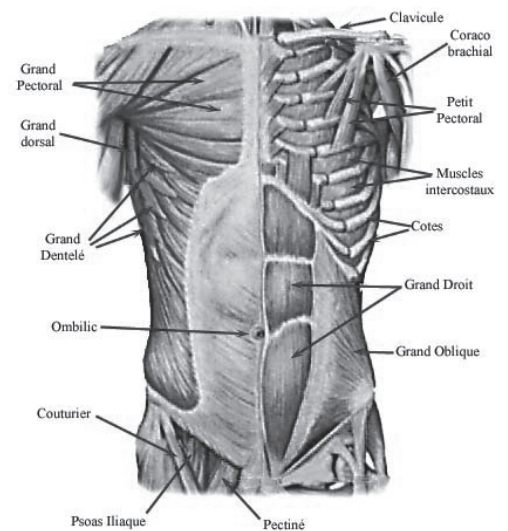
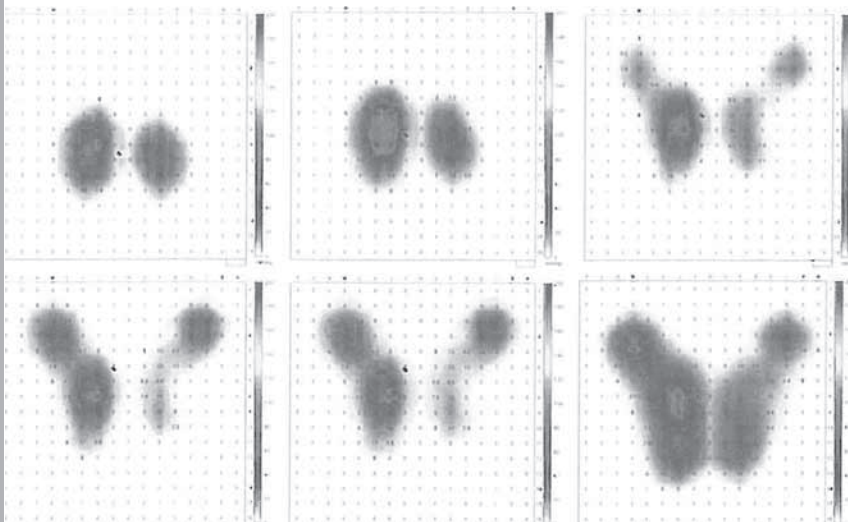


Axia ® Profit & Axia ® Pro

Ondersteuningkracht en spieractiviteit



Technische Universiteit Delft



R. H. M. Goossens
Technische Universiteit Delft



Ondersteuningskracht en spieractiviteit gemeten op de rug tijdens zitten op de Axia Profit en Axia Pro

R.H.M. Goossens

Technische Universiteit Delft, Faculteit Industrieel Ontwerpen,
Landbergstraat 15, 2628 CE, Delft

Samenvatting

In de wetenschappelijke literatuur is in 2003 een artikel verschenen waarin ontwerprichtlijnen voor een rugsteun nader worden onderzocht. Uit het onderzoek blijkt dat een verkeerde steun ter hoogte van de schouderbladen ervoor zorgt dat de ondersteuning ter hoogte van de lage rug wordt 'overruled'. Met andere woorden, door een verkeerde hoge rugsteun steunt men niet meer tegen de lumbale steun. Doel van dit project is om de ondersteuningskrachten op de rugsteun en rugspieractiviteit tijdens zitten op de Axia Profit te bepalen tijdens verschillende houdingen, en deze vervolgens te vergelijken met de richtlijnen uit de theorie van de 'free shoulder space'. In dit onderzoek is gevonden dat de Axia Profit in alle situaties een significant lagere kracht dan 20% van de totale kracht op de rug levert ter hoogte van de schouderbladen ($P < 0.0001$). Gemiddeld blijft de kracht zelfs onder 10% van de totale kracht op de rugsteun.

De Axia Pro met hoge rugsteun levert in de situaties beeldschermwerk en lees-en schrijfwerkzaamheden een kracht op de schouderbladen die lager is dan 20% van de totale kracht op de rug. In de situatie achteroverleunen is de kracht op de schouderbladen de kracht niet significant lager dan 20% van de totale kracht op de rugsteun, namelijk gemiddeld 15.0 (s.d. 12.8) % een vrije stand van de zitting, en 19.1 (s.d. 16.5) % bij een vaste stand van de zitting.

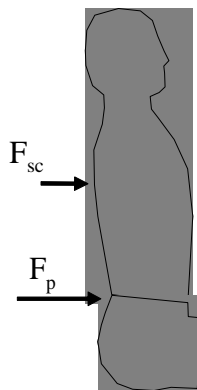
Bij de Axia Pro met lage rugsteun is er geen kracht op de schouderbladen omdat de rugsteun niet zo hoog komt. Wel loopt de kracht op de bovenrand van de rugsteun op tot gemiddeld 24.7 % en 17.3 % van de totale kracht op de rugsteun bij een vrije respectievelijk vaste stand van de zitting. De gemiddelde EMG van de erector spinae ter hoogte van L1 en T8 blijft bij alle stoelen in alle situaties onder de 15% van de maximale vrijwillige contractie (MVC).

Het onderzoek naar de Axia Profit toont aan dat bij een gezonde groep proefpersonen zonder rugklachten, de speciale constructie van de rugsteun ervoor zorgt dat de kracht op de schouderbladen begrensd is tot minder dan 10% van de totale rugbelasting, en dat de ondersteuningskracht zich voornamelijk concentreert rondom het lumbale deel van de wervelkolom.

