De grendelpen : een methode ter behandeling van meerfragment- en etagefracturen van de femurschacht

Citation for published version (APA):

Reinders, J. F. M. (1985). *De grendelpen : een methode ter behandeling van meerfragment- en etagefracturen van de femurschacht*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Rijksuniversiteit Limburg. <https://doi.org/10.26481/dis.19850418jr>

Document status and date:

Published: 01/01/1985

DOI:

[10.26481/dis.19850418jr](https://doi.org/10.26481/dis.19850418jr)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as 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.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

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

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Download date: 26 Apr. 2023

DE GRENDELPEN

Een methode ter behandeling van meerfragment- en etagefracturen van de femurschacht.

DE GRENDelpEN

Een methode ter behandeling van meerfragment- en etagefracturen van de femurschacht

PROEFSCHRIFT

Ter verkrijging van de graad van doctor in de geneeskunde
aan de Rijksuniversiteit Limburg te Maastricht,
op gezag van de rector magnificus Prof. Dr. F.I.M. Bonke,
volgens het besluit van het College van Dekanen
in het openbaar te verdedigen in de Aula van de Universiteit
op donderdag 18 april 1985, des namiddags te vier uur

door

Jean Frédéric Marie Reinders,
geboren te Maastricht in 1950.

PROMOTORES: Prof. Dr. H.A.J. Lemmens
Rijksuniversiteit Limburg

Prof. Dr. J.M. Greep
Rijksuniversiteit Limburg

REFERENTEN: Dr. med. K. Klemm
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Frankfurt

Prof. Dr. A.J. van der Linden
Rijksuniversiteit Limburg

Dr. J.D.K. Munting
De Weverziekenhuis Heerlen

Dr. J.W.J.L. Stapert
Rijksuniversiteit Limburg

Surgery has its roots in trauma.

INHOUD

DEEL I : LITERATUURSTUDIE	9
1. Doelstelling van het onderzoek.	10
2. Definitie en indeling van femurschachtfracturen.	13
3. Het ontstaan van femurfracturen, in het bijzonder meerfragment- en etagefracturen bij verschillende ongevalstypen.	17
4. Behandeling van meerfragment- en etagefracturen.	22
5. Osteosynthese, vascularisatie en fractuurgenezing.	27
DEEL II : DE GRENDELPEN	31
6. 1. Historische aspecten en achtergronden.	32
6. 2. Biomechanische eigenschappen.	38
6. 3. Indicatiegebied.	40
6. 4. Discussie open versus gesloten operatietechniek.	45
6. 5. Operatietechniek.	48
6. 6. Revalidatie na osteosynthese.	62
6. 7. Specifieke complicaties.	65
DEEL III: NA-ONDERZOEK	73
7. 1. Inleiding.	74
7. 2. Opsporen van patiënten.	75
7. 3. De methodologie.	76
7. 4. De overleden en niet na-onderzochte patiënten.	76
DEEL IV : ANALYSE VAN HET PATIENTENBESTAND	79
8. 1. Verdeling naar leeftijd en geslacht.	80
8. 2. Ongevalstoedracht.	80
8. 3. Open en gesloten fracturen.	81
8. 4. Fractuurvormen.	82
8. 5. Begeleidende letsels in het algemeen.	82
8. 6. Begeleidende letsels van het homolaterale been.	83
8. 7. Localisatie en uitbreiding van de fracturen.	84
8. 8. Opnameduur.	88
8. 9. Tijdsduur tussen opname en operatie.	85
8.10. Samenvatting.	85
DEEL V : RESULTATEN VAN DE GRENDELPEN- OSTEOSYNTHESEN VERSUS DE ANDERE TECHNIEKEN	87
9. Resultaten van de Grendelpenosteosynthesen.	88
9.1. Operatietechnische problemen.	88
9.2. Grensindicaties voor de Grendelpenosteosynthesen.	90
9.3. Belasting van het been postoperatief.	91
9.4. Tijdstip van dynamiseren.	91

9.5.	Complicaties.	91
9.5.1.	Zenuwletsels.	91
9.5.2.	Posttraumatische osteïtis.	92
9.5.3.	Reïnterventies en aanvullende (operatieve) maatregelen.	94
9.5.4.	Vertraagde botgenezing.	95
9.6.	Samenvatting.	96
9.7.	Appendix.	97
10.	Resultaten van de niet-Grendelpengroep in vergelijking met de Grendelpenosteosynthesen.	123
10.1.	Behandelingstechnieken.	123
10.2.	Osteosynthesetechnieken in relatie tot de fractuurvormen.	123
10.3.	Operatietechnische problemen.	124
10.4.	Belasting van het been postoperatief.	124
10.5.	Complicaties.	125
10.5.1.	Zenuwletsels.	125
10.5.2.	Posttraumatische osteïtis.	125
10.5.3.	Aanvullende (operatieve) maatregelen tot consolidatie van de fractuur.	126
10.5.4.	Vertraagde botgenezing.	126
10.6.	Samenvatting	127
11.	Functionele en anatomische resultaten.	129
11.1.	Looppatroon.	129
11.2.	Kniefunctie.	129
11.3.	Heupfunctie.	130
11.4.	Verschillen in femurlengte.	131
11.5.	Asafwijkingen in het frontale vlak.	132
11.6.	Asafwijkingen in het sagittale vlak.	134
11.7.	Rotatie-afwijkingen.	135
11.8.	Arthrosis deformans.	136
11.9.	Samenvatting.	137
DEEL VI : ENKELE SOCIO-ECONOMISCHE ASPECTEN		139
12.	Socio-economische aspecten.	140
SAMENVATTING EN CONCLUSIES		141
13.1.	Samenvatting en conclusies.	141
13.2.	Summary and conclusions.	147
13.3.	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.	151
LITERATUUR		155

DEEL I

LITERATUURSTUDIE

HOOFDSTUK 1

DOELSTELLING VAN HET ONDERZOEK

Door de toeneming van de verkeersdichtheid en de hoge snelheden in het verkeer kunnen letsels ontstaan welke men vroeger, uitgezonderd in oorlogsituaties, slechts incidenteel zag. Tegenwoordig krijgt men patiënten met multiële verwondingen en diverse letsels aan één extremititeit, zoals meeretage- en verbrijzelingsfracturen, ter behandeling aangeboden (Viernstein 1971, Gilquist 1973, Voorhoeve 1973, Karlström 1977, Fraser 1978, Alho 1980, Haas 1980, Ansorge 1982). De meeste slachtoffers treffen we aan in de categorie automobilisten en motorrijders. Vooral deze laatste categorie vormt met de bromfietzers een zeer kwetsbare groep (Zettas 1979, Behrens 1980). Zij nemen weinig beschermd deel aan het verkeer, waardoor zij gecompliceerde en ernstig verontreinigde letsels kunnen vertonen.

Dit proefschrift over "De behandeling van meerfragment- en etagefracturen van de femurschacht met behulp van de Grendelpen" behandelt slechts één facet van de problemen die de behandeling van patiënten met ernstige ongevalsletsels met zich meebrengt.

Vóór de wereldwijde motorisering werd er over dit soort femurfracturen nauwelijks bericht. Lambotte beschreef als één der eersten in zijn boek "Chirurgie opératoire des fractures" (1913) de behandeling van een 2-etagefractuur met een fixateur externe en adviseerde ter behandeling van meerfragmentfracturen een speciale door hem ontworpen plaat (afbeelding 1 en 2).

Afb. 1 Meerfragmentfractuur voorzien van een door Lambotte ontwikkelde plaat.
Uit: Lambotte, A. (1913).

Afb. 2 Lambotte gefotografeerd bij de osteosynthese van deze fractuur.
Uit: Lambotte, A. (1913).

Afgezien van publicaties ontleend aan oorlogservaringen werd er tot de jaren zestig weinig over deze fracturen geschreven. In de overzichten werd voor meerfragment- en etagefracturen geen aparte plaats ingeruimd.

Vanaf het einde der zestiger jaren verschenen er af en toe artikelen die deze fracturen als een aparte groep behandelden. De fracturen werden in kleine series van hoogstens 10-20 patiënten beschreven en op diverse manieren behandeld (Carr 1958, Küntscher 1960 en 1968, Salem 1961, Meuli 1966, Funk 1968, Tscherne 1968, Kuner 1969, Koudsi 1977, Wiendl 1979, Mockwitz 1980, Winquist 1980). Gezien de geringe aantallen en de diverse behandelingsmethoden is het niet mogelijk deze series onderling te vergelijken. Vrijwel iedere auteur hield zijn eigen indeling aan of hanteerde in het geheel geen indeling maar sprak van comminutieve of verbrijzelingsfracturen. Bovendien valt het op dat vele auteurs ook relatief eenvoudige fracturen met één buig- of torsiefragment tot de meerfragmentfracturen rekenden, waardoor hun aantallen geflatteerd werden.

Uit het gepubliceerde materiaal blijkt één ding overduidelijk: deze fracturen zijn moeilijk te behandelen. Het percentage complicaties in de diverse studies varieëert van 20 tot 40%. Dit hoge percentage heeft niet geleid tot het verlaten van de operatieve behandeling van deze fracturen.

Slechts enkele chirurgen, waaronder vooral Küntscher, beseften dat de oplossing van de problemen gezocht moest worden in een aan dit soort fracturen aangepaste osteosynthesetechniek.

In deze studie worden meerfragment- en etagefracturen van het femur als aparte groep gezien. Op basis van een literatuurstudie wordt aandacht besteed aan ontstaanswijzen, verschillende indelingen en diverse behandelingsmethoden. De vascularisatie van het femur bij deze probleemfracturen zal besproken worden.

Het doel van deze studie is om de resultaten van de behandeling van deze fracturen met de Grendelpentechniek te analyseren. Hiertoe werden de patiënten uit de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik te Frankfort onderzocht. In deze kliniek werd in 1970 de Grendelpen ontwikkeld door Klemm en Schellmann. Vanaf 1972 wordt de Grendelpentechniek er systematisch toegepast voor de behandeling van alle femurschachtfracturen, zodat een gesloten groep patiënten voor analyse beschikbaar is waarvan de femurfracturen met een Grendelpenosteosynthese behandeld zijn.

Om de behandelingsresultaten van deze eenvormige groep patiënten in het juiste perspectief te zien, werden de patiënten uit het De Weverziekenhuis te Heerlen eveneens bestudeerd. Bij deze patiënten werden diverse behandelingstechnieken en combinaties van technieken toegepast al naar gelang het type fractuur, de ervaring van de chirurg en het aanwezige osteosynthesemateriaal. Door deze in hetzelfde tijdsbestek op verschillende manieren behandelde patiënten te vergelijken met de Frankfort-Grendelpengroep en door de resultaten van beide groepen in detail te bestuderen, kan de Grendelpentechniek in relatie tot de state of the art van andere technieken worden geanalyseerd. De patiëntengroep uit het De Weverziekenhuis is representatief voor de huidige stand van zaken in de meeste Nederlandse ziekenhuizen, waar men voor de behandeling van deze probleemfracturen niet de beschikking heeft over één operatietechniek die speciaal voor deze fracturen werd ontworpen. Het is niet de bedoeling absolute uitspraken te doen aan de hand van de verkregen resultaten. Veeleer is het de bedoeling de resultaten van de Grendelpenosteosynthese te plaatsen tegen de achtergrond van de resultaten die met de andere behandelingstechnieken in dezelfde periode behaald werden. Tevens zal, waar mogelijk, een vergelijking worden gemaakt met gegevens van andere series femurschachtfracturen uit de literatuur om de resultaten van de Grendelpentechniek nog meer reliëf te geven.

HOOFDSTUK 2

DEFINITIE EN INDELING VAN FEMURSCHACHT-FRACTUREN

Een belangrijk probleem bij het vergelijken van resultaten van verschillende series femurfracturen is het ontbreken van een uniforme indeling van de verschillende fractuurtypen. Een tweede probleem vormt het feit, dat het begrip femurschacht niet duidelijk omschreven is.

Auteurs die publiceren over distale femurfracturen, dus condylaire en supracondylaire fracturen, hebben de neiging om het begrip supracondylair ruim te interpreteren, waardoor in deze series ook distale schachtfracturen voorkomen (Altenberg 1949, Bianchi 1955, Stewart 1966, Blaimont 1970, Slätis 1971). Ook het omgekeerde komt voor namelijk dat in publicaties handelend over femurschachtfracturen het begrip schacht te ruim wordt gebruikt (Dencker 1963, Amihoud 1973, Conolly 1973, Thomas 1981, Stapert 1983).

Anatomisch gezien eindigt de schacht daar waar de cortex dunner wordt en overgaat in spongieus bot, dus de overgang diaphyse - metaphyse.

Deze overgang verloopt geleidelijk en is al naar gelang de lengte van het femur variabel. Kootstra (1973) loste het probleem van de distale begrenzing van de schacht op door de afstand vanaf de gewrichtsspleet van de knie te nemen die gelijk is aan de breedte van het condylenblok (afbeelding 3). Dencker (1963) en Stapert (1983) kozen de distale begrenzing van de schacht op 6 cm van de kniespleet (afbeelding 4). Die begrenzing wordt ook in deze studie aangehouden, daar zij samenvalt met de meest distale femurfractuur die nog met een Grendelpen behandeld kan worden.

Over de proximale begrenzing van de femurschacht, zijnde de ondergrens van de trochanter minor, is er geen discussie (afbeelding 5). Deze begrenzing valt samen met de meest proximale femurfractuur waarbij nog een Grendelpenosteosynthese kan worden toegepast.

Er zijn verschillende indelingen voor femurfracturen, die in het algemeen gebaseerd zijn op één bepaalde osteosynthesetechniek.

Kootstra (1973) en Stapert (1983) classificeerden femurfracturen overeenkomstig de voorstellen van Dencker (1963). Deze definiëerde comminutieve fracturen als fracturen van de femurschacht met minimaal vier fragmenten van onbepaalde vorm.

Het merendeel van de auteurs, die over femurfracturen publiceerden, gaf geen definitie en sprak eenvoudig over comminutieve fracturen (Smith 1964, Kuner 1969, Amihoud 1973, Conolly 1973, Muhr 1976, Koudsi 1977, Roberts 1977, Klemm 1978, Lüscher 1978, Wilber 1978, Eriksson 1979, Pankovich 1979, Reschauer 1979, Wiendl 1979, Maess 1980, Buxton 1981, Börner 1983).

Müller (1980) ontwierp een zeer nauwkeurige indeling (afbeelding 6). Deze indeling, die een zeer nauwkeurige documentatie van de morfologie van de fractuur geeft, staat een exacte fractuurdiagnose toe. Voor de toepassing van de Grendelpen is een dergelijke uitgebreide indeling niet noodzakelijk, omdat met de Gren-

Afb. 3 Kootstra koos als distale begrenzing van de schacht de afstand vanaf de gewrichtsspleet van de knie die gelijk is aan de breedte van het condylenblok
(Uit: Kootstra 1973).

Afb. 4 Stapert en Dencker kozen de distale begrenzing van de schacht op 6 cm van de kniespleet
(Uit: Stapert 1983).

Afb. 5 De proximale begrenzing van de femurschacht wordt door de trochanter minor gevormd.

Afb. 7 Om de localisatie en de uitgebreidheid van de fractuur te kunnen aangeven, wordt de schacht in drie segmenten verdeeld.

Groep A:

de relatief eenvoudige fracturen eventueel met kleine botsplinters zonder belang (< 1 cm). In deze groep worden drie typen onderscheiden:

- A.1. spiraalfracturen van de femurschacht.
- A.2. schuine fracturen, waarbij de hoek die de fractuurlijn maakt met de as van het femur meer dan 30° moet zijn.
- A.3. dwarse fracturen waarbij de hoek die de fractuurlijn maakt met de as van het femur minder dan 30° moet zijn.

Groep B:

fracturen met een derde fragment, hetgeen zelf ook gefractureerd kan zijn.

- B.1. fracturen met een enkelvoudig derde fragment, ontstaan door een torsiebeweging.
- B.2. idem als B.1. met dit verschil, dat het fragment ontstaan is door een buigmoment.
- B.3. in deze groep is tevens het derde fragment gefractureerd.

Groep C:

de meeretage- en verbrijzelingsfracturen.

- C.1. de meeretagefracturen.
 - C.1.1. meeretagefracturen met één intermediair fragment.
 - C.1.2. idem als C.1.1., met tevens een "Biegungskeil".
 - C.1.3. meeretagefractuur, waarbij het intermediaire fragment overlangs is gespleten.
- C.2. de fracturen waarbij de botcylinder volledig gedesintegreerd is en uit 3-5 fragmenten bestaat.
 - C.2.1. verbrijzeling beperkt zich tot de schacht.
 - C.2.2. idem als C.2.1., waarbij echter de fracturering zich voortzet tot in de metaphyse.
 - C.2.3. idem als C.2.1. met bovendien nog een etagefractuur op een ander schachtniveau.
- C.3. de fracturen met volledige verbrijzeling van de botcylinder met meer dan 5 fragmenten.
 - C.3.1. de verbrijzelingszône is niet langer dan 5 cm.
 - C.3.2. een verbrijzelingszône van meer dan 5 cm, die zich beperkt tot de diaphyse.
 - C.3.3. idem als C.3.2., waarbij het fractuurgebied uitloopt tot in de metaphyse.

