

# Biomechanica van de elleboog : voorstel werkwijze bij het onderzoek in het elleboogproject

**Citation for published version (APA):**

Peters, G. W. M. (1984). *Biomechanica van de elleboog : voorstel werkwijze bij het onderzoek in het elleboogproject*. (DCT rapporten; Vol. 1984.004). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1984

**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](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

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

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

WFW 84.004

Biomechanica van de elleboog

Voorstel werkwijze bij het onderzoek  
in het elleboogproject.

Rapport no. 9

Inhoud

1. Inleiding	2
2. Te volgen werkwijze bij het onderzoek	2
2.1. Experimenteel onderzoek	4
2.1.1. Globale werkwijze bij het experimenteren	4
2.2. Theoretische modelvorming	6
3. Literatuurlijst	7

Maart 1984

TH-Eindhoven      Afd. W. Vakgroep WFW  
RL-Maastricht     B.M.C. Cap.groep Anatomie en Embryologie

G. Peters

## 1. Inleiding

Het onderzoek binnen het "elleboogproject" heeft tot doel de mechanische modelvorming van delen van passief krachtdoorleidende bindweefselstructuren rond gewrichten in het algemeen en het ellebooggewricht in het bijzonder. Op lange termijn zal het onderzoek in eerste instantie moeten leiden tot een experimenteel geverifieerd model van het bindweefselcomplex aan laterale zijde van het ellebooggewricht. De uiteindelijke modelvorming zal geschieden op basis van bekende theorieën uit de niet-lineaire mechanica samen met resultaten van experimenten aan bindweefselstructuren in verse armen.

Om het gestelde doel te bereiken is het noodzakelijk om experimentele technieken en mechanica modellen te ontwikkelen. De problematiek rond beide aspecten is complex en heeft een groot aantal uiteenlopende facetten. Om de voortgang en de diepgang van het project te bespoedigen c.q. te vergroten is het gewenst om binnen het project twee onderzoeklijnen onder te brengen waarin respectievelijk de experimentele en de modelvormingsactiviteiten zwaartepunt zijn.

De resultaten van dit onderzoek zullen een bijdrage moeten leveren aan de mechanische modelvorming van gewrichten in het algemeen.

## 2. Te volgen werkwijze bij het onderzoek

Zoals in de inleiding reeds is gesteld zal het experimentele deel van het onderzoek beperkt blijven tot het bindweefselcomplex aan de laterale zijde van het ellebooggewricht.

Hiervoor gelden de volgende redenen:

- 1e). dit gedeelte uitgebreid beschreven is (zie 1, 2, 3, 4).
- 2e). het complex als geheel (lateraal en mediaal) te omvangrijk en ingewikkeld is om mee te starten (zowel voor wat betreft de experimenten als voor de modelvorming).
- 3e). voor toetsing van te ontwikkelen modellen ook een deel van het complex voldoende is.

Deze modellen dienen realistisch en experimenteel verifieerbaar te zijn.

D.w.z. dat geometrische en morfologische kenmerken, materiaalparameters e.d. in de modellen herkenbaar terug te vinden moeten zijn.

Bij de keuze van het bovengenoemde gedeelte van het bindweefselcomplex als te bestuderen mechanisch systeem wordt uitgegaan van de veronderstelling dat

dit systeem een relevante rol speelt bij de belastingdoorleiding rond het gewricht. Deze veronderstelling is gebaseerd op een uitgebreide beschrijving van het laterale complex en daaraan verbonden conclusies van V. Mameren (1). Vanuit het mechanische oogpunt gezien dienen van een beschouwd systeem bekend te zijn:

- 1). de geometrie.
- 2). het constitutieve gedrag van het samenstellende weefsel.
- 3). de randvoorwaarden.

ad 1). De geometrie is voor wat betreft verhoudingen en topologie redelijk goed bekend uit morfologische beschrijvingen van de bindweefselstructuren (zie 1, 2, 3, 4).

ad 2). Het constitutieve gedrag van het samenstellende weefsel zal vastgelegd worden door metingen (trekproeven) uit te voeren op, uit het complex verwijderde, delen. Deze metingen leveren kwantitatieve waarden voor de effectieve materiaalparameters die horen bij een gekozen materiaalmodel. Het materiaalmodel moet dus geformuleerd zijn in termen van een anisotroop continuum.

ad 3). Op de grenzen van het beschouwde mechanische systeem dienen de relevante mechanische grootheden (krachten, verplaatsingen) bekend te zijn, zodat de randvoorwaarden van het systeem bekend zijn. Deze grootheden dienen daarom of zondermeer bekend te zijn (bijv. geen wisselwerking met de omgeving = krachten gelijk nul; vast aan een starre omgeving = verplaatsingen gelijk nul) of gemeten worden; m.a.w. het systeem dient op eenduidige wijze geïsoleerd te worden van zijn omgeving.