1. Inleiding

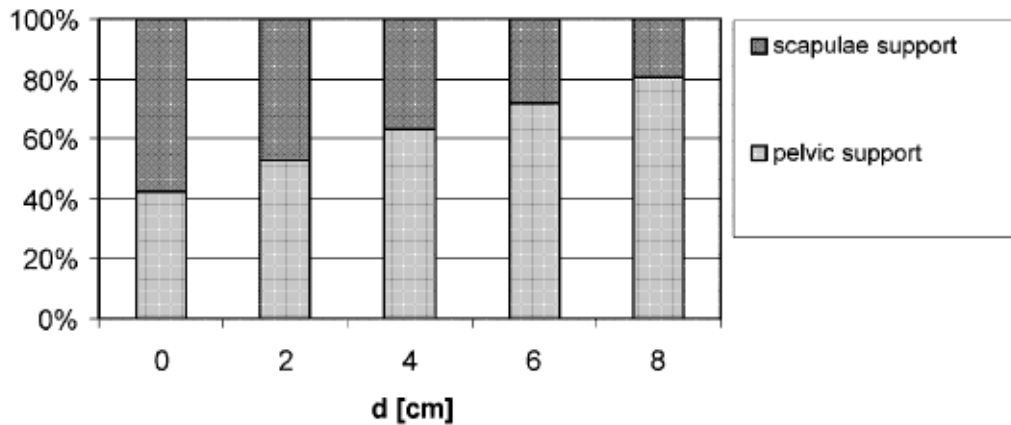
In de wetenschappelijke literatuur is in 2003 een artikel verschenen waarin ontwerprichtlijnen voor een rugsteun nader worden onderzocht [GOOSSENS, R.H.M., SNIJDERS, C.J. , ROELOFS, G.Y. , VAN BUCHEM, F. 2003, Free shoulder space requirements in the design of high backrests , *Ergonomics*, **46**, 518-530].

In bovengenoemd artikel wordt bestudeerd wat de invloed is van een ondersteuningskracht ter hoogte schouderbladen (F_{sc}) op de ondersteuningskracht van de lage rug (F_p), zie figuur 1.



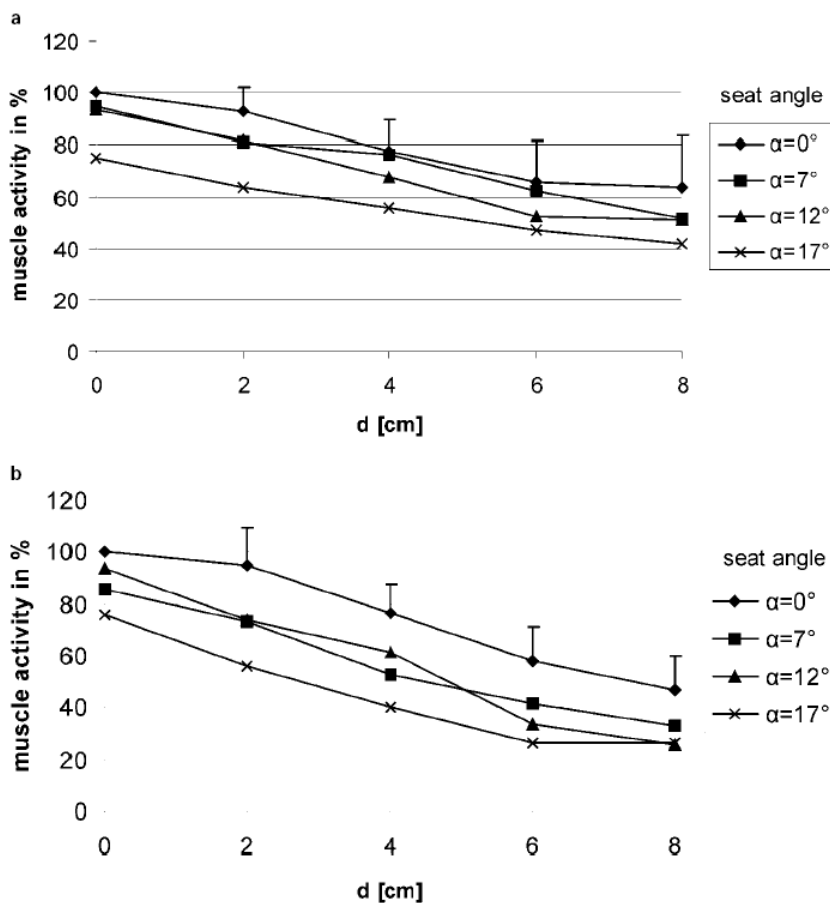
Figuur 1 Ondersteuningskrachten op de rug. Hoog in de rug ter hoogte van de schouderbladen (scapulae) F_{sc} . Laag in de rug ter hoogte van het bekken (pelvis) F_p .

In de literatuur is men het ervoor eens dat een goede ondersteuning ter hoogte van de lage rug belangrijk is voor goed zitten. Uit het onderzoek blijkt dat een verkeerde steun ter hoogte van de schouderbladen ervoor zorgt dat de ondersteuning ter hoogte van de lage rug wordt 'overruled'. Met andere woorden, door een verkeerde hoge rugsteun steunt men niet meer tegen de lumbale steun. Bovendien blijkt dat bij een verkeerd ontworpen hoge rugsteun er ook een grote spieractiviteit is van de erector spinae (een belangrijke rugspier), gemeten op het niveau L1 en T8. Tenslotte werd met behulp van de meetopstelling nog gevonden, dat naarmate de rugsteun ter hoogte van de schouderbladen verder naar achteren (van het lichaam af) geplaatst wordt, er een goede afstemming werd bereikt tussen de krachten die de rug hoog (F_{sc}) en laag (F_p) ondersteunen. De goede afstemming blijkt afhankelijk te zijn van de 'free shoulder space' (d); de afstand tussen het hoge en lage steunpunt van de rug. De relatie tussen ondersteuningskracht en free shoulder space d is te zien in figuur 2. In de figuur is het percentage van de totale ondersteuningskracht op de rug van F_{sc} en F_p uitgezet tegen de free shoulder space d . Vanaf 6 cm 'free shoulder space' steunt de rug voor meer dan 70% op het lumbale deel ('pelvic support' is groter dan 70% van de totale ondersteuningskracht). Hierdoor kan de lage rug goed worden ondersteund.