Afb. 6 De classificatie van femurschachtfracturen zoals deze door M. Müller (1980) werd ontworpen.

delpen alle femurschachtfracturen, welke vorm en uitgebreidheid de fractuur ook heeft, gestabiliseerd kunnen worden. Desondanks zal om een vergelijking van de verschillende fractuurvormen bij de Grendelpenosteosynthesen en de andere operatietechnieken mogelijk te maken in deze studie toch van de indeling van Müller gebruik gemaakt worden. Zodoende kan de vorm van de fractuur op een gestandaardiseerde wijze worden aangegeven en kan een relatie tussen de vorm van de fractuur en de gekozen osteosynthesetechniek bij de niet-Grendelpenosteosynthesen worden gelegd.

Evenals in de studie van Tscherne e.a. (1977) over "Mehrfragment- und Trümmerbrüchen des Femurschaftes" worden fracturen vanaf het type B.3. gerekend tot de meerfragment- en etagefracturen. Hierdoor is het mogelijk de resultaten van deze studie op een aantal punten te vergelijken met de resultaten uit de serie van Tscherne e.a.

Om de plaats en de uitgebreidheid van de fractuur te kunnen aangeven, wordt de femurschacht in drie gelijke delen verdeeld (afbeelding 7): het proximale, middelste en distale 1/3 deel. Een onderverdeling van de schacht in zeven of acht delen, zoals Kootstra (1973) en Stapert (1983) publiceerden, is in dit verband minder belangrijk vanwege het andere werkingsprincipe van de Grendelpen. De localisatie van de fractuur is hierbij niet bepalend voor het al dan niet kunnen toepassen van een Grendelpenosteosynthese. Hoogstens bepaalt de localisatie, afhankelijk van het fractuurtype, zoals we later zullen zien, of de pen aan één of aan beide kanten vergrendeld dient te worden.

Resumerend kan opgemerkt worden, dat er in de literatuur geen eenstemmigheid bestaat over het begrip femurschacht. In deze studie is de trochanter minor de proximale grens, terwijl de distale begrenzing op 6 cm van de kniespleet wordt gekozen. Deze begrenzing van de femurschacht komt overeen met het indicatiegebied van de Grendelpen.

Er bestaan verschillende indelingen van femurfracturen. Ter analyse van de fractuurvormen in de Grendelpen- en de niet-Grendelpengroep zal Müller's indeling worden gebruikt vanwege de exacte fractuurdiagnose van deze indeling.

HOOFDSTUK 3

HET ONTSTAAN VAN FEMURFRACTUREN, IN HET BIJZONDER MEERFRAGMENT- EN ETAGE-FRACTUREN BIJ VERSCHILLENDE ONGEVALSTYPEN

Fracturen ontstaan ten gevolge van druk-, trek- of torsiekrachten of uit een combinatie van deze krachten. Het patroon en de ontstaanswijze van fracturen kunnen verklaard worden met behulp van de elasticiteitsleer. De voornaamste principes komen hierop neer (afbeelding 8 en 9):

1. Bij buigbelasting ontstaat trekspanning aan het convexe deel en drukbelasting op het concave deel van het bot. Hieruit resulteert een dwarse of een schuine fractuur of een fractuur met een buigfragment, een zogenaamde "Biegungskeil". Bij een asymmetrische buigbelasting ontstaat een schuine fractuur. Een zuiver dwarse fractuur treedt op ten gevolge van een gelijkmatige buigbelasting zonder axiale belasting. Bij de combinatie van buig- en drukbelasting ontstaat een typische "Biegungskeil", waarbij de fractuur als een dwarse scheur aan de convexe zijde begint. Als de "Biegungskeil" als een pijl wordt beschouwd, dan wijst deze altijd in de richting van de inwerkende kracht.
2. Bij een zuivere drukbelasting ontstaat er een reactieve trekspanning in het vlak loodrecht op de richting van de druk. De fractuur begint dan als een fissuur aan de uiteinden of op enige afstand hiervan. In de regel komt het bij een drukbelasting tot een buigen van het bot op één of meer plaatsen. Wanneer hierbij verschillende bochten in het bot ontstaan, treedt op elk punt van maximale convexiteit een "Biegungskeil" op.
3. Bij torsiespanning komt het tot cirkelvormig om het bot heen lopende belastingen die in alle vlakken loodrecht op de as van het bot staan. De fracturering begint op het zwakste punt van het pijpbeen als een dwarse fractuur en breidt zich van daaruit verder uit.

Sjövall (1957) heeft deze biomechanische principes aan de hand van fracturen bij patiënten overleden aan een trauma gecontroleerd. Hierbij bleek dat de vorm van de fracturen inderdaad verklaard kon worden uit de principes van de elasticiteitsleer.

In het verkeer ontstaan de meeste fracturen uit een combinatie van druk- en buigbelasting. Bij ongevallen met een lage energetische geweldsinwerking ontstaan meestal fracturen met één enkele "Biegungskeil". Bij ongevallen met een hoge energetische geweldsinwerking ontstaat op verschillende niveaus een "Biegungskeil". Etagefracturen ontstaan in de regel ook uit een combinatie van druk- en buigbelasting waarbij een vierpuntsbuigbelasting in plaats van de meestal optredende driepuntsbuigbelasting obliagaat is.

Er zijn een aantal ongevalstypen, waarbij een uitgebreide verbrijzeling van het femur kan optreden. Op de eerste plaats zijn dit de frontale autobotsingen. Hierbij schuift de bestuurder naar voren, waarna zijn knieën het dashboard raken. Door de toegenomen flexie in de heupen slaan hoofd en romp naar voren en naar beneden, waarbij zij voorruit of stuur raken. Door deze bewegingsvolgorde treden typische

Afb. 8

Afb. 9

In afbeelding 8 is weergegeven welke spanningen in het bot ontstaan bij buig-, druk- en torsiebelasting.

Afbeelding 9 representeert de hieruit resulterende fractuurtypen.

Naar: Sjövall, H. (1957).

letsels op van heup, knie of femurschacht of combinaties hiervan (Funsten 1938, Smillie 1954, Vollmar 1960, Kimbrough 1961, Bernstein 1974, Casey 1979, Alho 1980). Ritchey c.s. wezen als eersten op het typische karakter en de excessieve verbrijzeling bij deze femurfracturen (Ritchey 1958). Door het feit dat het femur gefixeerd wordt tussen het dashboard en het acetabulum ontstaat een grote axiale drukbelasting op de femurschacht, waaruit een enorme verbrijzeling resulteert. Bechtol (1952) heeft het bewijs geleverd, dat excessieve compressiekrachten, toegepast in de lengterichting van een pijpbeen, leiden tot volledige desintegratie van het trabeculaire systeem, waardoor verbrijzeling over een lang traject ontstaat. Dergelijke fracturen van de schacht treden met name op bij geabduceerde heupen, hetgeen meestal het geval is bij autobestuurders (afbeelding 10). Met de heup in adductie, zoals vaak bij passagiers die met de benen over elkaar geslagen zitten, ontstaan deze fracturen niet, omdat er geen afsteuning van de femurkop in het acetabulum is; hierbij ziet men dan ook eerder een posterieure heupluxatie optreden (afbeelding 11). De plaats van waaruit bij deze ongevallen de eerste geweldsinwerking wordt doorgegeven, is altijd de knie, waarin een deel van de energie geabsorbeerd wordt. De uitgebreidheid van het knieletsel is afhankelijk van de kracht en het contactoppervlak, maar ook van de mate van flexie en fixatie van de knie (Vollmar 1960, Gögler 1968, Nagel 1977).

Afb. 10 Bij abductie van het bovenbeen wordt bij een frontale botsing vaak de combinatie meerfragmentfractuur van de schacht en dijbeenhalsfractuur gezien.

Afb. 11 Adductie van het bovenbeen leidt eerder tot een luxatie van de femurkop dan tot een femurschachtfractuur.

Het grootste deel van de kracht wordt voortgeleid in de lengterichting van de femurschacht. Bij de combinatie femurhals- en femurschachtfractuur treedt eerst de fractuur van de hals op en de resterende energie veroorzaakt de schachtfractuur. Wanneer er primair een schachtfractuur optreedt, zal de overblijvende energie geen dijbeenhalsfractuur veroorzaken, maar eerder aanleiding geven tot een uitbreiding van het locale letsel, zodat er bijvoorbeeld een open fractuur ontstaat (Viernstein 1971).

In de groep van de motor- en bromfietsrijders moet de knie ook de eerste klap opvangen (afbeelding 12). Vollmar (1960) onderzocht 150 knieverwondingen ten gevolge van een frontale botsing bij motorrijders. Het bleek dat de inwerkende kracht in 64% van de gevallen knieletsels, in 30% letsels van de femurschacht en 6% heupletsels veroorzaakte. Meer dan 50% van deze letsels veroorzaakte zeer ernstig tot volledig functieverlies van heup- en kniegewricht. Motorongevallen zijn in de regel "high speed" ongevallen met een combinatie van buig- en drukbelasting of torsie- en drukbelasting op verschillende niveaus, waaruit femurfracturen met verschillende "Biegungs-" of "Drehkeile" kunnen ontstaan.

Afb. 12 Bij motorrijders is de knie de eerste impactzone, waaruit letsels van knie, heup en femurschacht kunnen ontstaan (uit: Gögler, E. 1968).

Bij voetgangers worden zelden femurfracturen gezien. Meestal betreft het letsels van onderbeen of knie door een direct contact met de autobumper. Bij kleine kinderen ziet men meer femurfracturen omdat door de geringere lichaamsgrootte de autobumper ter hoogte van het femur komt. Dit zijn enkelvoudige, schuine fracturen wanneer de autobumper rechtstreeks contact maakt met het standbeen. Bij een rechtstreeks contact met het speelbeen ontstaat een enkelvoudige, dwarse fractuur. Bij oudere voetgangers ziet men, waarschijnlijk ten gevolge van osteoporose, iets vaker femurfracturen. Deze fracturen treden secundair op, doordat de voetganger wordt omgestoten en dan ten val komt. Dit zijn in het algemeen geen verbrijzelingsfracturen (Gotzen 1974). Bij ongevallen in huis ontstaan vaak torsiefracturen. Een korte spiraalfractuur ontstaat bij een zuivere torsiebelasting. Bij een combinatie van torsie- en drukbelasting kan een lange spiraalfractuur ontstaan.

Verbrijzelingsfracturen van het femur kunnen ook ontstaan door schotverwondingen; deze ziet men afgezien van oorlogssituaties slechts incidenteel. Schotverwondingen veroorzaken altijd gecompliceerde fracturen, waarbij de verbrijzelingsfractuur afhangt van het kaliber en de snelheid van het projectiel. Vooral de "high-velocity" kogels veroorzaken een explosieve verbrijzelingsfractuur.

Samenvattend kan men stellen, dat fractures met een zeer sterke verbrijzeling worden veroorzaakt door schotverwondingen, impactieletsels of "high speed" ongevallen. Om het femur te fractureren met een uitgebreide verbrijzeling van de botstructuur zijn grote krachten nodig daar het femur het sterkste bot in het lichaam is. Motorvoertuigen en kogels hebben zulk een potentiële kracht.

HOOFDSTUK 4

BEHANDELING VAN MEERFRAGMENT- EN ETAGEFRACTUREN VAN HET FEMUR

Femurfracturen kunnen operatief of niet-operatief (conservatief) worden behandeld. Ook kan een combinatie van een operatieve en een niet-operatieve techniek worden toegepast.

Conservatieve fractuurbehandeling

De bekendste niet-operatieve technieken zijn tractie, immobiliserende spalken, gipsverbanden en de "cast-bracing"-methode (vroeg-functionele behandeling). In de Angelsaksische landen worden femurfracturen vaak conservatief behandeld; de Perkinstractie alsook de vroeg-functionele behandeling worden veelvuldig toegepast (Perkins 1953, Buxton 1981, Thomas 1981, Sarmiento 1981). Met deze methoden kunnen goede maar geen excellente resultaten bereikt worden.

Buxton (1981) vermeldde de resultaten bij 50 patiënten die met de Perkinstractie werden behandeld: 40% van de patiënten toonde een beperking van de kniefunctie tot maximaal 25°. Uit de gegevens van Stryker e.a. (1970) uit het Naval Hospital in San Diego (V.S.) blijkt dat bij militairen waarvan de femurfracturen niet-operatief werden behandeld 63% uiteindelijk de normale dienst kon hervatten tegen 96% van patiënten met operatief behandelde femurfracturen. Nichols (1963) berichtte over 181 femurfracturen bij militairen die via operatieve en niet-operatieve technieken werden behandeld. Beide groepen waren qua grootte en samenstelling vergelijkbaar. Opvallend was dat bij 59% van de patiënten die met behulp van pleistertractie werden behandeld en bij 49% van de patiënten behandeld met Perkinstractie de knieflexie minder dan 90° was. In de patiëntengroep waarbij de fractuur met een intramedullaire osteosynthese gestabiliseerd was, bedroeg dit percentage slechts 12%.

Het aantal complicaties van extensietechnieken is niet gering; zo toont het percentage fracturen waarbij een vertraagde consolidatie en eventueel pseudarthrosevorming optreedt een variatie van 11-29%. Beenverkortingen van meer dan 2 cm worden in 14-30% van de gevallen gezien, terwijl het percentage refracturen met 4-17% vrij hoog is (Conolly 1973). De patiënt verblijft bovendien 3-5 maanden in het ziekenhuis, hetgeen een aanzienlijke kostenfactor vormt.

Bij de extensietechnieken, waarbij gebruik gemaakt wordt van een Kirschnerdraad die door de tuberositas tibiae of door het distale femur is geboord, treden regelmatig complicaties op ten gevolge van de draadextensie. Dencker (1963) zag bij 976 femurfracturen die met behulp van een draadextensie werden behandeld in 5% van de gevallen complicaties ten gevolge van de draadextensie. De meest voorkomende complicaties zijn: het optreden van een infectie rond de Kirschnerdraad, het uitscheuren van de Kirschnerdraad en het optreden van knieklachten ten gevolge van de te langdurige tractie met een te groot gewicht door de tuberositas tibiae.

Vanuit de V.S. (Sarmiento 1972, Conolly 1973) heeft vanaf het einde van de zestiger jaren de vroeg-functionele behandeling van femurfracturen aan populariteit gewonnen. Deze behandeling is gebaseerd op het idee, dat beweging van de aangrenzende gewrichten en het functioneren van de spieren een positieve invloed hebben op de fractuurgenezing. Kunststofkokers, de zogenaamde "thigh-lacer", maken een normale beweging van de aangrenzende gewrichten mogelijk en vangen een klein deel van de axiale belasting op. De axiale belasting wordt voornamelijk gedragen door de weke delen massa rond het bot, die binnen de niet elastische koker functioneert als een niet-samendrukbare vloeistofstructuur. De koker laat bij belasting een geringe vervorming van de weke delen toe, totdat alle ruimte binnen de koker is opgevuld. Op deze manier is een geringe mate van beweging mogelijk tussen de fractuuruiteinden. Deze beweging is volledig reversibel zodat geen progressieve dislocatie van de fractuur ontstaat. Deze techniek is alleen geschikt voor femurfracturen die in de distale helft van de schacht gelocaliseerd zijn, omdat het bij proximale fracturen niet mogelijk is om met een uitwendige koker de volumineuze weke delen massa voldoende samen te drukken en de fractuur te controleren (Sarmiento 1981).

De fractuurgenezing geschiedt bij de vroeg-functionele methode even snel als bij patiënten met een intramedullaire osteosynthese, terwijl wat betreft de uiteindelijke functie beide groepen vergelijkbare resultaten tonen. Duidelijke verschillen treden op wanneer men het aantal beenverkortingen en asafwijkingen bekijkt.

Conolly (1973) vond in zijn serie bij 43% van de patiënten een beenverkorting van meer dan 1 cm en het percentage asafwijkingen groter dan 15° bedroeg 10%. Met name patiënten met meerfragmentfracturen vertoonden soms forse beenverkortingen. Thomas (1981) vermeldde in een vergelijkende studie naar de behandeling van femurfracturen met tractie, bewegingsgips of intramedullaire osteosynthese vrijwel dezelfde behandelingsresultaten bij de groep vroeg-functionele behandeling en de groep behandeld met een Küntscherpen. De intramedullaire osteosynthese heeft het risico van een infectie en maakt twee operaties nodig. Het grote voordeel van de operatieve methode is het korte ziekenhuisverblijf en het snelle functionele herstel. Bij meerfragmentfracturen is een snelle mobilisatie met een bewegingsgips gezien de lengte-instabiliteit en het gemakkelijk optreden van asafwijkingen niet mogelijk. Indien deze fracturen vroeg-functioneel behandeld worden, zal eerst 6-10 weken extensie moeten worden toegepast, zodat een beginnende callusvorming het optreden van verkorting of angulatie kan verhinderen.

