wel qua maatvoering een andere stoel nodig heeft dan iemand van 1,50 meter.

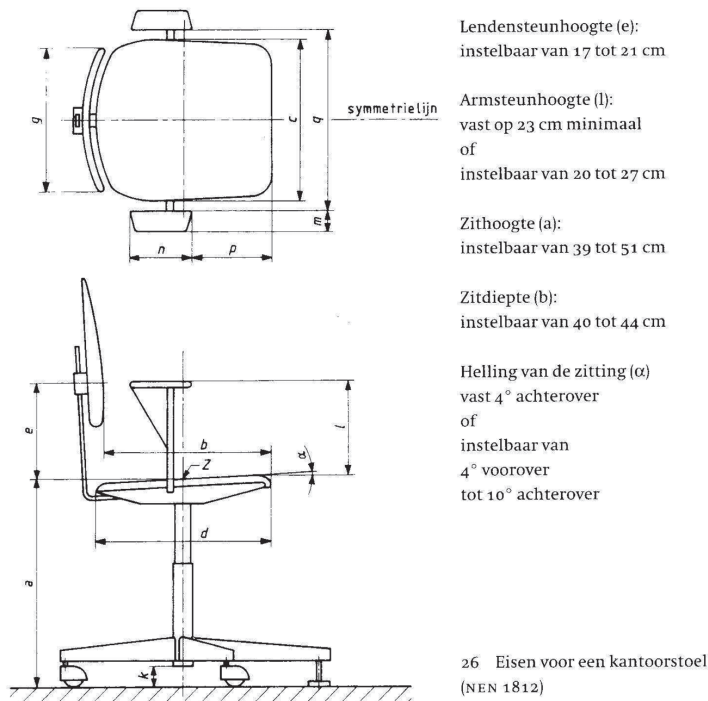
Stoelen voor algemeen gebruik zullen noodzakelijkerwijs afgestemd worden op een gemiddelde gebruiker. Ontwerpers kunnen zich bij bepaalde maten afvragen wat bezwaarlijker is voor grote dan wel kleine gebruikers – te hoog of te laag, te breed of te

smal – en daar hun keuze op baseren. Het blijft uiteraard een compromis, dat effect zal hebben op de individuele comfortbeleving.

Stoelen die persoonsgebonden en daarmee ook vaak langdurig worden gebruikt, zoals kantoorstoelen en rolstoelen, hebben meestal de mogelijkheid de zithoogte en de zitdiepte individueel aan te passen. Een aanpassing van de rugondersteuning aan de individuele vorm van de rug is, zoals aangetoond, in deze toepassingen zeer gewenst, zo niet noodzakelijk.

De eisen die gesteld worden aan maatvoering en instelmogelijkheden van kantoorstoelen staan in het normblad NEN 1812 beschreven. Een kort uittreksel hiervan is in figuur 3.1 opgenomen. Praktijkanalyse van de maatvoering van banken laat zien dat de zitdiepte over het algemeen veel te groot is. Dat leidt vaak tot merkwaardig zitgedrag, van een opgetrokken onderbeen onder het achterwerk tot ondefinieerbaar gegoochel met kussens.

In dit boek zal de maatvoeringsproblematiek die aan de verschillende typen meubels is verbonden verder niet behandeld worden.



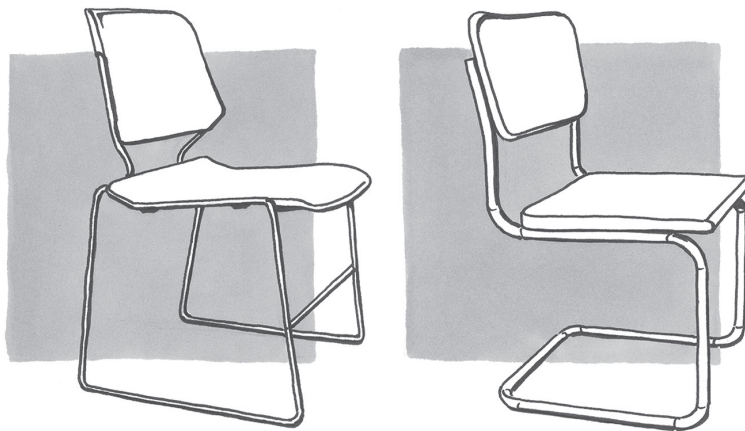
Figuur 3.1 Uittreksel uit NEN 1812, eisen aan kantoorstoelen.
Bron: NEN 1812:2000 van NEN te Delft

3.2 Actieve stoelen

Op 'actieve stoelen' wordt men geacht actieve handelingen uit te voeren waarvoor meestal oog-handcoördinatie is vereist. Hieronder vallen werkstoelen en eetkamerstoelen, maar ook bureaustoelen.

Bij analyse van het zitgedrag op al deze stoelen valt op dat het uitvoeren van handelingen die een actieve houding vereisen, nooit 100% van de tijd plaatsvindt. Tussen de handelingen door zijn er altijd kortere of langere rustpauzes waar te nemen. Deze pauzes worden gebruikt voor het ontspannen van het lichaam. Men verandert van houding en zoekt stabiliteit.

Het vreemde is dat deze stoelen daar vaak niet op ingericht zijn. De rugleuning heeft meestal niet een zodanige vorm of stand dat op een goede en comfortabele manier stabiliteit gevonden kan worden.



Figuur 3.2 Voorbeelden van gangbare actieve stoelen: een stapelbare kantoorstoel en een niet stapelbare kantoorstoel.

Een actieve houding heeft in principe geen rugondersteuning nodig. Het is zelfs minder wenselijk de rug te ondersteunen. Immers, de meeste handelingen vereisen een activiteit van armen en handen. Spieren van armen en handen worden daarbij gebruikt en geactiveerd. Dat kan niet zonder daar ook de spieren van de romp bij te betrekken. Men kan het beter omdraaien: voor het goed kunnen uitvoeren van nauwkeurige motorische handelingen van armen en handen is het noodzakelijk dat *alle* spieren van de romp daarbij betrokken worden en op 'spanning' staan.

Men moet zich hierbij realiseren dat bijvoorbeeld het optillen van een voorwerp van tafel een belasting uitoefent op de rug. Hoe groter het gewicht en hoe groter de afstand tot de rug, des te groter is de belasting. Deze belasting moet actief worden opgevangen door de rugspieren. Spiergroepen kunnen niet afzonderlijk geactiveerd worden zonder de rest daarbij te betrekken.

Het is goed hier op te merken dat voor het bedienen van een muis achter een pc hetzelfde geldt. Weliswaar zijn de belastingen niet hoog, maar er wordt in feite wel een fijnmotorische topprestatie verlangd op basis van een verfijnde aansturing. Deze kan niet goed uitgevoerd worden wanneer de romp volledig ontspannen is. Het besturingssysteem in de hersenen is daar niet op ingericht. Omgekeerd moet het besturingssysteem goede 'voorbeelden' van houdingen en bewegingen krijgen aangeboden om deze prestatie te kunnen continueren. Het besturingssysteem is immers een zelflerend en zichzelf onderhoudend systeem.



Figuur 3.3 Foute – inactieve – houding op goede stoel achter een pc.

Handelingen worden uitgevoerd en kunnen worden uitgevoerd omdat het besturingssysteem een referentie heeft. Eerder is dat vergeleken met de functie die een waterpas heeft bij het bouwen van een huis. Handelingen worden motorisch gezien gecompliceerder wanneer ze onbedoelde bewegingen tot gevolg hebben. Dit geldt niet alleen voor het besturingssysteem, maar ook voor het motorisch systeem. Handelingen vanuit een zittende houding gebeuren dan ook het meest nauwkeurig en het gemakkelijkst, wanneer ze uitgevoerd worden vanaf een *stabiele basis*. Een zitting dient zo'n stabiele basis te zijn. Draaibare zittingen van bureaustoelen en werkstoelen zijn dat niet. Ze werken contraproductief. Dit type stoelen is ontstaan in de periode van de eerste elektrische schrijfmachines met een bolletje, die een heel hoog toetsenbord hadden. Voor het goed bedienen van deze apparaten was een verlaagd werkblad noodzakelijk. Een goed bureau bestond in die tijd dan ook uit een werkblad op normale hoogte, en haaks daarop een klein gedeelte met een verlaagd werkblad waarop de IBM-schrijfmachine stond. In deze configuratie leek een verrijdbare stoel met een draaibare zitting wel handig. Bovendien is een centrale verticale kolom gemakkelijk in hoogte verstelbaar te maken, en moeten er zelfs extra voorzieningen getroffen worden om hem *niet* draaibaar te maken. De oplossing lag dus voor de hand.

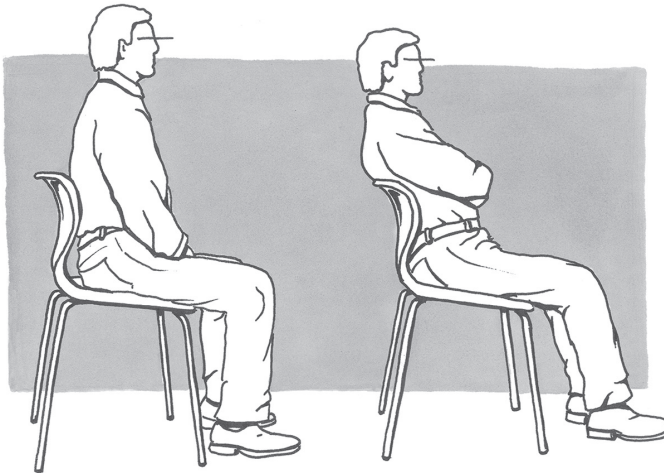
Over de consequenties hiervan voor verantwoord zitgedrag heeft men niet verder nagedacht. Het kunnen draaien van de zitting van bureaustoelen is verplicht gesteld in normblad NEN 1812.



Figuur 3.4 Werksituatie anno 1970.
Bron: Vincent Mentzel/Hollandse Hoogte

Op basis van bovenstaande argumentatie zou dit soort stoelen echter verboden moeten worden, in plaats van via NEN-normen door Arbo-instanties te worden aangeprezen en verplicht!

Actieve zithoudingen hebben een zittinghoek die vrijwel horizontaal is. Dat heeft vooral te maken met de ruimte die gecreëerd moet worden voor de buik, en met het feit dat in een echt actieve houding zonder gebruik van rugleuning er geen wrijvingskrachten tussen zitting en achterwerk ontstaan. Omdat een actieve houding prioriteit heeft in dit soort stoelen en daarom de zitting vrijwel horizontaal zal staan, zullen er bij het achteroverleunen in een stabiele houding wrijvingskrachten in de zitting nodig zijn voor het krachtenevenwicht. Eerder is besproken dat wrijvingskrachten in eerste instantie niet als hinderlijk worden ervaren, maar pas op de langere duur. Het compromis van dit stoelconcept is dus acceptabel. Wel blijkt dat het zitvlak zo stroef moet zijn dat ook daadwerkelijk een wrijvingskracht gerealiseerd wordt, en dat men dus niet het gevoel heeft uit de stoel te glijden wanneer tegen de rugleuning stabiliteit van de romp wordt gezocht.



Figuur 3.5 Voorbeeld van een actieve zithouding en een stabiele houding op dezelfde stoel. In de stabiele houding is wrijving nodig in het zitvlak.

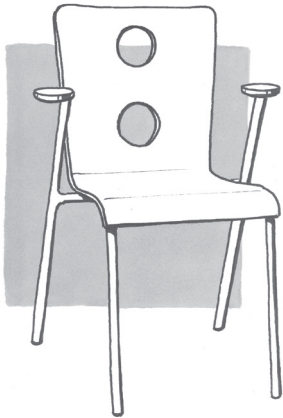
3.2.1 Kantoorstoel

De kantoorstoel is een algemene benaming voor een stoel die op veel verschillende manieren wordt gebruikt. Vanwege het niet-persoonsgebonden gebruik is de maatvoering afgestemd op een gemiddelde gebruiker. De zitting en rugleuning kunnen gestoffeerd zijn, maar kunnen ook bestaan uit niet-gestoffeerde houten of kunststof delen, die meestal enigszins geprofileerd zijn.

De kantoorstoel wordt gebruikt in vergaderzalen, waar men de grootste tijd luisterend doorbrengt en af en toe een aantekening op papier maakt. Of men kijkt naar een scherm om een audio-visuele presentatie te volgen. Deze kantoorstoelen zijn meestal licht gestoffeerd en voorzien van armleuningen. De gebruiksduur kan lopen van een half uur tot wel 3 à 4 uur met een korte onderbreking.

De kantoorstoel wordt ook veelvuldig toegepast in ruimten waar lezingen worden gegeven. Het enige wat men erop doet, is luisteren en kijken. Een gemiddelde gebruiksduur zal al gauw 45 minuten bedragen. Vaak zijn deze stoelen niet gestoffeerd, met een vrij vlakke zitting. Afhankelijk van de luxe van de omgeving hebben deze stoelen armleuningen of niet. Om praktische redenen zijn dit soort stoelen vaak stapelbaar. Ook in kantines of bedrijfsrestaurants kun je dit soort stoelen aantreffen.

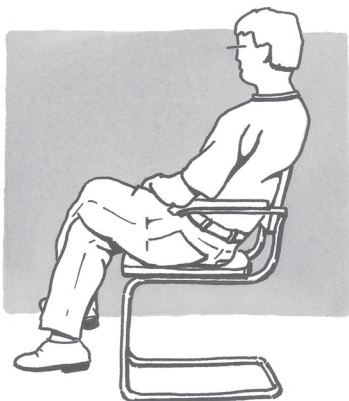
Vrijwel de meeste ontwerpen van kantoorstoelen bieden een actieve zithouding. Ze bieden meestal geen mogelijkheid om de houding te variëren met een anatomisch verantwoorde, stabiele houding, terwijl de meeste tijd van het gebruik luisterend wordt doorgebracht.



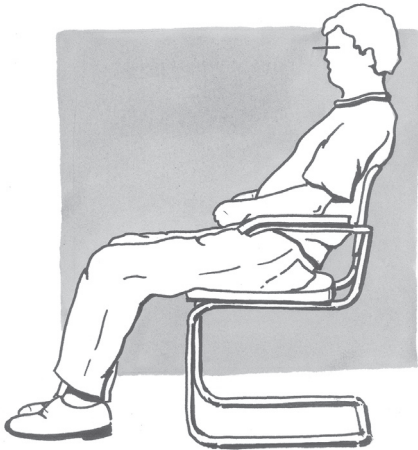
Figuur 3.6 Kantoorstoel met een actieve zithouding, zonder de mogelijkheid tot een houding met een anatomisch verantwoorde stabiliteit.

Op de een of andere wijze proberen mensen in het gebruik zo'n stabiele houding toch op te zoeken wanneer de stoel deze houding niet echt aanbiedt. Men gaat bijvoorbeeld in de hoek tussen rugleuning en armleuning ruimte en steun zoeken om het bovenlijf meer achterover te kunnen brengen.

Of men gaat onderuit zitten en balanceert de romp op de bovenrand van de rugleuning. Niet alleen is er behoefte aan stabiliteit van de romp; er is ook behoefte aan ontspanning van de nek- en schouderspieren. Men probeert, als men dan toch aan het zoeken is, het hoofd in balans op de romp te krijgen wanneer men zit te luisteren.



Figuur 3.7 Op zoek naar ruimte voor een stabiele houding in de hoek tussen armleuning en rugleuning.



Figuur 3.8 In een actieve stoel op zoek naar een stabiele houding, met het hoofd in balans op de romp door onderuit te gaan en actief de lende 'in vorm' te houden.

Vanwege de functie die kantoorstoelen in de praktijk krijgen, zou iedere kantoorstoel een anatomisch verantwoorde stabiele houding moeten aanbieden. Dat wil zeggen: een stoel met een functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) van ten minste 115° .



Figuur 3.9 Een goed voorbeeld van een eetkamerstoel/kantoorstoel is het ontwerp DD 04 met een functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) van 115° .

Vanwege het gemiddeld lange gebruik dient een kantoorstoel te beschikken over een geprofileerde zitting ter verhoging van de drukverdelende eigenschappen. Een gestof-

feerde zitting dient een geprofileerde draagconstructie te hebben, omdat die de zitstabiliteit en de drukverdeling verbetert. Een waterdamp doorlatende stoffering verhoogt uiteraard de vocht- en warmteregulerende eigenschappen van het kussen.

Een goede kantoorstoel kan al deze mogelijkheden in principe bieden. Er zijn geen technische belemmeringen. Het is een kwestie van weten wat er aan de hand is, hoe een dergelijke stoel in de praktijk gebruikt wordt en welke consequenties dat heeft.

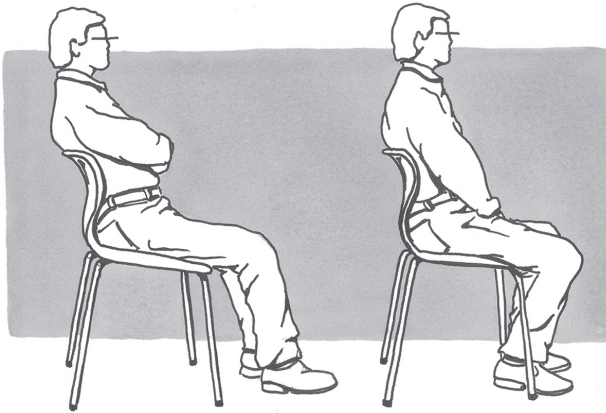
In figuur 3.10 is een oplossing te zien, in de vorm van een kunststof kantoorstoel met een geprofileerde zitting en een rugleuning waarover het mogelijk is de rug als het ware af te rollen over de rugleuning. Men kan zo eenvoudig een comfortabele houding opzoeken.



Figuur 3.10 Kantoorstoel met geprofileerde zitting en een rugcontour volgende rugleuning voor een anatomisch verantwoorde stabiliteit.

De rand aan de voorzijde van de zitting is sterk afgerond, om afknelling van bloedvaten te voorkomen wanneer men zijn benen strekt of wanneer een gebruiker veel kortere of langere onderbenen heeft dan gemiddeld.

In de uitgangspunten voor een ontwerp van een kantoorstoel spelen vele factoren een rol: te gebruiken materialen, fabricagekostprijs, stapelbaarheid, design, *image*, enzovoort. Al deze factoren mogen en kunnen niet voorbijgaan aan de wijze waarop deze stoelen in de praktijk het grootste deel van de tijd gebruikt worden: het verschaffen van stabiliteit. Geen enkele eerder genoemde factor hoeft realisering daarvan in de weg te staan.



Figuur 3.11 Rugcontour volgende rugondersteuning in verschillende houdingen.

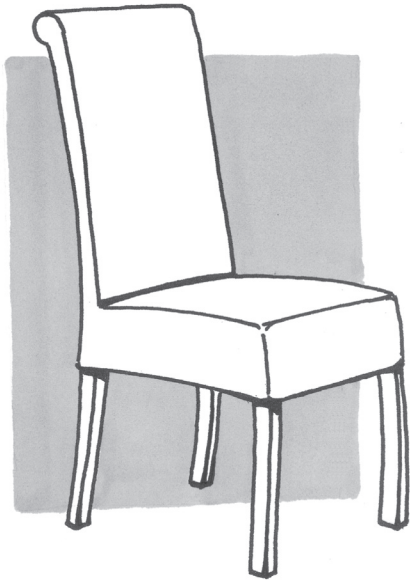
3.2.2 Eetkamerstoel

Een eetkamerstoel is functioneel gezien een kantoorstoel die aan de huiselijke sfeer is aangepast. Ook in deze stoel wordt de meeste tijd converserend en rondkijkend doorgebracht, en is er behoefte aan ontspanning, aan stabiliteit. Die is bij veel eetkamerstoelen echter ver te zoeken. De keuze wordt meer bepaald door design en sfeer, dan door functionaliteit.

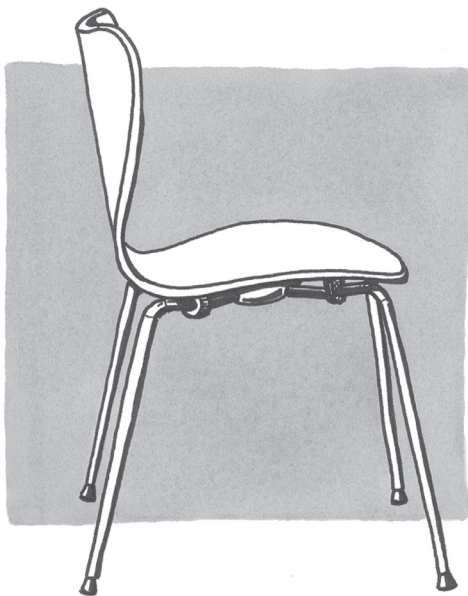
Omdat er nogal wat sferen zijn te definiëren – van Oisterwijks eikenhout tot strak modern en alles wat daartussen ligt – zijn er ook evenzoveel verschillende eetkamerstoelen op de markt verkrijgbaar. Design en sfeer spelen bij het ontwerp een nog grotere rol dan bij de kantoorstoel het geval is. Daar is nog een soort zakelijkheid waar te nemen. Dat is niet het geval bij de eetkamerstoelen' gaat zelfs zover dat de meest onmogelijke stoelen niet alleen worden geproduceerd, maar ook nog worden verkocht.

