

Verlengbaar modulair prothese-systeem voor bottumorpatiëntjes

Dr.ir. G.J. Verkerke, prof.dr. H. Schraf-fordt Koop en Dr. R.P.H. Veth, Rijksuni-versiteit Groningen.

Prof.dr.ir. H.H. van den Kroonenberg en prof.dr.ir. H.J. Grootenboer, Uni-versiteit Twente.

Inleiding

Kwaadaardig bottumoren worden meest-al aangetroffen in de pijpbeenderen, met name in het bovenbeen en voornamelijk bij kinderen in de groei.

Men behandelt deze kinderen in eerste instantie met chemotherapie. Na enige tijd kan tijdens een operatie het aange-taste bot worden verwijderd en vervan-gen door een prothese. Zo'n prothese heeft echter als nadeel dat deze niet met het andere been meegroeit. Op den duur kan een beenlengteverschil van wel 11 cm ontstaan. Het enige alternatief is het (gedeeltelijk) amputeren van het boven-been, met alle gevolgen van dien.

Om dit nadeel van een prothese te ver-mijden is aan de Universiteit Twente in samenwerking met de Rijksuniversiteit Groningen een endoprothese-systeem ontwikkeld. Dit systeem bevat onder an-dere een element dat in lengte verstel-baar is, waardoor de groei in het andere been gevolgd kan worden. Afhankelijk van de plaats van de tumor kan het nodig

zijn om ook het heup en/of kniegewricht te verwijderen. Daarom bevat het pro-thesesysteem ook een heup- en knie-prothese. Met fixatie-elementen vindt de bevestiging aan het bot plaats. Door de modulaire opbouw, zie *figuur 1*, is het systeem voor vrijwel elke patiënt bruik-baar.

Om de verschillende modules aan elkaar te koppelen, is een compacte *universele verbinding* ontworpen, zie *figuur 1*. Deze verbinding wordt door middel van draadvonken vervaardigd. Met een bout worden de twee delen geborgd en de speling opgeheven.

Verlengingselement van het systeem

Het verlengingselement mag per keer maar maximaal 2 mm verlengd worden om de spieren, zenuwen en bloedvaten, die langs de prothese lopen, niet te be-schadigen. Er zullen dus veel verlengin-gen nodig zijn, gemiddeld elke twee maanden. Als hiervoor steeds een operatie nodig zou zijn, zou de kans op infectie te groot zijn. Het verlengingselement moet dan ook zonder operatie verlengd kunnen worden.

Het verlengingselement, zie *figuur 2*, be-staat uit twee Ti6Al4V buizen, die uit el-kaar kunnen schuiven. Van de buitenbuis

is een deel van de boring van schroef-draad voorzien en fungeert als moer. De binnenbuis draagt aan een uiteinde een bewegingsschroef die met de moer sa-menwerkt. Door rotatie van de schroef worden de twee buizen uit elkaar ge-drukt, waarbij een polygoonvorm onder-linge verdraaiing voorkomt; de uitwen-dige diameter van deze telescoopcon-structie is circa 30 mm.

De rotatie van de bewegingsschroef wordt door middel van een draaiend magnetisch veld verkregen dat op een magneet werkt die in de binnenbuis is aangebracht. De resulterende rotatie van deze magneet wordt via een tand-wielkast, eveneens in de binnenbuis aan-gebracht, doorgegeven aan de bewe-gingsschroef. Twee spieën verhinderen onderlinge rotatie tussen tandwielkast en binnenbuis. Het magnetisch veld wordt opgewekt door een elektromag-neet die om het been met prothese wordt geplaatst; zie *figuur 3*.

Wrijvingsverliezen zijn geminimaliseerd door de belangrijkste delen te coaten met PTFE.