Jahna en Wittich (1979) beschreven 180 meerfragmentfracturen die zij conservatief met tractie (n = 104) of operatief met een Küntscherpen en cerclagedraden (n = 76) behandelden. (Van deze 180 fracturen dienen overigens 101 fracturen niet als meerfragmentfracturen maar als fracturen met een solitair derde fragment geclassificeerd te worden.) Bij 15% van de conservatief behandelde fracturen trad een vertraagde botgenezing op, waarvoor alsnog operatieve therapie nodig was en bij 10% moest de extensiebehandeling langer dan 20 weken gecontinueerd worden. De functionele resultaten bij de conservatief en operatief behandelde patiënten ontlepen elkaar nauwelijks. In de operatief behandelde groep traden zelfs iets meer beenverkortingen op, hetgeen te wijten is aan het feit, dat een Küntscherpen met cerclagedraden bij meerfragmentfracturen niet meer is dan een adaptatieosteosynthese, waarbij verkortingen en rotatieafwijkingen kunnen optreden. In feite pasten

Jahna en Wittich twee behandelingsmethoden toe die beide minder geschikt zijn voor de behandeling van meerfragmentfracturen zodat een vergelijking van deze twee methoden niet relevant is en tot verkeerde conclusies kan leiden.

Enderpennen

De matige resultaten in de behandeling van meerfragmentfracturen met de Küntscherpen hebben ertoe geleid, dat men geprobeerd heeft andere intramedullaire technieken te gebruiken voor deze fracturen. Pankovich (1979) en Eriksson (1979) berichtten over goede ervaringen met de behandeling van femurschachtfracturen door middel van Enderpennen. Een Enderpenosteosynthese geeft stabiliteit tegen buigbelasting doordat, door het opvullen van de mergholte met zoveel mogelijk pennen, een spakend effect ontstaat. Door het uitwaaien van de pennen in de femurkop ontstaat een zekere torsiestabiliteit. Enige stabiliteit wordt alléén bereikt bij dwarse, enkelvoudige fracturen in het isthmusgebied van de schacht. Wanneer de femurschacht over een lang traject is verbrijzeld, zal een Enderpenosteosynthese slechts een gering reponerend effect hebben, waarbij postoperatief altijd extensie of gipsimmobilisatie noodzakelijk is. Bij distaal gelegen fracturen bestaat tevens het gevaar dat de inslagopening verder splijt tot in het fractuurgebied, waardoor alle stabiliteit verloren gaat. Bovendien is de neiging tot uitzakken van de pennen bij distale fracturen groot. Vergelijkbare technieken als de "Bündelnagelung" volgens Hackethal en de Rush-pen hebben hun zeer beperkte waarde voor de behandeling van dergelijke fracturen. Dit is in het verleden aangetoond (Ehrlich 1965) en deze methoden zijn dan ook verlaten als behandeling van femurschachtfracturen.

Küntscherpen en cerclagedraden

Bij femurschachtfracturen met een beperkte verbrijzeling kunnen goede resultaten behaald worden met een Küntscherpen in combinatie met cerclagedraden (Tscherne 1968, Kuner 1969, Muhr 1976, Wiendl 1979, Reschauer 1979). Door de cerclagedraden wordt de botcylinder hersteld waardoor driepuntsfixatie en circulaire elastische inklemming van de Küntscherpen mogelijk is. Nadeel van de methode blijft het feit, dat niet altijd voldoende stabiliteit verkregen wordt, zodat 2-8% van de patiënten met een antirotatiegipslaars of extensie nabehandeld moet worden.

Het feit dat men cerclagedraden aanbrengt, mag dan theoretisch (Stöhrer 1972, Eitel 1976) niet van invloed zijn op de periostale circulatie. Om de cerclagedraden aan te brengen, moeten verbindingen tussen periost en weke delen los gemaakt worden, hetgeen, zoals Holden (1972) en Whiteside (1978) hebben aangetoond, een nadelige invloed op de fractuurgenezing heeft. Küntscher (1945), Olssen (1949) en Charnley (1974) wezen het gebruik van cerclagedraden af. Zij waren ervan overtuigd, dat dit de fractuurgenezing negatief beïnvloedt.

Zickelpen

De "Trochanternagel" van Küntscher of modificaties daarvan zoals de Zickelpen (afbeelding 18b) kunnen toegepast worden bij meerfragmentfracturen in het proximale 1/3 deel van de femurschacht. Voorwaarde is dat de pen distaal voldoende klemt in de mergholte (Zickel 1980).

Plaatosteosynthese

De activiteiten van de A.O.-groep (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) hebben ertoe geleid dat het aantal plaatosteosynthesen voor femurfracturen de laatste 20 jaar sterk is toegenomen (Tscherne 1977, Lüscher 1978).

Een plaatosteosynthese biedt stabiliteit doordat de plaat als spalk fungeert. Bij enkelvoudige fracturen bestaat tevens de mogelijkheid interfragmentaire compressie te geven, waardoor de stabiliteit nog aanzienlijk toeneemt. Bij meerfragmentfracturen is interfragmentaire compressie niet mogelijk en fungeert de plaat uitsluitend als een extramedullaire spalk. Uit biomechanisch oogpunt zijn er aan de plaatosteosynthese in vergelijking met de intramedullaire osteosynthese een aantal nadelen verbonden (Leitz 1968). De krachtoverbrenging in een gefractureerd pijpbeen, gestabiliseerd met behulp van een plaat, is lang niet zo effectief als bij een fractuur die van een mergpen is voorzien. Door de op het bot geschroefde plaat wordt de axiale last vanuit het midden van de schacht afgeleid naar de rand van het bot juist onder de plaat. Wanneer een deel van de schacht ontbreekt, loopt de krachtoverbrenging volledig via de plaat.

Een ander nadeel vormt het feit, dat soms aan de rand van de plaat een zogenaamde brosse breuk in het bot kan optreden. De brosse breuk is een gevreesd verschijnsel in grote staalconstructies, waarbij de constructie plotseling, zonder dat er enige aanleiding lijkt te bestaan, desintegreert. Tegenwoordig is bekend, dat de brosse breuk enerzijds een materiaalkwestie is en anderzijds kan optreden wanneer op een bepaalde plaats binnen de constructie een ruimtelijke spanningstoestand heerst (Leitz 1968). Een plaatosteosynthese biedt deze "gunstige" voorwaarden voor het optreden van een brosse botbreuk.

Een derde nadeel is het fenomeen van de stress-protectie. Het is een bekend verschijnsel dat na het verwijderen van platen er af en toe spontaan of na een minimaal trauma refracturen optreden. Uthoff (1983) toonde experimenteel aan dat het langdurig in situ laten van metalen platen de botmassa reduceert. Hij deed dit door hondenfemora, waarbij een osteotomie werd verricht, te stabiliseren met een plaatosteosynthese. Het verlies aan bot bleek groter naarmate de plaat meer rigide was (Uthoff 1971, Tonino 1976). Laftman (1980) stelde dat de tijd die nodig is voordat het bot weer zijn oorspronkelijke sterkte heeft de helft van de periode bedraagt dat de plaat in situ is geweest.

De resultaten met name bij de behandeling van meerfragmentfracturen illustreren duidelijk de nadelen van de plaatosteosynthese.

Tscherne (1977) zag in zijn verzamelstudie over plaatosteosynthesen bij meerfragmentfracturen van het femur een percentage vertraagde botgenezingen van 34%.

Fixateur externe

De mogelijkheid femurfracturen te behandelen met een fixateur externe mag bij fracturen met uitgebreid weke delen letsel als alternatief niet onvermeld blijven. De fixateur externe fungeert als een uitwendige spalk. Het gebruik van een fixateur externe in de behandeling van femurschachtfracturen heeft de laatste jaren duidelijk meer toepassing gevonden.

Vanwege de anatomie van het bovenbeen kunnen de pinnen niet op elke plaats ingebracht worden. De meeste externe fixatiesystemen bestaan uit een uitgebreide constructie van pinnen, staven en verbindingsstukken, hetgeen noodzakelijk is om

voldoende stabiliteit te verkrijgen. Deze uitgebreide constructie laat weinig of geen dynamische compressie van de fractuuruiteinden toe waardoor de botgenezing vrij traag verloopt.

Hofmann (1982) gaf voor met externe fixatie behandelde meerfragmentfracturen een gemiddelde genezingsduur van 6,2 maanden aan, zodat het gebruik van een fixateur externe voor gesloten femurfracturen in dit opzicht geen voordelen biedt.

Het zogenaamde dynamiseren van de fixateur externe montage is een mogelijkheid om de fractuurgenezing te bespoedigen. Bij een beginnende callusvorming wordt de montage stapsgewijze afgebroken. Allereerst worden de pinnen in het sagittale vlak, die het strekapparaat perforeren, verwijderd. Vervolgens wordt het mediale deel van de constructie afgebroken en als laatste stap wordt bij voltooide botgenezing de laterale component verwijderd. Een andere mogelijkheid is om bij een beginnende botgenezing de fixateur externe volledig te verwijderen en de fractuur verder vroeg-functioneel te behandelen.

Een tweede nadeel van de fixateur externe is de perforatie van het strekapparaat van de knie door de pinnen, waaruit door het optreden van synechiën vaak een beperkte kniefunctie resulteert (Klemm 1983). Mogelijkerwijs kunnen nieuwe ontwikkelingen op het fixateur externe gebied, waarbij een laterale montage alléén voldoende stabiliteit biedt, met tevens de mogelijkheid het fixateur externe systeem te dynamiseren, genoemde nadelen opheffen. Voor het femur vormt het verlengingsapparaat volgens Wagner een goed alternatief voor de A.O.- of Hoffmann externe fixatie systemen, waarbij een ingewikkelde montage noodzakelijk is. Het verlengingsapparaat volgens Wagner kan bij open femurfracturen met ernstig weke delen letsel uitstekend als een zogenaamde monofixateur externe worden toegepast (Marti 1982).

Gecombineerde operatieve en conservatieve behandeling

Met een niet-operatieve behandelingstechniek is het met name bij meerfragment- en etagefracturen soms onmogelijk om de fractuur op lengte te houden of om asafwijkingen volledig te corrigeren. Dit is de reden waarom in het verleden bij deze fracturen vaak gekozen werd voor een combinatie van een operatieve en een conservatieve behandelingstechniek.

Er werd een dunne Küntscherpen ingebracht die de fractuur een zekere lengtestabiliteit gaf en asafwijkingen voorkwam. Om het ontbreken van enige torsiëstabiliteit te compenseren, werd de patiënt postoperatief gedurende een zestal weken nabehandeld in een gipsbroek of met tractie (Carr 1958, Salem 1961, Kuner 1969, Winquist 1978). Bij deze gecombineerde behandeling loopt de patiënt alle risico's van de operatieve en de conservatieve fractuurbehandeling.

Vele technieken worden toegepast om femurschachtfracturen te behandelen. Conservatieve en operatieve technieken hebben ieder hun voor- en nadelen. Bij de operatieve technieken is het osteosynthesemateriaal vaak niet in staat om bij meerfragment- en etagefracturen voldoende stabiliteit te geven. Sommige osteosynthesetechnieken voegen bovendien een groot additioneel trauma aan de vascularisatie van het bot toe. Met conservatieve technieken is het niet altijd mogelijk een goede repositie van de fractuur te verkrijgen, terwijl de functionele en anatomische resultaten in het algemeen minder goed zijn dan met operatieve technieken en het percentage fracturen met een vertraagde botgenezing aanzienlijk is.

HOOFDSTUK 5

OSTEOSYNTHESE, VASCULARISATIE EN FRACTUURGENEZING

De arteriële doorbloeding van een lang pijpbeen bestaat uit twee componenten: het medullaire en het periostale vaatsysteem. Het medullaire systeem wordt gevormd door de arteria nutritia en de metaphysaire vaten, die onderling rijkelijk anastomoseran (afbeelding 13) (Trueta 1964, Rhinelander 1968, Brookes 1971, Holden 1972, Schweiberer 1974, Eitel 1980).

Afb. 13 Vascularisatie van een pijpbeen volgens Brookes.
(Uit: Brookes 1968)

De laatste jaren overheerst de mening, dat het medullaire systeem dominant is en de bloedstroom vanuit de mergholte naar het periost gericht is, d.w.z. centrifugaal (Nelson 1960, Rhinelander 1962, Trueta 1964, Dambe 1971, Holden 1972, Schweiberer 1974, Eitel 1980). Via het medullaire systeem wordt het binnenste 2/3 deel van de cortex van bloed voorzien. Alleen de subperiostaal gelegen cortex wordt rechtstreeks door de periostale vaten gevasculariseerd. Vanuit de arteria nutritia en haar zijtakken stroomt het bloed via het capillaire systeem van de cortex

naar de capillairen en venen van het periost. Volgens Brookes treedt er bij onderbreking van het medullaire systeem een omkering van de bloedstroom op hetgeen zou betekenen dat er directe verbindingen tussen de medullaire en de periostale circulatie bestaan (Brookes 1961).

Deze omkering van de stroomrichting kon dierexperimenteel niet bevestigd worden; wel bestaat er vanuit het periost een mogelijkheid tot geleidelijke revascularisatie van de cortex (Rhineland 1962, Trueta 1964, Dambe 1971, Harms 1974, Hildebrandt 1979, Eitel 1980). De eerste twee tot vier weken treedt er nog geen herstel van de medullaire vaatboom op. De van het periost uitgaande vaten bereiken pas na twee weken de mergholte en leiden daar tot een beginnende endostale wederopbouw van het vaatsysteem (Hörster 1981). Schweiberer e.a. (1973, 1974, 1978) ontkenden op grond van hun onderzoeken een dergelijke revascularisatie uitgaande van het periost. Dit komt waarschijnlijk omdat zij bij hun onderzoek alleen gebruik maakten van pennen waarbij de mergholte niet werd opgeboord, zodat het medullaire systeem niet of nauwelijks beschadigd werd. Dambe (1971) zag na het inbrengen van een pen in een niet opgeboorde mergholte een vrijwel intact medullair vaatsysteem. Trueta (1964) beschreef dat na onderbinding van de arteria nutritia het medullaire systeem via de anastomosen met de metaphysaire vaten gevuld werd.

Volgens Rhineland (1980) treedt bij een fractuur op drie plaatsen callusformatie op. Vanuit de mergholte wordt een endostale callus gevormd. Periostaal ontstaat een callus die gevasculariseerd wordt door het periost. Als derde vormt zich een zogenaamde intercorticale callus, die via de mergholte en het periost gevoed wordt. De grootte van deze callus is afhankelijk van de ruimte tussen de fragmenten en kan bij een osteosynthese met een compressieplaat volledig afwezig zijn.

Kessler (1983) toonde aan dat een fragment dat niet anatomisch gereponeerd wordt, maar dat men op zijn plaats laat in het fractuurhaematoom zoals bij een gesloten ingebrachte Grendelpen, zeer snel gerevasculariseerd wordt enerzijds door de nog intacte periostale vaten en anderzijds door nieuwe vaten die vanuit het callusweefsel ingroeien. Deze nieuwe vaatingroei revasculariseert het losse fragment sneller dan de intacte periostale vaten dit kunnen doen en is zeer belangrijk voor de fractuurgenezing.

Verskillende osteosynthesetechnieken kunnen de revascularisatie ieder op hun eigen wijze nadelig beïnvloeden. Een plaat heeft een negatieve invloed op de vascularisatie van de cortex direct onder de plaat (Olerud 1968, Rhineland 1972). Om een plaat te appliceren, moet bovendien de weke delen mantel in het fractuurgebied van het periost gesepareerd worden, hetgeen zoals Holden (1972) en Whiteside (1978) aantoonde een sterk negatieve invloed op de fractuurgenezing heeft. Een plaatosteosynthese voegt, zoals na opboren van de mergholte voor een pen, geen extra schade toe aan de vaten in de mergholte. Een mergpen, die zonder opboren wordt ingebracht, geeft slechts een geringe beschadiging en drukt de vaten als het ware opzij. Ook een pen met op doorsnede een V-vormig profiel geeft minder beschadiging (Schweiberer 1970, van de Berg 1972). Door het opboren van de mergholte treedt er volgens verschillende auteurs een ernstige beschadiging van de mergvaten op, zodanig dat het binnenste deel van de cortex avasculair wordt (Trueta 1955, Göthman 1960, 1961, Dankwardt-Lillieström 1969, 1970, Rhineland 1974). Pfister (1979), Störmer (1980) en Weiss (1981) lieten exact zien welke effec-

ten het opboren heeft. Tijdens het opboren ontstaat een druk van 500-800 mm Hg in de mergholte met pieken van 1.500 mm Hg. Door deze enorme drukverhoging raken het kanaal van de arteria nutritia en de fijne intracorticale kanaalsystemen verstopt met vet en boormeel. De temperatuur loopt in de binnenste cortextlagen op tot 50°C. Dankwardt-Lillieström e.a. (1970) toonden in een experimentele studie over de intracorticale circulatie van de tibia-schacht bij konijnen aan, dat de beschadiging beperkt kon worden door het continue afzuigen van de mergholte, waardoor de intramedullaire druk verlaagd wordt.