Figuur 2. Percentage van de totale ondersteuningskracht op de rug als functie van de free shoulder space d. Vanaf d=6 cm is de ondersteuningskracht op het lage deel van de rug goed. Bij een kleinere d wordt de ondersteuningskracht op het lage deel van de rug (F_p) te laag, en is de kracht op de schouders (F_{sc}) te hoog. Als gevolg daarvan gaat men in een kyphose zitten.

In figuur 3 a en b is de invloed van de free shoulder space op de rugspieractiviteit van de erector spinae ter hoogte van T8 en L1 weergegeven. Ook uit deze figuren blijkt dat de rugspieractiviteit daalt naarmate de free shoulder space d groter wordt. Na d = 6 cm blijft de spieractiviteit redelijk constant.



Figuur 3 a, b. Gemiddelde EMG activiteit van de rugspier van 20 proefpersonen (als percentage van de situatie d=0, zithoek $\alpha=0$). (a) ter hoogte van wervel L1 (b) ter hoogte van wervel T8. Naarmate d groter wordt neemt de EMG activiteit af tot 40% van de spierspanning bij zitten in 90-90-90 houding. Vanaf d=6 cm blijft de spierspanning constant.

Samenvatting van bovenstaand onderzoek:

- Bij een goede rugsteun is de kracht F_{sc} op hoogte van de schouderbladen kleiner dan 20% van de totale ondersteuningskracht.
- Bij een goede rugsteun is er een lage activiteit van de erector spinae.

BMA Ergonomics heeft een nieuwe kantoorstool ontworpen, de Axia Profit, waarbij een goede rugondersteuning wordt nagestreefd. Door middel van gedifferentieerde rugvering is er een zogenaamde adaptieve rugsteun ontworpen, die in elke houding de juiste steunaccenten aanbrengt.

Doel van dit project is om de ondersteuningskrachten op de rugsteun en rugspieractiviteit tijdens zitten op de Axia Profit te bepalen tijdens verschillende houdingen. Deze waarden worden vervolgens vergeleken met de richtlijnen uit de theorie van de 'free shoulder space'.

2. Materialen en Methoden

Het onderzoek wordt uitgevoerd met drie kantoorstoelen van BMA Ergonomics, te weten de Axia Pro met hoge rugsteun, de Axia PRO met lage rugsteun en de Axia Profit. De stoelen worden conform de richtlijnen van BMA Ergonomics ingesteld:

- Zithoogte- zodanig dat de bovenbenen gelijkmatig worden ondersteund;
- Rughoogte- zodanig dat de bolling van de rugsteun ter hoogte van de broekriem is;
- Zitdiepte- zodanig dat er ongeveer een handbreedte past tussen de knieholte en voorrand;
- Zithoek- zowel gefixeerd als vrije stand;
- Gewichtsinstelling- naar voorkeur van de proefpersoon;
- Hoogte armleggers- zodanig dat armen langs het lichaam worden ondersteund;
- De tafelhoogte wordt op armsteunhoogte gebracht;
- Beeldschermhoogte wordt ingesteld zodat de hoofdhoek tussen 0° en 15° is.

Er wordt tijdens drie houdingen gemeten:

1. Beeldschermwerk achter een bureau
2. Telefoon en conversatiehouding- achterover leunend
3. Lees- en schrijfwerkzaamheden- voorover leunend

Variabelen

Aan het onderzoek nemen 12 gezonde proefpersonen deel, zonder rugklachten, in een representatieve samenstelling van de Nederlandse populatie variërend in lengte en gewicht van P5 tot P95. Met behulp van een FSA drukmeet mat [FSA Medical Seat and Back Pressure, UT1010, Verg Inc, Canada] wordt de druk op de gehele rugsteun gemeten. Hieruit wordt de bijbehorende reactiekracht ter hoogte van de schouderbladen (F_{sc}) en bekkenrand (F_p) bepaald. Bij de Axia Pro, met lage rugsteun is er geen sprake van krachten op de schouderbladen, en daar wordt de kracht op de bovenrand gemeten (F_{rand}). De rugspieractiviteit EMG wordt gemeten ter hoogte van L1 en T8 (EMG_{L1} en EMG_{T8}) met [Porti 5-16/ASD, TMS International Enschede]. Als maximale vrijwillige contractie (MVC) wordt de EMG waarde genomen die wordt geregistreerd terwijl in buikligging de romp horizontaal wordt gehouden, terwijl de benen op een tafel worden gefixeerd. Als oppervlakte elektroden worden Pre-gelled ECG Ag/AgCl schuimelektroden met Hydrogel gebruikt. De metingen zijn uitgevoerd met een sample frequentie van 1000 Hz en er wordt gebruik gemaakt van een hoog doorlaatfilter (10Hz- 200Hz). Per houding wordt de hoek van de zitting in het beschikbare verstelgebied ingesteld naar voorkeur van de proefpersoon. Metingen worden verricht zowel met een gefixeerde zittinghoek, als met vrije zittinghoek. Nadat de houding is aangenomen worden de variabelen gemeten.