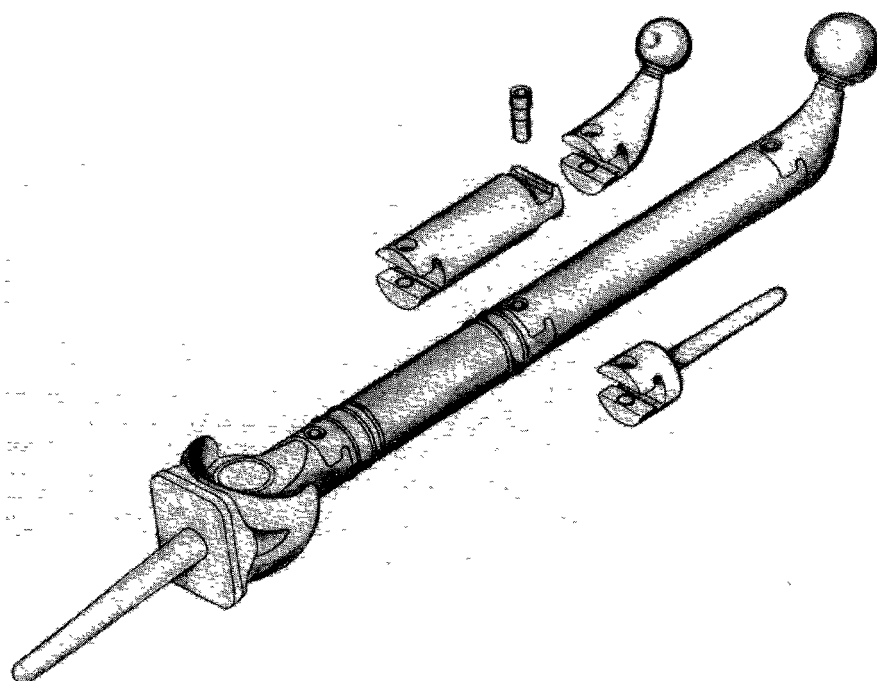
Om de verlengingsprothese tegen het binnendringen van lichaamsvocht te be-schermen is een balg van siliconenrubber om de prothese geplaatst.

Na een verlenging ontstaat binnen de balg een onderdruk, omdat het volume is toegenomen. Hierdoor zou de benodig-de verlengkracht vergroot kunnen wor-den. Siliconenrubber is echter goed per-meabel voor gassen. Te verwachten is dat gassen als CO₂, O₂ en waterdamp door de balg diffunderen om het druk-verschil op te heffen. Met laboratorium-proeven is aangetoond, dat deze diffusie voldoende snel verloopt.

De prothese kan een kracht van 450 N, 30 mm excentrisch aangrijpend, overwin-nen, wat met laboratoriumtesten is aan-getoond. Dit is ruim voldoende om de kracht van de langsliggende spieren (maximaal 200 N, 30 mm excentrisch aangrijpend) te overwinnen.

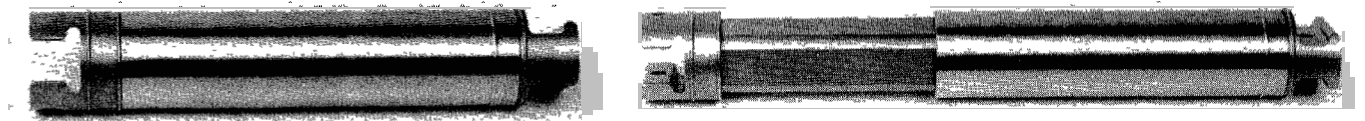
Test van het prothese-systeem

Zowel de universele verbinding als het verlengingselement zijn op sterkte ge-test. Uitgangspunt bij het ontwerp was, dat het prothese-systeem sterker moest zijn dan het oorspronkelijk bot. Dit hield in dat het prothese-systeem een axiale kracht van 10 kN, een buigend moment