Bij een pen met opgeboorde mergholte vindt revascularisatie plaats vanuit de periostale vaten. Pas na zes tot acht weken heeft de medullaire vaatboom zich hersteld en neemt deel aan de revascularisatie van de cortex. Geleidelijk aan neemt het medullaire systeem de doorbloeding van de cortex meer en meer over en in de eindfase van de botgenezing is de bloedstroom weer volledig centrifugaal gericht (Störmer 1980).

Weiss (1981) toonde aan, dat de instandhouding van het periost bij een meerfragmentfractuur uiterst belangrijk is voor de periostale revascularisatie. Hij veroorzaakte bij honden een gestandaardiseerde 2-etagefractuur van de tibia-schacht. Het intermediaire schachtgedeelte werd verwijderd en daarna weer teruggeplaatst, waarna aansluitend een osteosynthese van de fractuur plaatsvond met behulp van een Grendelpen. Bij de ene helft fracturen werd het intermediaire schachtgedeelte volledig ontdaan van zijn periostmantel, terwijl bij de andere helft de verbinding tussen bot en periost zorgvuldig werd gespaard. Het bleek dat de botfragmenten, waarbij het periost intact was gelaten, veel sneller revasculariseerden dan de gedeperiosteerde botstukken. Hij bewees hiermee welke grote voordelen de gesloten operatietechniek bij een penosteosynthese heeft tegenover de open operatietechniek. Bij de gesloten operatietechniek blijft de verbinding van het periost met het bot intact, hetgeen een belangrijke rol bij de periostale revascularisatie speelt. De conclusie van Weiss was dan ook, dat het behoud van de vitaliteit van de losse fragmenten bij een via de gesloten operatietechniek ingebrachte pen, ook al treedt bij een penosteosynthese een vertraagde medullaire circulatie op, eerder gegarandeerd kan worden dan na stabilisatie met een plaat.

Schweiberer e.a. (1974) achtten na een stabiele plaatosteosynthese de situatie wat betreft de revascularisatie van de cortex gunstiger dan bij een pen met opgeboorde mergholte, omdat zij dierexperimenteel konden aantonen, dat er bij een plaatosteosynthese reeds na 2 weken een herstel van de medullaire vaatboom optreedt. Schweiberer e.a. waren ervan overtuigd, dat revascularisatie van de cortex altijd via het medullaire vaatsysteem plaatsvindt. Deze stelling betekent dat nauwkeurige inpassing van losse fragmenten (via een trekschroef of een plaatosteosynthese) de beste vooruitzichten zou moeten bieden voor heraansluiting aan de mergvaten. Met experimenteel onderzoek toonden Schweiberer e.a. (1974) echter aan, dat fragmenten die niet nauwkeurig ingepast worden met intact blijven van de periostale verbindingen veel sneller gerevasculariseerd worden dan gedeperiosteerde en exact ingepaste fragmenten. Schweiberer e.a. verklaarden deze discrepantie tussen hypothese en experimentele bevindingen door aan te nemen, dat er storingen in de intraossale veneuze stroombaan bestaan die een snelle revascularisatie van exact ingepaste fragmenten verhinderen. Een bevredigende weergave van de intraossale veneuze stroombaan is nog niet mogelijk.

Vergelijkend, experimenteel onderzoek naar de botgenezing van plaat- of penosynthese geeft wisselende resultaten. Een snellere botgenezing na plaatosteosynthesen werd gevonden door Gustilo (1964), Braden (1976), Mihula (1973) en Rand (1981). Geen verschil in genezingsduur toonden Reynolds (1954) en Barron (1977) aan. Braden (1973) toonde aan dat de biomechanische kwaliteit van de callus bij een intramedullaire osteosynthese beter is. De verschillende resultaten kunnen verklaard worden door het feit, dat voor de fractuurgenezing niet alleen de vascularisatie maar evenzeer de mate van stabiliteit van de osteosynthese van belang is. Bij teveel instabiliteit (Wang 1981) treedt een vertraagde consolidatie op. Eitel (1981) concludeerde dat bij een plaatosteosynthese instabiliteit tot een vertraagde consolidatie leidt. Dit speelt vooral een rol bij meerfragmentfracturen waar een plaatosteosynthese nooit meer kan zijn dan een adaptatie-osteosynthese. Bij een pen zal eerder de avasculaire binnenste cortex aanleiding geven tot een vertraagde consolidatie. Interessant zijn in dit verband de resultaten van door Hörster (1981) verricht onderzoek naar de revascularisatie van met een osteosynthese gestabiliseerde fracturen bij patiënten die na enkele weken tot maanden ten gevolge van het trauma overleden. Zelfs bij fracturen waarbij de mergholte sterk was opgeboord, bleek na twee weken een revascularisatie van het endost op te treden via de periostale vaten. Bij plaatosteosynthesen trad er geen sneller herstel op van de medullaire circulatie. Mogelijk is de beschadiging van het medullaire vaatsysteem door het opboren van de mergholte niet zo ingrijpend als aan de hand van dierexperimenten verwacht zou kunnen worden. Het aanbrengen van een plaatosteosynthese bij verbrijzelingsfracturen is in principe mogelijk, maar technisch niet eenvoudig. Bovendien bestaat het gevaar dat door het afschuiven van het periost en de weke delen fragmenten avasculair worden. Bij een via de gesloten operatietechniek ingebrachte Grendelpen wordt de vascularisatie van de losse fragmenten behouden via de intacte periostale vaten zodat er geen sequesters ontstaan. Aan het contactoppervlak tussen botfragmenten en callusweefsel vindt een ingroei van nieuwe vaten plaats, zodat het botfragment in korte tijd volledig geïntegreerd wordt in het vaatsysteem van de callus.

Samenvattend kan men stellen, dat op experimentele gronden (Weiss 1981, Kessler 1983) juist een via de gesloten operatietechniek ingebrachte Grendelpen wegens het snelle herstel van de botcirculatie een ideale stabilisatie vormt voor meerfragment- en etagefracturen.

DEEL II

DE GRENDelpEN

HOOFDSTUK 6

DE GRENDELPEN

6.1. Historische aspecten en achtergronden

Het idee om schachtfracturen met intramedullaire technieken te stabiliseren, is reeds oud. Bruns berichtte in 1886 over de behandeling van pseudarthrosen. Hij beschreef de resectie van de pseudarthrose en het spalken van de schacht met een intramedullair ingebrachte ivoren stift. In zijn boek "Die Lehre von den Knochenbrüchen" vermeldde hij, dat ook Heine (1875), Bardenheuer (1875) en Socin (1879) deze methode succesvol toepasten. Bircher (1886) ging nog een stap verder; hij gebruikte deze techniek om "verse" fracturen te behandelen met name zoals hij het noemde fracturen met "rebellischen Dislocationen", die op de gebruikelijke, conservatieve wijze niet in een acceptabele stand te brengen waren.

Het begrip pen (Duits: Nagel) werd in 1902 door Lejars ingevoerd, die erop wees, dat de (ivoren) pen zo lang mogelijk diende te zijn en verder goed moest passen in de mergholte. In 1890 verscheen Gluck's referaat getiteld "Die Invaginationsmethode der Osteo- und Arthroplastik" in de Berliner Klinische Wochenschrift. Hierin beschreef hij het gebruik van metalen pennen, die proximaal en distaal van de fractuur aan het bot werden verankerd met behulp van ivoren stiften. Dit was feitelijk een soort Grendelpen, een voorloper van de door Küntscher ontwikkelde "Detensionsnagel", later "Verriegelungsnagel" genoemd.

Tot 1930 werd met diverse materialen geëxperimenteerd als spalk voor de mergholte onder andere ivoor, hoorn, visbeen, lijkenbot, zilver, staal, magnesium en vers autoloog bot. Daarna werden vrijwel uitsluitend nog draden, stiften of pennen van metaal gebruikt. Rehn en Wakbaïsky testten in 1911 stiften gemaakt van hoorn en pasten deze met succes in de praktijk toe. Schön (1913) was een groot voorstander van zilverstiften ter behandeling van antebrachiusfracturen. Hoglund (1916) propageerde het gebruik van een autologe botspaan als intramedullaire spalk (afbeelding 14) die met autologe botschroeven gefixeerd diende te worden. Hey Groves (1918) gebruikte diverse soorten metalen pennen ter behandeling van femurpseudarthrosen na schotverwondingen. Müller-Meernach (1933) was de eerste die op grote schaal roestvrij staal gebruikte. Hij spalkte de mergholte met behulp van smalle metalen platen. De gebroeders Rush introduceerden in 1937 een dunne metalen pen die later zeer bekend werd als de Rush-pen (afbeelding 15). Deze massieve pen, die lichtgebogen en elastisch was, had het voordeel, dat ze door haar vorm en elasticiteit gemakkelijk te introduceren was. Een nadeel was de geringe stabiliteit die deze vorm van intramedullaire osteosynthese bood.

Het opvullen van de mergholte met een of meer metaaldraden werd door Lambotte (1907) als één der eersten toegepast. Ook na de invoering van de Küntscherpen bleven diverse auteurs (Landelius 1951, Böhler 1966) deze techniek propageren, met name voor fracturen van de onderarm, waar de starre Küntscherpen moeilijk te introduceren was. Hackethal (1961) perfectioneerde deze methode en noemde haar "Bündelnagelung". Het principe bestaat hieruit, dat men zoveel mogelijk staaldraden introduceert om de mergholte te spalken. Bovendien probeert men de stabiliteit te vergroten door de draden zoveel mogelijk te laten uitwaaieren in de meta-

Afb. 14 Het gebruik van een autologe botspaan ter behandeling van een femurschachtfractuur, zoals Hoglund dit propageerde. (Uit: Hoglund 1916)

Afb. 15 Stabilisatie van een femurfractuur met 2 Rush-pennen.

Afb. 16 De "Bündelnagelung" volgens Hackethal was bij enkelvoudige dwarse fracturen ook op het femur toepasbaar.

physaire spongiosa. Deze "Bündelnagelung" vormde een compromis tussen het onstabiele spalken van de mergholte met één enkele dunne metaaldraad en de stabiele spalking met een Küntscherpen. De methode heeft nooit veel toepassing gevonden, omdat de stabiliteit vaak te wensen overliet en het indicatiegebied nauwelijks groter was dan dat van de Küntscherpen. De methode was vooral voor de tibia en de humerus bedacht en was met name bij enkelvoudige, dwarse fracturen ook op het femur toepasbaar (afbeelding 16).

Voor de behandeling van per- en subtrochantere femurfracturen worden de pennen volgens Ender, in het Duits "Federnägel", sinds 1969 op grote schaal toegepast. Via een opening net boven de mediale femurcondyl worden zoveel mogelijk dunne, elastische pennen ingebracht die men in de femurkop laat uitwaaiëren.

Na uitgebreide dierexperimenten werd door Küntscher in november 1939 de eerste door hem ontwikkelde pen ingebracht bij een 35-jarige scheepsbouwingenieur met een subtrochantere femurfractuur. Hij stelde zijn methode vervolgens in 1940 in het openbaar voor op het Duitse chirurgencongres in Berlijn. Ondanks heftige kritiek van toonaangevende collega-chirurgen vond Küntscher's methode snel wereldwijde verbreiding. Tijdens de Tweede Wereldoorlog werden er vele, vaak meerfragmentfracturen ten gevolge van schotverwondingen gezien. Nadat Küntscher in 1940 zijn pen had geïntroduceerd, lag het voor de hand dat er tijdens de oorlog chirurgen waren, die Küntscher's methode wilden benutten voor de behandeling van deze fracturen. Er ontstond dan ook onder de Duitse legerchirurgen een levendige discussie omtrent het al dan niet behandelen van deze fracturen met een pen (Westhues 1943, Bauer 1943, Heim 1943, Böhler 1943, Raisch 1943). Als "Oberstabsarzt" stelde Böhler zelfs voor deze fracturen direct op de verbandplaats vanuit de fractuur te pennen zonder röntgenfaciliteiten. Raisch bekritiseerde dit advies ten stelligste en verdedigde zijn stelling met een uiteenzetting over door hem gedane dierexperimenten. Hij stelde voor om eerst een uitvoerig debridement van de wond te verrichten en de fractuur met extensie of gipsbroek te immobiliseren en dan in tweede instantie, bij afwezigheid van enig teken van infectie, een penosteosynthese te doen. Heim deelde deze mening en legde de nadruk op het gesloten, dus niet via de fractuur, inbrengen van de pen.

Küntscher heeft voortdurend geprobeerd door wijzigingen van de door hem ontworpen pen het indicatiegebied uit te breiden. De ontwikkeling van flexibele boren door Pohl maakte het mogelijk de mergholte op te boren en zo een dikkere pen te introduceren, hetgeen de stabiliteit ten goede kwam. Küntscher's pen had op dwarsdoorsnede een klaverbladprofiel, dat heden ten dage nog gebruikt wordt (afbeelding 17).

Het idee om met een pen proximale en distale, maar ook etage- en meerfragmentfracturen te stabiliseren, bleef Küntscher fascineren en tot zijn dood heeft hij gewerkt aan de oplossing van dit probleem. In 1940 introduceerde hij de Y-pen voor fracturen in het trochantergebied (afbeelding 18a en b), waarop Zickel later zijn pen baseerde (1980). In 1945 ontwikkelde hij samen met Maatz een methode om femurschachtfracturen met sterke verbrijzeling te stabiliseren. In de gleuf van de pen werd op de plaats van de verbrijzeling een dun, dubbelgevouwen stuk metaal ingebracht dat de hoofdfragmenten op lengte diende te houden en tevens de wondranden open hield om voor voldoende drainage te zorgen (afbeelding 19). Deze tech-

Afb. 17 Deze tekening geeft aan dat de manier waarop een spijker klemt in een blok hout precies omgekeerd is aan de wijze waarop een Küntscherpen klemt in de mergholte. Bij de Küntscherpen gaat de inklemming uit van de samengedrukte pen en bij de spijker van het samengeperste hout. (Uit: Küntscher 1945).

Afb. 18a en b De Y-pen (a) ter behandeling van trochanterfracturen, waaruit later Zickel zijn pen (b) afleidde.

Afb. 19 De pen met wondspreider om fracturen tengevolge van schotverwondingen te stabiliseren.

niek werd in de laatste jaren van de Tweede Wereldoorlog speciaal ontworpen om fracturen ten gevolge van schotverwondingen te behandelen.

Herzog presenteerde in 1950 zijn publicatie "Verlängerungsosteotomie unter Verwendung des percutan gezielt verriegelten Marknagels" (afbeelding 20). Bij deze techniek werd een van diverse boorgaten voorziene Küntscherpen percutaan met meerder Kirschnerdraden vergrendeld. Door de talrijke boorgaten werd de pen te zeer verzwakt. Ook de vergrendeling was technisch niet eenvoudig en de dunne draden boden te weinig stabiliteit.

Afb. 20 Percutane vergrendeling met meerdere K-dradsen zoals Herzog in 1951 voorstelde.

Küntscher publiceerde in 1960 zijn techniek om meerfragmentfracturen met over elkaar geschoven pennen van verschillende lengte en diameter te stabiliseren (afbeelding 21). Deze techniek is nooit boven het experimentele stadium uitgekomen. Het zogenaamde "Distanzblock" werd door hem in 1965 gelanceerd. Het idee was eigenlijk hetzelfde als bij de pen met wondspreider. Met het "Distanzblock" (afbeelding 22) werd het op lengte houden van beide hoofdfragmenten via een gesloten methode bereikt. Nadat de voerdraad was ingebracht, werd een metalen strip intramedullair gebracht. Op deze strip bevond zich een metalen wig, net zo lang als het botdefect. Deze wig werd tussen de beide hoofdfragmenten gemanoeuvreerd, zodat de fractuur niet kon inzakken. Hierna werd de pen ingebracht die de wig op zijn plaats hield. De metalen strip was op dwarsdoorsnede licht gekromd, zodat hij goed om de pen paste. Het was mogelijk pen en strip gesloten te verwijderen na consolidatie van de fractuur. Deze metaalstrippen met een wig van variabele grootte zijn nog in productie genomen, maar ook deze methode is geen succes geworden. In 1968 hield Küntscher op het chirurgencongres in München een voordracht genaamd "Die Marknagelung des Trümmerbruches" (afbeelding 23). Hierin be-

Afb. 21 Meerdere Küntscherschroeven van verschillende lengte en diameter die over elkaar geschoven werden om de hoofdfragmenten op afstand te houden.

Afb. 22 Küntscherschroeven met "Distanzblock".

Afb. 23 "Detensionsnagel" naar Küntscher.
(Uit: Küntscher 1968).

schreef hij de toepassing van een pen, die via schroeven proximaal en distaal aan de femurschacht bevestigd werd. Hij noemde deze techniek zelf "Detensionsnagelung" en gaf de pen de naam "Detensor". Het principe beschreef hij als volgt: "Es ist das Verfahren der Detension, das Fernhalten aller Kräfte aus dem Bruchspalt, die Entspannung".