De volgende hypothesen worden, met een Student-t test getest voor elke stoel:

H0: $F_{sc, gem} \geq 20\%$ totale kracht op rugsteun (bij de Axia Pro met lage rugsteun F_{rand})

H1: $F_{sc, gem} < 20\%$ totale kracht op rugsteun (bij de Axia Pro met lage rugsteun F_{rand})

H0: $EMG_{L1, gem} \leq 15\%$ MVC (MVC = maximale vrijwillige contractie)

H1: $EMG_{L1, gem} > 15\%$ MVC (MVC = maximale vrijwillige contractie)

H0: $EMG_{T8, gem} \leq 15\%$ MVC

H1: $EMG_{T8, gem} > 15\%$ MVC

Daarnaast zijn krachten F_{sc} en F_p van de Axia Pro met hoge rugsteun en de Axia Profit voor alle situaties vergeleken met een Wilcoxon signed rank test:

H0: $F_{sc, Pro} = F_{sc, Profit}$

H1: $F_{sc, Pro} \neq F_{sc, Profi}$

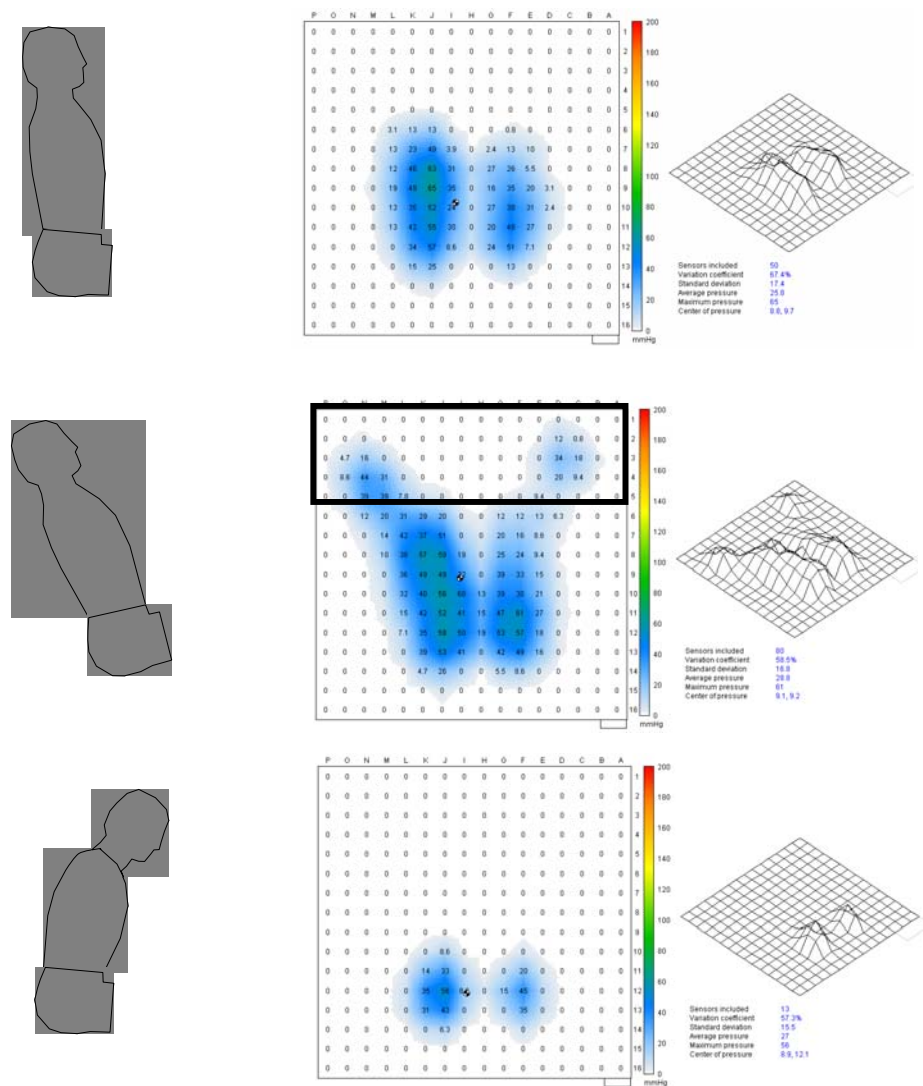
Er wordt gebruik gemaakt van SPSS 12.0.1, en een significantieniveau $\alpha = 0.05$.

3. Resultaten

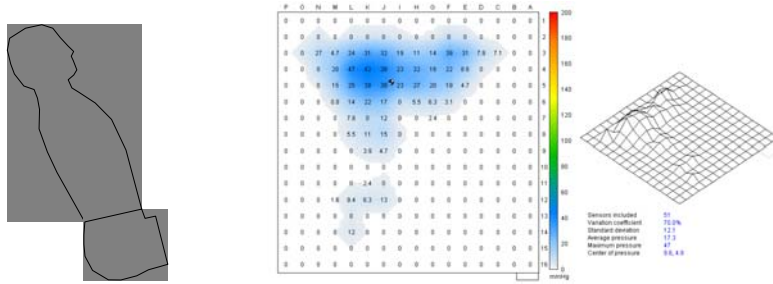
De 12 proefpersonen bestond uit 6 mannen en 6 vrouwen, gemiddelde lengte 1.77 m (s.d. 0.13 m), gemiddeld gewicht 74.5 kg (s.d. 15.6 kg), gemiddelde leeftijd 27.3 jaar (s.d. 3.9 jaar).

Ondersteuningskrachten

Typische meetdata van de drukverdeling op het ruggand gemeten met de FSA mat is te zien in figuur 4 en 5.