De trend van 2005 laat rieten eetkamerstoelen zien in '*colonial style*' met een rugleuning die vrijwel recht omhoog staat en boven de schouders uitsteekt. De enige houding die daarin anatomisch verantwoord mogelijk is, is een actieve houding zonder eigenlijk de rugleuning te gebruiken. Een anatomisch verantwoorde stabiliteit is niet te realiseren.

Ook in het bekende en bijzondere ontwerp van Arne Jacobsen uit 1959, de 'vlinderstoel', die zowel als eetkamerstoel en kantinestoel als als algemene kantoorstoel wordt gebruikt, is geen anatomisch verantwoorde stabiliteit te realiseren. De rugleuning is vlak en staat onder een hoek van circa 100° , en er is geen ruimte gecreëerd voor het achterwerk: het steunvlak van de rugleuning snijdt de zitting aan de achterzijde van de zitting. De zittinghoek is circa 3° . De voorzijde van de zitting en de bovenzijde van de rugleuning zijn niet afgerond, maar scherp.



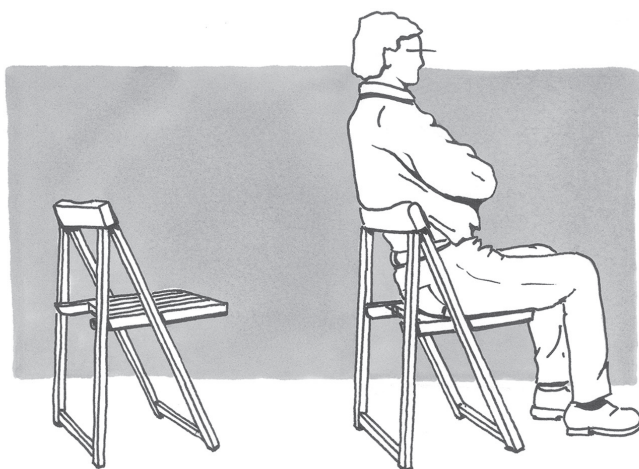
Figuur 3.12 Eetkamerstoel volgens de trend van 2005, met een actieve zithouding en zonder mogelijkheden om een andere stabiliteit te improviseren dan een anatomisch onverantwoorde stabiliteit.



Figuur 3.13 Vlinderstoel van Arne Jacobsen, met een actieve zithouding.

De opmerkingen die bij deze stoel gemaakt zijn, kunnen bij veel eetkamer- en kantoorstoelen gemaakt worden.

De bekende klapstoel van figuur 3.14 uit de jaren '60 biedt weliswaar een beperkt steunvlak aan de rug, maar omdat het afsteunen van de romp vlak boven de lende plaatsvindt en er ruimte is voor het achterwerk, kan de gebruiker zelf een anatomisch verantwoorde stabiliteit opzoeken door de romp boven de rugleuning te positioneren.



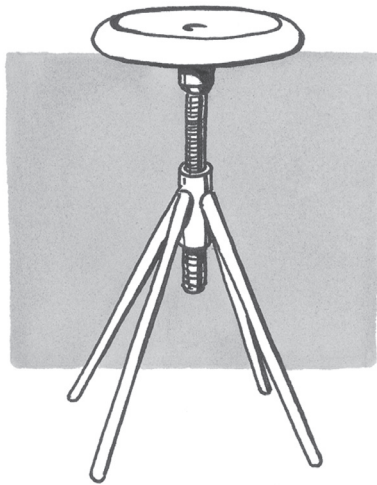
Figuur 3.14 Het zoeken naar stabiliteit van de romp op een lage rugondersteuning door de romp boven op de rugondersteuning te positioneren.

Veel eetkamerstoelen met een relatief lage rugleuning hebben de mogelijkheid om de romp als het ware boven op de rugleuning te positioneren, en op deze wijze stabiliteit te zoeken. Na verloop van tijd zal echter door de hoge druk van het kleine ondersteuningsvlak in de rug een gevoel van discomfort optreden.

3.2.3 Werk(plaats)stoel

De primaire functie van een werkstoel is dat erop gewerkt moet kunnen worden. Verantwoord zittend werken impliceert een totale activiteit van het bovenlichaam in een actieve houding. Een rugondersteuning is hierbij niet nodig en niet gewenst, wel een bewust en daarom goed zitgedrag. De beste oog-handcoördinatie vindt plaats vanaf een *stabiele basis: een zitting die niet ongewild kan roteren, bewegen of zich verplaatsen.*

Veel werk wordt dan ook uitgevoerd vanaf krukken die individueel in hoogte versteld kunnen worden en een gewelfd zitvlak met een goede afronding hebben. Het zitvlak is stabiel en kan niet roteren.



Figuur 3.15 In hoogte verstelbare kruk met geprofileerd zitvlak.

De zogenaamde balanskrukken zijn een aanslag op de knieën. De benen moeten actief stabiliteit genereren om van het bekken een stabiele basis te kunnen maken voor de bewegingen van de romp. Het kniegewricht is daarin de zwakste schakel, omdat het niet is ingericht voor dit soort belasting. Ernstige knieklachten zijn op den duur het gevolg. Figuur 3.16 laat goed zien waarom je op zo'n kruk *niet* kunt werken.

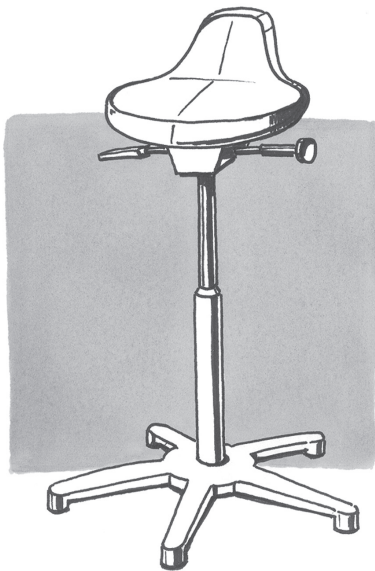


Figuur 3.16 Demonstratie 'balanskruk' in een advertentie.

Andere versies van dergelijke krukken hebben een *'beweegbaar zitvlak, uitgevoerd met een rubber gewricht, en deze volgt de lichaamsbeweging driedimensionaal'*. Los van het antwoord op de vraag of deze eigenschap wel enig doel dient, is deze tekst misleidend. Het zitvlak van de kruk volgt niet de lichaamsbeweging, maar het lichaam brengt door een extra belasting links of rechts het zitvlak in beweging, en brengt op dat moment een labiel evenwicht tot stand van waaruit een handeling verricht moet worden. Wat positief lijkt, is in feite negatief.

Verrijdbare krukken moeten om vergelijkbare redenen zo min mogelijk worden toegepast. Deze krukken kunnen nooit een stabiele basis vormen wanneer het werk een horizontale krachtsuitoefening vereist.

Een bijzondere categorie werkstoelen betreft de stasteun of stazit.

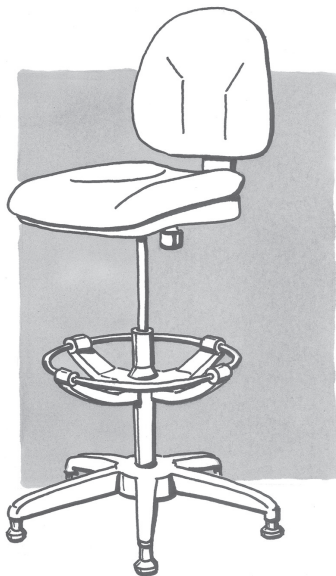


Figuur 3.17 Stasteun met niet-verrijdbaar onderstel.

De stasteun creëert een soort compromis tussen staan en zitten: het is half staan en half zitten. Het geeft aan de staande houding stabiliteit, terwijl knie en heuphoek zich in de comfortzone van de gewrichten bevinden. Door de stand van het bekken wordt de lumbale wervelkolom automatisch in zijn natuurlijke kromme gedwongen. Dit levert een juiste anatomische belasting op van de wervelkolom. De knieën worden minder belast dan bij het staan, maar wel meer dan tijdens het normale zitten. Ze worden wel op een juiste wijze belast. Het gebruik van een stasteun bevordert een goed 'zitgedrag' en geeft aan de zittende houding letterlijk en figuurlijk meer armslag. Uiteraard dient de zitting niet te kunnen roteren of kantelen, en dient de kolom niet te kunnen neigen. *'Flexibel*

zitten dankzij de neigbare zitkolom, met een hellingshoek van 10° is maar in heel weinig situaties functioneel. Ook een Body Balance Sit systeem dat meegaat met al uw bewegingen kan maar in weinig gevallen echt functioneel zijn. De vorm van de zitting zou een kruising moeten zijn tussen een zadel en een zitting, omdat een dergelijk vorm meer grip geeft aan het achterwerk.

Veel stasteunen worden toegepast in situaties waarin de werkhoogte hoger is dan de gebruikelijke tafelhoogte of werkbladhoogte. Voor die situatie zijn ook in hoogte instelbare werkstoelen op de markt met meegaande voetensteun.



Figuur 3.18 In hoogte instelbare werkstoel of tekentafelstoel.

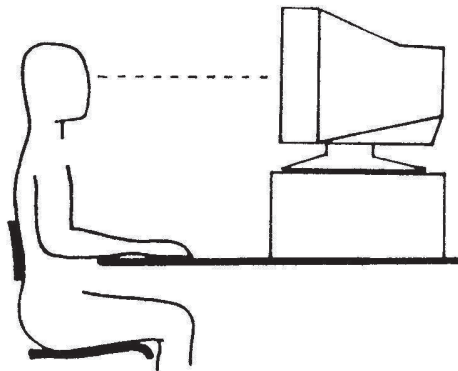
Het nadeel van deze stoelen is dat door een min of meer vaste positie van de voeten op de voertring er weinig variatie in houding mogelijk is, zeker ten opzichte van het alternatief: de stasteun.

Tot slot nog een paar opmerkingen over de gewone werkstoel met rugleuning. Als men activiteiten verricht, handelingen uitvoert, dient dat te gebeuren vanuit een actieve houding waarbij het hele bovenlijf is betrokken. De rugleuning wordt daarbij niet gebruikt, hoogstens als bekkensteun, maar ook dat liever niet. Dat is een kwestie van *bewust zitgedrag*. Daar moet iemand bewust voor kiezen. Alleen op deze wijze zijn lichamelijke klachten op den duur te voorkomen. In pauzemomenten is er behoefte aan ontspanning en dus aan stabiliteit, aan een verantwoorde stabiliteit. Die kan worden verschaft bij een functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi + \alpha$) van ten minste 115°, in feite hetzelfde verhaal als bij de algemene kantoorstoel.

3.2.4 Bureaustoel: het zitten en werken achter een pc

Het werken achter een pc is een bijzondere vorm van werk of liefhebberij. De fascinatie ervoor kan zo groot zijn dat normale waarschuwingsmechanismen voor overbelasting niet opgemerkt worden. Daarin schuilt dan ook een groot gevaar. Het creëren van goede omstandigheden kan de schade beperken of uitstellen, maar de beste preventie is een *bewust* zitgedrag: weten hoe het lichaam belast wordt en dient te worden, en alert zijn op waarschuwingssignalen. De tijdsduur is hier de allesbepalende factor. Afwisseling is het sleutelwoord. Daarnaast kunnen de omstandigheden – opstelling van het beeldscherm, de gebruikte stoel, en inrichting en variatie van de werkzaamheden – zo veel mogelijk geoptimaliseerd worden.

Om gebruikers tot een goede, actieve houding te dwingen dient het midden van het beeldscherm op ooghoogte te staan of op maximaal 10 cm daaronder. Dit bevordert niet allen een actief zitgedrag, maar houdt door een voortdurende *resetting* van de referentie ook het besturingssysteem op orde.



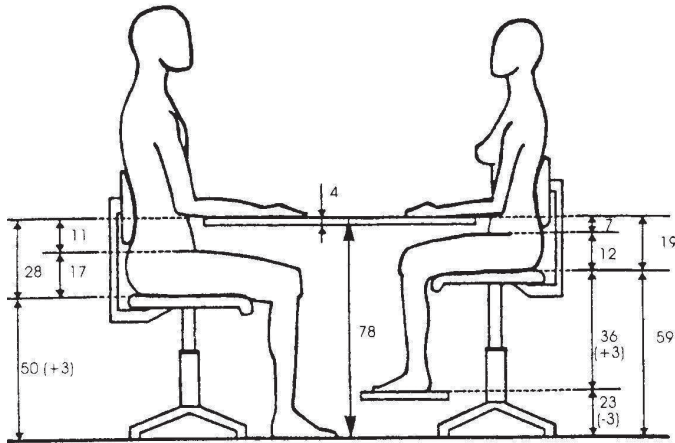
Figuur 3.19 Klassiek plaatje van beeldscherm op ooghoogte, met ondersteuning van de lende. Beter is een actieve houding zonder ondersteuning van de lende.

Overigens is het zo dat in deze houding ook de nek- en schouderspieren veel minder belast worden dan wanneer de hele dag naar een scherm op ‘laptop-niveau’ wordt gekeken.

Zoals eerder beschreven moet het bedienen van de muis als een fijnmotorische top-prestatie worden gezien, waar noodzakelijkerwijs het hele bovenlichaam in betrokken dient te zijn. De houding is dus – *bewust* – actief, waarbij de rugleuning niet wordt gebruikt anders dan als bekkensteun (maar ook dat liever niet).

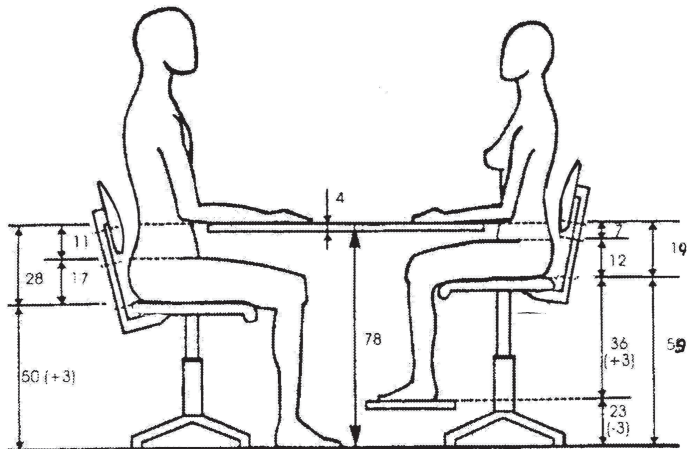
De eerder gemaakte opmerkingen over de zitting als *stabiele basis* gelden uiteraard ook hier. Bewuste bewegingen moeten geen niet-gewilde bewegingen tot gevolg hebben. Dat doet een aanslag op het besturingssysteem en is onnodig vermoeiend voor het motorische apparaat. Dus geen verrijdbare stoelen en roterende zittingen.

Een individuele zithoogte en werkhoogte zijn zeer gewenst. Mensen hebben wel (min of meer) dezelfde houdingen, maar niet dezelfde maten.



Figuur 3.20 Een 'klassieke' 90%-oplossing voor werkmeubilair, maten in cm volgens Dined, 1986.

Figuur 3.20 geeft de 'klassieke' ondersteunde werkhouding aan zoals die in boekjes is te vinden en in feite door niemand als zodanig uitgevoerd wordt. Beter is het de voorstelling van zaken te geven zoals die in figuur 3.21 wordt gepresenteerd. Of deze in de praktijk ook zo wordt uitgevoerd, hangt af van de mate waarin men zich bewust is van zijn zitgedrag.



Figuur 3.21 Verbeterde benadering van figuur 3.20, waarin actief wordt gewerkt en ontspannen kan worden gepauzeerd in een stabiele houding.

Een actieve houding zal men afwisselen met een meer ontspannen houding. Dat kan gedurende een 'nadenkpauze', tijdens het telefoneren of gedurende een collegiaal gesprek. Een goede rugondersteuning biedt die mogelijkheid, doordat men de rug kan afwikkelen over de rugleuning totdat stabiliteit wordt verkregen. Door de bijna horizontale zitting zijn in deze ontspannen houding wrijvingskrachten in het zitvlak nodig voor het krachtenevenwicht. Zonder die wrijvingskrachten zou men immers uit de stoel glijden. Eerder is aangetoond dat deze belasting op het lichaam nauwelijks van invloed is op de momentane comfortbeleving, en pas na enige tijd tot discomfort leidt. Bij het veronderstelde gebruik van deze stoel is dat acceptabel.

Een goed afgestelde individuele zithoogte zorgt ervoor dat het bekken met weinig moeite actief in een goede rechtopstand gehouden kan worden. De stand van het bekken bepaalt naar boven toe de vorm van de wervelkolom. Een te ver achterover gekanteld bekken vlak de natuurlijke vorm van de lende af en belast deze meer. Wanneer de zithoogte te laag is, kost het door de stand van bovenbenen en/of onderbenen meer moeite het bekken in de goede stand te houden. Liever de zithoogte dus iets te hoog dan iets te laag. Een goed afgestelde zittinghoogte is een belangrijke voorwaarde voor een goed zitgedrag.

De zittinghoek is, vanwege de stimulering van het actieve zitten, vrijwel horizontaal. Aan de voorzijde is de zitting afgerond, zodat een voldoende hoge zithoogte kan worden ingesteld zonder dat deze leidt tot afknelling van de bovenbenen.

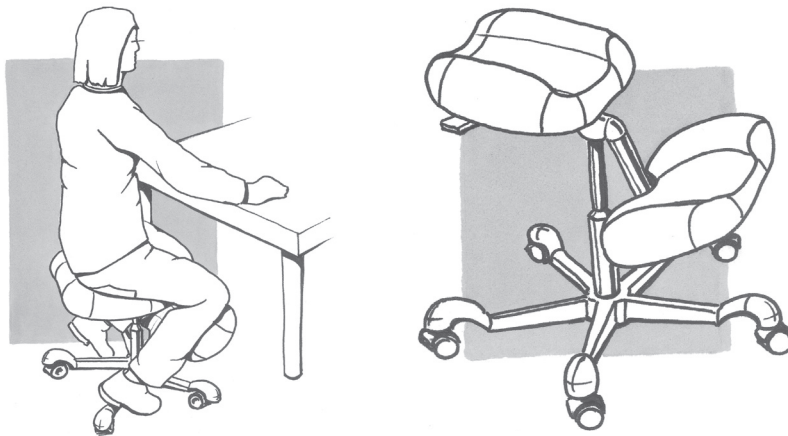
De zitting is geprofileerd naar de vorm van het achterwerk om een betere drukverdeling te krijgen. Het zitcomfort wordt verder verhoogd wanneer de zitting is bekleed met een dunne laag schuim, afgedekt door een cover met een zekere mate van vocht- en warmteregulatie.

3.2.5 Kniestoel

Een geheel andere manier van zitten bieden stoelen waarvan de zitting sterk naar voren neigt en het afglijden naar voren toe tegengehouden wordt door ondersteuning van de knieën: de zogenaamde kniestoel of balansstoel. De gedachte hierachter is dat de houding in deze stoel door de grotere heuphoek en door de helling van de zitting naar voren vanzelf leidt tot een natuurlijke vorm van de lumbale wervelkolom tijdens het zitten, doordat het bekken min of meer gedwongen wordt in de goede stand te gaan staan.

Hoewel deze gedachten tot op zekere hoogte juist blijken te zijn, heeft dit stoelconcept toch meer nadelen dan voordelen. Onderzoek wijst uit dat een betere kromming van de lende in de praktijk niet wordt bereikt als gebruikers het zitgedrag daartoe niet vertonen. Hoewel dit minder moeite kost, gaat het bekken niet automatisch in de goede stand staan; men moet zich daarvan bewust zijn en men moet het bewust willen, zoals op iedere actieve stoel.

De houding in een kniestoel biedt weinig mogelijkheden tot variatie of tot verzitten, en leidt tot een weinig comfortabele, statische belasting van de knieën. Het opstaan en gaan zitten wordt als lastig ervaren. Zoals zo vaak blijkt hier het middel erger te zijn dan de kwaal.



Figuur 3.22 Kniestoel.

Een stoel met een stabiel, niet-draaibaar zitvlak kan uitnodigen om ook eens, ter afwisseling, een soortgelijke 'balanshouding' aan te nemen, door de stoel op twee poten naar voren te kantelen of zelf naar voren te schuiven naar de voorzijde van de zitting en de heuphoek te vergroten.



Figuur 3.23 Balanshouding op een stabiele stoel met een stabiel steunvlak, als variatie van de houding in een natuurlijk zitgedrag.

3.3 Semi-actieve stoelen en ruststoelen

Kenmerkend voor deze stoelen is de stabiele houding die ze bieden of zouden moeten bieden bij activiteiten waarbij de blik de meeste tijd horizontaal is. Men converseert in een fauteuil, kijkt tv op de bank en rijdt auto of reist in een vliegtuig naar een verre bestemming, de tijd afwisselend lezend en rustend doorbrengend.