Klemm en Schellmann namen naar aanleiding van Küntscher's publicatie over de "Detensor" in 1970 contact op met Küntscher. Gedurende de jaren 1970-1972 ontwikkelden zij de pen verder en ontwierpen instrumentarium ter introductie, extractie en vergrendeling van de pen. Tevens werd de pen klinisch getest. De belangstelling van Klemm en Schellmann voor de "Detensor" kwam voort uit het feit, dat zij op zoek waren naar een geschikte methode om (geïnfecteerde) pseudarthrosen te behandelen. Na afsluiting van het ontwikkelingswerk en na een eerste klinische toepassing bij 51 patiënten in de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik te Frankfurt werd de Grendelpen voor het femur vanaf 1972 seriematig geproduceerd (Ortopedia⁹). In datzelfde jaar werd met toestemming van Küntscher de naam veranderd in "Verriegelungsnagel".

Tijdens de testperiode was gebleken, dat één distale schroef ter vergrendeling te weinig was. Derhalve werd een distale vergrendeling met 2 schroeven ingevoerd. Door de proximale schroef schuin in plaats van dwars in te brengen, kon ook proximaal de verankering verstevigd worden. Ook de schroeven werden aangepast. In het begin werden bouten zonder schroefdraad gebruikt, die vaak loslieten. Door deze bouten te voorzien van een eindstandige zelftappende schroefdraad kon dit euvel grotendeels worden opgeheven.

Grosse en Kempf vervolmaakten in de jaren 1972-1977 het osteosynthesesysteem (Howmedica¹⁰). Er zijn duidelijke verschillen tussen beide systemen die in hoofdstuk 6.5. ter sprake komen.

In 1977 werd door Lafforgue en Grosse een richtapparaat voor de distale vergrendeling ontworpen. Dit richtapparaat kan op de C-boog van de beeldversterker worden gemonteerd, waarna men onder röntgencontrole de distale vergrendeling kan uitvoeren.

Al deze technische verbeteringen droegen er essentiële toe bij om de ingreep "Verriegelungsnagelung" routinematig volgens vast protocol toe te passen.

6.2. Biomechanische eigenschappen

Een conventionele mergpen fungeert voornamelijk als stabilisator doordat zij de botcylinder als krachtdragend element herstelt. De pen verhindert dat de hoofdfragmenten zijdelings ten opzichte van elkaar verschuiven. Door het verhaken van de fragmenten en door de spierspanning wordt de osteosynthese enigszins tegen rotatieafwijkingen beschermt. Sedert de uiteenzettingen van Küntscher beschouwen men de elastische inklemming van de pen in de mergholte en de driepuntsfixatie in de lengterichting van de femurschacht als de werkingsprincipes wat betreft de stabiliteit (Küntscher 1962). Doordat de pen in de lengterichting enigszins kan buigen en in dwarse richting vervormbaar is, ontstaat er met de binnenzijde van de botcylinder over een groot oppervlak wrijving. Rehm toonde aan dat naarmate het contactoppervlak groter is, de wrijving tussen pen en corticalis toeneemt, hetgeen een ver-

betering van de stabiliteit met name tegen torsiebelasting geeft (Rehm 1963). De stijfheid van de pen (de eigenschap van de pen om buigkrachten te weerstaan) neemt toe naarmate de pendiameter toeneemt. Een zekere stijfheid van de pen is nodig, wil de patiënt na de operatie zijn been kunnen bewegen of gedeeltelijk belasten zonder dat de pen vervormt of breekt. Een pen moet ook een bepaalde elastische vervormbaarheid bezitten om bij het inslaan van de pen geen problemen te krijgen (spildraai). Bij het ontwerpen van een pen moet men als het ware een compromis sluiten tussen stijfheid en elasticiteit van de pen (Brussatis 1975). Het blijkt uit door Vécsei (1983) verricht onderzoek dat het door Küntscher gekozen klaverbladprofiel de grootste buigmomenten kan weerstaan (tabel 1).

Tabel 1 Buigmoment van diverse penprofielen (Vécsei 1983)

	Buigmoment plastische vervorming (Nm)
Klaverbladprofiel met gleuf (pendiameter 11 mm)	56,3
Buisprofiel (pendiameter 11 mm)	37
Klaverbladprofiel zonder gleuf (pendiameter 11 mm)	53

Met betrekking tot de weerstand tegen torsiebelasting blijkt een buisprofiel de meeste stijfheid te bezitten, gevolgd door een klaverbladprofiel zonder gleuf (tabel 2).

Tabel 2 Torsiemoment van diverse penprofielen (Vécsei 1983)

	Torsiemoment plastische vervorming (Nm)
Klaverbladprofiel met gleuf (pendiameter 11 mm)	7
Buisprofiel (pendiameter 11 mm)	30
Klaverbladprofiel zonder gleuf (pendiameter 11 mm)	20

Wang (1981) verrichtte experimenteel onderzoek bij gefractureerde konijnenfemora met rigide en elastische mergpenen. Het bleek dat zowel excessieve stijfheid als overmatige elasticiteit een optimale fractuurgenezing verhinderen. Het principe van de dwarse, elastische inklemming van een pen in de mergholte is discutabel. Küntscher (1962) en Burny (1971) hechtten hier veel waarde aan, terwijl Kempf (1978) aantoonde, dat de rotatiestabiliteit na Küntscherpenosteosynthese slecht is en het opboren van de mergholte om een pen met een grotere diameter te kunnen inbrengen de rotatiestabiliteit alleen maar verslechtert. De meest wettelijke fixatie van de mergpen is de driepuntsfixatie in de lengterichting van de schacht, welke ontstaat wanneer men een rechte buis in een gebogen mergkanaal slaat (Kempf 1978).

De beperkte toepasbaarheid is het probleem van de conventionele mergpenen. Stapert (1983) heeft aangetoond dat met de Küntscherpen slechts 50% van alle femurschachtfracturen behandeld kunnen worden, vooral de dwarse en korte schuine fracturen in het gebied van de potentiële isthmus (Lemmens 1981). Bij meerfragmentfracturen geeft een Küntscherpen een zekere lengtestabiliteit maar geen

torsiestabiliteit. De Grendelpen garandeert bij alle fractuurvormen lengte- en rotatiestabiliteit. Door het gebruik van schroeven die de pen aan de botcylinder verankeren, moet het osteosynthesemateriaal alle axiale lasten opvangen en overbrengen totdat de fractuur geconsolideerd is, terwijl bij een conventionele mergpen het bot zelf vrijwel alle axiale krachten opvangt. Bij een statische vergrendeling wordt het gedeelte van de botcylinder tussen de schroeven mechanisch volledig geneutraliseerd (Hudec 1977).

Kempf (1978) en Vécsei (1983) hebben de belastbaarheid van een statisch vergrendelde pen onderzocht. Wanneer een groot gedeelte van de schacht tussen de schroeven ontbreekt, dient het osteosynthesemateriaal alle krachten op te vangen. Deze situatie is vergelijkbaar met een femurfractuur met uitgebreide verbrijzeling van de schacht. Onder deze omstandigheden is de torsiestabiliteit van een conventionele pen 420 Ncm, bij een dynamische vergrendeling 780 Ncm en bij een statische vergrendeling 1560 Ncm (Kempf 1978). Bij een statisch vergrendelde pen is de torsiestabiliteit ten opzichte van een Küntscherpen bijna vier maal zo groot.

Wat betreft de buigbelasting heeft Diehl (1976) berekend dat bij een axiale belasting van 10 kg de buigbelasting van de femurschacht van proximaal naar distaal 1200-200 Ncm bedraagt. Bij optillen van het been in narcose is de buigbelasting 3600-2500 Ncm en bij volledig belast lopen (80N) bedraagt de buigbelasting op het midden van de femurschacht 4000 Ncm. Kempf (1978) toonde experimenteel aan dat bij een statisch vergrendeld femur, waarbij het middelste deel van de schacht ontbreekt, een buigmoment van ongeveer 2000 Ncm het complex pen-bot zijn integriteit zal doen verliezen.

Dit betekent voor de praktijk dat bij een meerfragmentfractuur die door een statisch vergrendelde pen is gestabiliseerd, een belasting van het been van 10-20 kg direct postoperatief geen enkel probleem vormt maar dat een volledige belasting uiteindelijk zal leiden tot penbreuk.

6.3. *Het indicatiegebied*

Het beperkte indicatiegebied van de Küntscherpen is voornamelijk te wijten aan het feit, dat de pen in vele gevallen onvoldoende klemmt in de mergholte, omdat door de kromming van het femur en de wisselende mergholte diameters ook na het opboren de pen maar over een klein traject voldoende circulaire elastische inklemming heeft. Wanneer men op een slechte indicatie toch een Küntscherpenosteosynthese verricht, leidt dit automatisch tot een slecht resultaat. Dit gegeven en het feit dat met een plaatosteosynthese alle femurschachtfracturen behandeld kunnen worden, heeft geleid tot een sterke toeneming van het aantal plaatosteosynthesen bij femurschachtfracturen.

De Grendelpen biedt de mogelijkheid om femurfracturen, die niet geschikt zijn om volgens het Küntscherprincipe te behandelen, zoals proximale, distale en comminutieve fracturen, toch te stabiliseren met een intramedullaire osteosynthese. De proximale en distale schroeven, waarmee de pen aan het bot wordt verankerd, bieden hiertoe de extra stabiliteit. De Grendelpen biedt de voordelen van een mergpen, terwijl met deze osteosynthesevorm het hele indicatiegebied van de plaatosteosynthese bestreken wordt. Door de axiale krachtoverbrenging is een vroege belasting mogelijk. Bij de gesloten operatietechniek hoeft het fractuurgebied tijdens

de operatie niet vrijgelegd te worden, zoals bij een plaatosteosynthese. Door het inbrengen van de schroeven wordt de fractuur op lengte gehouden en neemt de torsiestabiliteit toe.

In hoofdstuk 2 werd aangegeven, dat fracturen vanaf de trochanter minor tot 6 cm boven de kniespleet met de Grendelpen behandeld kunnen worden. De Grendelpen is eveneens geschikt om pseudarthrosen en pathologische fracturen te behandelen, om arthrodese van de knie te verrichten (afbeelding 24) en om corrigerende osteotomien te stabiliseren (afbeelding 25).

Afb. 24 Bij deze patient bestond er een zeer comminutieve femurschachtfractuur doorlopend tot in het condylenblok.

A. Röntgenfoto bij opname.

B. Vanwege de uitgesproken verbrijzeling en vanwege het feit dat patient tevoren al een instabiele knie had, werd primair een arthrodese van de knie verricht.

C. Röntgenfoto zeven jaar na de operatie.

Bij proximale of distale fracturen kan een eenzijdige vergrendeling voldoende zijn (afbeelding 26). Dit wordt een dynamische vergrendeling genoemd. Door belasting wordt het instuiken van de fractuurstukken bewerkstelligd, waardoor een zeer snelle fractuurgenezing optreedt. Een dynamische vergrendeling is alleen mogelijk bij enkelvoudige, dwarse fracturen eventueel met een "Biegungskeil". Deze fracturen zijn in de regel postoperatief volledig belastbaar. Wanneer men een éénzijdige vergrendeling wil toepassen, dient men nauwkeurig te letten op de vorm en de localisatie van de isthmus van de mergholte, omdat de pen aan de kant waar zij niet vergrendeld wordt, een goede inklemming volgens het Küntscherprincipe dient te hebben.

Afb. 25 De Grendelpen is zeer geschikt om corrigerende osteotomien te verrichten.

Afb. 26 Bij proximale of distale fracturen zonder verbrijzeling is een dynamische vergrendeling voldoende.

Bij schuine of spiraalfracturen en bij meerfragmentfracturen dient de pen aan beide kanten vergrendeld te worden: de zogenaamde statische vergrendeling. Bij statisch vergrendelde fracturen dient het verwijderen van de vergrendeling aan één kant van de pen bij de eerste callusvorming plaats te vinden om door drukbelasting van

Afb. 27a Bij ongunstig verlopende proximale fracturen kan men een heterolaterale Grendelpen inbrengen (variant van Vecsei).

Afb. 27b. Om de variant van Vecsei te kunnen toepassen is een speciaal richtapparaat noodzakelijk.

de fractuur de botgenezing te stimuleren. Vaste regels voor dit zogenaamde dynamiseren zijn niet te geven. Men dient voor wat betreft de callusvorming op de röntgenfoto af te gaan. Bij een ongecompliceerd verloop kan de osteosynthese meestal na 2 à 3 maanden gedynamiseerd worden. De schroeven dienen in principe aan die kant verwijderd te worden, waar de pen over een lang traject een goede botgeleiding heeft. Dat betekent dat men bij een distale fractuur de proximale schroef verwijdert en bij een proximale fractuur de distale schroeven (Mockwitz 1983).

Er bestaan een aantal "grensindicaties" voor de toepassing van een Grendelpenosteosynthese.

Bij ongunstig verlopende proximale femurschachtfracturen, waarbij de trochanter minor gefractureerd is, maar de laterale cortex intact is, kan soms een variant worden toegepast, die door Vécsei (1978) werd beschreven. Door in plaats van een rechter een linker Grendelpen (heterolaterale Grendelpen) te nemen, loopt de proximale schroef schuin omhoog in de richting van de dijbeenhals, in plaats van schuin omlaag in de richting van de trochanter minor (afbeelding 27a). Om de schroef te kunnen introduceren is een speciaal richtapparaat nodig (afbeelding 27b).

Sporadisch komt een femurschachtfractuur voor in combinatie met een dijbeenhalsfractuur of een pertrochantere femurfractuur. Wanneer men de techniek van de Grendelpenosteosynthese beheerst, is het mogelijk om bij deze combinatie van fracturen toch een Grendelpenosteosynthese uit te voeren door eerst de dijbeen-

Afb. 28

- Combinatie van een proximale femurfractuur en een laterale collumfractuur.
- Direct postoperatief. Eerst werd de collumfractuur gestabiliseerd met 2 spongiosaschroeven en daarna werd de Grendelpen tussen beide schroeven ingebracht.
- 2 Maanden postoperatief: de fracturen zijn grotendeels geconsolideerd.

halsfractuur te fixeren met twee spongiaschroeven en daarna tussen beide schroeven door de Grendelpen te introduceren (afbeelding 28). Soms bestaat er een fractuur van het condylenblok in combinatie met een femurschachtfractuur. Wanneer dit een relatief eenvoudige fractuur is, dan is het een elegante oplossing om eerst de fractuur van het condylenblok met spongiaschroeven te fixeren en daarna de schachtfractuur van een Grendelpenosteosynthese te voorzien. Een Grendelpenosteosynthese aangevuld met enkele spongiaschroeven is zeker de minst ingrijpende vorm van osteosynthese voor dergelijke "combinatie"-fracturen. De vroege belastbaarheid van de extremiteit is het grote voordeel van een Grendelpenosteosynthese bij proximale, distale, meerfragment- en etagefracturen. Bovendien is de operatietechniek eenvoudiger en minder traumatiserend dan bijvoorbeeld een hoekplaatosteosynthese.

6.4. Open versus gesloten operatietechniek

Bij het thema penosteosynthese komt automatisch de vraag naar voren of de open dan wel de gesloten operatietechniek te prefereren is. Deze discussie wordt al vanaf de invoering van de Küntscherpen gevoerd (Wittmoser 1955, Küntscher 1967, Zimmermann 1967, Marty 1969, Baltersweiler 1975, Kuderna 1975, Wenninger 1975, Bäuerle 1976, Galle 1981). Aan de hand van de literatuur kan men voor- en nadelen van beide methoden tegenover elkaar zetten (tabel 3 en 4).

Tabel 3

Voordelen gesloten techniek	Nadelen gesloten techniek
1. Behoud van het fractuurhaematoom (?) en boormeel (?).	1. Extensietafel en beeldversterker noodzakelijk.
2. Geen deperiostering.	2. Repositie moeilijker en soms onnauwkeurig.
3. Relatief kleine incisie ver van de fractuur (beter cosmetisch resultaat)	3. Meer rotatieafwijkingen en vaker distractie van de fractuur.
4. Minder infecties.	4. Ten gevolge van de hulpmiddelen loopt de steriliteit gevaar.
5. Geringer bloedverlies (?).	5. Röntgenstralen belasting.
6. Kortere operatietijd (?).	6. Kans op uitbreken van fragmenten.
7. Nauwkeurige bepaling van de penlengte mogelijk.	

Tabel 4

Voordelen open techniek	Nadelen open techniek
1. Normale operatietafel voldoende.	1. Twee incisies noodzakelijk.
2. Geen beeldversterker noodzakelijk.	2. Afschuiven van het periost.
3. Repositie eenvoudig en exact.	3. Langere operatietijd (?).
4. Geen gevaar voor rotatie- of distractieafwijkingen.	4. Slechter cosmetisch resultaat.
5. Mogelijkheid tot uitspoelen van het fractuurhaematoom en het boormeel (?).	5. Meer infecties.
	6. Lengte van de pen moet preoperatief bepaald worden.

Het feit dat bij de gesloten operatietechniek slechts één kleine incisie noodzakelijk is, spreekt voor zich. Dat hierdoor een fraaier cosmetisch resultaat verkregen wordt, is evident. Of het aantal infecties hierdoor wordt verminderd, is altijd het grote punt van discussie geweest. Maatz (1983) beantwoordde deze vraag. Hij onderzocht retrospectief 1.996 femurfracturen waarbij volgens vast protocol de gesloten operatietechniek was toegepast en 1.968 fracturen waarbij de pen volgens protocol via de open techniek werd ingebracht. Alleen gesloten fracturen werden in het onderzoek opgenomen. Het infectiepercentage was in beide groepen respectievelijk 0,65% en 3,4%. Met andere woorden: bij een via de open operatietechniek ingebrachte femurpen is de infectiekans 5 maal zo groot.