Het bindweefselcomplex is een deelsysteem van de arm als totaal systeem. De rest van dit totale systeem vormt dus een deel van de omgeving van het beschouwde deelsysteem. Meten op die grenzen van het deelsysteem waar het met de rest van het totale systeem in verbinding staat en waarvan we de randvoorwaarden niet zondermeer kennen levert grote problemen op omdat deze systeemgrenzen vaak moeilijk of niet toegankelijk zijn.

Daarom is het noodzakelijk dat zoveel mogelijk delen van de arm, die in verbinding staan met het beschouwde (deel) systeem, worden verwijderd.

Op deze wijze creëren we een situatie waarin we de randvoorwaarden op voorhand kennen, kunnen meten of voorschrijven. Deze randvoorwaarden hoeven niet erg realistisch te zijn, d.w.z. dat de ingestelde belastingsituaties niet hoeven te lijken op situaties die in vivo voorkomen. We zijn nl. in eerste instantie niet op zoek naar het gedrag van het systeem onder specifieke belastingsgevallen ("in vivo belastingen") maar naar het gedrag onder bekende belastingsituaties zodat vergelijken met resultaten van numerieke simulaties m.b.v. een model mogelijk is.

M.a.w. het experiment kan op verantwoorde wijze vertaald worden naar een model en alleen zo is verificatie van dit model aan de hand van de resultaten van het experiment zinvol.

Deze randvoorwaarden zouden geformuleerd moeten worden op basis van morfologisch onderzoek.

## 2.1. Experimenteel onderzoek

Het doel van deze onderzoeklijn is te komen tot opzet en uitvoering van experimenten aan verse menselijke armen. De hieruit verkregen gegevens zullen deels als invoergegevens deels als toetsingsgrootheden voor het te ontwikkelen theoretisch model van (een deel van) het bindweefselcomplex aan laterale zijde van het ellebooggewricht dienen.

In verband met de beperkte beschikbaarheid van humane preparaten kunnen bij de ontwikkeling van opnemers en experimentele technieken mogelijk in eerste instantie dierlijke preparaten worden gebruikt. Met nadruk moet er op gewezen worden dat niet nagestreefd wordt om tot modelvorming van complexen uit dierlijke preparaten te komen. Het eventueel te kiezen preparaat zal echter aan de volgende eisen moeten voldoen:

- in het preparaat moeten soortgelijke structuren aanwezig zijn als in menselijke preparaten, bij voorkeur in een aanzienlijk minder complexe configuratie;
- de karakteristieke afmetingen en verhoudingen van het preparaat en van de daarin voorkomende structuren moeten van dezelfde orde van grootte zijn als die van humane preparaten. Ontwikkelde opnemers en experimentele technieken zullen dan zonder noemenswaardige modificaties toegepast kunnen worden bij experimenten aan humane preparaten.

### 2.1.1. Globale werkwijze bij het experimenteren

Het bindweefselcomplex aan laterale zijde van het ellebooggewricht omvat de volgende spieren geheel of gedeeltelijk:

- 1). m. extensor carpi radialis brevis.
- 2). m. extensor digitorum.
- 3). m. extensor digiti minimi.
- 4). m. extensor carpi ulnaris.
- 5). m. anconeus.
- 6). m. supinator.

Nadat humerus, ulna en radius t.o.v. elkaar in een vaste stand zijn gefixeerd wordt het bindweefselcomplex volledig vrij geprepareerd. Het complex zal zoveel mogelijk intact worden gelaten voor wat betreft die delen waarop spierfasciculi hebben aangehecht. (Dit betekent dat de distale randen van delen van het complex op verschillende afstand van het gewricht liggen). Bij de eerste verkennende metingen zal maar een deel van het complex worden beschouwd. Hierbij wordt gedacht aan de loge-wand tussen m. ext. carpi radialis brevis en m. ext. digitorum vanwege zijn relatief grote afmetingen en eenvoudige vorm. Deze verkennende metingen zullen uitgevoerd worden aan 2 à 3 verse preparaten.

Anatomisch herkenbare punten van ulna en radius zullen worden gebruikt om te kunnen aangeven hoe de verschillende belastingen zijn aangebracht, m.a.w. bij het aanbrengen van voorgeschreven krachten en/of verplaatsingen doen we dit ten opzichte van botten in relatie met hun specifieke afmetingen en vorm.

Bovendien zullen inzichten vanuit de anatomische kant m.b.t. "de meest realistische geometrie" van het complex bij een gegeven gewrichtsstand een belangrijke rol moeten spelen.