De gebruiksduur per keer van deze meubels is relatief lang. Om die reden beogen deze meubels de gebruiker zo veel mogelijk comfort te bieden.

Helaas is de gangbare praktijk dat men denkt dat comfort te bereiken is door het gebruik van (veel) zachte kussens. Dat is echter een ernstig misverstand. Comfort begint ook hier bij een goede houding, waarbij de romp een anatomisch verantwoorde stabiliteit krijgt en het hoofd al dan niet in balans op de romp staat ter ontspanning van nek- en schouderspieren.

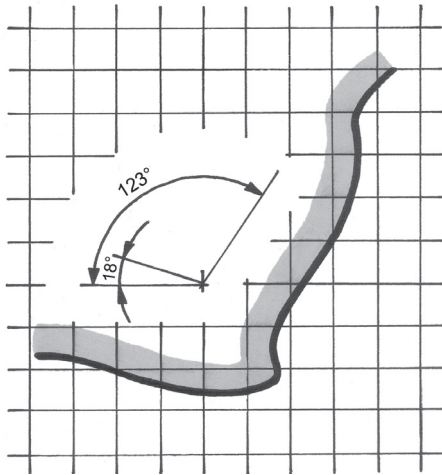
Hoewel deze meubels in de houding die ze aanbieden veel op elkaar lijken, zijn er in de praktijk toch een aantal nuances waar te nemen, die hierna in afzonderlijke paragrafen worden besproken.

3.3.1 Fauteuils en banken

In een fauteuil kijkt men tv, praat men met elkaar of leest men een boek.

De meest ontspannen houding om televisie te kijken is een anatomisch verantwoorde stabiele houding, waarbij het hoofd in balans op de romp staat: de individuele voorkeurshouding. De functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi + \alpha$) moet dan in de buurt van de 123° liggen en er moet in de rugondersteuning ruimte zijn voor het achterwerk. Kortom: het eerder getoonde profiel dat door Grandjean is ontwikkeld voor mensen met rugklachten, is een goed algemeen profiel voor dit soort meubels, omdat het voldoet aan de algemene voorwaarden voor een verantwoorde stabiliteit en een houding aanbiedt waarbij het hoofd in balans op de romp staat. Ook de onderlinge verhouding tussen de zithoek: hoek α en de zittinghoek: hoek φ is zodanig dat geen wrijvingskrachten in het zitvlak zullen ontstaan voor het tot stand komen van het krachtenevenwicht. De belaste rugleuning boven de lende snijdt virtueel de zitting tussen de plek waar de tubera zich bevinden en de achterzijde van de zitting. Op deze wijze ontstaat er ruimte voor het achterwerk en voor de mogelijkheid tot een individuele kromming van de wervelkolom.

In dit boek wordt dit profiel van Grandjean, mede op basis van de eigen onderzoeksresultaten, dan ook gepromoveerd tot een *algemeen* basisprofiel voor zitondersteuning die een houding nastreven met een ontspannen stand van het hoofd op de romp. Fauteuils en banken behoren tot deze categorie, en zouden aan deze uitgangspunten moeten voldoen.



Figuur 3.24 Algemeen basisprofiel voor een fauteuil met hoofdsteun in een rooster van 10 x 10 cm naar Grandjean.

De gewenste hoeken moeten uiteraard onder belasting tot stand komen. Dat betekent in de praktijk dat, ten gevolge van individuele verschillen zoals zitgewicht en zitoppervlak, er kleine verschillen in gerealiseerde houdingen zullen optreden. Die zijn mede afhankelijk van de constructieve opbouw van de fauteuil. Een onvervormbare draagconstructie, afgedekt met een laag schuim, zal gemiddeld genomen dichterbij de gewenste houding komen dan verende draagconstructies in rug en zitting op basis van bijvoorbeeld no-sag-veren of rubberen singels.

In het basisprofiel is de hoofdondersteuning gehandhaafd. Niet iedere fauteuil hoeft uiteraard een hoofdsteun te hebben, maar als er eentje is gepland, dan op deze wijze. Zoals eerder besproken heeft het ondersteunen van het hoofd wanneer men actief om zich heen kijkt, geen zin. Het massamiddelpunt van het hoofd ligt immers 20° vóór zijn kantelpunt. Stabiliteit krijgt het dus pas als het 20° achterover gekanteld is en men de blik naar het plafond richt: men trekt zich terug en sluit de ogen. Het basisprofiel geeft deze mogelijkheid.

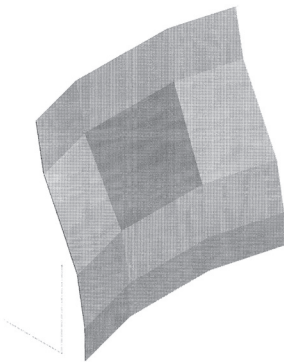
Het comfort kan vanuit deze houding vergroot worden door een zo groot mogelijk ondersteunend oppervlak te creëren. Dat levert immers de laagste – gemiddelde – druk op. Het profiel in dwarsrichting moet daartoe zo goed mogelijk aansluiten aan het dwarsprofiel van het lichaam. Vorm van de draagconstructie onder belasting, de kwaliteit van het gebruikte schuim alsmede de soepelheid van de bekledingsstof spelen hierin een doorslaggevende rol.

Het gebruik van kussens is in een goede fauteuil niet nodig en daarom niet gewenst. Eigenlijk is het een soort zwakgebod wanneer kussens nodig zijn om comfort in de houding te realiseren.



Figuur 3.25 Prototype fauteuil met een belaste zithouding volgens het algemene basisprofiel en met eenmalig instelbare zitdiepte en lumbaalhoogte.

De fauteuil van figuur 3.25 heeft een geprofileerde draagconstructie van de rugleuning. Vorm en constructie zijn weergegeven in figuur 3.26. Het donkere gedeelte is het deel dat het centrale gedeelte van de rug boven de lende ondersteunt en de basis vormt van de stand van de romp in de ruimte.



Figuur 3.26 Geprofileerde draagconstructie van de rugleuning van de fauteuil van figuur 3.25. Het donkere gedeelte steunt het deel van de rug boven de lende.

Het zitvlak heeft eveneens een geprofileerde draagconstructie in een – abstracte – vorm van het achterwerk. Dit verbetert de drukverdeling en bevordert een goede zitstabiliteit.

Een goede vocht- en warmteregulatie zal verder het gevoel van comfort verhogen. Bij toepassing van schuim als drukverdelend medium zal dit moeten worden voorzien van een toplaag met een open structuur.

De armleuningen bij het ontwerp van figuur 3.25 zitten op een goede hoogte, zodat de armen effectief worden ondersteund. Daarmee ontlasten ze de druk op het zitvlak en verhogen ze het comfort.

Het beoordelen van de zitkwaliteiten van een fauteuil kan vrijwel nooit op het oog gebeuren. Het gaat er immers om wat de fauteuil in belaste toestand oplevert. Designoverwegingen kunnen een onbelaste vorm ambiëren die in belaste vorm het juiste profiel, de juiste houding geeft. Een ontwerper kan immers zeer zachte schuimen gebruiken om een bepaalde uiterlijke vorm te realiseren die in belaste toestand toch de goede houding genereert.

De verzitmogelijkheden in een fauteuil zijn, vanwege de beperkte beschikbare ruimte op de zitting, gering. Een kleine variatie van houding is mogelijk wanneer men in de hoek van rugleuning en armleuning gaat zitten. Veelal ziet men mensen de benen over elkaar slaan en als houdingsverandering hierin na verloop van tijd een wisseling aanbrengeen.

Het is niet per se noodzakelijk fauteuils met veel schuim te stofferen om een comfortabele zitondersteuning te creëren. Ervaringen met het ontwerp DD 07 van figuur 3.27 laten zien dat houding verreweg het belangrijkste is in het krijgen van een goed comfortgevoel. In deze fauteuil zijn als het ware de verschillende delen van de rug die ondersteund moeten worden, gemarkeerd door afzonderlijke ondersteuning. Het middengedeelte bepaalt de stand van de romp in de ruimte. Het ontwerp is geïnspireerd door de ontwerpen van Gispén en daarop een functioneel commentaar.



Figuur 3.27 Prototype DD 07 uit 2005.

Fauteuils met een draagconstructie op basis van weinig rekbare singels hebben het vermogen zich gemakkelijk aan individuele details aan te passen.



Figuur 3.28 Prototype fauteuil uit 2005, met een draagconstructie van gevlochten autogordelbanden met een functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) van 123° .

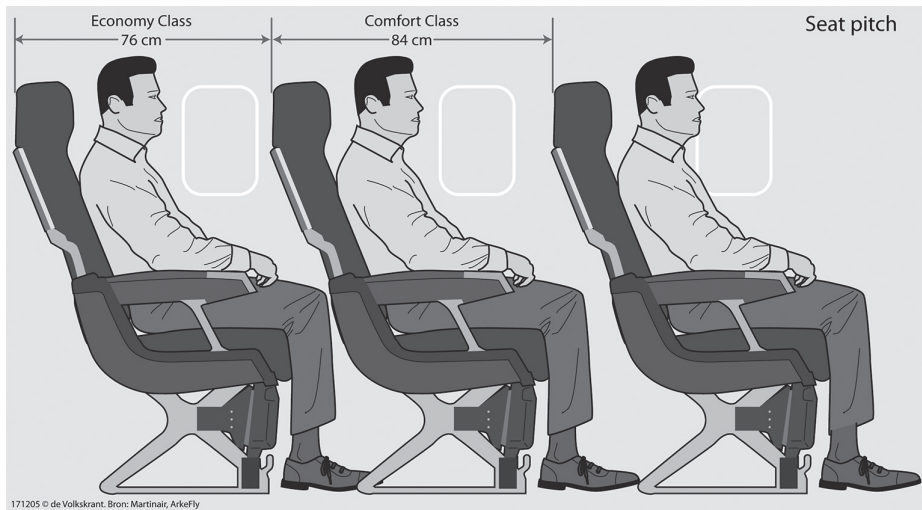
Tot slot nog een enkele opmerking over het in en uit de stoel komen. Om wrijvingskrachten in de zitting te voorkomen, heeft de belaste zitting een zekere hoek naar achteren. Dit kan het uit de stoel komen bemoeilijken. Met name ouderen kunnen daar moeite mee hebben. Armleuningen op de juiste hoogte die ver naar voren doorlopen en een gladde stof op de zitting, helpen dit probleem te verminderen.

3.3.2 Stoelen in treinen en vliegtuigen

Lang achter elkaar zitten druist in tegen de menselijke natuur. Het lichaam is niet ingericht op langdurige statische belasting. Als het dan toch moet omdat het niet anders kan, zullen de omstandigheden optimaal moeten zijn, om het toch comfortabel te maken. Uiteraard is ook hier een bewust zitgedrag, of misschien liever een bewustzijn van 'hoe en hoe lang er gezeten wordt', van eminent belang.

Tijdens een vliegreis leest men wat, krijgt men een maaltijd geserveerd, kijkt men tv op een klein beeldscherm vlak voor zich of probeert men wat te slapen. De vliegtuigmaatschappij is er daarbij alles aan gelegen dat zo min mogelijk ruimte wordt ingenomen, om de prijs van het ticket scherp te kunnen houden. Voor de constructie van de stoel geldt bovendien dat deze niet zwaar mag zijn en moet voldoen aan allerlei veiligheidsei-

sen. Voorwaar een niet geringe opdracht voor een ontwerper. Hier wordt uitsluitend gefocust op functionaliteit.



Figuur 3.29 Economische opstelling vliegtuigstoelen (illustratie: Volkskrant. Bron: Martinair, Arkefly).

Vanwege de activiteiten die men in een vliegtuigstoel uitvoert, moet deze stoel zowel de eigenschappen hebben van een kantoorstoel als van een fauteuil. De basis is een stabiele houding, die ontstaat bij een functionele rugleuninghoek van 115° . In deze houding wordt gegeten en leest men een tijdschrift. De stoel wordt circa 8° achterover gekanteld naar 123° om tv te kijken of een gesprek te hebben met de burens. In deze houding kan men het hoofd circa 20° achterover laten kantelen tegen een hoofdsteun aan om te rusten. In huidige vliegtuigstoelen is dat vaak niet mogelijk en moet men *actief* het hoofd tegen de steun houden, omdat de hoofdsteun te dichtbij zit. In zo'n houding kan men natuurlijk onmogelijk slapen, welke kussentjes er ook worden bijgeleverd.

Over het algemeen kan men zeggen dat hoe kritischer de gebruiksomstandigheden zijn – en langdurig moeten zitten is kritisch – des te optimaler de zitondersteuning moet zijn. Dat betekent ook dat zo veel mogelijk tegemoet gekomen moet worden aan individuele kenmerken, met name met betrekking tot de rugondersteuning. De rugondersteuning dient ruimte te bieden aan het achterwerk en de ondersteuning van de rug boven de lende dient idealiter in de lende te beginnen. Een individuele instelmogelijkheid van de hoogte van de rugondersteuning boven de lende zou zeer comfortverhogend werken, mits goed gebruikt, anders kon het middel wel eens erger zijn dan de kwaal.

Uiteraard dienen ook de verhouding tussen de rugleuninghoek en de zittinghoek goed te zijn, zodat wrijvingskrachten voor het krachtenevenwicht in de zitting worden voorkomen. De illustratie van figuur 3.29 lijkt daar overigens niet aan te voldoen.

Tot slot: drukverdeling en vocht- en warmteregulatie dienen optimaal te zijn. Dat spreekt van zelf.

3.3.3 Autostoelen

Het kenmerk van autorijden is dat men voortdurend de ogen op de weg heeft. De blik is permanent op de horizon gericht, en men kiest bijna vanzelf een houding waarbij het hoofd in balans op de romp staat, en nek- en schouderspieren zo veel mogelijk ontspannen zijn. Dit is in feite de houding die de referentie levert aan het neurofysiologische besturingssysteem. Een idealer vertrekpunt voor een houding is er bijna niet, en dit is waarschijnlijk de belangrijkste reden waarom men deze houding zo lang achter elkaar kan volhouden.

Autostoelen zijn instelbaar gemaakt, om individueel een comfortabele houding op te kunnen zoeken. De rugleuning is meestal traploos in hoek verstelbaar. Hoe luxer de auto, des te meer individuele instelmogelijkheden er zijn.

De houding die men in een auto zou moeten kunnen opzoeken, is de individuele voorkeurshouding. Deze houding heeft een functionele rugleuninghoek van om en nabij de 123° wanneer de rug individueel wordt ondersteund. Is dat niet het geval – de rugleuning is vlak – dan zal een grotere spreiding in de functionele rugleuninghoek te vinden zijn. Autostoelfabrikanten zouden er goed aan doen hun inspanningen meer te richten op de individuele ondersteuningsmogelijkheden van de rug dan op de verstelling van de stand van de rugleuning die toch ongeveer 123° zal zijn.

Vanuit dit uitgangspunt en vanuit deze uitgangshouding dienen door de autodesigners de bediening van stuur en pedalen en de bereikbaarheid van dashboardknoppen geoptimaliseerd te worden. In auto's waarin deze uitgangspunten in deze volgorde niet zijn gehanteerd, is de kans groot dat de noodzakelijke bediening van stuur en pedalen de gewenste zithouding negatief zal beïnvloeden.

Wanneer men individueel in een gegeven auto de autostoel wil instellen, doet men er goed aan de stoel eerst helemaal naar achteren te verplaatsen, hem dan comfortabel in te stellen alsof men door de voorruit tv gaat kijken, en daarna de consequenties voor de bediening van stuur en pedalen te bezien door de stoel weer naar voren te schuiven.

De zitting van autostoelen is over het algemeen vrij stevig. Dit geeft het bekken een goede zitstabiliteit, waardoor het bekken een stabiele basis is voor de wervelkolom. In dwarsrichting zijn de zitting en rugleuning geprofileerd, en geven ze een zijdelingse steun aan de bovenbenen en romp.

Uiteraard dragen een goede vocht- en warmteregulatie van zitting en rugleuning bij aan het comfort op lange ritten.



Figuur 3.30 De individuele voorkeurshouding met het hoofd in balans op de romp als zithouding in een auto met een functionele rugleuninghoek: hoek $(\varphi+\alpha)$ van circa. 123° .

3.4 Samenvatting en conclusies

Analyse van het zitgedrag laat zien dat mensen steeds ontspanning zoeken zodra dat mogelijk is. Ontspanning ontstaat in een stabiele houding waarin weinig spierkracht nodig is om die te handhaven. Het menselijk lichaam is in staat een stabiele houding te creëren die in de lage rug weinig spierkracht vergt. Men bolt de rug naar achteren in kyfose en men 'hangt' in de eindposities van de lumbale wervels, die door ligamenten bij elkaar gehouden worden. Deze vorm van stabiliteit is onwenselijk vanwege de grote, eenzijdige belasting van de tussenwervelschijven en de grote belasting van de ligamenten. Dit soort stabiliteit is een *anatomisch onverantwoorde stabiliteit* genoemd.

Biomechanisch gezien ontstaat stabiliteit in een houding waarbij de rug zodanig ondersteund wordt dat het gezamenlijke massamiddelpunt van romp, hoofd en armen zich op of achter de lumbale wervelkolom bevindt. Deze stabiliteit blijkt te beginnen bij een stand van de romp in de ruimte van 115° , gedefinieerd als de functionele rugleuninghoek: hoek $(\varphi+\alpha)$. Naarmate deze hoek groter wordt, wordt de stabiliteit groter. Deze hoek is niet individueel bepaald, maar geldt min of meer voor iedereen. Deze stabiliteit is een *anatomisch verantwoorde stabiliteit*, omdat de wervelkolom op een goede

wijze wordt belast. De beste belasting ontstaat wanneer de wervelkolom zodanig individueel wordt ondersteund dat hij zijn eigen natuurlijke kromming kan aannemen.

Stoelen en meubels dienen te worden ontworpen om activiteiten die zittend worden uitgevoerd, te ondersteunen. Er is bijna geen enkele activiteit te bedenken die permanent een actieve houding verlangt; bij de meeste activiteiten wordt een actieve houding afgewisseld met een ontspannen, stabiele houding. 'Actieve' stoelen, zoals de meeste kantoorstoelen, eetkamerstoelen, werkstoelen en bureaustoelen, dienen daarom een rugondersteuning te verschaffen waarin een anatomisch verantwoorde stabiliteit is te realiseren. Daarnaast vereist een actieve houding voor een 'actieve' activiteit een vrijwel horizontale zitting: hoek φ is maximaal 3° . Deze hoek is te klein om in de ontspannen stabiele houding wrijvingskrachten in het zitvlak te voorkomen. Dit stoelconcept moet dan ook gezien worden als een noodzakelijk compromis. Het ervaren van wrijvingskrachten in het zitvlak staat evenwel niet hoog in de hiërarchie van comfortbeleving. Het gevoel eruit te glijden wordt wel direct als hinderlijk ervaren. Deze stoelen dienen dan ook – bij uitzondering – te worden voorzien van zittingen die bewust een beetje stroef zijn. Handelingen worden motorisch gezien gecompliceerder wanneer ze onbedoelde bewegingen tot gevolg hebben. Dit geldt niet alleen voor het besturingssysteem, maar ook voor het motorisch systeem. Handelingen vanuit een zittende houding gebeuren dan ook het meest nauwkeurig en het gemakkelijkst, wanneer ze uitgevoerd worden vanaf een stabiele basis. Een zitting dient zo'n *stabiele basis* te zijn. Draaibare zittingen van bureaustoelen en werkstoelen zijn dat niet. Ze werken contraproductief. Bij langdurig gebruik van 'actieve' stoelen is een individueel in te stellen zithoogte gewenst.

Stoelen en meubels die zijn ontworpen voor activiteiten waarin de blikrichting de meeste tijd horizontaal is, zoals het voeren van een gesprek, tv kijken, autorijden en dergelijke, dienen gebaseerd te zijn op de *kenmerken van de individuele voorkeurshouding*. Deze houding wordt bepaald door de stand van het hoofd in balans op de romp, en wordt als zeer comfortabel ervaren, omdat de nek- en schouderspieren in deze houding de minste inspanning hoeven te leveren. In tegenstelling tot wat men zou verwachten, blijkt de individuele voorkeurshouding niet zo individueel te zijn. De individuele voorkeurshouding heeft gemiddeld een stand van de romp in de ruimte van om en nabij de 123° . Dus hoek $(\varphi + \alpha)$ is circa 123° . Voor een goed krachtenevenwicht zonder wrijvingskrachten in de zitting is de zittinghoek: hoek φ daarbij 18° en de zithoek: hoek α is 105° . Fauteuils en banken, maar ook autostoelen en vliegtuigstoelen, dienen aan deze uitgangspunten te voldoen. De rugondersteuning dient zo ontworpen te zijn dat de rug zijn eigen, natuurlijke kromming kan aannemen. Naarmate men langduriger van de stoel gebruik maakt, is een individuele afstelling van de rugondersteuning in hoogte ten opzichte van het diepste punt van de lende gewenst.