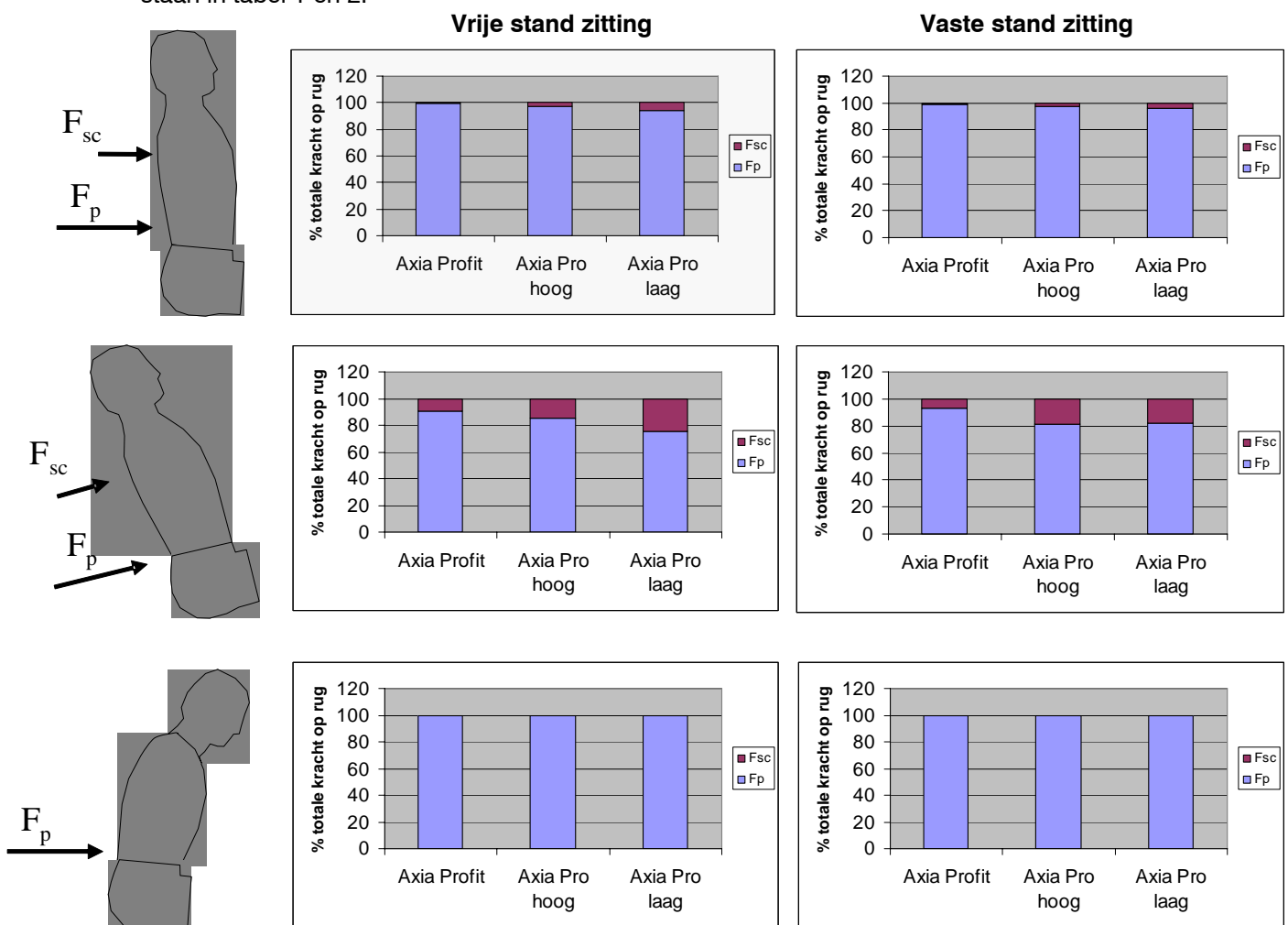


Figuur 4. Drukverdeling op het ruggand bij de Axia Profit stoel in gefixeerde stand, tijdens de houding beeldschermwerk (boven), achterover leunend (midden) en lees-en schrijfwerkzaamheden (onder). Duidelijk te zien is dat bij beeldschermwerk een groot deel van de lage rug wordt ondersteund en dat naarmate men meer achterover gaat zitten er een ondersteuningskracht op de schouderbladen werkt. In de middelste figuur is de regio die resulteert in Fsc zwart omlijnd.



Figuur 5. De drukverdeling op de Axia Pro met lage rugsteun terwijl de proefpersoon achterover leunt. De reactiekrachten zijn geconcentreerd rond de bovenrand van de rugsteun.

Grafische presentatie van de gemiddelde kracht als percentage van de totale kracht op de rugsteun, gemeten op alle proefpersonen op het schouder deel F_{sc} en op de lage rug F_p bij de verschillende houdingen op de verschillende stoelen is te zien in figuur 6, de waarden staan in tabel 1 en 2.



Figuur 6. De gemiddelde kracht op de schouders F_{sc} en lage rug F_p als percentage van de totale kracht op de rug op de verschillende stoelen tijdens verschillende houdingen. Te zien is dat de Axia Profit in alle gevallen een kracht op de schouderbladen heeft die kleiner is dan 10% van de totale kracht, waardoor de kracht op de lage rug groter is dan 90%. Bij de Axia Pro met hoge rugsteun loopt de gemiddelde kracht op de schouderbladen op tot 19%. Bij de Axia Pro met lage rugsteun is F_{sc} de kracht op de bovenrand van de rugsteun. Te zien is dat deze kracht aanzienlijk (tot bijna 25%) oploopt tijdens achterover leunen.

| Vrije stand zitting | beeldschermwerk Fsc % totale kracht | achterover Fsc % totale kracht | voorover Fsc % totale kracht |
|---------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| Axia Profit | 0.4 (0.6) | 9.1 (7.2) | 0 |
| Axia Pro hoog | 2.7 (6.4) | 15.0 (12.8) | 0 |
| Axia Pro laag | 5.7 (11.8) | 24.7 (16.3) | 0 |

