

Onderzoek naar de spannings- en vervormingstoestand van delen van het menselijk lichaam, in het bijzonder van femora

Citation for published version (APA):

Heugten, van, P. C. M. (1974). *Onderzoek naar de spannings- en vervormingstoestand van delen van het menselijk lichaam, in het bijzonder van femora*. (DCT rapporten; Vol. 1974.012). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1974

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Tussentijds verslag d.d. 15 juni 1974 van

Onderzoek naar de spannings- en vervormingstoestand van delen van het menselijk lichaam, in het bijzonder van femora.

no. 69-3

Aanvrager: prof.dr.ir. J.D. Janssen
hoogleraar in de Technische Mechanika
(geb. 31-8-1940)
Technische Hogeschool
Postbus 513
Hoofdgebouw 2.61
Eindhoven
tel. 040 - 472611
040 - 472613

Samenvatting

De gegevens uit de aanvraag d.d. 6 augustus 1973 zijn in het algemeen niet veranderd. Dit betekent dat - indien ir. van Heugten in de gelegenheid wordt gesteld tot 1-7-1975 het onderhavige onderzoek te vervolgen - de afronding van het aangeboden plan in de vorm van een academisch proefschrift kan plaatsvinden.

Verslag

Een efficiënt werkende drie-dimensionale mesh-generator is momenteel operationeel op de B 6700 komputer. De problemen bij het overzetten van de programma's naar het B 6700-systeem waren groter dan redelijkerwijs verwacht kon worden. De moeilijkheden werden vooral veroorzaakt door de (nieuwe) randapparatuur van het THE-Rekencentrum.

Een femur waarvan de geometrie reeds bepaald was, is met behulp van de mesh-generator verdeeld in 1843 elementen, waarbij ruim 600 knooppunten voorkomen. Onder de veronderstelling dat het materiaal zich isotroop gedraagt, zijn spanningen en rekken in dit femur bepaald voor 6 onafhankelijke belastingen. Berekeningen kunnen ook worden uitgevoerd voor anisotroop materiaalgedrag, terwijl er geen enkele beperking bestaat met betrekking tot de belasting van het femur.

Om de berekende spanningen en rekken eenvoudig te kunnen vergelijken met de resultaten van experimenten, tweedimensionale en balk-modellen, moeten deze grootheden getransformeerd worden. Hiervoor zijn procedures ontwikkeld die overigens nog niet perfect functioneren. Een gedetailleerde confrontatie van de resultaten van verschillende modellen en experimentele gegevens heeft dan ook nog niet plaatsgevonden.

In het afgelopen jaar is veel aandacht besteed aan het verzamelen van meer experimentele gegevens, dan oorspronkelijk de bedoeling was. Deze uitbreiding van het onderzoek gaat niet ten koste van de andere aspecten. Met name zijn experimenten uitgevoerd om bij een femur de optredende rekken te meten, indien verschillende prothesen en/of orthopedische hulpmiddelen worden toegepast. Door het beschikbaar komen van deze resultaten kan het model met betrekking tot deze aspecten veel grondiger geëvalueerd worden.

Door het onderzoek op deze wijze uit te breiden is het wezenlijk verbeterd. Met name zullen hierdoor de te formuleren criteria voor prothesen en ingrepen in waarde stijgen. In bijlage 2 is in het kort aangegeven welke experimenten uitgevoerd zijn. De experimenten kregen voorrang boven met name de procedures voor de vergelijking van model-resultaten, omdat zij voltooid moesten zijn voordat het laboratorium van de vakgroep Technische Mechanika medio 1974 verhuisd wordt.

Een oplossing voor het weergeven van analyse-resultaten en experimentele gegevens voor het buiten- en binnenoppervlak van een femur is gevonden en in komputerprogramma's gekoncretiseerd (zie bijlage 1). Om ook in het femur de spanningstoestand overzichtelijk te kunnen weergegeven, zijn soortgelijke procedures nodig als die benut worden voor de vergelijking van de resultaten van de modellen en de realiteit.

In de afgelopen periode is bovendien een start gemaakt met de definitieve rapportage over de delen van het onderzoek die als afgerond beschouwd kunnen worden (met name: de 3-dimensionale mesh-generator, de geometrie-bepaling, de 2-dimensionale modellen en de experimenten). Overigens zal op dit gebied nog veel werk verzet moeten worden.