Bij het realiseren van een zithouding spelen de eigenschappen van het zitkussen en de rugondersteuning een belangrijke rol. De zithoudingen zijn immers in belaste toestand gedefinieerd. Kussens zorgen als het ware voor de fijnafstelling van die houding. Afhankelijk van hun constructie drukken kussens op een bepaalde manier in, onder

invloed van de belasting. Het primaire doel van de indrukking van kussens is evenwel te zorgen voor een goede drukverdeling. Dit is de verdeling van de belasting over het belaste oppervlak van achterwerk of rug. Hoe groter het belaste oppervlak, des te lager de – gemiddelde – druk. Bij kussens op basis van schuim speelt de vorm van de draagconstructie een belangrijke rol bij het verdelen van de belasting. Hoe meer die de vorm heeft van het achterwerk, des te beter de drukverdeling. Uiteraard wordt bij dun gestoffeerde stoelen de vorm van de draagconstructie nog belangrijker.

Naast drukverdeling zorgen kussens voor vocht- en warmteregulatie. Een slechte vocht- en warmteregulatie wordt bij langdurig gebruik als oncomfortabel ervaren.

Hoofdstuk

4

Zitten en zitgedrag in rolstoelen

In voorgaande hoofdstukken is het zitgedrag van mensen waargenomen, geanalyseerd en verklaard, en zijn conclusies getrokken ten aanzien van de gewenste eigenschappen van verschillende typen meubels. Zitgedrag blijkt goed te verklaren met behulp van neurofysiologische, fysiologische en biomechanische beschouwingen. Een belangrijke conclusie is dat specifieke zithoudingen van mensen meer met elkaar gemeen hebben dan men in eerste instantie zou verwachten.

De houding die mensen stabiliteit geeft, blijkt te *beginnen* bij een functionele rugleuninghoek: $\text{hoek}(\varphi+\alpha)$ van 115° . Deze hoek is biomechanisch eenvoudig te verklaren en voor iedereen geldig.

De individuele voorkeurshouding blijkt minder individueel te zijn dan men zou veronderstellen, wanneer althans de rug individueel ondersteund wordt. Het hoofd staat in deze houding in balans op de romp, met de blik op de horizon gericht. Deze houding geeft de optimale spanningsverhoudingen in nek- en schouderspieren, resulterend in een gevoel van ontspanning. De stand van de romp in de ruimte is hierbij rond de 123° .

In een combinatie van biomechanische en (neuro)fysiologische analyses kan deze specifieke houding goed begrepen worden.

Op basis van deze verklaringen zijn consequenties getrokken ten aanzien van het ontwerp en gebruik van verschillende typen stoelen bij verschillende activiteiten in verschillende situaties. Ook zijn suggesties gedaan hoe zitgedrag positief is te beïnvloeden door optimalisatie van zithoudingen en optimalisatie van de werksituatie. De hoogte van het beeldscherm van een pc blijkt bijvoorbeeld van grote invloed op het zitgedrag, zoals eerder is beschreven.

Dit hoofdstuk gaat over mensen die voor hun mobiliteit aangewezen zijn op rolstoelen en al hun activiteiten noodzakelijkerwijs zittend en vanuit de rolstoel moeten uitvoeren. In de kern is een rolstoel een rol-stoel, een stoel met wielen. Zo zagen de eerste rolstoelen er dan ook uit.



Figuur 4.1 Rol-stoel. Bron: Stichting Humanitas Rotterdam.

Wat heeft het rijden in een rolstoel voor invloed op de zithouding? Op welke houding zou een zithouding in een rolstoel moeten lijken: op die van een eetkamerstoel, een kantoorstoel, een bureaustoel, een autostoel of een fauteuil? Of op geen van deze zithoudingen, omdat het zitten in een rolstoel iets heel specifiek is en men om bijzondere redenen gebruik moet maken van deze voorziening?

Interessante vragen, waarvan de beantwoording noodzakelijkerwijs begint met een beschouwing over de specifieke kenmerken van rolstoelgebruikers en de mate waarin ze afwijken van niet-rolstoelgebruikers.

4.1 Analyse van rolstoelgebruikers

Van alle volwassen rolstoelgebruikers moet circa 95% van een rolstoel gebruikmaken vanwege de gevolgen van een ziekte, ouderdom of een ongeval; circa 5% heeft een aangeboren aandoening. Dit is een belangrijke constatering. Immers, 95% van de rolstoel-

gebruikers heeft behoord tot de groep mensen van wie het zitgedrag in vorige hoofdstukken uitgebreid is beschreven en verklaard. Zij hebben een normale motorische ontwikkeling doorgemaakt en behoren antropometrisch gezien tot de ‘normaal verdeelde’ populatie.

Het biomechanisch model dat gebruikt is om een deel van het zitgedrag te verklaren, is op deze groep toepasbaar, en er is geen reden te veronderstellen dat biomechanische verklaringen met behulp van dit model voor deze groep niet geldig zijn. Dat betekent dat stabiliteit van de romp op eenzelfde wijze tot stand komt en anatomisch verantwoord gerealiseerd wordt als eerder is beschreven. Bedoelde stabiliteit begint bij een functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) van 115° , wanneer de in dit boek ontwikkelde definities voor zithouding worden toegepast.

De vraag is in welke mate de individuele voorkeurshouding met het hoofd in balans op de romp door het functieverlies wordt beïnvloed, en hoe daarmee moet worden omgegaan. Voor het verklaren van de individuele voorkeurshouding wordt gebruikgemaakt van biomechanische, (neuro)fysiologische beschouwingen, die voornamelijk betrekking hebben op het hoofd-halsgebied. Passieve oprekking van nek- en schouderspieren in de individuele voorkeurshouding zorgen voor een compenserend moment, zodat het hoofd in balans op de romp kan staan met weinig aan te wenden spierkracht. Dit mechanisme is plaatsgebonden en staat los van functieverlies elders in het lichaam.

De stand van het hoofd in balans op de romp is de neurofysiologische referentie voor het besturingssysteem. Ook in de zithouding wordt het lichaam aangestuurd door het besturingssysteem. Hoe beter de input, des te beter de referentie en des te beter de aansturing. Omdat het besturingssysteem een zelflerend en zichzelf onderhoudend systeem is, is ook een ‘goede’ – aangeboden – zithouding een belangrijke – lerende – input voor het besturingssysteem. Het aanbieden c.q. het zelfstandig kunnen realiseren van een individuele voorkeurshouding is dus een voorwaarde voor het op peil houden van de kwaliteit van het besturingssysteem, juist bij een functieverlies dat dat in de weg staat.

Hiermee is vastgesteld dat alle verklaringen die eerder zijn ontwikkeld bij de analyse van normaal zitgedrag eveneens geldig zijn voor rolstoelers met een functieverlies ten gevolge van een ongeval, ziekte of ouderdom. In hun geval is er reden om hier nog zorgvuldiger mee om te gaan dan in het normale zitgedrag, omdat een en ander door het gedwongen zittend functioneren en de oorzaken daarvan veel kritischer is.

Blijft over de groep rolstoelgebruikers die met een aandoening geboren is. Deze groep kan een afwijkende lichamelijke ontwikkeling doormaken of doorgemaakt hebben, waardoor de algemene *uitkomsten* voor een stabiele houding en voor de individuele voorkeurshouding niet geldig zijn. De benaderingen en redeneringen die eraan ten grondslag liggen, zijn echter wel geldig. De houding kan *mutatis mutandis* modelmatig op eenzelfde manier beschouwd en geanalyseerd worden als eerder besproken.

Bij de realisering van stabiliteit zal ook hier een modelmatig scharnierpunt in de lage rug aan te wijzen zijn ten opzichte waarvan stabiliteit tot stand komt. Ook hier is

er een houding vast te stellen waarin het hoofd in balans op de romp staat, die als referentie dient voor het besturingssysteem.

Juist als het besturingssysteem door functieverlies niet 100% functioneert, is het van belang een zo goed mogelijke input te verzorgen door een eenduidige referentie en zo goed mogelijke, 'lerende' zithoudingen aan te bieden.

Rolstoelgebruikers zijn verder te categoriseren op basis van hun onvermogen. Een praktische en rolstoelrelevante indeling is gekoppeld aan de mogelijkheden tot zelfstandig, actief voortbewegen door middel van de armen. Is dat niet mogelijk, dan is men aangewezen op rolstoelen met een motorische aandrijving of is men afhankelijk van verplaatsing door een hulpverlener.

De oorzaak van een onvermogen kan liggen in een verstoring van spier- en gewrichtsfuncties. Inzicht in de aard van deze verstoring geeft tegelijkertijd inzicht in de restmogelijkheden die iemand heeft.

Spierfunctiestoornissen zijn te beschrijven aan de hand van drie kenmerken, die bij de verschillende ziektebeelden in verschillende samenstellingen kunnen voorkomen:

- een al dan niet verminderde kracht;
- een al dan niet verminderd uithoudingsvermogen;
- een al dan niet verminderde coördinatie.

Van belang is hierbij of er sprake is van een symmetrische aandoening dan wel van een asymmetrische of halfzijdige aandoening. De symmetrische, tweezijdige aandoeningen kunnen zich lokaal manifesteren, bijvoorbeeld ten gevolge van een complete dwarslaesie. Een op latere leeftijd verworven hersenfunctiestoornis, bijvoorbeeld ten gevolge van een hersenbloeding, manifesteert zich veelal halfzijdig.

Een gewrichtsfunctiestoornis laat zich beschrijven door:

- een beperking van de mobiliteit en/of stabiliteit;
- een dwangstand.

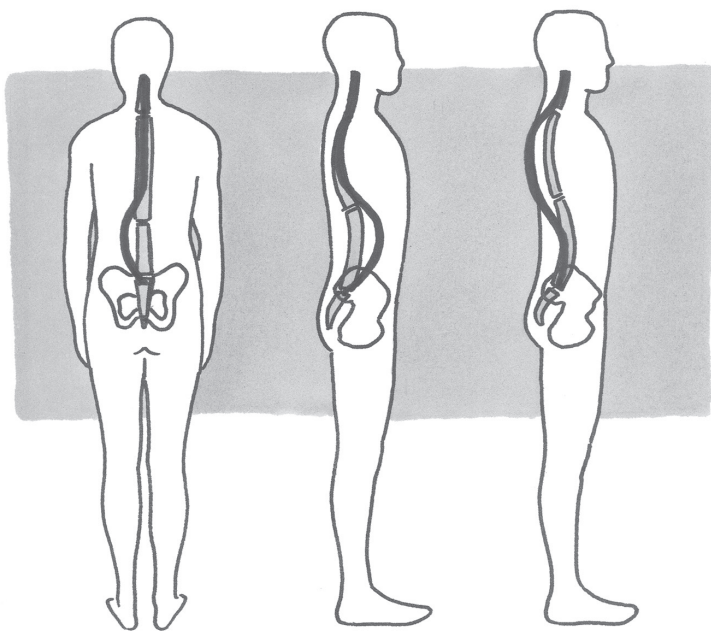
De bewegingsbeperking kan zowel worden veroorzaakt door een 'mechanische' beperking als door pijn tijdens het bewegen.

Contracturen van spieren, pezen, bindweefsel of huid rond een gewricht zijn vaak het gevolg van een langdurige immobilisatie. De contractuur veroorzaakt een dwangstand van het gewricht, die door therapie en/of operatief ingrijpen gereduceerd of geëlimineerd kan worden. Bepaalde aandoeningen van een gewricht kunnen aanleiding geven tot het operatief vastzetten van dat gewricht, een zogenaamde *artrodese*. Hiermee probeert men nog enige functionaliteit van het lichaamsdeel waartoe het gewricht behoort, te behouden. Bij heup- en kniegewricht vinden deze ingrepen meestal eenzijdig plaats.

Bijzondere vormen van dwangstand in de wervelkolom zijn de extreme lordose, de scoliose en de extreme kyfose.

4.1.1 De basiszithouding

In de analyse van het normale zitgedrag is vastgesteld dat bij activiteiten waarvoor een actieve zithouding is vereist, men steeds geneigd is een meer ontspannen houding aan te nemen zodra de activiteit dat toelaat. Men wisselt een actieve houding af met een semi-actieve, stabiele houding die weinig energie vergt en ontspanning biedt. De eetkamerstoel en de kantoorstoel zijn op deze wijze geanalyseerd. Wanneer er bij een activiteit geen sprake is van oog-handcoördinatie en de blik voornamelijk horizontaal gericht is, zoals bij tv kijken en het voeren van een gesprek, probeert men ook intuïtief de nek- en schouderpijnen te ontspannen. In een goede fauteuil en op een goede bank lukt dat. De romp wordt zo ondersteund dat het hoofd in balans op de romp staat en er weinig energie nodig is om het hoofd in die positie te houden. Dit is ook de houding die tijdens het autorijden wordt opgezocht.

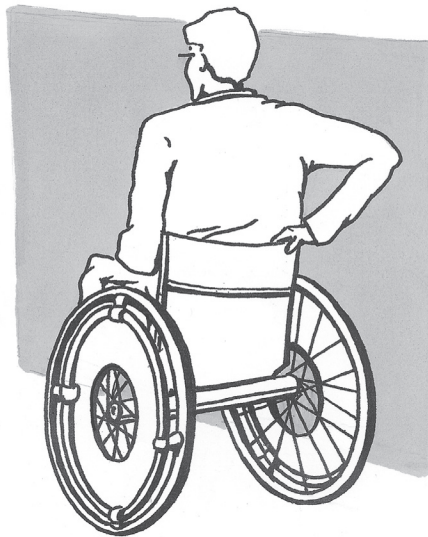


Figuur 4.2 Verschillende pathologische vormen van de rug: c-scoliose, lumbale hyperlordose en een thoracale hyperkyfose.

Wanneer dit normale zitgedrag vertaald wordt naar een (rol)stoel waarin men gedwongen is de hele dag zittend door te brengen en allerlei activiteiten uit te voeren, is de consequentie dat een rolstoel idealiter de zitfunctionaliteit zou moeten bieden van een eetkamerstoel, een bureaustoel, een autostoel, een fauteuil én een vliegtuigstoel.

Wanneer echter, vanwege uiteenlopende redenen, het rolstoelontwerp slechts één zithouding aanbiedt van waaruit gedurende de dag een veelheid aan activiteiten uitge-

voerd moet kunnen worden, is het duidelijk dat de zithouding van de rolstoel stabiliteit moet bieden, en het liefst een stabiliteit op een anatomisch verantwoorde wijze. Dat betekent dat de rug in zijn natuurlijke fysiologische kromming ondersteund dient te worden en dat de gedefinieerde stand van de rugleuning, hoek($\varphi+\alpha$), groter is dan 115° .

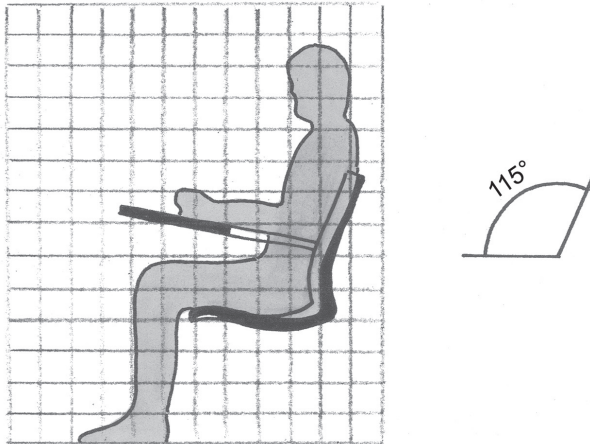


Figuur 4.3 Op zoek naar stabiliteit van de romp in een zogenaamde actief-rolstoel door de romp naar achteren toe vast te houden door het afsteunen van de arm op de rugleuningbuizen.

Een goed voorbeeld van een dergelijke zithouding is het ontwerp van de auditoriumstoel van Wotzka, die eerder is gepresenteerd als basis voor de algemene kantoorstoel. Moest in dat geval de zittinghoek als compromis iets aangepast worden, in deze toepassing is dat niet nodig en niet wenselijk.

Het *aangepaste* profiel van de auditoriumstoel van Wotzka wordt hier gepromoveerd tot de basis voor een rolstoelzithouding. Zie hiervoor figuur 4.4; de wielen bedenke men er in het plaatje zelf bij. De rugleuning in de rolstoel dient ten opzichte van het diepste punt van de lende positioneerbaar te zijn in hoogte, om een echte individuele ondersteuning mogelijk te maken. De rugleuning in dit profiel is verlaagd ten opzichte van het oorspronkelijke profiel. Het rooster is 10 x 10 cm.

De rugleuning heeft ten minste een functionele rugleuninghoek van 115° en in tegenstelling tot de eetkamerstoel heeft de zitting hierbij een hoek φ van 12° , om wrijvingskrachten op het zitvlak en de effecten daarvan op de lange duur te vermijden. Het hoofd staat in deze houding *actief* op de romp.



Figuur 4.4 De anatomisch verantwoorde, stabiele basiszithouding voor een rolstoel: hoek($\varphi+\alpha$) = 115° , hoek φ = 12° , naar Wotzka, in een grid van 10 x 10 cm.

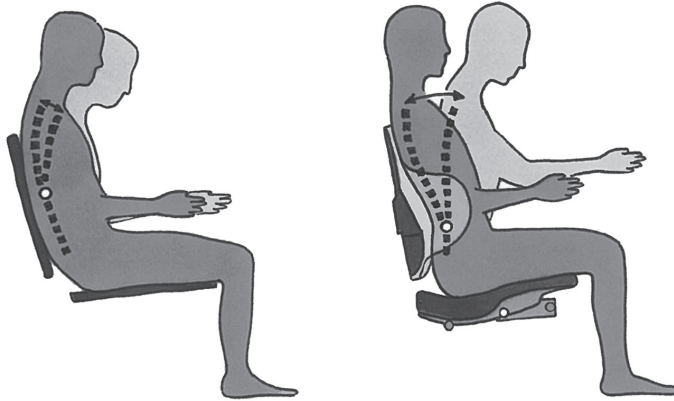
Deze semi-actieve, stabiele zithouding kan beschouwd worden als de *minimale basiszithouding* voor rolstoelers, puur gebaseerd op analyse van *normaal* zitgedrag en *normaal* biomechanisch functioneren. Minimaal betekent in dit verband dat eerder meer dan minder stabiliteit moet worden aangeboden. Deze semi-actieve zithouding is een *compromis* tussen een *transfer*-houding, een actieve houding en een individuele voorkeurs-houding wanneer er slechts één zithouding in de rolstoel beschikbaar is.

Het ondersteunen van de lumbale wervelkolom in zijn eigen individuele vorm betekent ook dat de romp vanuit dit punt gemakkelijk naar voren kan bewegen. Het lumbale 'scharnier' blijft immers intact. Hiermee wordt de reikwijdte vergroot voor iemand die daartoe in staat is. Deze wordt aanzienlijk beperkt wanneer er sprake is van een anatomisch onverantwoorde stabiliteit waarbij de lumbale wervels naar achteren toe op slot gezet worden en de rug in zijn eigen banden hangt. In figuur 4.5 wordt dit gevisualiseerd. Het vrij kunnen bewegen van het bovenlichaam heeft een positief effect op het vermogen om de hoepel aan te drijven.

De basiszithouding voor een rolstoel is dus in feite *onafhankelijk* van het lichamelijke vermogen of onvermogen dat de rolstoelgebruiker heeft. Is er sprake van een onvermogen om de romp actief te stabiliseren, dan geeft deze basishouding de stabiliteit die vanwege het onvermogen niet op een andere, actieve wijze gerealiseerd kan worden. Eventueel kan in die gevallen de functionele rugleuninghoek iets vergroot worden, tot bijvoorbeeld 117° , om de stabiliteit minder kritisch te maken. Stabiliteit *begint* immers, gemiddeld genomen, bij 115° .

In het geval van dwangstanden, zoals de eerder genoemde scoliose en kyfoscoliose, is een stabiele zithouding van het grootste belang. Immers, hoe minder deze dwangstand

belast wordt, des te beter. Hoe stabielere de houding, des te minder belasting op de wervelkolom. Bovendien worden in dat geval eventuele zijsteunen effectiever omdat de reactiekrachten van de rugondersteuning op het lichaam groter worden.



Figuur 4.5 Het effect van een individuele ondersteuning van de lumbale wervelkolom op de reikwijdte naar voren.

4.1.2 Dynamisch zitgedrag

Normaal zitgedrag is een dynamisch zitgedrag. Het komt voort uit een continue aanpassing van de houding aan een activiteit en aan de behoefte aan stabiliteit en ontspanning. Tegelijkertijd wordt het gestimuleerd door prikkels die plaatselijke langdurige overbelasting moeten voorkomen. Het lichaam, en in bijzonder (spier)weefsel, is immers niet bestand tegen – actieve en passieve – statische belasting.