De belasting zal worden aangebracht op de distale randen van het complex. Deze belasting vormt samen met andere randvoorwaarden, geometrie van het complex en materiaalparameters de invoer bij een numerieke simulatie m.b.v. een nog te ontwikkelen model.

De geometrie van het complex zal in eerste instantie globaal ("met de meetlat") worden vastgelegd. Indien dit noodzakelijk blijkt te zijn zal dit nauwkeuriger moeten gebeuren.

Materiaalparameters worden bepaald d.m.v. trekproeven op de trekbank die beschikbaar is op de T.H.E. (Bij deze experimentele bepaling van het materiaalgedrag kan reeds rekening worden gehouden met visco-elastische aspecten; deze aspecten worden in eerste instantie niet betrokken in de modelvorming).

De wijze van krachtdoorleiding in het complex zal op een beperkt aantal plaatsen worden gemeten m.b.v. zg. "gespen".

Uit verkennende metingen zal moeten blijken op welke plaatsen de uiteindelijke keuze zal vallen m.b.t. lokale krachtmeting.

Verificatie van het model kan gebeuren door daar waar verplaatsingen/krachten worden voorgeschreven krachten/verplaatsingen te meten en die te vergelijken met door het model geleverde waarden en door de door het model voorspelde spanningsverdeling te vergelijken met de lokale krachtmetingen in het complex.

Een belangrijke eis die aan het uiteindelijk te ontwikkelen experiment gesteld wordt is dat de tijd, nodig voor de uitvoering, zo kort mogelijk is om eventuele invloeden van degeneratieve processen op de meetresultaten tot een minimum te beperken. Daarom zal bijzondere aandacht besteed moeten worden aan de te volgen werkwijze bij inname, opslag en verwerking van meetgegevens.

## 2.2. Theoretische modelvorming

Doel van de theoretische modelvorming is (uiteindelijk) numerieke simulatie van het mechanische gedrag van het bindweefselcomplex aan laterale zijde van het ellebooggewricht.

Op deze manier kan de wijze van krachtdoorleiding in het complex nader bestudeerd worden. Hiervoor dienen o.a. kabel- en membraanelementen te worden ontwikkeld.

Alvorens de gewenste simulaties kunnen worden uitgevoerd moeten enkele deelproblemen worden bestudeerd en opgelost.

Ten eerste betreft dat het feit dat bindweefselachtige structuren i.h.a. geen drukbelasting kunnen opnemen. Er dient een geschikte beschrijvingswijze te worden gevonden waarmee het mogelijk is om voor kabel- en membraanstructuren de overgang van belaste naar onbelaste toestand zonder numerieke problemen te simuleren.

Vervolgens zal een passende constitutieve vergelijking gekozen moeten worden voor de beschrijving van het gedrag van bindweefsel waarbij anisotropie en niet-lineaire elasticiteit een belangrijke rol spelen (fysisch niet-lineair). Tevens zal rekening moeten worden gehouden met geometrische niet-lineariteiten.

Voor het in rekening brengen van "massieve" delen van het bindweefselcomplex zoals die te vinden zijn in de omgeving van de aanhechtingsplaats op de

humerus is het misschien noodzakelijk om ook zg. "brick-elementen" te ontwikkelen.

Met de hier beschreven werkzaamheden kan gestart worden onafhankelijk van de voortgang van de experimenten. Pas nadat theoretische en numerieke problemen tot 'n oplossing zijn gebracht wordt het zinvol om realistische materiaalparameters en geometrie gegevens in het model te gaan gebruiken. De numerieke simulaties die hiermee worden gedaan zullen geverifieerd worden aan de hand van de experimentele resultaten.

Eventuele toekomstige uitbreidingen van de theoretische onderzoeklijn kunnen de volgende zijn:

- beschrijving visco-elastisch materiaalgedrag.
- beschrijving van het afwikkelen van band of strookvormige structuren over botten.
- Koppeling van het ontwikkelde model aan een model dat bewegingen beschrijft van een gewricht waarin drie botten articuleren.

### 3. Literatuurlijst

1). Mameren, H. v.

An alternative description of anatomical relations of muscle tissue and collagenous connective tissue structures in the lateral part of the cubital region, their intimate relation and possible function and implications; in preparation.

2). Anatomie van de elleboog II; Modern.

G. Peters, intern rapport, THE, W-WFW, juli 1983.

3). Anatomie van de elleboog III; Preparaten.

G. Peters, intern rapport, THE, W-WFW, juli 1983.

4). Anatomie van de elleboog IV; Coupes.

G. Peters, intern rapport, THE, W-WFW, juli 1983.