Tabel 1. Bij een vrije stand van de zitting. De gemiddelde kracht op de schouders (Fsc) (standaard deviatie tussen haakjes) als percentage van de totale ondersteuningskracht op de rug. Vet gedrukte waarden betekent dat Fsc significant kleiner is dan 20% van de totale ondersteuningskracht op het rugpand.

| Vaste stand zitting | beeldschermwerk Fsc % totale kracht | achterover Fsc % totale kracht | voorover Fsc % totale kracht |
|---------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| Axia Profit | 0.8 (1.8) | 7.1 (6.9) | 0 |
| Axia Pro hoog | 2.7 (8.0) | 19.1 (16.5) | 0 |
| Axia Pro laag | 4.3 (11.8) | 17.3 (12.5) | 0 |

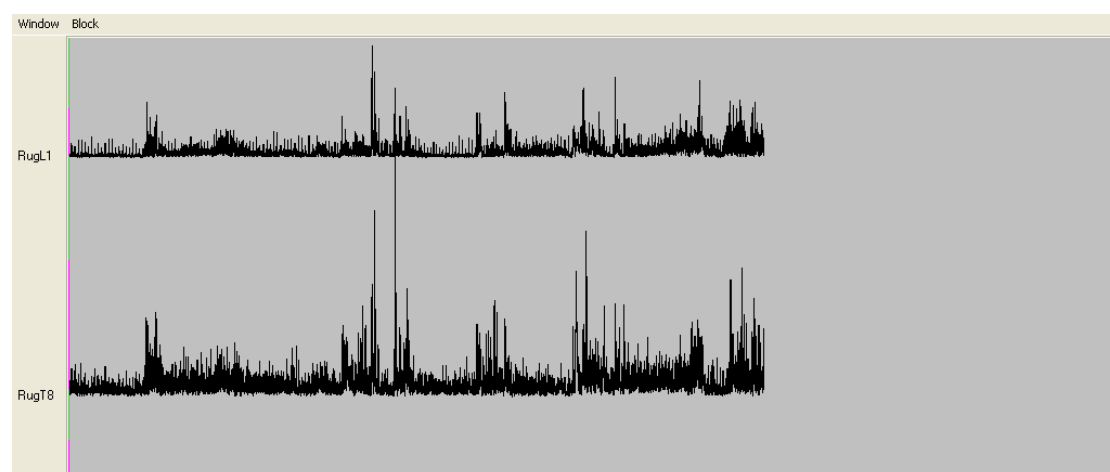
Tabel 2. Bij een vaste stand van de zitting. De gemiddelde kracht op de schouders (Fsc) (standaard deviatie tussen haakjes) als percentage van de totale ondersteuningskracht op de rug. Vet gedrukte waarden betekent dat Fsc significant kleiner is dan 20% van de totale ondersteuningskracht op het rugpand.

In tabel 1 en 2 is te zien dat de Axia Profit in alle gevallen een significant lagere kracht dan 20% van de totale kracht op de rug levert ter hoogte van de schouderbladen ($P < 0.0001$). Gemiddeld blijft de kracht onder 10% van de totale kracht op het rugpand. Bij de Axia Pro met hoge rugsteun loopt de kracht op tot 15% van de totale kracht bij een vrije stand van de zitting, en 19.1% bij een vaste stand van de zitting. Bij de Axia Pro met lage rugsteun loopt de kracht op de bovenrand van de rugsteun op tot gemiddeld 24.7 % en 17.3 % bij een vrije respectievelijk vaste stand van de zitting.

Met de Wilcoxon signed rank test werden significante verschillen gevonden tussen de Axia Profit en Axia Pro met hoge rugsteun in de houding waarbij achterover werd geleund. Zowel bij een zitting die vrij kon bewegen ($P = 0.05$) en bij een zitting die gefixeerd was ($P = 0.004$) zorgde de Axia Profit voor een kleinere kracht op de schouderbladen (Fsc).

Spieractiviteit

Typische data van het EMG-signaal van de rugspieren ter hoogte van L1 en T8 tijdens zitten is te zien in figuur 7.



Figuur 7. Het EMG signaal. Het bovenste signaal is de activiteit ter hoogte van L1. Het onderste signaal is de activiteit ter hoogte van T8.

In tabel 3 en 4 is de spieractiviteit als % MVC te zien.

| Vrije stand zitting | beeldschermwerk | | achterover | | voorover | |
|------------------------|-----------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|
| | L1 | T8 | L1 | T8 | L1 | T8 |
| | % MVC | % MVC | % MVC | % MVC | % MVC | % MVC |
| Axia Profit | 9.0 (6.6) | 10.1 (4.9) | 8.6 (5.4) | 8.4 (4.7) | 8.8 (3.9) | 10.1 (6.4) |
| Axia Pro hoog | 7.5 (4.7) | 8.6 (5.4) | 6.8 (3.3) | 8.3 (3.9) | 9.4 (5.5) | 10.7 (5.3) |
| Axia Pro laag | 8.5 (5.7) | 10.7 (8.3) | 7.9 (5.3) | 7.3 (3.3) | 8.5 (5.5) | 10.4 (6.1) |

Tabel 3. Bij een vrije stand van de zitting. Gemiddelde EMG (met tussen haakjes de standaard deviatie) ter hoogte van L1 en T8 als percentage van het MVC. Alle waarden in de tabel zijn significant kleiner dan 15% MVC.