Gedwongen continu zitten gedurende de hele dag heeft het gevaar in zich van een te lange en te hoge statische belasting van het zitvlak. Een rolstoelgebruiker is zeer gebaat bij een dynamisch zitgedrag. Het voorkomt doorzitten, een van de grootste risico's van langdurig zitten.

Dynamisch zitgedrag wordt bevorderd wanneer de rolstoel de mogelijkheid heeft om de zithouding aan te passen aan datgene wat men aan het doen is. Vanuit de semi-actieve basishouding zou men kunnen overgaan naar de individuele voorkeurshouding voor een gesprek of om tv te kijken. Een maaltijd kan vervolgens weer genuttigd worden in de semi-actieve basishouding. Een uiltje knappen kan in de individuele voorkeurshouding, met gebruik van een hoofdsteun waartegen men zijn hoofd te ruste legt, of in een houding die nog een aantal graden verder achterover gaat.

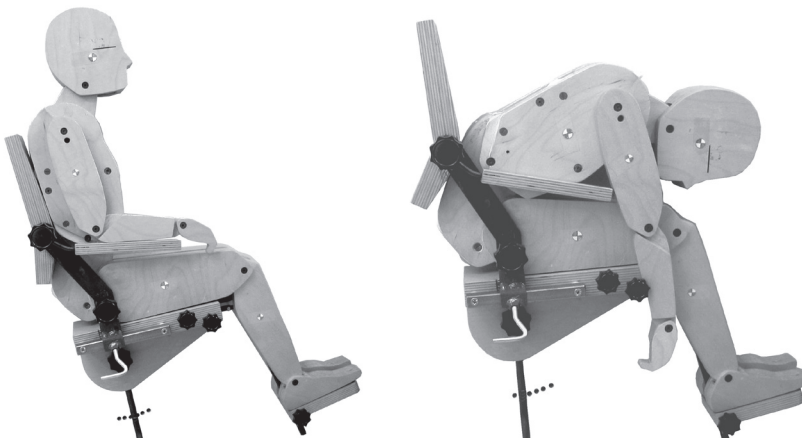
Vanuit de basisrolstoelhouding kan de zittinghoek: hoek φ geoptimaliseerd worden voor het maken van een transfer door hem te verkleinen naar 0° .

Een praktische, technische oplossing voor deze houdingsverstellingen is het achterover en voorover kantelen van de hele houding. Het functionele gebied vanuit de basis-houding is circa 8° achterover, van 115° naar 123° . Omdat dit een relatief kleine hoek is, kan de – theoretisch noodzakelijke – aanpassing van de heuphoek om praktische redenen achterwege blijven. Er zijn constructieprincipes voor deze kanteling waarbij het massamiddelpunt van de gebruiker op dezelfde plaats blijft, wat van belang is voor de stabiliteit van de rolstoel.



Figuur 4.6 Van basishouding naar individuele voorkeursof houding: hoek $(\varphi + \alpha)$ van 116° naar 123° .

Bij een kanteling voorover van circa 12° ter optimalisatie van de transfer is de stand van de rugleuning niet relevant. Men gaat immers een transfer maken.



Figuur 4.7 Van stabiele basishouding naar instabiele transferhouding: hoek φ van 12° naar 0° .

Het technisch realiseren van een houdingsverstelling in een rolstoel vergt uiteraard nogal wat van de rolstoelconstructie en maakt de rolstoel kostbaarder. Er kan daarbij nog onderscheid gemaakt worden tussen elektrische verstellingen die door de gebruiker zelf bediend kunnen worden, en verstellingen die uitsluitend door een begeleider bediend kunnen worden. De laatste oplossing is uiteraard alleen maar acceptabel voor rolstoelgebruikers die zelf niet (meer) kunnen verstellen vanwege een verminderde cognitie.

4.1.3 De ondersteuning van het hoofd

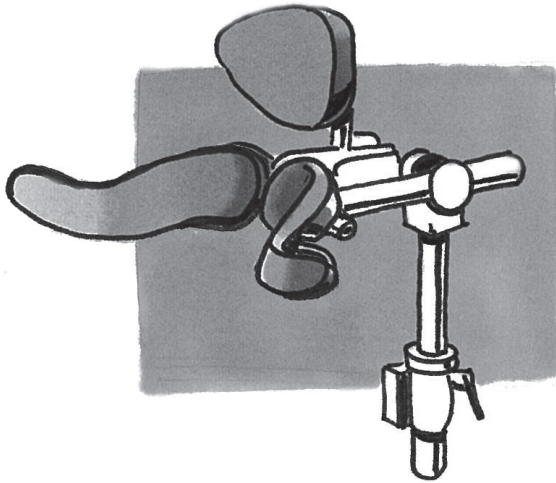
De biomechanische eigenschappen van de stand van het hoofd zijn in zekere zin bijzonder. Het massamiddelpunt ligt circa 20° voor zijn scharnierpunt, de atlas. De stand van het 'hoofd in balans op de romp' komt tot stand door een kyfoserig van het bovenste deel van de romp. De passieve rek van spieren en banden die dat tot gevolg heeft, zorgt voor een tegenmoment, waardoor het hoofd in 'balans' komt te staan. Dit gebeurt bij een functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) van circa 123° . Neurofysiologisch zorgt deze stand voor de referentie van het besturingssysteem.

Het aan de achterzijde afsteunen van een hoofd in deze stand heeft weinig zin, omdat het biomechanisch gezien geen werking heeft en kan hebben.

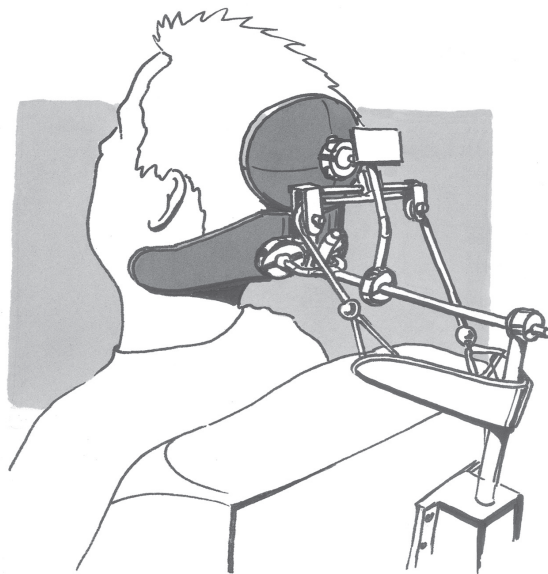
Wanneer het functieverlies zodanig is dat ook nek- en schouder spieren een verminderde tonus/kracht hebben, en er sprake is van een falend hoofdbalansmechanisme, zal het hoofd zodanig ondersteund moeten worden dat een goede balansstand gehandhaafd kan worden, waarbij de optimale proprioceptie in het hoofd-halsgebied niet verstoord mag worden.

Uiteraard is het hierbij van het grootste belang dat een zithouding wordt aangeboden met een individuele ondersteuning van de rug, en dat de juiste rugleuninghoek wordt opgezocht, waarbij het hoofd op natuurlijke wijze in balans op de romp komt te staan. Vanuit deze houding kan men proberen het hoofd 'op te vangen' op de onderkaak wanneer het zijdelings of voorover dreigt te vallen. In figuur 4.8 wordt een voorbeeld gegeven van de wijze waarop dat het best kan gebeuren.

Het hoofd verkeert in een stabiele positie om te rusten of te slapen wanneer het 20° achterover gekanteld tegen een hoofdsteun rust. De blik is daarbij op het plafond gericht, en men neemt niet meer deel aan het sociale verkeer. Om dit mogelijk te maken moet de hoofdsteun voldoende ver achter het hoofd zitten.



Figuur 4.8 Opvang van het hoofd onder kaak bij een slechte hoofdbalans.



Figuur 4.9 Hoofd in ruste in stabiele stand tegen de hoofdsteun. De blik is naar boven gericht.

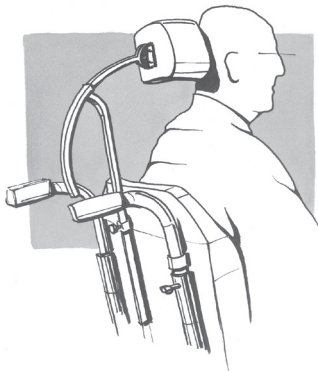
Een bijzondere situatie doet zich voor wanneer de rugleuning verder achterover staat dan voor een 'hoofd in balans op de romp' nodig is. Iedereen kan in een dergelijke situatie ervaren dat het hoofd met spierkracht overeind gehouden moet worden wanneer men bijvoorbeeld televisie kijkt. Omdat dat zeer vermoeiend is, hebben mensen de neiging het hoofd met hun beide armen te ondersteunen, zoals in figuur 4.10 is te zien.



Figuur 4.10 Het ondersteunen van het hoofd in een houding met een functionele rugleuninghoek: hoek $(\varphi + \alpha) > 123^\circ$, als hulp voor de nek- en schouderspieren om het hoofd in positie te houden.

Een hoofdsteun, die dan uiteraard wel op de goede plek moet zitten, zou de functie van de armen kunnen overnemen. Of deze houding op den duur comfortabel is, is twijfelachtig. Deze kwestie wordt hier besproken om te laten zien wat er gebeurt wanneer iemand door een begeleider in een houding te ver achterover gezet wordt. In verpleeghuizen zitten veel ouderen in rolstoelen die uitsluitend door een begeleider achterover kunnen worden gezet in een comfortabele houding. Dat moet dus zorgvuldig gebeuren. Te ver achterover heeft het hierboven beschreven effect en is dus niet erg comfortabel, integendeel.

Dit soort stoelen zouden eenmalig individueel afgesteld moeten worden, zodat deze fout niet gemaakt kan worden.



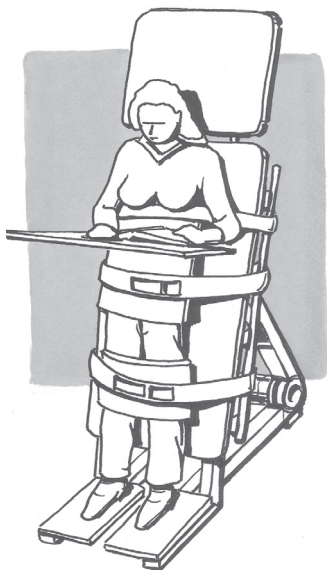
Figuur 4.11 De stand van deze hoofdsteun is effectief ter voorkoming van whiplash bij een aanrijding van achteren, maar niet effectief om het hoofd er tegen te laten rusten tijdens een middagdutje.

Tot slot een functie die een hoofdsteun in een rolstoel ook kan hebben: dezelfde functie als de hoofdsteun in een autostoel. Veel rolstoelers verplaatsen zich over grotere afstand in rolstoelbusjes. De rolstoel wordt vastgezet op de vloer van het busje en het geheel functioneert als autostoel, inclusief een hoofdsteun die effectief wordt bij een aanrijding van achteren.

4.2 Preventieve en curatieve aspecten van de zithouding

De primaire doelstelling van een zithouding is functioneel. Een houding wordt afgestemd op datgene wat men gaat doen. Daarnaast kunnen de zithouding en het zitgedrag ook preventief en curatief worden ingezet.

Zithoudingen en zitgedrag kunnen door een positieve stimulering, door middel van het aanbieden van 'voorbeelden van goede en gewenste houdingen', een leerproces op gang brengen en onderhouden op basis van het sensomotorische refferentieprincipe. Houdingen worden sensorisch geregistreerd en aan het besturingssysteem doorgegeven. Omgekeerd worden spieren vanuit de hersenen op basis van deze bekende bewegingspatronen aangestuurd. Een eenduidige (neurofysiologische) referentie is daarbij een voorwaarde. Ook deze referentie moet continu bevestigd en als het ware steeds *ge-reset* worden.



Figuur 4.12 Stafeltherapie om spieren op lengte te houden en om de proprioceptie te stimuleren.

Dit principe geldt voor normaal zitgedrag, maar dit geldt ook en bij uitstek voor het zitgedrag van de rolstoelgebruiker, omdat dit fenomeen zowel preventief als curatief werkt. De gedachte hierachter is dat het besturingssysteem zo veel mogelijk bekende en dus dezelfde input nodig heeft om bekende actie-reactiepatronen mogelijk te maken, respectievelijk weer op gang te helpen, of om pathologische patronen die door een foutieve input ontstaan, te voorkomen.

Van het grootste belang hierbij is dat spieren 'op lengte' gehouden worden door gedurende de dag andere houdingen aan te bieden dan alleen een zithouding. Dit is ook van belang voor het goed blijven functioneren van de proprioceptie. Therapie met behulp van een statafel bewijst hierbij goede diensten.

Bij het handhaven van een zithouding is de druk op het lichaam door de reactiekrachten van de ondersteuningselementen de dominerende externe factor die de spiertonus bepaalt. Dit betekent dat de grootte en richting van de uitwendige belasting bijzonder belangrijk zijn. Een krachtenevenwicht in een zithouding waarbij wrijvingskrachten ontbreken, is dus ook in neurofysiologische zin een noodzaak. Slechte houdingen met wrijvingskrachten worden bij rolstoelgebruikers met een gestoorde sensibiliteit immers niet als zodanig door dat besturingssysteem herkend. Daarmee kan de programmering van het besturingssysteem op een verkeerd spoor gezet worden. Datzelfde geldt voor de inwendige belasting. Een ondersteuning van de rug in zijn eigen natuurlijke kromming is een absolute voorwaarde voor optimale inwendige belasting. Een zithouding met het hoofd in balans op de romp zorgt vervolgens voor een ongestoorde, optimale referentie en een optimale input.

De conclusie van deze beschouwing is dat de mechanismen die ten grondslag liggen aan het 'normale' zitgedrag, ook gestimuleerd moeten worden bij mensen die noodgedwongen de hele dag moeten zitten ten gevolge van stoornissen en beperkingen. Dit impliceert over het algemeen dat in een rolstoel meerdere zithoudingen door de gebruiker zelf moeten kunnen worden ingesteld, en dat zithouding en zitondersteuning maximaal comfort moeten bieden. Comfort betekent immers niets anders dan dat de uitwendige en inwendige belastingen geoptimaliseerd zijn en als zodanig nauwelijks waargenomen worden.

4.2.1 Verminderde coördinatie

Wanneer houdingen niet meer volledig doelgericht kunnen worden gehandhaafd respectievelijk kunnen worden uitgevoerd in een bepaalde tijd en ruimte, spreekt men van verminderde houdingscoördinatie. De meest voorkomende vorm van verminderde coördinatie is spasticiteit.

Spasticiteit is een fenomeen dat gekenmerkt wordt door een abnormale reflex-activiteit, een hoge spierspanning (*hypertonie*) en een onvermogen tot gecoördineerd bewegen.

Zij treden in een bepaalde samenhang op. De oorzaak van spasticiteit ligt binnen het centrale zenuwstelsel (CZS).

Bepaalde, van buitenaf (door de therapeut) aangebrachte houdingen c.q. bewegingen, blijken een directe invloed te hebben op de vermindering van spasticiteit. Deze worden reflexremmende houdingen en reflexremmende bewegingen genoemd: *Reflex Inhibitive Postures* en *Reflex Inhibitive Movements*. Met deze houdingen wordt de proprioceptieve input vanuit de spieren naar het CZS zodanig 'positief' beïnvloed dat dit leidt tot de genoemde reductie van het spasme.

'Keypoints of control' bij het zoeken naar en de programmering van deze houdingen en bewegingen, zijn lichaamslocaties van waaruit de teambuildingsactiviteit therapeutisch beïnvloed kan worden. De voornaamste zijn:

- het hoofd/halsgebied: de stand van het hoofd in de ruimte;
- het lumbosacrale overgangsgebied: de mate van lumbale lordose c.q. stand van het bekken: hoek λ ;
- de heuphoek: hoek α ;
- de handpalmen in relatie tot de flexiestand van de pols;
- de voetzolen in relatie tot de flexiestand van de enkel.

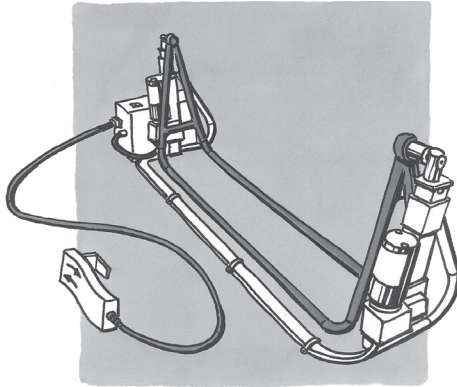
De basishouding voor een Reflex Inhibitive Posture is in principe *de individuele voorkeurshouding*. In deze houding is immers de input optimaal (lees: komt de input het meest ongestoord naar binnen). Om deze houding succesvol individueel op te zoeken, is een uitgangshouding met een functionele rugleuninghoek: hoek $(\varphi + \alpha)$ van 123° , een heuphoek: hoek α van 105° en een individuele ondersteuning van de rug een zeer goed uitgangspunt. Gemiddeld genomen staat immers in deze houding het hoofd in balans op de romp met de blik op de horizon, is er een minimale inwendige spanning, en is er een krachtenevenwicht van de reactiekrachten van de ondersteuning van rug en achterwerk zonder wrijving.

Opgemerkt moet worden dat rolstoelgebruikers met een aangeboren aandoening, door een afwijkende motorische ontwikkeling en wellicht een niet optimaal zitgedrag, een andere waarde voor de individuele voorkeurshouding kunnen laten zien.

Vanuit de algemene basishouding kan de houding individueel geoptimaliseerd worden.

De stand van het hoofd in balans op de romp is daarbij het belangrijkste uitgangspunt, met als voorwaarde een perfecte ondersteuning van de individuele vorm van de rug als belangrijk 'keypoint of control', die de tonische reflex-activiteit remt en de houdingstonus normaliseert.

Men observeer de gedragingen van het hoofd gedurende een langzame verandering van de houding bij een vaste heuphoek: hoek α van 103° tot 105° . De individuele voorkeurshouding laat zich met enige oefening gemakkelijk herkennen.



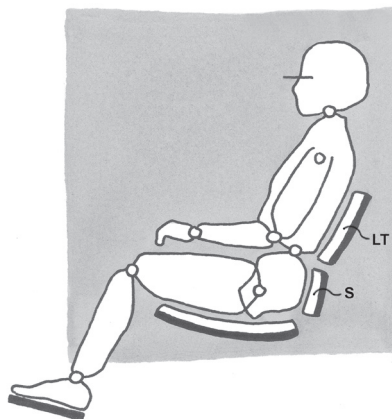
Figuur 4.13 Een eenvoudig instrument om tijdens een passing de zwenkwielen te liften om daarmee hoek($\varphi+\alpha$) te beïnvloeden en de individuele voorkeurshouding op te zoeken.

Het is van belang hier nogmaals te benadrukken dat de stand van de romp in de ruimte bepaald (en gedefinieerd) wordt door de hoek die het deel van de romp *boven* het diepste punt van de lende maakt met de horizontaal. Dat deel van de rug dient dan ook de basis te zijn voor het ondersteunen van de romp in een stabiele houding. Vanuit deze minimale, maar stabiele ondersteuning wordt de individuele vorm van de rug opgezocht, door manipulatie van de positie van de rugleuning ten opzichte van de zitting.



Figuur 4.14 Invloed van de positie van de rugleuning ten opzichte van de zitting op de vorm van de rug.

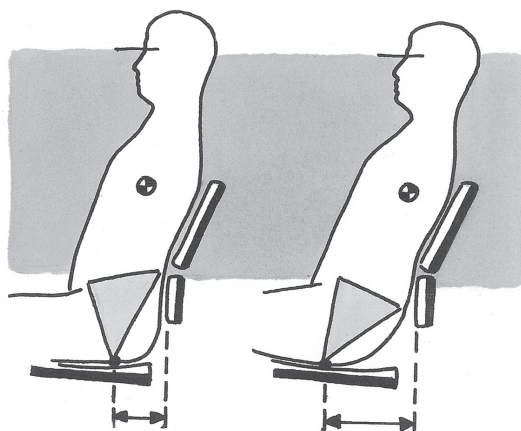
Daarna volgt de ondersteuning van het sacrale en eventueel het thoracale deel van de rug. Hiermee is de individuele ondersteuning van de rug een feit en kan op zoek gegaan worden naar de individuele voorkeurshouding, door de houding langzaam te variëren en de reactie van de stand van het hoofd te observeren.



Figuur 4.15 Principe van een rugondersteuning met het lumbaal-thoracaal overgangsgebied (LT) als basis van de ondersteuning en houding. Het sacrale deel (S) van de ondersteuning komt tegemoet aan de individuele vorm van de rug en steunt het bekken aan de bovenzijde.

Het hier beschreven ondersteuningsprincipe is in feite een praktische vertaling van de gevolgde procedure in de passtoel ter bepaling van de individuele voorkeurshouding. Deze procedure is in paragraaf 2.4 beschreven.