Bijlage 1: Het weergeven van de resultaten van een drie-dimensionaal model van een femur t.b.v. een confrontatie met experimentele gegevens.

Bijlage 2: Metingen aan het femur.

Bijlage 1

Het weergeven van de resultaten van een drie-dimensionaal model van een femur t.b.v. een confrontatie met experimentele gegevens (kort overzicht).

Uit de experimenten (zie bijlage 2) volgen voor diverse belastingssituaties de rekken resp. hoofdrekken in 112 punten op het oppervlak van het femur. Onder de veronderstelling van isotroop en homogeen materiaalgedrag, volgen hieruit spanningen en hoofdspansingen. Hieruit kan bijvoorbeeld met behulp van de spanningshypothese van Maxwell, Huber en Hencky een vergelijkspanning (ideële spanning) berekend worden in deze punten. Voor het weergeven van deze resultaten is gekozen voor de volgende methode.

Van het femur-oppervlak wordt op een speciale manier een uitslag gekonstrueerd. In deze uitslag kunnen, m.b.v. een daarvoor ontwikkeld programma, diverse grootheden op verschillende wijzen worden gepresenteerd.

- a. Per knooppunt kan de grootte van de rekken, de hoofdrekken, de hoofdspansingen of de ideële spanning geplot worden.
- b. Per knooppunt kunnen de hoofdrekken of de hoofdspansingen worden voorgesteld door twee, onderling loodrechte lijnen, waarvan de lengten een maat zijn voor de grootte van de rekken of spanningen en waarvan de richtingen overeenkomen met de richtingen van de hoofdrekken of hoofdspansingen.
- c. In de uitslag kunnen lijnen van konstante vergelijkspanning worden getekend.

De resultaten van het drie-dimensionale model bestaan uit drie verplaatsingen en zes spanningen per knooppunt voor elk belastingsgeval. De posities van de knooppunten komen niet overeen met de posities van de rekstrookjes.

Ten behoeve van een confrontatie van de modelresultaten met de experimenten zullen de modelresultaten worden weergegeven in eenzelfde figuren als gebruikt voor de experimentele resultaten. Daartoe zijn in de meshgenerator een aantal procedures ingebouwd waardoor z.g. "randdriehoeken", d.w.z. elementvlakken op het binnen- of buitenoppervlak van het lichaam, kunnen worden opgespoord. Bij elk rekstrookpunt is een randdriehoek gezocht, welke de positie van dat rekstrookpunt zo goed mogelijk "benadert". Als criterium hiervoor is gevonden een combinatie van de afstand van het rekstrookpunt tot het vlak, opgespannen door de drie hoekpunten van de randdriehoek en de gemiddelde afstand van het rekstrookpunt en de hoekpunten van de randdriehoek. De waarden van de verplaatsingen, rekken en spanningen worden nu

gevonden uit de waarden in de hoekpunten van de bijbehorende randdriehoek door interpolatie. Indien het femuroppervlak op de plaats van het rekstrookpunt onbelast is, moeten - indien de gevolgde berekeningsmethoden nauwkeurig genoeg zijn - uit de zes spanningen σ_x , σ_y , σ_z , τ_{xy} , τ_{yz} , τ_{xz} drie hoofdspanningen σ_1 , σ_2 en σ_3 te berekenen zijn, waarvan één hoofdspanning de grootte nul en een richting gelijk aan de richting van de normaal op de randdriehoek heeft.

Hierna kunnen met behulp van tabellen of uitslagtekeningen vergelijkingen plaatsvinden.

Een diepgaande studie van de spanningstoestand in het femur kan geschieden met behulp van tekeningen van doorsnijdingsvlakken zoals gebruikt als invoer voor de meshgenerator.

P. van Heugten

17 juni 1974.

Bijlage 2

Metingen aan een femur

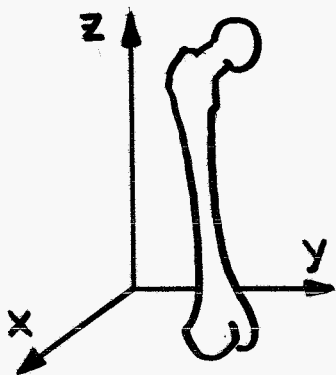
Doel

In eerste instantie zijn de metingen gebruikt om gegevens te verkrijgen i.v.m. latere modelvorming. Hierna zijn uitgebreide metingen verricht met als doel de ontwikkelde en nog te ontwikkelen modellen te toetsen.