De gesloten operatietechniek is afhankelijk van technische hulpmiddelen, zoals een extensietafel en röntgenfaciliteiten. Het gebruik van de beeldversterker heeft als voordeel, dat men peroperatief exact de lengte van de pen kan bepalen. Anders moet men de lengte van de pen vooraf bepalen door een röntgenfoto van het andere femur te laten maken met daarop een centimeterverdeling. Dupuis (1977, 1978, 1983), Ewen (1974, 1976) en Fischer (1973) hebben zich intensief bezig gehouden met het meten van de stralenbelasting van patiënt en operatieteam bij het gebruik van de beeldversterker. De stralenbelasting blijkt zeer gering te zijn. Dupuis mat bij een doorlichtingstijd van 7 minuten op 80 cm van de stralengang een belasting van 2 mRad. De gemiddelde stralenbelasting van de operateur gedurende 1 minuut doorlichting bedroeg boven de loodschort (hoofd, hals en armen) 4,2 mRad en onder de loodschort (dikte 0,5 mm) 0 mRad.

Volgens het veiligheidsbesluit ioniserende straling (1963) is de maximale bestralingsdosis voor radiologische werkers 60 Rem per jaar voor wat betreft handen, onderarmen, voeten en enkels en 5 Rem per jaar voor wat betreft de ooglenzen. Dit komt ongeveer overeen met respectievelijk 60.000 mRad en 5.000 mRad per jaar, indien we ervan uitgaan dat bij het gebruik van röntgenstraling 1 Rem vergelijkbaar is met 1 Rad. De gemiddelde doorlichtingstijd voor het inbrengen van de Grendelpen bij een femurfractuur bedroeg in de kliniek van Kempf in Straatsburg 3'43". Men dient te bedenken, dat dit een opleidingskliniek is. Door ervaren chirurgen kan deze tijd worden bekort. Het gebruik van een beeldscherm met een geheugen kan de doorlichtingstijd nog eens met 60% verminderen.

Het veelvuldig optreden van rotatieafwijkingen bij de gesloten operatietechniek wordt door tegenstanders van deze techniek naar voren gebracht. Men dient te beseffen, dat geringe ($< 20^\circ$) rotatieafwijkingen klinisch moeilijk vast te stellen zijn, omdat de patiënt deze in het heupgewricht corrigeert. Door het vergelijken van de rotatiemogelijkheid van beide benen kan men wel enigszins een indruk krijgen omtrent een eventuele rotatieafwijking van het femur, maar geringe afwijkingen komen hierbij niet aan het licht. Exacte informatie wordt verkregen wanneer een röntgenopname van het bekken gemaakt wordt volgens Dunn-Rippstein (Dunn 1952, Rippstein 1955, Jäger 1973). Hierbij wordt een opname van het bekken gemaakt met de patiënt in rugligging, beide bovenbenen 20° geabduceerd, heup- en kniegewricht 90° gebogen en beide onderbenen parallel aan het bovenlichaam. Op deze manier kan de geprojecteerde anteversie van beide femora berekend en met elkaar vergeleken worden. De nauwkeurigheid van deze meetmethode is ongeveer 5° (Wolf 1984).

Na fracturen zijn rotatieafwijkingen van het femur vrijwel altijd exorotatieafwijkingen. Afwijkingen groter dan 20° zijn klinisch zichtbaar omdat een dergelijke afwijking niet bij iedere stap door de endorotatoren te corrigeren is.

De literatuur geeft de volgende informatie omtrent het voorkomen van rotatieafwijkingen bij beide operatietechnieken (de afwijkingen werden aan de hand van klinisch onderzoek vastgesteld) (tabel 5 en 6):

Tabel 5 Femurfracturen waarbij de pen via de gesloten operatietechniek werd ingebracht

Clawson (1971)	46 gevallen	0 rotatieafwijkingen
Brussatis (1975)	174 gevallen	9 "
Rothwell (1978)	100 gevallen	7 "
Totaal	320 gevallen	16 rotatieafwijkingen (5%)

Tabel 6 Femurfracturen waarbij de pen via de open operatietechniek werd ingebracht

Warmbrod (1976)	236 gevallen	0 rotatieafwijkingen
Höjer (1978)	100 gevallen	1 "
Muhr (1976)	72 gevallen	0 "
Totaal	408 gevallen	1 rotatieafwijking (0,2%)

De kans op rotatieafwijkingen is bij de gesloten operatietechniek 25 maal zo groot. Als voornaamste oorzaken ziet men het ontbreken van een driepuntsfixatie of het onvoldoende klemmen in de mergholte ten gevolge van een foutieve techniek of een verkeerde indicatiestelling. Een andere oorzaak is het feit, dat de meeste pen-nen in zijligging worden ingebracht, waarbij geen exacte vergelijking van beide be-nen met betrekking tot rotatieafwijkingen mogelijk is. Wanneer men de Grendel-pen inbrengt met de patiënt in rugligging en beide benen gestrekt op de rektafel, dan is er een vrij nauwkeurige controle op rotatieafwijkingen mogelijk.

Bovendien heeft een Grendelpen een veel grotere torsiestabiliteit zodat het secun-dair optreden van rotatieafwijkingen, zoals bij een te dunne Küntscherpen wel werd gezien, is uitgesloten.

Over het optreden van rotatieafwijkingen bij Grendelpenosteosynthesen van het femur zijn nog erg weinig gegevens bekend. In de series die tot nu toe gepubliceerd werden en waarbij de Grendelpen vrijwel uitsluitend via de gesloten operatietechniek werd ingebracht, was het percentage erg laag en varieerde van 0-2%.

(Mommsen 1983, 42 fracturen; Börner 1983, 103 fracturen; Maroske 1983, 131 frac-turen; Trojan 1983, 27 fracturen).

Bij de open operatietechniek is de repositie makkelijker en kan op de millimeter nauwkeurig geschieden. Een dusdanig perfecte repositie, die bij een plaatosteosyn-these van wezenlijk belang is voor de stabiliteit, is bij een Grendelpen niet belang-rijk: als er maar voldoende rust heerst in het fractuurgebied.

Of er aan het fractuurhaematoom en het boormeel een osteogenetische potentie moet worden toegekend, is niet duidelijk. Voorstanders van de gesloten operatie-techniek menen van wel. Schöttle (1978) berekende dat wanneer het femur van een

volwassene wordt opgeboord van 9 tot 15 mm er ter plaatse van de fractuur 7,3 g boormeel uittreedt en ter plaatse van de trochanter major 5,1 g. Hij stelde dat de osteocyten, ook al zijn zij door de hitte-inwerking beschadigd of dood, een osteogenetische potentie bezitten. Hij adviseerde dan ook om de mergholte na het opboren te spoelen met 20-40 ml Ringeroplossing en tijdens dit spoelen de opening in de trochanter major af te dichten, zodat zoveel mogelijk boormeel in het fractuurhaematoom terecht komt om van daaruit een gunstige invloed op de botgenezing uit te oefenen. De tegenstanders beschouwen het haematoom en het boormeel als een voedingsbodem voor bacteriën.

In hoofdstuk 5 werd uitgelegd waarom de open operatietechniek en het daarmee gepaard gaande additionele letsel van weke delen en periost een nadelige factor vormen voor de fractuurgenezing met name bij meerfragmentfracturen.

Baüer (1976) stelde dat bij de gesloten operatietechniek het bloedverlies minder is. Het bewijs hiervoor is niet geleverd. Dezelfde auteur zag de kortere operatietijd bij de gesloten techniek als een voordeel. Waarschijnlijk is die stelling wel juist, maar daar staat tegenover, dat het positioneren van de patiënt op de rektafel, het instellen van de beeldversterker en de repositie van de fractuur nogal wat tijd vergen. Deze tijd is narcosetijd en verloopt tijdens een fase dat er nog geen operatiewond is.

6.5. Operatietechniek

Het tijdstip van operatie is van een aantal factoren afhankelijk. Bij multitraumapatiënten dienen, wanneer de patiënt qua circulatie en respiratie in een stabiele toestand verkeert, zo snel mogelijk alle fracturen van lange pijpbeenderen operatief gestabiliseerd te worden ter preventie van "multiple organ failure" (Goris 1982) en om de patiënt verpleegbaar te maken. Met welke vorm van osteosynthese men de fracturen stabiliseert, is op de eerste plaats afhankelijk van de mate van het weke delen letsel en van het feit of de fractuur open of gesloten is en op de tweede plaats van de mogelijkheden van het behandelend team. Bij 2e en 3e graads gecompliceerde fracturen is het, gezien de technische mogelijkheden van de moderne fixateur externe systemen, een kunstfout om primair een intramedullaire osteosynthese toe te passen. Een Grendelpenosteosynthese is een moeilijke en technisch gecompliceerde ingreep; men dient te allen tijde te beschikken over een O.K.-team (chirurgen, instrumenterenden en personeel dat de beeldversterker bedient) dat ervaren is in de toepassing van intramedullaire osteosynthesetechnieken indien men de fracturen van de onderste extremiteiten bij voorkeur à chaud met een Grendelpenosteosynthese wil behandelen. Indien men niet continu over een dergelijk O.K.-team kan beschikken, is het beter om de schachtfracturen van de onderste extremiteiten bij multitraumapatiënten met behulp van andere osteosynthesetechnieken (plaat, fixateur externe) te stabiliseren. Wel dient men, wanneer beide benen gefractureerd zijn, in verband met de revalidatie ernaar te streven minstens aan één been een belastbare osteosynthese te plaatsen.

Femurschachtfracturen zonder begeleidend letsel kan men à chaud of na 10 dagen electief opereren. Bij het bepalen van het operatietijdstip speelt enerzijds het feit of men continu de beschikking heeft over een ervaren O.K.-team een belangrijke rol. Anderzijds hoeveel waarde men hecht aan de theorie dat uitgesteld opere-

ren tot minder complicaties leidt omdat na 10 dagen reeds een uitgebreide revascularisatie van het bot aan de gang is (Charnley 1961, Smith 1964, Wilber 1978).

Tweede- en derde graads open femurfracturen dienen niet primair met een intramedullaire osteosynthese gestabiliseerd te worden. In dergelijke gevallen is het beter om primair een uitvoerig debridement te verrichten met open laten van alle wonden (eventueel een fixateur externe osteosynthese bij multitraumapatiënten). Bij genezen weke delen kan dan alsnog een Grendelpenosteosynthese verricht worden. Zowel tijdens de Tweede Wereldoorlog (Raisch 1943) als tijdens de oorlog in Korea (Brav 1957) werden met deze behandeling in twee fasen goede resultaten behaald.

Vóór de operatie

Vóór men een Grendelpenosteosynthese verricht, dient men te controleren of het benodigde instrumentarium compleet is. Het is vanzelfsprekend dat de extensietafel en de röntgenapparatuur goed moeten functioneren. Indien men de patiënt electief opereert, dient men zich vóór de operatie ervan te vergewissen, dat deze in goede conditie verkeert. Een infectie of een niet genezen wond in het operatiegebied of elders op het lichaam vormen contraïndicaties voor de operatie.

Het bovenbeen dient zó afgedekt te worden, dat, indien nodig, het hele femur operatief benaderd kan worden. Dit afdekken dient zeer zorgvuldig te geschieden, omdat het manipuleren met de beeldversterker en de richtapparatuur de steriliteit gemakkelijk in gevaar brengt.

DE OPERATIE

Positie op de rektafel

De operatie begint niet met het incideren van de huid, maar met het in een goede positie op de operatietafel leggen van de patiënt. Omdat voor het vergrendelen van de pen de beeldversterker absoluut noodzakelijk is, dient men de patiënt op een zogenaamde extensietafel te leggen, daar men anders niet kan manipuleren met de C-boog. Rugligging is de beste ligging, omdat men zo de rotatiestand van het been goed kan beoordelen en de kans op grote rotatieafwijkingen gering is. Het bovenlichaam van de patiënt dient zoveel mogelijk naar de gezonde zijde afgebogen te liggen, zodat er craniaal van de trochanter major in het verlengde van de femurschacht voldoende ruimte is om te werken met de diverse instrumenten die nodig zijn om een Grendelpen in te brengen. Vooral bij adipeuze patiënten is dit van belang.

Het gefractureerde been kan men op twee manieren extenderen. Men kan een Steinmannpen door het condylenblok boren en via een extensiebeugel het been opspannen. Hierbij is de knie 90° gebogen (afbeelding 29). Deze techniek heeft het nadeel, dat bij de distale vergrendeling de Steinmannpen met de extensiebeugel in de weg zitten en men niet met het richtapparaat kan manipuleren. Bovendien is het bij zeer distale femurfracturen, indien de knie 90° gebogen is, in voor- achterwaart-

Afb. 29 Het gefractureerde been is via een Steinmannpen in het condylenblok opgespannen. Bij de distale vergrendeling verhindert de extensieheugel het gebruik van het richtapparaat. Het niet-gefractureerde been hangt over een beensteun.

se richting niet mogelijk met de C-boog te werken. Het is dan ook beter om het been gestrekt op te spannen. Men kan dan bij distale femurfracturen zonder problemen van de richtapparatuur op de C-boog gebruik maken (afbeelding 30).

De ligging van het niet-gefractureerde been kan op een drietal manieren plaatsvinden. Allereerst kan men het been gestrekt opspannen, zodat men peroperatief de stand van beide benen kan vergelijken (afbeelding 31). Een andere mogelijkheid is het been te laten hangen over een beensteun (afbeelding 29). Bij (jonge) patiënten tenslotte met een goed beweeglijk heup- en kniegewricht kan het been met heup en knie maximaal gebogen in een speciale kous opgehangen worden, zodat men bij het gebruik van de beeldversterker totaal geen hinder van dit been heeft (afbeelding 32 en 33).

De repositie van de fractuur

Wanneer de patiënt goed op de extensietafel ligt, wordt getracht onder doorlichting de fractuur te reponeren. De extensietafel wordt vastgezet in die stand, waarin de repositie zo optimaal mogelijk is. Wanneer de fractuur 1 à 2 weken oud is, lukt het soms wel de fractuur manueel goed te reponeren, maar kan deze repositie door de reeds gevormde fibreuze callus met behulp van de rektafel niet gehandhaafd wor-

Afb. 30 Wanneer het gefractureerde been gestrekt wordt opgespannen, kan men veel beter met het op de beeldversterker gemonteerde richtapparaat manipuleren.

Afb. 31 Wanneer men de benen gestrekt opspant, kan men peroperatief de rotatie vergelijken.

Afb. 32 en 33 Bij patiënten met een goed beweeglijk heup- en kniegewricht kan men het niet gefractureerde been in een speciale kous ophangen, zodat men er met de beeldversterker geen hinder van heeft.

den. In dat geval wordt met de assistent de repositiemanoeuvre enkele malen geoefend, opdat deze dan tijdens de operatie probleemloos verloopt. Wanneer men bij proximale fracturen zonder de fractuur te openen een goede repositie wil bereiken, is het vaak nodig om het been te abducen. Dit maakt het introduceren van de diverse instrumenten moeilijk. Indien de voerdraad de fractuur is gepasseerd, kan men het been adducen zonder gevaar voor redislocatie en krijgt men meer ruimte voor het inslaan van de pen en het verrichten van de proximale vergrendeling. Bij distale fracturen kan een sterke adductie gunstig zijn voor het bereiken van een optimale repositie. In deze stand is het manipuleren met de instrumenten geen probleem.

Wanneer men de Grendelpenosteosynthese niet à chaud wil verrichten, maar pas na een aantal dagen, is het zeer belangrijk dat men een lichte distractie in de fractuur bewerkstelligt door voldoende gewicht aan de extensiebeugel te bevestigen. Het is dan beter om de snaartractie niet door het condylenblok maar door de tuberositas tibiae aan te leggen, omdat een Kirschnerdraad door het condylenblok een infectiebron kan betekenen wanneer men ter plaatse van de distale femurschacht moet opereren (distale vergrendeling).

Door een lichte distractie lukt het tijdens de operatie veel beter om te manipuleren met de hoofdfragmenten en wordt men niet gedwongen via de extensiemogelijkheid van de operatietafel, dus met geweld, de fractuur op lengte te brengen met het risico dat door teveel tractie letsels van de N. ischiadicus worden veroorzaakt. Bovendien wordt bij een sterke extensie de weke delen enveloppe rond het femur zó strak, dat er nauwelijks nog een mogelijkheid bestaat de fractuuruiteinden ten opzichte van elkaar te verplaatsen wat soms nodig kan zijn om de voerdraad op te kunnen schuiven. Operatietechnisch is de ingreep direct na het ongeval eenvoudiger dan na een aantal dagen, omdat door het ontbreken van een fibreuze callus de repositie veel eenvoudiger is.