Wanneer de rug goed individueel is ondersteund, zijn de grootte van de functionele rugleuninghoek: hoek $(\varphi + \alpha)$ en de grootte van heuphoek: hoek α de volgende parameters voor de optimalisatie van de individuele voorkeurshouding.



Figuur 4.16 Invloed van de positionering van de tubera op het zitkussen op de stand van het bekken en de vorm van de rug.

Uiteraard worden de stand van het bekken en daarmee de vorm van de rug ook beïnvloed door de wijze waarop men in een gegeven rolstoel is gaan zitten of is gezet. De plaats van de tubera op het zitkussen bepaalt immers de afstand tot de rugleuning en de grootte van de kanteling van het bekken achterover, en daarmee de vorm van de lumbale wervelkolom, als belangrijk 'keypoint of control'.

Bij de verdere 'detaillering' en optimalisering van de reflexremmende houding zijn de volgende noties van belang.

Bepaalde continue drukervaring op de huid en/of prikkelingservaring op reflexzonegebieden van de huid geven meestal voorspelbare invloeden op de spiertonus.

- Een permanente lage druk geeft over het algemeen tonusvermindering; wrijving geeft vrijwel altijd tonustoename. Dit onderstreept het belang van een goed krachtenevenwicht in de zithouding door de goede onderlinge verhouding van hoek φ en hoek α , en het belang van een goede drukverdeling in zitting en rugleuning.
- Een prikkeling van het huidgebied ter hoogte van Th. 4-8 geeft tonusverhoging van de rugmusculatuur en van de bovenste extremiteiten, en een tonusverlaging van de onderste extremiteiten. Deze positieve stimulus kan in het rugleuningprofiel ingebouwd worden.
- Een prikkeling van het huidgebied van de adductoren van de onderste extremiteiten geeft over het algemeen een tonusverhoging van de onderste extremiteiten en afname van de extensieactiviteit van de rugmusculatuur. De drukverdelende kwaliteiten van het zitkussen en de vorm van de ondersteuning kunnen hierin een rol spelen. De bovenbenen dienen door de vorm van het kussen een klein beetje naar buiten gedraaid te worden (*abductie/exorotatie*).
- Druk en permanente prikkeling van de handpalmen geven vrijwel altijd een verminderde abnormale extensiereactie van de bovenste extremiteiten. Een *plotselinge* prikkeling van de handpalmen geeft meestal een toename van de flexie van de bovenste extremiteiten.
- Een permanente druk op de voetzolen geeft een vermindering van de extensietonus van de onderste extremiteiten (gekruiste reflexen kunnen hierbij optreden). Een plotselinge prikkeling van de voetzolen geeft een extensietonustoename van de onderste extremiteiten.
- Rugligging met het hoofd in vrijwel neutrale positie vermindert extreme flexieactiviteit.

Eigen onderzoek heeft aangetoond dat vanuit een echte, individuele ingestelde reflexremmende houding er een zekere marge ontstaat voor extra spontane prikkels, die dan niet noodzakelijkerwijs direct leiden tot vermeerdering van spasticiteit.

Rolstoelgebruikers met spasticiteit moeten het gevoel voor normale spiertonus en bewegingen ervaren; omdat ze van zichzelf niet weten hoe ze op een goede manier moeten bewegen, moeten ze daarin als het ware begeleid worden. Rolstoelen met een pro-

grammeerbaar bewegingsprogramma kunnen daarbij behulpzaam zijn, door deze bewegingen in de rolstoel te laten ‘gebeuren’ en ze door herhaling van deze ‘positieve’, sensore stimulering te laten ‘inprenten’. Deze methodologie volgt de zogenaamde *reinforcement*-principes.

Reductie van spasticiteit maakt het mogelijk een uitgangspunt te krijgen voor eventuele vorming van selectieve bewegingen. Per persoon dienen meerdere reflexremmende houdingen gezocht te worden, die vervolgens zelf of door de begeleider ingesteld kunnen worden. Op deze wijze ontstaat de basis voor reflexremmende bewegingen: *Reflex Inhibitive Movements*. Deze bewegingen zijn noodzakelijk, omdat de spasticiteit toeneemt bij gebrek aan beweging.

Tot slot enige opmerkingen over het omgaan met mensen met spasticiteit in de gevalsbehandeling. Emoties, evenals associatie-reacties, kunnen een invloed hebben op de spiertonus. Ook snel veranderende omgevingsituaties kunnen ten gevolge van een schrikreactie een spiertonusverhoging geven. Voor de gevalsbehandeling betekent dit dat iemand met spasticiteit uiterst rustig en zorgvuldig benaderd en toegesproken dient te worden.

4.2.2 Halfzijdige beperkte been- en armfunctie

Een halfzijdige verlamming, hemiplegie, ontstaat meestal door een herseninfarct (CVA), die een beschadiging van structuren binnen de linker- of rechterhersenhelft ten gevolge heeft.

Een gedeelte van de aanvankelijke uitval of vermindering van spierfuncties kan door training vaak teruggewonnen worden of worden gecompenseerd. Basis voor deze training is stimulering van de aangedane zijde door *symmetrische bewegings- en houdingsveranderingen*. Op deze wijze wordt een leerproces op gang gebracht op basis van het sensorimotorische refferentieprincipe. Houdingen worden sensorisch geregistreerd en aan de hersenen doorgegeven. Omgekeerd worden spieren vanuit de hersenen op basis van bekende bewegingspatronen aangestuurd. Door hersenbeschadiging verloren gegane bewegingspatronen kunnen op deze wijze weer worden aangeleerd, omdat ander hersenweefsel die functie overneemt.

Halfzijdige uitval leidt tot een disbalans in het lichaam, zowel in morfologische zin – de asymmetrie van lichaamsdelen – als in fysiologische zin, bij het handhaven van de lichaamshoudingen.

Activiteiten zoals ‘het voortbewegen’ en het ‘handhaven van de zithouding’ dienen steeds gebaseerd te zijn op een zo volledig mogelijke symmetrie van linker- en rechterhelft ten opzichte van elkaar.

Asymmetrische aandrijving door lichaamskracht – het zogenaamde trippelen – is vanuit deze benadering niet gewenst en dus niet aan te bevelen. Het is immers een niet-symmetrische activiteit en het heeft geen leereffect voor de aangedane zijde in zich.

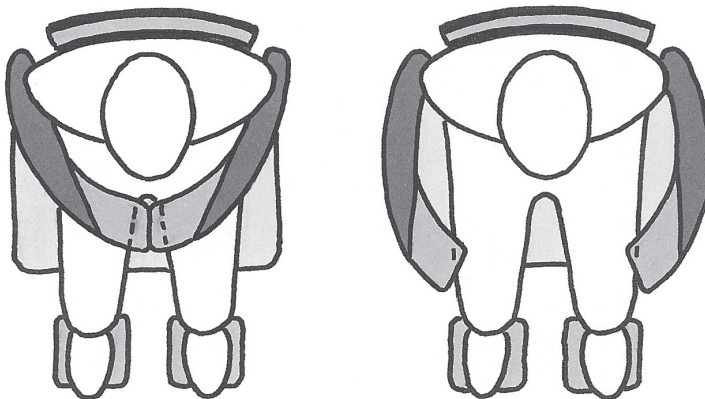
Bovendien levert het bijna per definitie een niet-symmetrische zithouding op, waarin voor het krachterevenwicht een ongewenste wrijving op het zitvlak nodig is.

De aangewezen aandrijving voor deze groep rolstoelgebruikers is op zijn minst een elektrische aandrijving met een centrale besturing door beide handen. Vanwege het meestal aanwezige *neglect* is een zeer beperkte maximale snelheid ($V < 2$ km/uur) gewenst. Men zal ongetwijfeld vroeg of laat tegen een deurpost aan rijden, maar dat gebeurt al trippelend ook. Vandaar de lage snelheid.

De zithouding dient zo veel mogelijk symmetrisch te zijn, in een stabiele houding, bij voorkeur een individuele voorkeurshouding met een hoek($\varphi + \alpha$) van circa 123° , maar nooit minder dan 120° . Extra zijsteunen ter hoogte van het diepste punt van de tailedriehoek zijn aan te bevelen.

Speciale aandacht dient te worden besteed aan de ondersteuning van armen en benen: voorkom exorotatie van het aangedane been en plantair-flexie van de voet. De aangedane arm dient op de juiste hoogte ondersteund te worden, en wel zodanig dat de arm niet van de armleuning af kan vallen. Over het algemeen zal dat een verbreding betekenen van de armsteun. Ook is het belangrijk dat de aangedane arm en voet zo veel mogelijk in het gezichtsveld liggen, omdat ten gevolge van de hersenbeschadiging vaak ook de ruimtelijke waarneming gestoord is.

Naar binnen gedraaide en gefixeerde armleuningen maken symmetrische handelingen mogelijk, terwijl het zicht op de voeten blijft gehandhaafd. In figuur 4.17 wordt een principevoorbeeld gepresenteerd.



Figuur 4.17 Principe van naar binnen gedraaide armleuningen met een transparant middengedeelte met zicht op de voeten, voor symmetrische handelingen bij hemiplegie.

De hier gepresenteerde oplossing is een alternatief voor het rolstoelwerkblad. Het heeft zekere cosmetische voordelen en voordelen voor activiteiten van het dagelijks leven (adl).

4.2.3 Dwangstanden

Het langdurig zitten in een rolstoel kan gemakkelijk leiden tot dwangstanden in heup- en kniegewricht, wanneer preventieve therapie niet succesvol is of vanwege het ziektebeeld niet succesvol kan zijn.

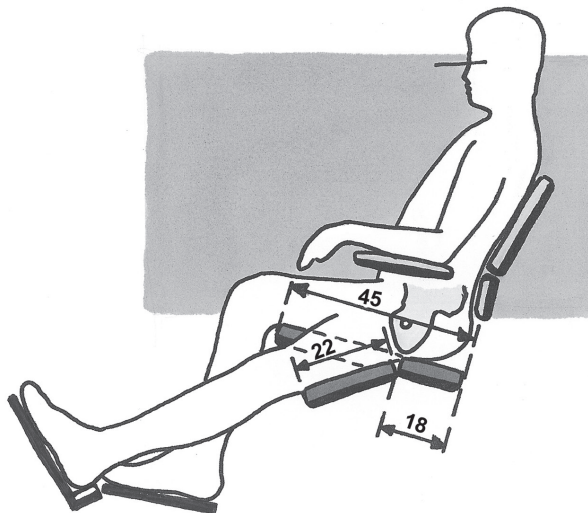
De zithouding dient in dat geval zo te worden ingericht dat aan deze dwangstanden optimaal tegemoet wordt gekomen, zeker wanneer deze dwangstanden met pijn gepaard gaan. Niet goed ingestelde ondersteuningsvlakken geven immers óf te weinig ondersteuning óf een grote belasting op het vastzittende gewricht. In de praktijk zal het niet zo moeilijk zijn om in een passituatie de ondersteuningselementen juist af te stellen. De nadruk in de passituatie dient dan ook te liggen op het vermogen om, na een transfer, deze houding daadwerkelijk te reproduceren, hetzij zelf, hetzij met hulp. Dit is in algemene zin een geweldig probleem voor rolstoelgebruikers, maar zeker wanneer er dwangstanden in het geding zijn.

Het 'gaan zitten' dient onderdeel te zijn van advies en training. De mogelijkheden van kantelverstellingen kunnen gebruikt worden om het gaan zitten in de rolstoel te optimaliseren. Bij een hoek φ van bijvoorbeeld 20° helpt de zwaartekracht immers het bekken achter in de stoel te krijgen. Voorwaarde is wel dat de cover van de zitting bestaat uit glad materiaal.

Bij een volledige ondersteuning van het lichaam door de ondersteuningselementen is het krachtenevenwicht onafhankelijk van de mobiliteit van de gewrichten. Dat betekent in de praktijk dat anatomisch verantwoorde stabiele zithoudingen kunnen worden gecreëerd, waarin wrijvingskrachten ontbreken in het krachtenevenwicht.

Eenzijdige dwangstand

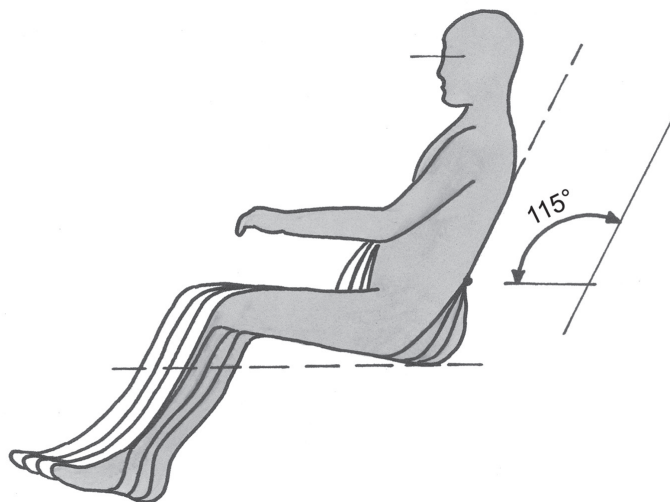
Bij een eenzijdige dwangstand in de heup is er meestal sprake van het vastzetten van het heupgewricht (*arthrodese*) onder een hoek van 135° . De symmetrie ten opzichte van het sagittale vlak is hiermee verdwenen en de ondersteuning door het zitkussen wordt problematisch, met name omdat aan de arthrodesekant de tuber, waar de helft van het zitgewicht op afgesteund dient te worden, als het ware 'in' het bovenbeen verdwijnt. Het ondersteuningsvlak van deze tuber kan dus niet anders dan klein zijn. Is dit ondersteuningsvlak te diep, dan zal de persoon de neiging hebben dit te corrigeren en het bekken in het transversale vlak te roteren. Dit moet worden voorkomen. De ondersteuning door de zitting geeft de meest evenwichtige krachtenverdeling wanneer de hoek φ van het arthrodesevrije been iets groter is dan bij die houding hoort. Uitgaande van de stabiele basishouding met een functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi + \alpha$) van ten minste 115° zal het arthrodesevrije been een hoek φ hebben van ten minste 15° .



Figuur 4.18 Houding en maten van een arthrodesezitting.

De vorm en mobiliteit van de lumbale wervelkolom

Een stabiele zithouding is onafhankelijk van de vorm van de lumbale wervelkolom. De stand van de romp in de ruimte is immers gedefinieerd als de raaklijn aan het deel van de romp boven het diepste punt van de lende, circa L3-L4.



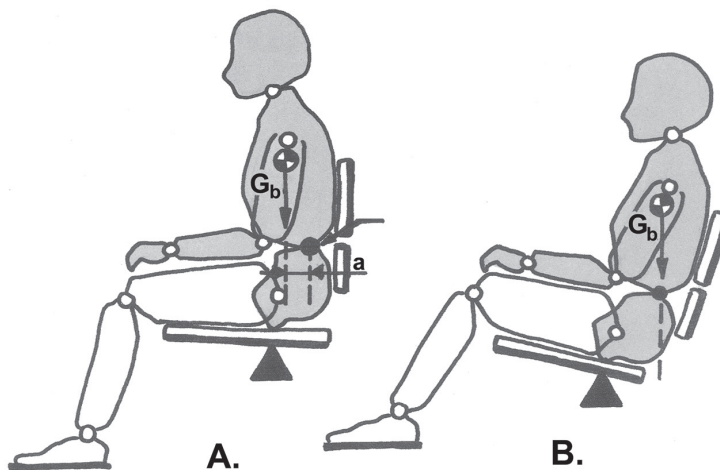
Figuur 4.19 Definitie van de functionele rugleuninghoek:hoek($\varphi+\alpha$) is onafhankelijk van de vorm van de rug.

De stand van het bekken tijdens het staan of het zitten bepaalt de vorm waarin de lumbale wervelkolom wordt 'gedwongen', wanneer de lumbale wervelkolom mobiel is. Andersom dwingt de vorm van een immobiele lumbale wervelkolom het bekken in een bepaalde stand: de lumbale wervelkolom in hyperlordose of in bijna vlakke lordose positioneert het bekken in vóórover- respectievelijk achteroverkanteling.

Extreme standen van de lumbale wervelkolom worden in de nek gecompenseerd om een goede visuslijn te verkrijgen. Een tamelijk vlakke lordose in de lumbale wervelkolom leidt tot een sterke thoracale kyfose, en de stand van het hoofd wordt door een versterkte lordose van de cervicale wervelkolom gecompenseerd.

De wijze waarop de stabiliteit van het bovenlichaam wordt verkregen, wordt bepaald door de ligging van het massamiddelpunt van het gehele bovenlichaam – hoofd, romp en armen ten opzichte van het modelmatig aangenomen lumbale scharnierpunt. Dit massamiddelpunt van het totale bovenlichaam met de armen in de schoot is ongeveer in de okselregio gesitueerd. Stabiliteit ontstaat bij een hoek($\varphi+\alpha$) van ten minste 115° .

In de situatie van een al dan niet bewust gekozen immobiele, vaak vlakke of kyfotische rug kan er sprake zijn van een bijzondere vorm van 'stabiliteit'. Doordat de lumbale wervelkolom immobiel is, kan die niet als scharnierpunt voor de stabiliteit van het bovenlichaam functioneren. Het scharnierpunt verplaatst zich in dat geval naar de tubera. Wanneer de werklijn van de zwaartekracht achter de tubera langs loopt, zoals in figuur 4.20 is gevisualiseerd, ontstaat er weliswaar een niet-actieve stabiliteit, maar deze gaat gepaard met een – flinke – momentbelasting $G_b * a$ op de lumbale wervelkolom.



Figuur 4.20 A: Stabiliteit van de romp met een immobiele lumbale wervelkolom met de tubera als scharnierpunt, maar met een introductie van een momentbelasting $G_b * a$ op de lumbale wervelkolom.
B: anatomisch verantwoorde stabiliteit zonder kyfoserend moment op de immobiele lumbale wervelkolom.

In deze houding zullen de ligamenten van de lumbale wervelkolom, wanneer de tijdsduur lang genoeg is, onder invloed van deze momentbelasting worden opgerekt, waardoor de kyfosering verder gaat en het proces op de lange duur irreversibel wordt.

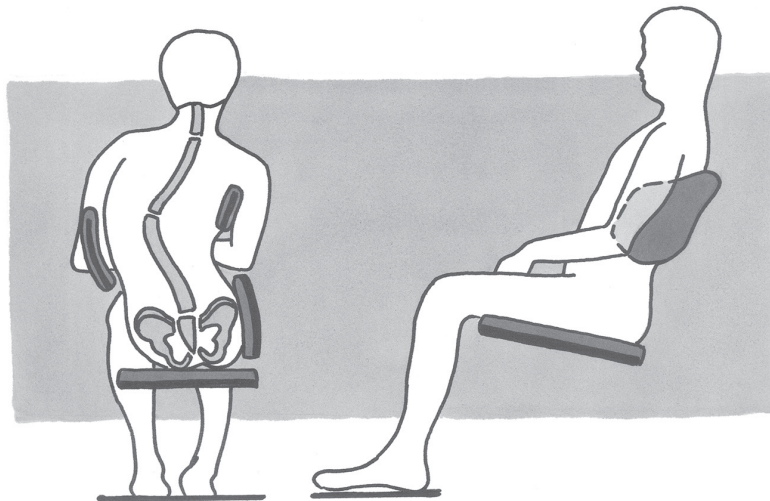
Een kyfosering van de lumbale rug heeft ook consequenties voor de stand van het hoofd ten opzichte van de romp. Omdat het thoracale gedeelte van de romp door de kyfosering meer naar voren neigt, zal dientengevolge het hoofd voor een blik op de horizon meer opgericht moeten worden door een vergroting van de nekextensie. Dit is een situatie die veel bij ouderen kan worden aangetroffen.

Een oplossing voor deze situatie wordt gevonden in een kanteling van de zithouding door vergroting van hoek($\varphi+\alpha$) tot ten minste 115° en dus een houding te creëren alsof de lumbale wervelkolom wel mobiel is.

Scoliose

De vorm van de lumbale wervelkolom in het frontale vlak is normaal gesproken recht. Een afwijkende vorm in dit vlak wordt scoliose genoemd.

Een kromming in de lumbale wervelkolom in het frontale vlak wordt cervicaal gecompenseerd in verband met een horizontale visuslijn. De wervelkolom neemt hierdoor een s-lijn aan.



Figuur 4.21 Een effectieve driepuntsondersteuning van een scoliose in een stabiele zithouding met een functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) $> 118^\circ$.

Vergelijking met eerdere analyses maakt duidelijk dat de belastingssituatie van een wervelkolom in scoliose buitengewoon ongunstig is. De delen van de wervelkolom die bui-

ten de verticaal liggen, worden met een moment belast. Dat betekent dat de belasting groter wordt naarmate de afstand tot de verticaal groter wordt. Deze belasting zal vooral doorwerken op de ligamenten. Uitrekking hiervan betekent een vergroting van de kromming en daarmee van de belasting.