Meetopstelling

De meetopstelling bestaat uit een kadaverfemur (mnl, 52 jaar), waarvan het distale einde op goed gedefinieerde wijze is ingegoten in een bak met araldit. Op de femurhals en op de femurschacht zijn 112 rosette-rekstrookjes aangebracht (filamenten $45^{\circ}/45^{\circ}/90^{\circ}$ /type PR-5-11, Tokyo, Sokki Kenyop Co., Ltd). De positie en de oriëntatie van elk rekstrookje is vastgelegd met een onnauwkeurigheid kleiner dan 0.1 mm resp. $0,5^{\circ}$. De balanceerwaarden van alle filamenten worden automatisch gemeten en op ponsband gezet. Verwerking van deze gegevens is gebeurd op een EL-X8 resp. B 6700 komputer met behulp van diverse komputerprogramma's.

Belastingen werden aangebracht m.b.v. dood gewicht en - zo nodig - wrijvingsarme katrollen.



Globaal assenstelsel x, y, z.

De richting van de z-as komt overeen met de richting van een lijn door het midden van de kop en het midden van de kondylen.

Verrichte metingen

Na toetsing van de reproduceerbaarheid van de metingen en de superponeerbaarheid en lineariteit van het mechanische gedrag van het femur binnen bepaalde grenzen, is gekozen voor een belastingspatroon, waarbij het femur telkens driemaal opeenvolgend wordt belast en ontlast.

De volgende belastingssituaties zijn aldus gemeten:

1. kracht op de kop van het femur in positieve x-richting
2. " " " " " " " " " y-richting
3. " " " " " " " " " z-richting
4. " " " " " " " " " negatieve x-richting
5. " " " " " " " " " y-richting
6. " " " " " " " " " z-richting

7. Moment op de kop van het femur in positieve x-richting
 8. " " " " " " " " negatieve x-richting
 9. " " " " " " " " positieve y-richting
 10. " " " " " " " " negatieve y-richting
 11. " " " " " " " " positieve z-richting
 12. " " " " " " " " negatieve z-richting
13. Enige combinaties van bovenstaande belastingen.
14. Belasting, samengesteld m.b.v. literatuurgegevens uit krachten op de kop van het femur en op de trochanter major.

Metingen aan femur voorzien van prothesen en/of andere orthopedische hulpmiddelen.

Daar met behulp van de reeds gedeeltelijk ontwikkelde modellen van het femur ook getracht zal worden berekeningen uit te voeren betreffende femora, voorzien van prothesen, is de proefopstelling na de hiervoor beschreven experimenten, gebruikt om enige metingen uit te voeren aan een femur voorzien van prothesen. De aldus verkregen gegevens zullen gebruikt worden bij de konstruktie zowel als de verifikatie van modellen van het femur waarbij prothesen en andere hulpmiddelen in rekening gebracht kunnen worden. Voor elke nieuwe meetobjektsituatie zijn metingen verricht bij die belastingen, welke de meeste en de interessantste gegevens leken op te leveren. In nauwe samenwerking met de leden van de werkgroep Biomechanika Eindhoven is gekozen voor het volgende ingrepen-programma: Metingen van verschillende belastingssituaties aan een femur, voorzien van:

1. een Küntscherpen \emptyset 8 mm
2. een Küntscherpen \emptyset 10 mm
3. een Küntscherpen \emptyset 12 mm
4. een kop-halsprothese, steellengte 20 cm, zonder cement
5. een kop-halsprothese, steellengte 35 cm, zonder cement
6. een kop-halsprothese, steellengte 14 cm, met cement
7. een kop-halsprothese, steellengte 21 cm, met cement
8. schroefgaten ter bevestiging 6-gats A.O.-plaat. Geen fractuur in femur.
9. een A.O.-plaat. Geen fractuur in femur.
10. een A.O.-plaat. Femur met fractuur (kunstmatig aangebracht)
11. een A.O.-plaat. Kompressie op de breukvlakken.

Resultaten

De resultaten van alle metingen zullen uitvoerig worden besproken bij de afronding van het onderzoek.

P. van Heugten

17 juni 1974.