De operateur dient ernaar te streven de Grendelpen via de gesloten operatietechniek in te brengen. Alleen bij irreponibele fracturen is het toegestaan via een kleine laterale incisie de fragmenten te reponeren. Om een gesloten repositie te bewerkstelligen, kan men soms gebruik maken van de volgende kunstgreep: men boort het proximale hoofdfragment op en brengt een dunne Küntscherpen in de mergholte. Met het uitstekende deel van de Küntscherpen als handvat kan het proximale hoofdfragment in de juiste positie gemanoeuvreerd worden. Vervolgens kan de voerdraad dóór de dunne Küntscherpen in het distale fragment gebracht worden.

ter major maar craniaal hiervan in het ver-
orden (afbeelding 34). Bij het bepalen van
kening mee te houden, dat er vaak van in-
it de incisie niet te krap mag zijn.

3

—

Afb. 34 De huidincisie dient niet over de
trochanter major, maar craniaal hiervan in het
verlengde van de femurschacht gelegd te
worden.

kige fascie worden de spiervezels van de M.
edius in het vezelverloop gespleten. Met de
e trochanter major af om de juiste plaats om
fierna wordt de mergholte met de priem ge-
niet te ver mediaal aan te priemen, omdat
flexa femoris of het heupkapsel te laederen,
urkopnecrose of een artritis kan resulteren.
lateraal loopt men het risico dat de trochan-
en. In zijdelingse richting gezien, moet men
het de punt licht naar ventraal gericht in ver-
an de femurschacht (afbeelding 35).
ersterker de positie van de punt van de priem
de mergholte is zeer belangrijk om bij het in-
te worden met een collumfractuur bij een te
van de laterale proximale cortex bij een te la-

Afb. 35 Bij het inbrengen van de priem dient de natuurlijke antecurvatie van de schacht gevolgd te worden.

Introductie van de voerdraad

Nadat met behulp van de priem een voldoende grote trechtervormige opening is gemaakt, wordt de voerdraad met knopvormig verdikte punt ingebracht. Om het inbrengen en het passeren van de fractuur te vergemakkelijken, kan de punt licht gebogen worden. Als de voerdraad zich in de mergholte bevindt, wordt hij opgeschoven tot aan de fractuur, waarna hij onder doorlichting in het distale hoofdfragment wordt gebracht. Dit dient met de beeldversterker in twee richtingen gecontroleerd te worden om vast te stellen of de voerdraad zich distaal in de mergholte bevindt.

De voerdraad wordt zo ver mogelijk naar distaal opgevoerd en dient centraal in de mergholte te liggen om te voorkomen dat er bij het opboren van de mergholte teveel bot aan één kant wordt weggefreesd.

Opboren van de mergholte

Indien de repositie geslaagd is, wordt gestart met het opboren van de mergholte met de 9 mm boor, waarna steeds een 0,5 mm dikkere boor wordt ingebracht. Het opboren dient gemakkelijk te gaan. Wanneer de boor stakt, boort men of te ver op of de boorkop is verstopt met boormeel. In het laatste geval dient men de boorkop te reinigen en opnieuw in te brengen. Lang doorboren bij een grote weerstand is gevaarlijk daar het hierbij door de grote hitte kan komen tot necrose van de cortex (Povacs 1979). De mergholte dient 1 mm verder opgeboord te worden dan de diameter van de gekozen pen. Het passeren van een meerfragmentfractuur dient met een niet roterende boorkop te geschieden, daar anders de marginale vascularisatie van de zich hierin bevindende fragmenten nog verder wordt beschadigd. Soms bevindt er zich een botfragment in de mergholte. Wanneer het niet mogelijk is dit fragment met enig manipuleren opzij te duwen, kan men de fractuur openen via een kleine incisie om zo het fragment te disloceren, in plaats van te trachten door cinde-loos verder te boren, het fragment als het ware te verpulveren. Bij 2-etagefracturen kan het middelste fragment in de regel normaal opgeboord worden. De ervaring leert dat dit segment zeer stevig met de omgevende weke delen is verbonden, zodat er geen gevaar voor meedraaien bestaat. Uiteraard dient men in zulke gevallen niet tot het uiterste op te boren.

Keuze van de pen

Nadat de mergholte is opgeboord, kan men de exacte lengte van de pen bepalen door het uitstekende deel van de voerdraad te meten en af te trekken van de totale lengte van de voerdraad. Bij fracturen met zeer ernstige verbrijzeling over een lang traject kan het moeilijk zijn peroperatief de juiste lengte, die het gefractureerde femur dient te krijgen, in te schatten. In zo'n geval is het beter om preoperatief een röntgenfoto met centimeterverdeling van het heterolaterale femur te maken, opdat men de lengte van de pen tevoren kan berekenen.

Afb. 36 Het inslagapparaat wordt op de pen geschroefd.

Inslaan van de pen (Howmedica^r systeem)

Nadat de Grendelpen met de juiste lengte en diameter is uitgekozen (rechts en links niet verwisselen), wordt het inslagapparaat proximaal op de pen gemonteerd (afbeelding 36). Vóór het inslaan van de pen wordt de voerdraad van de boor vervangen door een 4 mm dikke voerdraad zonder knopvormig verdikt uiteinde. Deze dikkere voerdraad geleidt de pen tijdens het inslaan en zorgt ervoor, dat de punt van de pen niet vastloopt in de cortex. Het inslaan van de pen moet met geringe weerstand mogelijk zijn. Ontmoet men teveel weerstand, dan dient men verder op te boren of een iets dunnere pen te nemen. Het is immers bij de Grendelpen niet persé noodzakelijk en bij meerfragmentfracturen ook niet mogelijk, dat de pen zowel proximaal als distaal in de mergholte klemt. Met behulp van de proximale en distale schroeven heeft men de mogelijkheid voldoende torsie- en lengtestabiliteit te verkrijgen. Wanneer bij het inslaan van de pen de schacht toch mocht splijten, geeft dit geen grote problemen. Men hoeft dan niet, zoals bij een normale pen zonder vergrendelingsmogelijkheid, over te gaan tot allerlei additionele osteosynthesetechnieken, die vaak tot ernstige complicaties leiden ten gevolge van de uitgebreide devascularisatie van het bot, maar men kan de pen eenvoudig statisch vergrendelen om toch een oefenstabiliteit te bereiken. Dit is ook een van de redenen waarom het voordelen heeft altijd een Grendelpen te nemen in plaats van een gewone Küntscherpen. Bij het inslaan van de pen treedt er vaak enige distractie van de fractuur op. Wanneer men deze wil opheffen, dient men eerst distaal te vergrendelen. Met behulp van het uitslagapparaat kan men de pen nu iets terugslaan en zo de distractie opheffen. Bij meerfragmentfracturen zal dit uiteraard zelden of nooit nodig zijn. Het distale deel van de Grendelpen vertoont bij het inslaan ten opzichte van het proximale deel soms de neiging 20 - 30° te endoroteren. Bij gewone pennen gebeurt dit ook, maar speelt dit geen rol, omdat er geen vergrendeling hoeft plaats te vinden. Men kan deze endorotatieneiging enigszins anticiperen door tijdens het inslaan de pen 10 - 20° te exoroteren.

Vergrendeling

Na het inslaan van de pen kan de vergrendeling plaatsvinden. Op het moment dat de pen nog ± 10 cm boven de trochanter major uitsteekt, dient men het inslagapparaat te verwisselen voor het proximale richtapparaat (Howmedica^r) (afbeelding 37-1). Wanneer de pen te ver is geïntroduceerd, is het moeilijk het richtapparaat op de pen te monteren, omdat vooral bij adipeuze patiënten de weke delen het richtapparaat volledig omhullen. Via dit richtapparaat kan men nu de schroef voor de proximale vergrendeling inbrengen vanuit de trochanter major via de penopeningen naar de trochanter minor. Deze schroef maakt een hoek van 130° met de pen. In de penopeningen is draad getapt, zodat deze schroef stevig met de pen verbonden is en er geen gevaar voor losraken bestaat.

Bij het maken van het proximale boorkanaal (5 mm boor) (afbeelding 37-3) dient geen kracht op de boor uitgeoefend te worden, daar deze vanwege zijn lengte enigszins flexibel is waardoor de punt uit de asrichting van het boorkanaal kan raken en zelfs kan breken wanneer hij in contact komt met de rand van de penopening. Bij een niet geheel zuivere asrichting kan de starre schroef (diameter 6,35 mm) de te-

genoverliggende penopening niet bereiken. Voordat men start met boren, dient men de laterale cortex aan te priemen, zodat de boor niet uitglijdt langs de laterale cortex (afbeelding 37-2). Men moet alleen de laterale cortex perforeren met de priem. Wanneer men de priem te ver inbrengt, beschadigt men de schroefdraad die in de penopeningen is getapt, waardoor het indraaien van de schroef (afbeelding 37-4) bemoeilijkt wordt en soms zelfs onmogelijk is.

Afb. 37

1. Het inslagapparaat is vervangen door het richtapparaat.
2. Voor het boren wordt de laterale cortex aangepriemd.
3. Bij het boren dient geen kracht uitgeoefend te worden op de boor omdat deze door zijn lengte flexibel is en makkelijk breekt.
4. Het indraaien van de schroef.

Voor de distale vergrendeling worden allereerst de distale penopeningen loodrecht ingesteld met de beeldversterker. Deze openingen moeten precies loodrecht getroffen worden met de beeldversterker om in de goede asrichting te kunnen boren (afbeelding 38-1). Vervolgens wordt een steekincisie gemaakt aan de laterale zijde van het distale bovenbeen op de plaats waar één van beide penopeningen zich projecteert. Met de priem wordt nu in de voorste cortex een opening gemaakt ter plaatse van de penopening (afbeelding 38-2). Met de 4,5 mm boor worden nu beide cortices doorboord (afbeelding 38-3) en aansluitend wordt de voorste cortex opgeboord tot 6 mm (afbeelding 38-4). Na het meten van de gewenste lengte van de schroef wordt deze ingebracht met de imbusschroevendraaier (afbeelding 38-5). Op dezelf-

Afb. 38

1. De openingen in de pen moeten met de beeldversterker loodrecht getroffen worden.
2. Het aanpriemen van de voorste cortex.
3. Doorboren van beide cortices met de 4,5 mm boor.
4. Opboren van de voorste cortex tot 6 mm.
5. Inbrengen van de schroef.

de wijze kan de tweede schroef worden ingebracht. Het is noodzakelijk beide schroeven in te brengen, omdat anders de pen kantelbewegingen kan maken met de schroef als as. Bij de Howmedica^r-pennen bevinden deze openingen zich op respectievelijk 2 en 4,5 cm van de distale punt. In bijzondere gevallen is het mogelijk de punt nog 1 cm in te korten, wanneer dit nodig mocht zijn om beide penopeningen distaal van de fractuur te brengen. Om de schroeven een stevig houvast te garanderen, is het noodzakelijk dat zij 3 à 5 mm uit de tegenoverliggende cortex steken. De schroeven voor de distale vergrendeling hebben een eindstandige zelftappende schroefdraad. Deze schroeven dienen met de schroevendraaier te worden ingedraaid ook wanneer dit moeizaam gaat. Men moet zich niet laten verleiden de schroeven met een hamer in te slaan, omdat fissuren in de tegenoverliggende cortex kunnen ontstaan, waardoor de schroef snel losraakt wanneer de patiënt gemobiliseerd wordt en het systeem voortdurend microbewegingen moet opvangen.

Voor de distale vergrendeling kan men ook gebruik maken van het richtapparaat volgens Lafforgue en Grosse (1978). Dit richtapparaat heeft het voordeel dat het op de C-boog van de beeldversterker kan worden gemonteerd (afbeelding 30). Door met de C-boog te manipuleren, kan men de geleidehuls van het richtapparaat en de penopening over elkaar projecteren, waarna men via de geleidehuls kan boren en de schroef kan inbrengen. Een nadeel van dit richtapparaat is, dat de montage op de C-boog niet erg stabiel is, zodat tijdens het inbrengen van de priem of de boor het gevaar bestaat, dat men net een paar millimeter naast de penopening geraakt.

Richtapparaten op electromagnetische grondslag, waarmee het mogelijk wordt de distale schroeven zonder röntgendoorlichting in te brengen, worden momenteel klinisch getest en zullen binnenkort in de handel verkrijgbaar zijn.

Verwijderen van een Grendelpen

Bij de Howmedica^r-pennen zijn de proximale 5 cm van de pen gesloten. Dit heeft het voordeel dat de torsiestabiliteit van de pen wordt vergroot. Aan de binnenzijde van het gesloten deel bevindt zich een schroefdraad. Om de pen te verwijderen, kan hierin een staaf worden geschroefd, waaraan het extractie-apparaat, bestaande uit een lange staaf met een glijgewicht, kan worden bevestigd.

Ortopedia^r-systeem

Naast de Howmedica^r-Grendelpen is er nog een Grendelpen van de firma Ortopedia^r op de markt (afbeelding 39). Beide systemen hebben hetzelfde werkingsprincipe, maar de Howmedica^r-pen heeft betere biomechanische eigenschappen en het instrumentarium is technisch meer perfectioneerd.

De Ortopedia^r-pen heeft dorsaal een spleet over de volledige lengte van de pen, waardoor de rotatiestabiliteit minder is dan bij de Howmedica^r-pen. Om de torsiestabiliteit tijdens het inslaan te vergroten, wordt gebruik gemaakt van een inzetstuk, waardoor het proximale deel van de pen wordt verstijfd tijdens het inslaan van de pen. Voor het inslaan van de laatste centimeters van de pen wordt dit lange inzetstuk vervangen door een kort, omdat anders de proximale schroef niet kan worden ingebracht. Inslag- en richtapparaat zijn bij het Ortopedia^r-systeem één en dezelfde. De proximale schroef van het Ortopedia^r-systeem maakt een hoek van 150° met

Afb. 39 Het Orthopedia[†]-systeem.

1. Het inslaan van de pen.
- 2 en 3. De distale vergrendeling.
4. De proximale vergrendeling.

de pen in tegenstelling tot de Howmedica^r-pen, waarbij deze hoek 130° bedraagt. Dit verschil is normaliter van geen belang, behalve wanneer men een heterolateralepen wil introduceren (variant van Vécsei). De hoek die de dijbeenhals met de femurschacht maakt, varieert gemiddeld van 120 - 133°. Wanneer men bij de Ortopedia^r-pen de variant van Vécsei wil toepassen, wordt men gedwongen om de top van de pen 1 à 2 cm te verzinken onder het niveau van de trochanter major omdat anders de proximale schroef, die een hoek van 150° met de pen maakt, uit de dijbeenhals loopt. Daar de Ortopedia^r-pen een spleet over de volledige lengte van de pen bezit, is het proximale deel van de pen circulair samendrukbaar. Hierdoor kunnen er verschillen ontstaan in de afstand tussen de penopeningen waardoor de proximale schroef wordt ingebracht. Vanwege het feit dat in deze openingen schroefdraad getapt is, kan een variabele afstand tussen beide openingen problemen geven bij het inbrengen van de proximale schroef.

Met betrekking tot de distale vergrendeling is er weinig verschil. De voor de Howmedica^r-pen beschreven methoden kunnen ook bij de Ortopedia^r-pen toegepast worden. Het Ortopedia^r-systeem bezit bovendien nog een eigen richtapparaat (afbeelding 39-2 en 3) voor de distale vergrendeling, hetgeen bestaat uit twee geleidehulzen, die 3 cm van elkaar aan een lang handvat zijn bevestigd. Wanneer men de eerste schroef heeft ingebracht, kan men één geleidehuls laten afsteunen op de kop van deze schroef, zodat de tweede schroef vrijwel zonder röntgendoorlichting kan worden ingebracht.

Bij de Howmedica^r-pen bevinden zich beide distale penopeningen op 2 en 4,5 cm van de punt. Deze afstanden zijn bij de Ortopedia^r-pen respectievelijk 4 en 7 cm, hetgeen tot nadeel heeft dat bij zeer distale fracturen de punt van de pen soms ingekort moet worden, omdat anders de distale penopeningen zich niet distaal van de fractuur bevinden.

De Ortopedia^r-pen heeft aan de voorzijde van het proximale pengedeelte een opening. Om de pen te verwijderen, dient men een uitslaghaak door deze opening te steken. Aan deze uitslaghaak kan het extractie-apparaat, bestaande uit een lange staaf met een glijgewicht, worden bevestigd. Wanneer de pen erg vast in de mergholte geklemd zit, bestaat het gevaar, dat het "oog" van de pen uitscheurt.

Om dit probleem te vermijden, kan men beter gebruik maken van een door Schellmann (1982) ontwikkeld uitslagapparaat dat op de pen geschroefd kan worden, waaraan dan de staaf met glijgewicht bevestigd wordt. Met dit instrument bereikt men een zeer stevige verbinding tussen pen en uitslagapparaat en vermijdt men het uitscheuren van de opening in de pen (afbeelding 40).

De distale punt van de Howmedica^r-pen is mooi rond afgewerkt, zodat het gevaar dat de punt tijdens het inslaan vastloopt op de cortex vrijwel nihil is. Bij de Ortopedia^r-pen is dit niet het geval en moet men zeer goed oppassen dat de punt niet als een holle beitel vastloopt.