In het geval van een scoliose is het belangrijk een zithouding te kiezen die zeer stabiel is: $\text{hoek}(\varphi+\alpha) > 118^\circ$. In het frontale vlak wordt een corrigerende dan wel preventieve driepuntsondersteuning aangeboden, zoals in figuur 4.21 is gevisualiseerd.

Het is duidelijk dat deze driepuntsondersteuning effectiever wordt naarmate $\text{hoek}(\varphi+\alpha)$ groter wordt. Het bovenlichaam wordt dan meer door de zwaartekracht in de rugleuning gedrukt. Bovendien zorgt een grotere $\text{hoek}(\varphi+\alpha)$ voor een gunstiger belasting, niet alleen omdat met het toenemen van deze hoek de belasting langs de wervelkolom kleiner wordt, waardoor in het frontale vlak het moment op de wervelkolom kleiner wordt, maar ook omdat in het sagittale vlak de ‘moment’-belasting van de lumbale wervelkolom afneemt.

4.3 Kinderen en rolstoelen

Circa vijf procent van de volwassen rolstoelgebruikers zit in een rolstoel ten gevolge van een aangeboren afwijking. De meeste van hen zullen in de rolstoel volwassen geworden zijn.

Zonder uitgebreid in te gaan op de gevolgen van de verschillende aangeboren afwijkingen is hier de vraag aan de orde in hoeverre de in dit boek ontwikkelde uitgangspunten voor het zitten en het zitgedrag in rolstoelen van volwassenen ook gelden voor kinderen die al vroeg tot heel vroeg voor hun mobiliteit afhankelijk zijn van een rolstoel.

En als er verschillen zijn, welke zijn dat dan?

Wanneer een volwassene door ziekte of ouderdom in een rolstoel belandt, heeft hij een normale motorische en geestelijke ontwikkeling achter de rug. Het lichaam is volgroeid wanneer een rolstoel ter sprake komt.

Een kind heeft deze lange weg nog te gaan. Het wil de wereld ontdekken, is onderzoekend, leergierig en actief. Het – moeten – zitten in een rolstoel doet daar geen afbreuk aan. Mentale en/of motorische beperkingen kunnen dit wel ernstig bemoeilijken of zelfs onmogelijk maken.

Een kind in een rolstoel doorloopt in principe dezelfde ontwikkelingsstadia als ieder ander kind, alleen kunnen die stadia anders verlopen en kan het resultaat anders zijn afhankelijk van afwijking en aangeboden mogelijkheden c.q. omstandigheden.

Het zitten in een rolstoel maakt dus deel uit van de lichamelijke en geestelijke ontwikkeling van dat kind en heeft daarop uiteraard grote invloed.

De vraag is nu op welke wijze de rolstoel en het zitsysteem van de rolstoel in positieve zin kunnen bijdragen aan deze ontwikkeling en hoe het bijbehorende zitgedrag

dan zou moeten zijn. Immers: zithouding, zitondersteuning en zitgedrag zijn voor een goed functioneren van elkaar afhankelijk en nadrukkelijk met elkaar verbonden.

In de eerste plaats moet de rolstoel een kind met motorische beperkingen de mogelijkheid bieden de 'wereld' te ontdekken. Het kind moet zich in een zo vroeg mogelijk stadium *zelfstandig* kunnen verplaatsen en daarvoor niet afhankelijk zijn van begeleiders. Het is al afhankelijk genoeg.

Ontwerp en kleur van de stoel moeten aansluiten bij de kinderlijke belevingswereld waardoor de stoel als een vanzelfsprekend iets wordt geaccepteerd. Goede voorbeelden van dergelijke concepten zijn voorhanden. In figuur 4.22 wordt een elektrische rolstoel getoond met een hoog-laagverstelling. Met deze stoel is het is mogelijk samen met andere kinderen 'op de grond' te spelen.



Figuur 4.22 De Skwirrel: een elektrische kinderrolstoel met hoog-laagverstelling en kantelverstelling.

Uitgangspunt in het rolstoelconcept dient te zijn dat een zo normaal mogelijke lichamelijke en motorische ontwikkeling van het kind door de rolstoel wordt gestimuleerd. Dit wordt bereikt door de juiste voorwaarden en omstandigheden aan te bieden in combinatie met een aan te leren *gewenst* zitgedrag. Dat is geen geringe opgave.

Het zitondersteuningssysteem en de wijze waarop daarmee wordt omgegaan spelen daarin een zeer belangrijke rol.

Vanuit de aard van een zich ontwikkelend kind met motorische beperkingen kun je niet zeggen dat de anatomisch verantwoorde stabiele zithouding de basishouding in zijn rolstoel kan zijn, zoals dat voor volwassenen is afgeleid uit het algemene zitgedrag van mensen. Om de wereld te exploreren zal een kind zich immers spontaan met zijn lichaam in die wereld willen begeven, ook al heeft het door zijn onvermogen moeite een actieve houding op een anatomisch verantwoorde wijze te handhaven.

Omdat een kind actief is, veel tekent en schrijft, wordt vaak een werkblad op een rolstoel aangebracht. Spelend aan zo'n werkblad zal een houding ontstaan waarbij de armen de romp naar voren toe afsteunen. Het bekken is hierbij achterover gekanteld en de lumbale wervelkolom hangt in zijn banden. Dit is eerder een anatomisch onverantwoorde houding genoemd, zeker wanneer deze houding langdurig aangehouden wordt.

Als een kind met motorische beperkingen wel in staat is zelfstandig kortstondig een actieve houding te handhaven, dan is het in deze situatie niet waarschijnlijk dat dat ook gebeurt. Bij een zich ontwikkelend, motorisch actief kind is het met de romp naar voren komen bij het 'werken' aan een werkblad vrijwel onvermijdelijk en een natuurlijke gang van zaken. Dat betekent echter niet dat deze houding als een 'basishouding voor een kind in een rolstoel' beschouwd mag worden en langdurig mag worden aangeboden. Daarvoor heeft deze houding niet alleen te veel negatieve effecten op de ontwikkeling van het kind, maar kan die ook de motorische mogelijkheden van de rompbalans op dat moment beperken. Deze houding werkt bovendien asymmetrie in de hand waardoor de hoofdbalans en oriëntatie eveneens verstoord worden.

Het is daarom van het grootste belang het kind een zitgedrag aan te leren en mogelijkheden in de rolstoel aan te bieden waarbij deze houding *bewust* afgewisseld wordt en kan worden met een anatomisch en (neuro)fysiologisch meer verantwoorde stabiliteit van het bovenlichaam waarbij het hoofd wel goed georiënteerd kan zijn.

Dit kan bijvoorbeeld door specifieke handelingen te koppelen aan specifieke houdingen. 'Handelingen' moeten in dit verband gezien worden als spontane en reactieve motorische uitingen die betrekking hebben op een bepaald doel en aan dat doel hun betekenis ontlennen.

Een ontspannen stabiele houding kan bijvoorbeeld speels 'afgedwongen' worden door het kind handelingen in deze zin te laten verrichten aan een beeldscherm dat op ooghoogte geplaatst is. Grote kans dat het dan kiest voor de individuele voorkeurshouding waarbij het hoofd in balans op de romp staat. Dit zorgt voor een eenduidige referentie voor het senso-motorische besturingsstelsel door een ongestoorde input.

Bij het observeren van het bewegingsgedrag van kinderen in een rolstoel dient uitgegaan te worden van de stand van het hoofd in de ruimte. De hoofdbalans tijdens de verrichte handeling dient optimaal te zijn waardoor oog-handcoördinatie wordt gewaarborgd of wordt gestimuleerd. Een kind met een aangeboren afwijking zal immers ook een individuele voorkeurshouding hebben van waaruit het op zijn eigenaardige manier optimaal zal willen bewegen en handelen. Ook voor dergelijke kinderen geldt dat een individuele ondersteuning van de rug hierbij een noodzakelijke voorwaarde is om een optimaal resultaat te krijgen. De functionele rugleuninghoek: $\text{hoek}(\varphi + \alpha)$ van de individuele voorkeurshouding kan door de afwijkende motorische en lichamelijke ontwikke-

ling een andere waarde krijgen dat de gemiddelde hoek bij de volwassenen. Maar dat doet aan het principe niets af.

Naarmate een kind ouder is, kan het gemakkelijker begrijpen en aanleren dat houdingsverandering als het ware een deel van zijn zijnswijze is. Een kind moet op den duur leren *bewust* gebruik te maken van de aangeboden mogelijkheden om de houding te veranderen. De (neuro)fysiologische mechanismen die voor volwassenen zijn beschreven gelden nog meer voor kinderen. Kinderen in een rolstoel zitten immers in een leerproces waardoor het aanbieden van goede houdingen nog belangrijker is dan bij volwassenen. Daar betreft het voornamelijk ‘onderhoud’ van een reeds ontwikkeld systeem. Bij kinderen moeten die goede houdingen het sleutelpunt (keypoint) zijn voor het uitlokken van die functionele bewegingen die de basis vormen voor het uitvoeren van doeltreffende handelingen.

Het resultaat van dat leerproces kan bij iedere afwijking anders zijn. Dat is mede afhankelijk van de aangeboden mogelijkheden en omstandigheden. Omdat een kind in ontwikkeling is, zijn de aangeboden mogelijkheden en het gebruik daarvan nog kritischer dan bij de volwassen rolstoelgebruiker. Ze moeten dus nog nauwgezet worden toegepast omdat anders foute ontwikkelingen in gang gezet kunnen worden.

Het aanleren van een verantwoord zitgedrag aan kinderen is moeilijk en zeer tijdrovend, maar het is de moeite waard omdat hiermee veel complicaties (bijvoorbeeld het langzaam ontwikkelen van houdingsafwijkingen zoals een scoliose) mogelijk kunnen worden voorkomen of tenminste zo lang mogelijk kunnen worden uitgesteld.

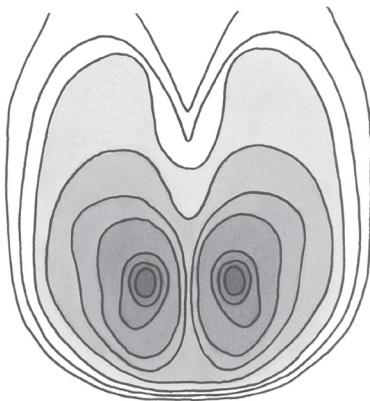
Evenals dat bij volwassenen het geval is, dient het goed zitten in een rolstoel gepaard te gaan met oefeningen c.q. therapieën die de senso-motorische ontwikkeling stimuleren en contracturen en deformiteiten voorkomen.

Idealiter moet de rolstoel het kind de mogelijkheid bieden een zo natuurlijk mogelijk zitgedrag te vertonen op een anatomisch zo verantwoord mogelijke wijze.

Dat betekent dat naast de anatomisch verantwoorde stabiele zithouding een ‘actieve’ zithouding aangeboden zou moeten worden die een zo gecontroleerd mogelijke stabiliteit van het bovenlichaam realiseert en vrije armbewegingen mogelijk maakt zonder daarbij de natuurlijke hoofdbalans te verstoren. In principe is dat mogelijk door de stabiele zithouding waarbij de lumbale wervelkolom individueel is ondersteund circa 10° naar voren te kantelen en de romp daarbij op zodanige wijze naar voren toe af te steunen dat verhinderd wordt dat het bekken onderuit schuift. Van groot belang hierbij is dat de individuele ondersteuning van de lumbale wervelkolom intact blijft. Naast de maatregelen die verhinderen dat de romp naar voren valt, moeten er dus vooral ook maatregelen getroffen worden die verhinderen dat de romp naar beneden kan zakken ten gevolge van een achteroverkanteling van het bekken. De individuele ondersteuning van de lumbale wervelkolom heeft hierin een belangrijke preventieve rol. Uiteraard mogen de aangewende middelen niet erger zijn dan de kwaal. Voorwaar een uitdaging. Maar in alles de moeite waard.

4.4 Zitkussen en drukverdeling

Een zithouding wordt gerealiseerd door de stand van zitting en rugleuning in de ruimte. De zithouding is gedefinieerd in belaste toestand. Zoals eerder uiteengezet hangen de grootte en de richting van de belasting af van de zithouding, en zorgt het kussen voor de verdeling van die belasting over het belaste lichaamsdeel. De wijze waarop een kussen dat doet, hangt af van de kussenconstructie en van het gebruikte drukverdelende medium. Een algemeen patroon van drukverdeling is in figuur 4.23 opgenomen.



Figuur 4.23 Voorbeeld van een algemeen patroon van drukverdeling met onder de tubera de grootste druk die naar buiten toe afloopt.

De hoogste druk wordt doorgaans steeds waargenomen onder de tubera. Het begrip ‘drukverdelend’ als eigenschap van een zitting moet in dit verband dan ook worden begrepen als het vermogen van een kussen om de druk onder de tubera zo laag mogelijk te krijgen, door die gelijkmatig te ‘verdelen’ over de rest van het belaste oppervlak.

De druk onder de tubera is afhankelijk van individuele kenmerken. Individuele kenmerken zijn:

- het zitgewicht van de gebruiker: het zitgewicht wordt mede beïnvloed door het al dan niet afsteunen van de armen op armleuningen; het afsteunen van de armen scheelt circa 18% zitgewicht!
- het belaste oppervlak c.q. de hoeveelheid weke delen: hoe omvangrijker de weke delen zijn, des te lager de waargenomen maximale druk onder de tubera;
- de dikte van de laag weke delen onder de tubera: ten opzichte van de tubera werkt deze laag als een drukverdelend medium; de inwendige druk vlakbij de tubera is hoger dan de inwendige druk achter de huid;
- de stand van het bekken, zowel in het sagittale als in het frontale vlak;
- de spierspanning in de bilspieren;
- de vorm van de tubera: asymmetrie, botaangroeisels en een niet glad oppervlak leiden tot drukverhoging;
- houdingsafwijkingen die leiden tot asymmetrie.

Inwendig is de druk direct onder de tubera hoger dan de druk die daaronder, direct achter de huid wordt gemeten. Weke delen en huid vormen als het ware een drukverdelende laag ten opzichte van de tubera. Het is belangrijk in te zien dat ieder achterwerk in die zin zijn eigen drukverdelend vermogen heeft. Dit eigen drukverdelend vermogen wordt het best benut wanneer de vorm ervan intact wordt gelaten.

Een goede drukverdeling zorgt ervoor dat de zitbeenknobbels zo min mogelijk worden belast. Dit wordt ervaren als comfortabel. Een langdurige, te hoge belasting wordt als niet comfortabel ervaren en werkt – normaal gesproken – als een waarschuwingsmechanisme. Het gevolg daarvan is dat men gaat verzitten. Meestal is dit een onbewuste, automatische reactie.

Bij rolstoelgebruikers met een verminderde sensibiliteit werkt dit mechanisme niet of onvoldoende. Er is geen automatische reactie bij overbelasting. Dat betekent dat het gevaar voor beschadiging van het weefsel groot is. Zitkussens voor rolstoelgebruikers dienen dan ook maximaal comfort te bieden en te zorgen voor een goede drukverdeling. Daarnaast is een optimaal microklimaat tussen kussen en zitvlak noodzakelijk. Goede warmte- en vochtregulerende eigenschappen van het kussen kunnen daarvoor zorgen.

In feite zijn deze maatregelen *onvoldoende* wanneer de rolstoelgebruiker zich niet bewust is van de risico's op het krijgen van decubitus en geen aanvullende maatregelen neemt om dit te voorkomen. Immers, bij de beste kussens is de inwendige druk onder de tubera nog steeds te hoog om die te lang te laten duren. Sleutelwoord hierin is *dynamisch zitgedrag*. Dynamisch zitgedrag zorgt voor wisselende belasting, en dat is een noodzakelijke aanvulling in de strijd tegen decubitus.



Figuur 4.24 Voorbeeld van een voorgevormde draagconstructie van een schuimkussen.

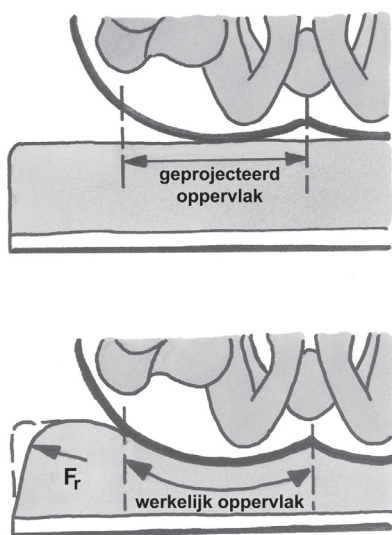
De enige reden waarom gezonde mensen die een dag lang zitten op een nauwelijks gestoffeerde kantoorstoel geen decubitus ontwikkelen, is beweging, is dynamisch zitgedrag.

Op de markt worden vele soorten speciale kussens aangeboden, de zogenaamde antidecubituskussens, waarvan beweerd wordt dat ze een zeer goede drukverdeling realiseren. Het Kussenonderzoek wijst uit dat dat gemiddeld genomen tegenvalt, en dat conventionele kussens op basis van schuim ook een heel goede drukverdeling kunnen leveren, mits aan een aantal uitgangspunten is voldaan. De vorm van de draagconstructie onder belasting speelt daarin een belangrijke rol, zoals eerder is besproken. Hangmatzittingen hebben een gunstig effect op het drukverdelend vermogen van een laag schuim die daarop ligt.

De cover kan een grote invloed hebben op het drukverdelend vermogen van een kussen. In het algemeen kan worden gezegd dat de druk onder de tubera toeneemt naarmate de cover 'stugger' wordt. De verklaring voor de invloed van de cover op het drukverdelingsresultaat kan gevonden worden in het zogenaamde 'hangmat-effect'.

Het hangmat-effect kan verklaard worden vanuit het feit dat er een verschil is tussen het geprojecteerde oppervlak van het achterwerk vóór belasting en het werkelijke oppervlak tijdens belasting. Dit verschil moet tijdens het 'gaan zitten' ergens vandaan gehaald worden. In figuur 4.25 is te zien dat dat vanuit de zijkant van het kussen gebeurt.

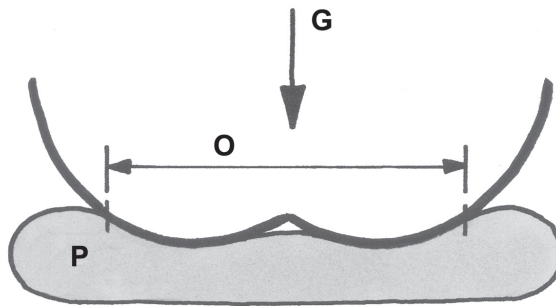
De vervorming van het schuim in horizontale richting die hiermee gepaard gaat, levert een reactiekracht op, die zich tegen deze vervorming verzet. Deze 'trekspanning in het belaste oppervlak' wil als het ware het belaste oppervlak weer strak trekken. Deze neiging verhindert dat het belaste oppervlak zich volledig aanpast aan de vorm van de bil. Dit levert een drukverhoging onder de tubera op, omdat daar de vorm van het achterwerk door de trekspanning in de cover het meest afgevlakt wordt.



Figuur 4.25 Het verschil tussen geprojecteerd oppervlak en werkelijk oppervlak.

Het essentiële verschil tussen schuimkussens enerzijds en lucht-, water- of vloeibare gel-gevulde kussens anderzijds is te vinden in het verband tussen indrukking en reactiekracht. Schuim reageert als een drukveer: de reactiekracht neemt toe naarmate de indrukking groter wordt. Bij lucht- en vloeistofgevulde kussens is er tijdens het indrukken vrijwel geen reactiekracht en komt het evenwicht vrij plotseling tot stand. Er ontstaat een lucht- of hydrostatische druk in het systeem, die wordt bepaald door de grootte van de belasting G en de grootte van het belaste oppervlak O .

In formule: $p = G/O$



Figuur 4.26 De druk in het systeem: $p = G/O$.

In de praktijk betekent dit dat het evenwicht zich instelt afhankelijk van de constructie en de vulgraad van het kussen: de hoeveelheid lucht of water die in het systeem zit, de grootte en vorm van de bil, en de grootte van het zitgewicht.

Deze druk vormt in principe een gelijkmatige uitwendige belasting, wanneer er geen sprake zou zijn van trekspanningen die in het omhulsel ontstaan vanwege de lucht- of hydrostatische druk. Deze trekspanningen hebben eenzelfde effect als het eerder beschreven hangmat-effect, en verhinderen een volledige aanpassing aan de vorm van het achterwerk.