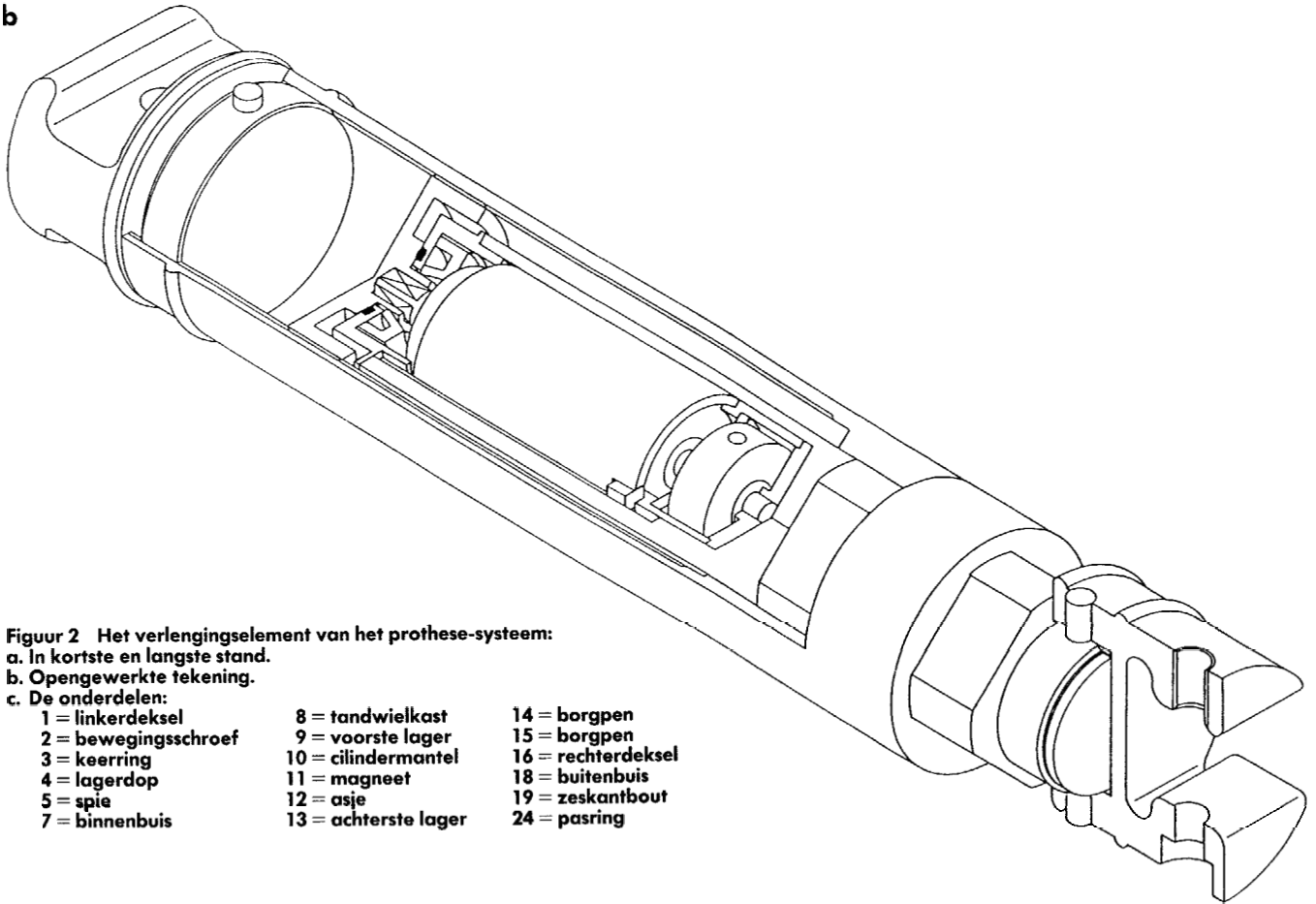
Figuur 1 Overzicht van de mogelijkheden van het prothese-systeem.