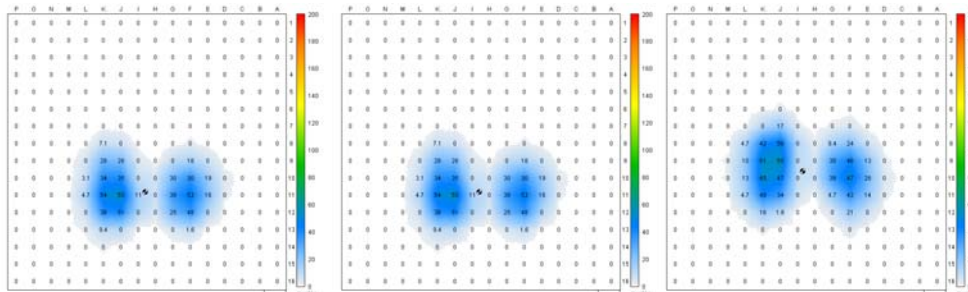
| Vaste stand zitting | beeldschermwerk | | achterover | | voorover | |
|------------------------|-----------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|
| | L1 | T8 | L1 | T8 | L1 | T8 |
| | % MVC | % MVC | % MVC | % MVC | % MVC | % MVC |
| Axia Profit | 9.5 (5.3) | 10.1 (4.9) | 6.3 (2.3) | 6.6 (2.4) | 9.4 (6.9) | 9.5 (4.9) |
| Axia Pro hoog | 9.4 (5.6) | 10.0 (5.5) | 6.8 (3.7) | 6.9 (2.6) | 9.4 (6.0) | 10.5 (4.9) |
| Axia Pro laag | 8.6 (5.4) | 10.1 (4.4) | 7.9 (6.8) | 7.2 (3.8) | 8.7 (6.4) | 9.6 (4.3) |

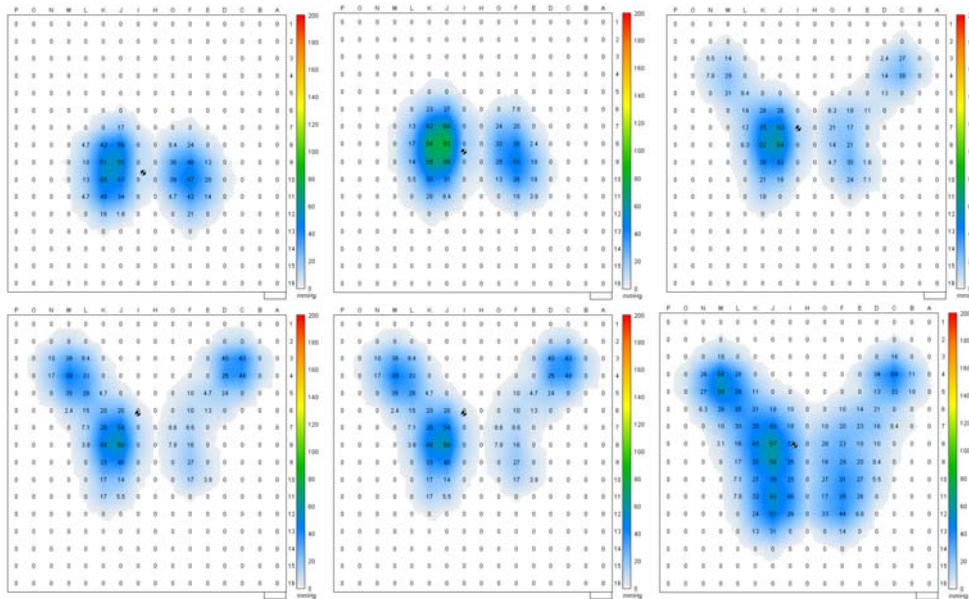
Tabel 4. Bij een vrije stand van de zitting. Gemiddelde EMG (met tussen haakjes de standaard deviatie) ter hoogte van L1 en T8 als percentage van het MVC. Alle waarden in de tabel zijn significant kleiner dan 15% MVC.

In tabel 3 en 4 is te zien dat de EMG activiteit in alle situaties onder de 15% van de maximale vrijwillige contractie (MVC) ligt. Bij achteroverleunen is er de laagste activiteit zowel ter hoogte van L1 als ter hoogte van T8.

4. Discussie

Het onderzoek naar de Axia Profit toont aan dat bij een gezonde groep proefpersonen zonder rugklachten, de speciale constructie van de rugsteun ervoor zorgt dat de kracht op de schouderbladen begrensd is tot minder dan 10% van de totale rugbelasting. Dit valt ruim binnen de marge die volgt uit het artikel over 'free shoulder space'. Zitten is een dynamische activiteit en er worden vele houdingen aangenomen. De houdingen die in dit onderzoek zijn bekeken, leveren de uiterste waarden voor de drukverdeling op de rug. Zodoende leveren de tussenliggende houdingen altijd een lagere belasting op. In de onderstaande figuur 8 is de drukverdeling het hele traject van voorover naar achterover met kleine tijdsintervallen weergegeven. Daarin is te zien dat de belasting op de schouders geleidelijk toeneemt.



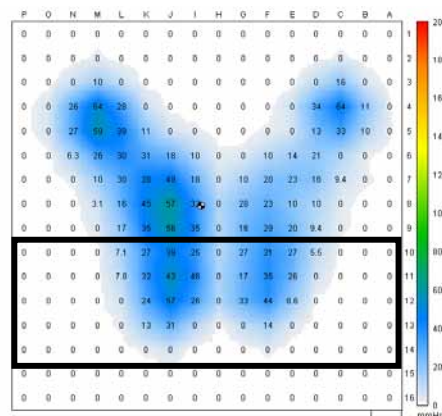


Figuur 8. Beelden van de druk op de rug tijdens het gaan zitten van de lees- en schrijfstand naar vergaderstand.