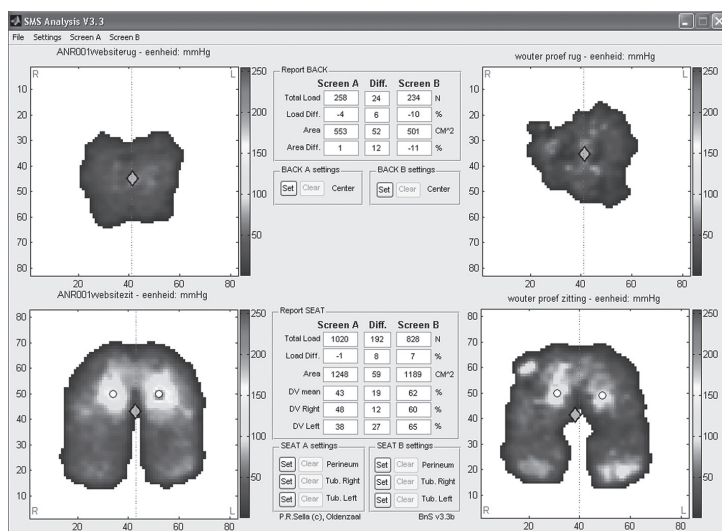
De grootte van de trekspanning die in het omhulsel van dit type drukverdelend medium ontstaat, staat in direct verband met de grootte van de lucht- of hydrostatische druk p in het systeem. De druk p in het systeem dient dus niet alleen laag gehouden te worden uit het oogpunt van drukverdeling, maar ook om het hangmat-effect zo klein mogelijk te houden.

De negatieve effecten van de trekspanning in het belaste oppervlak worden in de praktijk opgelost door het oppervlak te verdelen in kleine stukjes. In het geval van schuim gebeurt dit door verticale insnijdingen te maken, waardoor het horizontale verband in het schuim wordt aangetast en verkleind; bij luchtkussens gebeurt dit door veel kleine ballonachtige elementen te creëren die onderling met elkaar verbonden zijn. De materiaaleigenschappen van het omhulsel, in combinatie met de wijze van vervorming van

de cellen, beïnvloeden wel de mate waarin er randen ontstaan die tot plaatselijk hoge druk kunnen leiden.

Een probleem bij dit soort luchtkussens is de stabiliteit in dwarsrichting. Dit kan worden opgelost door de creatie van een linker- en een rechtercompartiment, die van elkaar kunnen worden afgesloten. Dit moet gebeuren nadat men op een niet-gesloten systeem symmetrisch is gaan zitten. In een laboratorium-setting met een meetbil met inwendige druksensoren bleek het niet mogelijk reproduceerbare resultaten op dergelijke kussens te meten. In hetzelfde onderzoek is vastgesteld dat het verband tussen *interface pressure* en werkelijke inwendige druk onder de tubera bij dergelijke kussens veel gunstiger is dan bij schuimkussens. Zit hiertussen bij schuimkussens een factor 2, bij het besproken type luchtkussens is dat een factor 3. Dat wil zeggen dat de inwendige druk in het eerste geval tweemaal groter is dan de gemeten interface pressure en in het tweede geval driemaal.

Men zou ook de conclusie kunnen trekken dat de huidige interface-drukmeetapparatuur gunstig uitpakt voor de gemeten interface pressure op dergelijke luchtkussens.



Figuur 4.27 Vergelijkbare resultaten van een zitdrukmeting met SMS-analysesoftware.

Het meten en interpreteren van de interface pressure met zogenaamde drukmeetmatten is dus een moeilijke kwestie. Meetmatten met een hoge resolutie geven de resultaten van circa duizend meetcellen. De vraag hierbij is hoe twee verschillende resultaten geïnterpreteerd moeten worden, in aanmerking genomen de betrekkelijk geringe meetnauwkeurigheid van dergelijke matten. Gebaseerd op de essentie van drukverdeling is inmiddels software ontwikkeld die representatieve kengetallen gebruikt om drukverdelingsresultaten goed te kunnen vergelijken. De drukverdeling DV wordt bere-

kend ter plaatse van de tubera en uitgedrukt in een kengetal op een schaal van 0 tot 100. Hoe minder de tuber belast wordt, des te hoger het cijfer.

In de ontwikkelde SMS-analysesoftware is, naast het gebruik van relevante kengetallen voor drukverdeling, veel aandacht besteed aan het gemakkelijk kunnen vergelijken en interpreteren van twee meetresultaten. Zie hiervoor V4.

4.5 Analyse van rolstoeleigenschappen

Een rolstoel is een zeer gecompliceerd product. De gebruiker wil dat de rolstoel geschikt is voor de meest uiteenlopende activiteiten: hij moet overal mee naar toe genomen kunnen worden, hij moet gemakkelijk in een auto geplaatst en vervoerd kunnen worden en hij mag niet in de weg staan als hij niet gebruikt wordt. Kortom, hij is idealiter een schaap met vijf poten. Aangezien schapen met vijf poten niet te realiseren zijn, is een rolstoel(concept) altijd een compromis.

Gewenste rolstoeleigenschappen sluiten elkaar vaak uit. De behoefte aan licht rijden bij met armkracht aangedreven rolstoelen staat op gespannen voet met de behoefte aan een zekere stabiliteit van de rolstoel. Het aanbrengen van camber in de aandrijfwielen ter verbetering van de rijeigenschappen en bescherming van de handen heeft een grotere breedte tot gevolg. Bepaalde eigenschappen gaan ten koste van andere eigenschappen, omdat ze elkaar in de realisering eenvoudigweg uitsluiten.

Ten aanzien van de zithouding is er een spanningsveld tussen een goede, stabiele zithouding en een houding waarin het maken van een transfer gemakkelijk is.



Figuur 4.28 Niet-opvouwbare rolstoel C-Rex met elektrische kantelverstelling en individueel instelbare rugondersteuning in een transferstand en in een stand met een stabiele zithouding.

Een transfer maken gaat het gemakkelijkst wanneer de zitting horizontaal is. Dat staat op gespannen voet met het ideale krachtenevenwicht in de zitting in een stabiele houding: dan is er immers een functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) van ten minste 115° . Met een horizontale zitting zou men langzaam uit de stoel glijden, en ontstaan er wrijvingskrachten op het zitvlak die dat willen verhinderen. Voor een krachtenevenwicht zonder wrijving moet de zittinghoek circa 12° zijn, maar dat maakt een transfer moeizamer. In de traditionele vouwrolstoel lag het compromis duidelijk aan de transferkant; deze rolstoel was in oorsprong ook bedoeld voor zeer kortdurend gebruik.



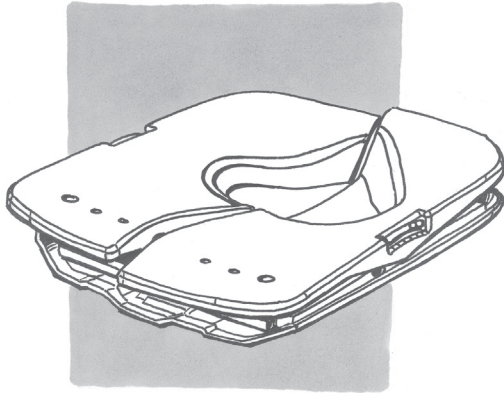
Figuur 4.29 Traditionele vouwrolstoel: geoptimaliseerd voor transfer en geschikt voor zeer kortdurend gebruik. De zittinghoek: hoek φ is circa 0° , de functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) is circa 105° .

Verstelmechanismen die een stabiele zithouding kunnen wijzigen voor een optimale transferhouding ‘kosten’ extra constructie-elementen. Deze nemen ruimte in, brengen extra gewicht met zich mee en verhinderen andere ingrijpende constructies die bijvoorbeeld het verkleinen c.q. versmallen van de rolstoel mogelijk maken. Extra gewicht betekent zwaarder rijden en zwaarder tillen wanneer de rolstoel in een kofferbak van een auto gelegd moet worden.

Een oplossing voor deze problematiek is het in 2006 ontwikkelde kantelkussen. Dit kussen verschaft niet alleen de mogelijkheid een transfer te maken vanuit een horizontale zitting, maar creëert tevens – automatisch – een gelijkmatige belasting van het zitvlak, die onafhankelijk is van de precieze afstelling van de beensteunen. Hierdoor wordt het zitvlak altijd volledig belast en daarmee wordt de drukverdeling geoptimaliseerd.

Constructies die het verkleinen c.q. versmallen van de rolstoel mogelijk maken, zijn omgekeerd zo bepalend voor het ontwerp dat daarbinnen moeilijk een houdingsverstelling gerealiseerd kan worden.

Elektrisch aangedreven rolstoelen hebben meer constructieve mogelijkheden om een door de gebruiker verstelbare houdingsondersteuning te realiseren.



Figuur 4.30 Oplossing voor het transferprobleem in een klassieke rolstoel: het kantelkussen, afgebeeld zonder drukverdelend medium.

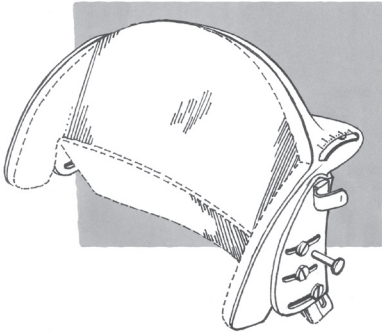
Doordat vaak niet alle gewenste eigenschappen tegelijkertijd in een rolstoel te realiseren zijn, dient in de gevalbehandeling het maken van duidelijke keuzes een hoge prioriteit te hebben. Men realiseert zich dat wat het zwaarst is, ook het zwaarst moet wegen. Een anatomisch verantwoorde, stabiele zithouding dient in het normale, niet-kortdurende rolstoelgebruik de hoogste prioriteit te krijgen. Voor afgeleide problemen, zoals bijvoorbeeld het maken van een transfer, dienen aanvullende oplossingen gecreëerd te worden, zoals bijvoorbeeld het toepassen van het kantelkussen.



Figuur 4.31 C-Rex met elektrisch verstelbare kantelverstelling in stabiele zithouding en in een individuele voorkeurhouding door circa 8° kanteling achterover.

Inmiddels is er een rugondersteuningssysteem op de markt waarmee in een min of meer traditioneel rolstoelconcept eenvoudig een anatomisch verantwoorde stabiliteit is te realiseren. In dit rugondersteuningssysteem is de ondersteuning van de rug boven

de lende losgekoppeld van de ondersteuning onder de lende. De rugondersteuning boven de lende wordt op 115° afgesteld en individueel op hoogte gesteld. Het deel onder de lende wordt 'in de pas' individueel afgesteld. Zie voor een vergelijkbare – standaard – oplossing ook figuur 3.9: DDo4.



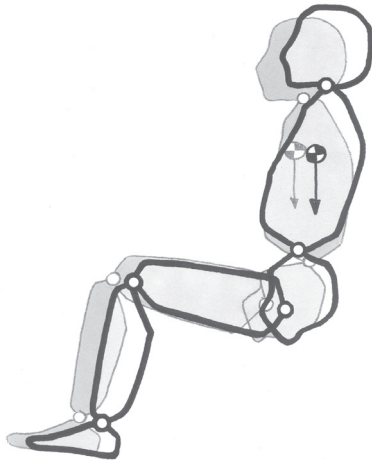
Figuur 4.32 Prototype van een individueel instelbare rugondersteuning die in een klassieke rolstoel een zithouding mogelijk maakt met een anatomisch verantwoorde stabiliteit.

Het effect van het gebruik van een dergelijke rugondersteuning is goed te zien in figuur 4.33. De lijntekening was de beginsituatie, de foto toont de anatomisch verantwoorde, stabiele eindsituatie. Het verschil lijkt klein, maar is essentieel voor de wijze van belasting van de wervelkolom, voor de druk op de interne organen en voor de stand van het hoofd.



Figuur 4.33 Optimalisatie van de zithouding door manipulatie van hoek φ en hoek $(\varphi+\alpha)$ tot een zithouding met een anatomisch verantwoorde stabiliteit.

In figuur 4.34 met het biomechanisch model is goed te zien wat er in werkelijkheid is gebeurd.



Figuur 4.34 Biomechanische verklaring van figuur 4.33: het verschil tussen een anatomisch verantwoorde en een anatomisch niet-verantwoorde stabiliteit: de figuur in het grijs.

4.6 Samenvatting en conclusies

Analyse van het zitgedrag van volwassenen laat zien dat steeds ontspanning gezocht wordt zodra een activiteit dat toelaat. De praktijk is dat maar weinig echt actief wordt gezeten. Ontspanning betekent dat geen spierkracht hoeft te worden aangewend om de houding te handhaven. En dat betekent dat intuïtief gezocht wordt naar stabiliteit van bekken, romp en hoofd.

De basiszithouding in een rolstoel kan dan ook niet anders zijn dan een anatomisch verantwoorde, stabiele zithouding wanneer maar één zithouding in de rolstoel wordt aangeboden.

Deze basishouding moet gezien worden als een compromis tussen een optimale transferhouding met een zittinghoek hoek φ van 0° , en een individuele voorkeurshouding met een gemiddelde functionele rugleuninghoek: hoek $(\varphi + \alpha)$ van circa 123° .

De basiszithouding heeft een functionele rugleuninghoek: hoek $(\varphi + \alpha)$ van ten minste 115° , een heuphoek: hoek α van circa 103° en derhalve een zittinghoek: hoek φ van 12° . De rug wordt hierbij in zijn eigen natuurlijke vorm ondersteund. De rugondersteuning moet daartoe voldoende ruimte bieden aan het achterwerk en in hoogte positioneerbaar te zijn ten opzichte van het diepste punt van de lende.

Het goed zitten in een rolstoel voldoet in principe aan dezelfde wetmatigheden als het goed zitten in een fauteuil of in een collegezaalstoel.

De biomechanica van de zithouding en de (neuro)fysiologische aspecten van de zithouding zijn in een rolstoel niet anders. Door het gedwongen karakter van het zitten en de complicaties die dat mede door de functiestoornis met zich mee kan brengen moeten deze in feite nog nauwkeuriger worden toegepast.

Rolstoelen die door de gebruiker zelf versteld kunnen worden, dienen minimaal het gebruiksgebied van een transferhouding tot een ontspannen voorkeurshouding te overbruggen. Hierbij is de grootte van hoek α afgestemd op de stabiele houding, dus hoek α is 103° tot 105° . Door de houding steeds aan te passen aan de activiteit die men wil doen, ontstaat de noodzakelijke dynamiek, die preventief werkt op het ontstaan van decubitus. Het lichaam is immers niet ingericht op een langdurige statische belasting; het is zowel fysiologisch als neurofysiologisch afhankelijk van beweging. Beweging is ook noodzakelijk voor een al dan niet bewuste gewaarwording, en andersom is gewaarwording afhankelijk van beweging

Daarnaast betekent beweging een noodzakelijke verandering van de belasting.

Een optimale zithouding en zitondersteuning kunnen niet zonder een – actieve – optimalisering van het zitgedrag.

Neurofysiologisch is de stand van het hoofd in balans op de romp, met de ontspannen blik gericht op de horizon, de referentiehouding voor alle handelingen. Vanuit deze stand van het hoofd wordt het lichaam bij activiteiten het nauwkeurigst aangestuurd. De ontspannen voorkeurshouding met een gemiddelde functionele rugleuninghoek: hoek($\varphi+\alpha$) van 123° is dan ook de basishouding voor rolstoelgebruikers met een beschadigd waarnemingsstelsel en/of een beschadigd besturingssysteem. Vanuit deze houding kan de noodzakelijke beweging c.q. kunnen (kleine) houdingsveranderingen actief dan wel passief gerealiseerd worden.

De wetmatigheden voor het zitten die gelden voor volwassenen gelden in principe ook voor kinderen. Het natuurlijke zitgedrag van kinderen is evenwel duidelijk anders gericht. Om de wereld te exploreren zal een kind zich spontaan met zijn lichaam in die wereld willen begeven, ook al heeft het door zijn onvermogen moeite een actieve houding op een anatomisch verantwoorde wijze te handhaven. Dat betekent echter niet dat deze houding als een basishouding voor het kind in de rolstoel beschouwd kan worden en langdurig kan worden aangeboden. Het is daarom van het grootste belang het kind een zitgedrag aan te leren en mogelijkheden in de rolstoel aan te bieden waarbij deze houding *bewust* afgewisseld wordt en kan worden met een anatomisch en (neuro)fysiologisch meer verantwoorde stabiliteit van het bovenlichaam waarbij het hoofd goed georiënteerd kan zijn.

De drukverdelende eigenschappen van ondersteuningselementen spelen een rol in de wijze waarop de reactiekrachten aan het zitvlak worden doorgegeven. Wrijvingskrachten in het zitvlak dienen door een goede zithouding, een goede verhouding tussen zittinghoek: hoek φ en heuphoek: hoek α te worden vermeden.

Het zo veel mogelijk verminderen van de belasting van de gebieden rondom de tubera is de essentie van een goede drukverdeling en werkt preventief op het ontstaan van decubitus.

Het blijkt dat hoe gemakkelijker – lees: met hoe minder weerstand – een kussen zich aanpast aan de vorm van het achterwerk, des te beter de drukverdeling is. De vorm van de draagconstructie speelt hierin een belangrijke rol. Een schuimkussen op een hangmat geeft over het algemeen een beter resultaat dan op een vlakke plank.

Naast de drukverdelingskwaliteit zijn goede vocht- en warmteregulerende eigenschappen van het kussen belangrijke comfortbepalende eigenschappen die, indien in voldoende mate aanwezig, mede een preventieve werking hebben op het ontstaan van decubitus.

Geraadpleegde literatuur deel A

- Andersson, B.J.G.; Ortengren, R.; Nachemson, A.L.; Elfström, G.; Broman, H. The Sitting Posture: An Electromyographic and Discometric Study. *Orthopedic Clinics of North America*, Vol 6, No 1, January 1975.
- Bar, C.A. *The response of tissues to applied pressure*. College of Medicine, University of Wales Cardiff, dec. 1988.
- Bennet, Leon et al. Shear vs Pressure as causative factors in skin bloodflow occlusion. *Arch Phys. Med. Rehabil.* vol 60 juli 1979.
- Conine, T.A., Hershler, C., Daechsel, D., Peel, C., Pearson, A. Pressure ulcer proflaxis in elderly patients using polyurethane foam or Jay wheelchair cushions. *International Journal of Rehabilitation Research*, 17, 1994.
- Crenshaw, R.P. and Vistness, L.M. A decade of pressure sore research 1977-1987. *Journal of Rehabilitation Research and Development* vol 26 no. 1 1989.
- Dirken, J.M. *Productergonomie*. Delft University Press 1997.
- Engelbert, J.H.H.L. *Inventariserende bepalingen van het thermisch comfort van rolstoelzittingen*. TNO rapport TE 92, 1378 juli 1992.
- Fisher, Steven et al. Wheelchair cushion effect on Skin Temperature. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* vol 59 febr. 1978.
- Garber, S.L.; Krouskop, T.A. Body Build and Its Relationship to Pressure Distribution in the Seated Wheelchair Patient. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* vol 63, January 1982.
- Grandjean, E. *Sitting Posture*. Taylor & Francis Ltd, London, 1969.
- Goossens, R.J.M. *Biomechanics of body support. A study of load distribution, shear, decubitus risk and form of the spine*. Rotterdam, 1994.
- Krouskop, Thomas A. et al. Inflation pressure effect on performance of air-filled wheelchair cushions. *G. Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol 67 1986.
- Le, K.M.; Madsen, B.L.; Barth, P.W.; Ksander, G.A.; Angell, J.B.; Vistness, L.M. An in-depth look at pressure sores using monolithic silicon pressure sensors. *Plastic and reconstructive surgery* dec. 1984.
- Molenbroek J.F.M. et al. *Onderzoek naar de zithouding op een kniestoel*. Stichting Academie voor Fysiotherapie, sept. 1981.
- NEN 1812 *Ergonomische criteria voor kantoorstoelen*. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 1993.
- Pollmann, H. *Verslag van de ontwikkeling van de meetbil*. intern verslag 1993.
- Rebiffé, R. Le Siege du Conducteur: Son Adaptation aux Exigences fonctionnelles et Anthropometriques. In: Grandjean, E. *Sitting Posture*. p 132-147.

- Reddy, N.P. Interstitial fluid flow as a factor in decubitus ulcer formation. *Formation J. Biomechanis*, vol 14 no 12, 1981.
- Reswick, J.B. and Rogers, J.E. Experience at Rancho Los Amigos Hospital with Devices and Techniques to Prevent Pressure Sores. Published in: *Bed Sore Biomechanics* edited by Kenedi, R.M. and Cowden J.M. The Macmillan Press, London, 1976.
- Schoberth, H. *De juiste zithouding op het werk*. Köln, 1978.
- Sprigle, Stephen e.a. Reduction of sitting pressures with custom contoured cushion. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol 27 no. 2, 1990.
- Staarink H.A.M. en F.A.C. van Haaster. *Het Zitboek, zithoudingsproblematiek in rolstoelen*. Elsevier/De Tijdstroom, Maarsen, 1995.
- Staarink, H.A.M. *Sitting posture, comfort and pressure; assessing the quality of wheelchair cushions*. Delft University Press, 1995, Series Physical Ergonomics.
- Staarink, H.A.M. *De Kunst van het Zitten*. Aramith Haarlem 1999.
- Wall, M. de et al. Improving the sitting posture of CAD/Cam workers by increasing VDU monitor working height. *Ergonomics*, 1992, vol 35, no. 4, 427-436.