Verlengbaar modulair prothese-systeem



a

b



Figuur 2 Het verlengingselement van het prothese-systeem:

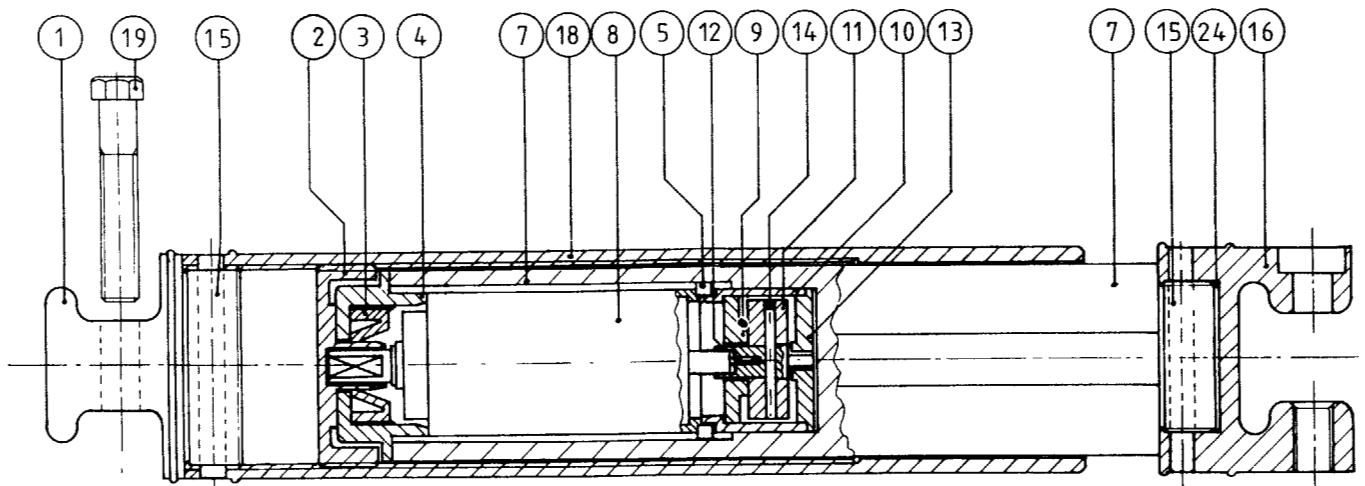
a. In kortste en langste stand.

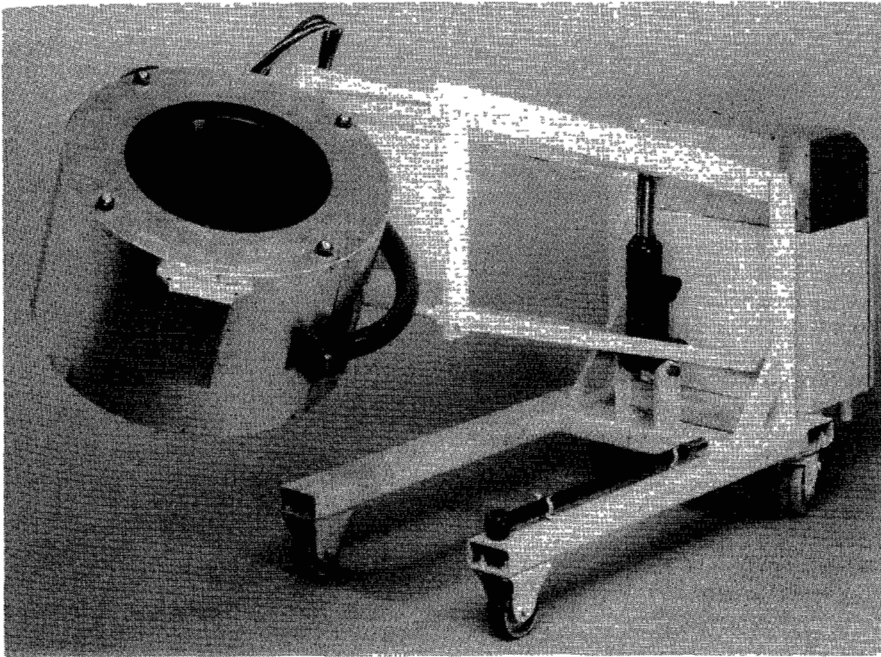
b. Opengewerkte tekening.

c. De onderdelen:

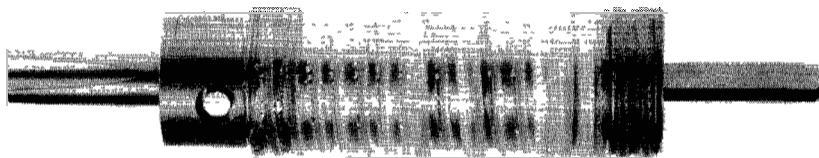
- | | | |
|----------------------|----------------------|--------------------|
| 1 = linkerdeksel | 8 = tandwielkast | 14 = borgpen |
| 2 = bewegingsschroef | 9 = voorste lager | 15 = borgpen |
| 3 = keerring | 10 = cilindermantel | 16 = rechterdeksel |
| 4 = lagerdop | 11 = magneet | 18 = buitenbuis |
| 5 = spie | 12 = asje | 19 = zeskantbout |
| 7 = binnenbuis | 13 = achterste lager | 24 = pasring |

c





Figuur 3 Elektromagneet, waarmee het verlengingselement van het prothese-systeem wordt verlengd.

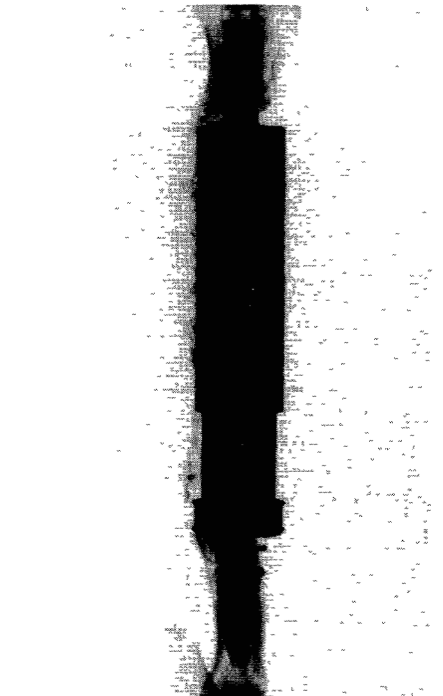
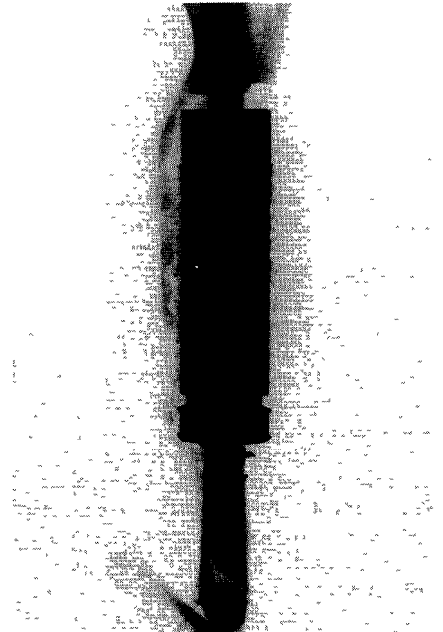


Figuur 4 Verlengingselement, gebruikt bij de dierproeven.

van 320 N·m en een torsiemoment van 200 N·m moest kunnen weerstaan. Dit is met uitgebreide tests bewezen.

Naast laboratoriumtesten is het verlengingselement en de universele verbinding, zie *figuur 4*, viermaal in de poot van een geïmplanteerde. Drie weken na de operatie is een eerste verlenging van 4 mm met behulp van de elektromagneet uitgevoerd. De geit werd hiervoor onder narcose gebracht. Deze verlenging is zesmaal herhaald met steeds een week

tussenpose, zodat in totaal 28 mm is verlengd. Voor en na de verlenging zijn röntgenfoto's gemaakt om de mate van verlenging te kunnen controleren, zie *figuur 5*. Op de röntgenfoto's is een botbrug te zien die de twee botdelen in drie weken tijd had verbonden. Toch was de prothese in staat om de botbrug te breken en de poot te verlengen. Twee andere dierproeven zijn momenteel aan de gang. Als ook deze goed verlopen, kan het prothese-systeem voor het eerst in een kind worden gebruikt.



Figuur 5 Röntgenfoto van het verlengingselement voor de eerste (boven) en na de laatste verlenging (onder).