De Axia Pro met lage rugsteun biedt door zijn constructie aan alle gebruikers een ‘free shoulder space’. Wat in het huidige onderzoek opvalt, is dat er een aanzienlijke kracht op de bovenrand van de rugsteun optreedt tijdens achteroverleunen. Deze kracht kan oplopen tot bijna 25% van de totale kracht op de rugsteun. De bovenrand heeft wel afrondingen, maar toch is er een aanmerkelijke drukgradiënt (lokale verandering van druk). Dit zou tijdens langdurig achteroverzitten als onprettig kunnen worden ervaren. Bij de Axia Profit is er geen sprake van grote drukgradiënten en gaan de drukken geleidelijk in elkaar over.

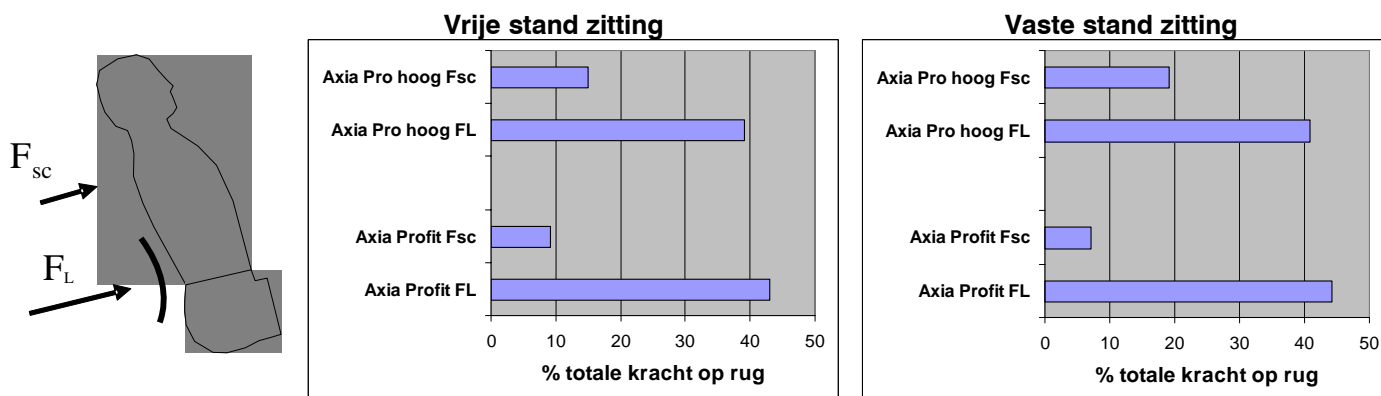
In het huidige onderzoek zijn de definities aangehouden die werden gebruikt in het artikel over ‘free shoulder space’ van Goossens et al. De FSA meetmat biedt echter meer analyse mogelijkheden dan de meetopstelling die gebruikt is in het ‘free shoulder space’ artikel van Goossens.

Voor een nadere analyse wordt een kracht gedefinieerd die optreedt in de zone op de FSA drukmeetmat rond de lumbale wervelkolom als F_L zie figuur 9.



Figuur 9. De zone in de zwarte rechthoek op de FSA mat waarmee F_L wordt berekend.

De gemiddelde waarden van F_L die worden gemeten zijn te zien in figuur 10. Uit deze figuur blijkt dat in de vergaderstand de Axia Profit een grotere steun geeft aan de lumbale wervelkolom dan de Axia Pro met hoge rugsteun; F_L op de Profit is 43% van de totale kracht op de rug tegen 39% op de Pro in de vrije stand. En in de vaste stand is er 44% van de totale kracht bij de Profit en 41% op de Pro.



Figuur 10. De gemiddelde waarden van F_L en F_{sc} , als percentage van de totale kracht op de rugsteun, gemeten bij 12 gezonde proefpersonen bij een achterover zittende stand. Te zien is dat de Axia Profit een grotere ondersteuning geeft aan het lumbale deel van de rug.

5. Conclusie

Er is onderzoek gedaan naar de krachten op de rug en de spieractiviteit van de erector spinae ter hoogte van L1 en T8 bij 12 gezonde proefpersonen in 3 verschillende houdingen (beeldschermwerk, achteroverleunend, lees-en schrijfwerkzaamheden). Daarbij zijn 3 kantoorstoelen vergeleken, te weten de Axia Profit, de Axia Pro met hoge rugsteun en de Axia Pro met lage rugsteun. Metingen worden verricht zowel met een gefixeerde zittinghoek, als met vrije zittinghoek.

De Axia Profit levert in alle situaties een significant lagere kracht dan 20% van de totale kracht op de rug ter hoogte van de schouderbladen ($P < 0.0001$). Gemiddeld blijft de kracht onder 10% van de totale kracht op het rugpand.

De Axia Pro met hoge rugsteun levert in de situaties beeldschermwerk en lees-en schrijfwerkzaamheden een kracht op de schouderbladen die significant lager is dan 20% van de totale kracht op de rug. In de situatie achteroverleunen is de kracht op de schouderbladen de kracht niet significant lager dan 20% van de totale kracht op de rugsteun, namelijk 15.0 % (s.d. 12.8%) een vrije stand van de zitting, en 19.1 % (s.d. 16.5%) bij een vaste stand van de zitting.

Bij de Axia Pro met lage rugsteun is er geen kracht op de schouderbladen, omdat de rugsteun niet zo hoog komt. Wel loopt de kracht op de bovenrand van de rugsteun op tot gemiddeld 24.7 % en 17.3 % van de totale kracht op de rugsteun bij een vrije respectievelijk vaste stand van de zitting.

De gemiddelde EMG van de erector spinae ter hoogte van L1 en T8 blijft bij alle stoelen in alle situaties onder de 15% van de maximale vrijwillige contractie (MVC).