6.6. Revalidatie na osteosynthese

De revalidatie van de traumapatiënt is een belangrijk onderdeel van de behandeling. Vooral bij multitraumapatiënten is een vroegtijdige samenwerking tussen chirurg en revaliderend team van groot belang. Al tijdens de intensive care fase zijn er

Afb. 40 Het door Schellmann ontwikkelde uitslagapparaat voor de Oropedia[®]-pen.

voor fysiotherapeut en verpleging duidelijke taken.

Niet gekwetste gewrichten worden bij voorkeur in de zogenaamde 0-positie gebracht, waarin het gewrichtskapsel maximaal ontspannen is. Ter contractuurpreventie moeten alle niet getroffen gewrichten regelmatig passief bewogen worden (Schlegel 1971). Tevens dienen er maatregelen genomen te worden ter preventie van thrombo-embolische en pulmonale complicaties en het optreden van decubitus. Bij een multitraumapatiënt dient naast andere ondersteunende therapie oraal en parenteraal hyperalimentatie toegepast te worden (Mühe 1977).

De laatste decennia is bij de fractuurbehandeling de fysiotherapeutische begeleiding intensiever geworden. Waar 40 jaar geleden nog vele femurfracturen met langdurige immobilisatie werden behandeld (Bonnin 1946), is het tegenwoordig zo, dat de patiënt de dag na operatie voor de eerste maal zijn gefractureerde been weer kan bewegen. De voordelen van de osteosynthese liggen niet in het feit dat er een snellere botgenezing optreedt, maar dat wanneer de fractuur geconsolideerd is er niet alleen een belastbare extremiteit aanwezig is, maar dat er weer een normale functie van de aangrenzende gewrichten bestaat zonder dystrophische afwijkingen

(Tscherne 1971). Een osteosynthese is alleen zinvol, wanneer hierdoor oefenstabiliteit bereikt kan worden (Schauwecker 1972). Aan deze eis voldoet een osteosynthese met een Grendelpen ruimschoots.

Patiënten zonder begeleidend letsels met een meerfragment- of etagefractuur van de femurschacht die gestabiliseerd is door middel van een Grendelpen kunnen in principe de dag na operatie gemobiliseerd worden. Wanneer er begeleidend letsels zijn die een vroegtijdige mobilisatie verhinderen, wordt het been op een Braunsse slede geplaatst met heup- en kniegewricht in flexiestand. Dit heeft het voordeel dat wanneer de patiënt actief zijn kniegewricht gaat bewegen, hij sneller een goede flexiemobiliteit bereikt, dan wanneer het been tevoren enige tijd in strekstand werd geïmmobiliseerd (Müller 1977).

De beweeglijkheid in het kniegewricht verdient speciaal de aandacht, omdat de distale schroeven vaak de recessus suprapatellaris perforeren, hetgeen tot een prikkeling van het kniegewricht kan leiden. Dit kan een verkleven van de recessus veroorzaken met een bewegingsbeperking van het kniegewricht. Wanneer patiënt in staat is zelf te oefenen, voldoet de zogenaamde "Frankfurter Bewegungsschiene" goed. Hierin kan de patiënt zijn been passief maar ook progressief actief oefenen.

Patiënten met een dynamisch vergrendelde pen kunnen in principe volledig belasten. Bij een statische vergrendeling kan dit gezien de mechanische eigenschappen van het materiaal niet, omdat het osteosynthesemateriaal niet in staat is alle krachten, die op het femur uitgeoefend worden, op te vangen. Bij een primair statische vergrendeling vormt een belasting direct postoperatief van 10 à 20 kg geen enkel probleem. Bij de eerste röntgenologische tekenen van callusvorming 8 - 12 weken postoperatief kan dit na dynamisering van de osteosynthese worden uitgebreid tot volledige belasting. Een dergelijke snelle revalidatie en vooral de mogelijkheid om zo kort na de operatie het been pijnloos te bewegen en er (gedeeltelijk) op te steunen, is natuurlijk ook uit psychologisch oogpunt van enorm belang voor de patiënt.

Vóór het invoeren van de Grendelpentechniek had men bij een femurfractuur met uitgebreide verbrijzeling de keuze uit de niet-operatieve behandelingstechnieken gipsimmobilisatie en tractie en de operatieve behandelingstechnieken plaat-, mergpen- (al dan niet met cerclagedraden) en fixateur externe-osteosynthese.

Vaak ook paste men een combinatie van operatieve en niet-operatieve technieken toe. In dergelijke gevallen hebben zowel plaat als pen slechts een reponerende functie en kan er niet van een oefenstabiele osteosynthese gesproken worden. De nadelen van het openen van de fractuur, het devasculariseren van het bot en de gevaren van een langdurige immobilisatie, wegen niet op tegen het relatieve voordeel van een betere repositie.

6.7. Specifieke complicaties

Bij een Grendelpenosteosynthese kunnen alle complicaties optreden die inherent zijn aan de intramedullaire osteosynthesetechniek in het algemeen. Deze complicaties zijn door diverse auteurs (Küntschner 1945, 1962, Lemmens 1981, Maatz 1983, Stapert 1983) uitvoerig beschreven, zodat met een kort overzicht volstaan kan worden (tabel 7).

Tabel 7 Complicaties bij de intramedullaire osteosynthesetechniek in het algemeen

1. Fissuren buiten het fractuurgebied niet opgemerkt.
2. Instrumentarium incompleet of defect.
3. Verkeerde ligging van de patiënt.
4. Foutief afdekken van het operatiegebied.
5. Onvoldoende repositie van de fractuur.
6. Foutieve ligging van de boorgeleider.
7. Vastlopen of breuk van de boor.
8. Het veroorzaken van hitteneecrose van het bot.
9. De aanwezigheid van botfragmenten intramedullair.
10. Het ophoren van een verbrijzeld fractuurgebied.
11. Het vastlopen van de pen tijdens het inslaan.
12. Slijten van de femurschacht tijdens het inslaan.
13. Het optreden van rotatieafwijkingen.
14. Pen buiten de mergholte (afbeelding 41).
15. Het breken van de pen.

Afb. 41 Bij deze femurfractuur bleek pas postoperatief dat de pen buiten de mergholte van het proximale hoofdfragment was ingebracht.

a. A.P. röntgenfoto

b. Zijdelingse opname

Er zijn een aantal complicaties tijdens en na de operatie die specifiek zijn voor de Grendelpenosteosynthese (tabel 8).

Voorzover deze nog niet werden besproken in hoofdstuk 6.5. zullen deze complicaties worden toegelicht.

Tabel 8 Complicaties specifiek voor de Grendelpentechniek

1. Verwisseling van rechter en linker pen.
2. Niet correct vastdraaien van het richtapparaat voor de proximale vergrendeling.
3. Beschadigen met de priem van de schroefdraad in de proximale penopeningen.
4. Foutieve ligging of vastlopen van de proximale schroef.
5. Breuk van de spiraalboor.
6. Afglijden van de boor langs de laterale cortex.
7. Varusneiging van de fractuur.
8. Foutieve ligging of niet kunnen inbrengen van de distale schroeven.
9. Het inbrengen van slechts één distale schroef.
10. Diastase in het fractuurgebied.
11. Dynamische in plaats van statische vergrendeling.
12. Inbrengen van de distale schroeven via een mediale incisie.
13. Het inbrengen van schroeven met een foutieve lengte.
14. Secundair losraken van de schroeven.
15. Het breken van de pen of de schroeven.

Afb. 42 Bij deze fractuur werden preoperatief de fissuren in de metaphyse niet opgemerkt. Tijdens operatie bleken de distale schroeven geen enkele extra stabiliteit aan de osteosynthese te geven, zodat een zestal cerclages werden aangebracht.

Men dient bij iedere femurfractuur die men met een intramedullaire osteosynthese wil stabiliseren, röntgenfoto's van heup- en kniegewricht te maken en deze nauwkeurig te bestuderen op de aanwezigheid van eventuele fissuren. Bij een Grendelpen geldt dit in het bijzonder, omdat de schroeven geen functie hebben, wanneer men deze plaatst in een gebied met fissuren waardoor de osteosynthese geen lengte- en rotatiestabiliteit heeft (afbeelding 42).

Er bestaan aparte Grendelpennen voor het rechter en het linker femur. Indien men deze verwisselt, is het niet mogelijk de proximale schroef met behulp van het standaard-richtapparaat in te brengen.

Met behulp van het proximale richtapparaat is het in de regel zeer eenvoudig de proximale schroef in te brengen. Wanneer dit niet probleemloos gaat, bestaat de mogelijkheid, dat men de schroef vóór of achter de pen plaatst, waarbij iedere stabiliserende functie van de schroef verloren gaat (afbeelding 43 a t/m d).

Bij het Howmedica^l-systeem dient het proximale richtapparaat zeer stevig op de pen geschroefd te worden, omdat anders het richtapparaat in geringe mate kan roteren met de pen als as waardoor de boor in plaats van dóór de proximale penopeningen vóór of achter de pen kan geraken. Vóór men start met boren, dient men te controleren of het proximale richtapparaat tijdens het inslaan van de pen niet is gaan loszitten. In het laatste geval dient de schroef, waarmee het richtapparaat op de pen is geschroefd, stevig aangedraaid te worden (afbeelding 37-1).

Men dient vóór het inbrengen van de Grendelpen altijd te controleren of de schroefdraad in de penopeningen intact is. Wanneer het ondanks alle voorzorgsmaatregelen niet lukt de proximale schroef dóór de pen in te brengen, kan men een andere pen nemen of men kan in plaats van de originele proximale schroef een 4,5 mm corticalisschroef nemen. Dit laatste dient slechts in uiterste noodzaak te gebeuren daar deze schroef geen vaste verbinding met de pen heeft waardoor de stabiliteit veel minder en de kans op schroefbreuk vele malen groter is (afbeelding 44).

Het boren van het proximale schroefkanaal dient zeer behoedzaam te gebeuren, omdat de boor door zijn lengte nogal flexibel is en bij contact met de rand van de penopening snel breekt. Wanneer de afgebroken boorpunt niet via de wond geëxtraheerd kan worden, is het raadzaam met behulp van een dreveld de boorpunt naar de mediale zijde van het bovenbeen te duwen en deze aan het einde van de operatie via een kleine steekincisie te verwijderen. Er bestaat weinig gevaar de arteria of vena femoralis te laederen omdat deze meer ventraal lopen.

Wanneer in het proximale deel van de schacht de mediale cortex ontbreekt of de mergholte extreem wijd is, heeft de fractuur een sterke varus tendens. Men kan dit voorkomen door de toegang tot de mergholte iets verder mediaal te kiezen dan gebruikelijk en door de stand van de hoofdfragmenten tijdens het opboren en inslaan van de pen over te corrigeren in een lichte valgusstand.

De distale schroeven zijn moeilijker in te brengen. De beeldversterker is hierbij nodig om precies de penopeningen te kunnen localiseren. Het kan heel gemakkelijk

a

b

c

d

Afb. 43 Patient F01G, 27 jaar. a. Röntgenfoto dag van opname. b. Vijf dagen na operatie. De proximale schroef is achter de pen geplaatst en de fractuur is gecollabeerd. c. Veertien dagen na re-osteosynthese. d. Tien jaar na het ongeval.

Afb. 44 In uiterste noodzaak kan in plaats van de originele schroef voor de proximale vergrendeling een 4,5 mm corticalisschroef genomen worden.

Afb. 45 Wanneer de distale schroef onvoldoende houvast heeft, kan men een door Vêcsei ontwikkelde keilbout (Howmedica') nemen.

gebeuren, dat de schroeven ietwat eccentrisch of niet loodrecht ten opzichte van de pen worden ingebracht. Hierdoor kan de schroefdraad beschadigd worden of wordt de tegenoverliggende cortex onder een schuine hoek getroffen, hetgeen de stabiliteit niet ten goede komt. Wanneer de schroef onvoldoende houvast vindt in de cortex kan men altijd nog een door Vêcsei ontwikkelde keilbout (afbeelding 45) nemen (Vêcsei 1980). Het voordeel van een keilbout is, dat er een stevige verbinding tussen bout en pen bestaat, waardoor secundair losraken onmogelijk wordt. Het meest eenvoudige om losraken te voorkomen, zou natuurlijk zijn om ook de distale penopeningen te voorzien van een schroefdraad, zodat de schroeven een vaste verbinding met de pen zouden hebben. Dit is niet mogelijk omdat de diameter van de pen wisselt al naar gelang de inklemming in de mergholte waardoor er een metrische discrepantie tussen beide penopeningen bestaat. Bovendien dient er enige speelruimte tussen penopening en schroef te bestaan, omdat het onmogelijk is de schroef precies in het midden van de penopening te plaatsen.

Secundair losraken van de distale schroeven kan altijd optreden (afbeelding 46), doordat het systeem voortdurend microbewegingen moet opvangen. Het feit dat er enige speling is tussen de schroeven en de penopeningen bevordert het loslaten (Kuderna 1978). Dit kan ontstaan doordat bij het inbrengen de tegenoverliggende cortex beschadigd wordt in de vorm van fijne fissuren, die ontstaan wanneer men de schroeven wil verankeren door ze er met een hamer in te slaan. Bij een localisatie van de distale schroeven in het condylenblok of de metaphyse zal het houvast minder zijn vanwege het spongieuze karakter van dit bot. Hetzelfde geldt wanneer er een ernstige osteoporose van het bot bestaat.

losraken van de distale schroeven.

men toegestaan bij vrij dwarse enkelvoudige
operatief de rotatiestabiliteit te testen en zono-
ot statische vergrendeling over te gaan.
dynamische vergrendeling tot onvoldoende
de rotatiestabiliteit peroperatief testen door
n of de femurkop meedraait, wanneer men
been in extreme endo- en exorotatiestand

n van de pen is het optreden van torsie in de
t meest enge gedeelte van de mergholte pas-
: varus en antecurvatie van het femur tot een
atiebeweging van de pen neemt toe naarmate
is. Door een dunnere pen te nemen of verder
Dok is het mogelijk om op deze vrijwel obliga-
le deel van de pen te anticiperen door de pen
e geven.

tvoerig en noemde het de spildraai. Wanneer
:formatie ontstaan van de pen of van het bot.
erialen zo groot is, dat zij geen deformatie toe-
cortex perforeren of de botcylinder doen splij-

distale penopeningen zich in voor-achterwaart-
. Een distale vergrendeling is dan niet aangewe-
et strekapparaat perforeren hetgeen tot syne-

Afb. 47 De punt van de pen heeft een endorotatiebeweging van 90° gemaakt, waardoor de gaten in voor-achterwaartse richting verlopen. Dit is een typisch voorbeeld van een pen die een spildraai heeft gemaakt. De oorzaak ligt in het feit, dat een recht voorwerp door een gebogen kanaal gedreven wordt.

chiet kan leiden. Bij een zeer distale positie van de penopeningen beschadigen de schroeven bovendien het femoro-patellaire gewricht.

Zoals alle osteosynthesemateriaal kan ook de Grendelpen breken of buigen. Küntscher heeft er altijd op gewezen dat een zo dik mogelijke pen genomen moest worden. Veel complicaties zijn volgens hem te wijten aan het gebruik van een te dunne pen (Küntscher 1945). Onoue (1979) berekende dat een toename van de diameter met 1 mm de flexiestijfheid met 14% doet toenemen. Volledige belasting bij verbrijzelingsfracturen, die door een statisch vergrendelde pen zijn gestabiliseerd, is niet mogelijk (Kempf 1978). Wanneer door gebrek aan inzicht een statisch vergrendelde pen bij een verbrijzelingsfractuur toch volledig wordt belast voordat er voldoende callusvorming is, moet dit onherroepelijk leiden tot breken van de pen. Penbreuk treedt op die plaatsen op, waar krachten loodrecht op de as van de pen werken. Bijvoorbeeld daar, waar de botcylinder volledig gedisintegreerd is, zoals bij een meerfragmentfractuur of daar waar de flexiestijfheid van de pen minder is, zoals ter plaatse van de schroefopeningen.

Afb. 48 Na twee maanden trad een breuk van de proximale schroef op bij een pathologische fractuur die met een statisch vergrendelde pen was gestabiliseerd.

Schroefbreuk is uitermate zeldzaam, maar wordt incidenteel wel eens gezien (afbeelding 48).

De Grendelpen, die in 1968 door Küntscher werd gepresenteerd, heeft in de loop der jaren vele technische verbeteringen ondergaan waardoor een Grendelpenosynthese tegenwoordig routinematig kan worden uitgevoerd. Desondanks blijft het een technisch gecompliceerde operatie, waarbij vele complicaties kunnen optreden.

DEEL III

HET NA-ONDERZOEK

HOOFDSTUK 7

HET NA-ONDERZOEK

7.1. Inleiding

Wetenschappelijk verantwoorde uitspraken ten aanzien van de behandeling van femurschachtfracturen dienen bij voorkeur te geschieden aan de hand van prospectieve onderzoeken, waarbij vergelijkbare patiëntengroepen volgens vast protocol met verschillende technieken behandeld worden.

Met betrekking tot de meerfragment- en etagefracturen van de femurschacht is dit een moeilijke opgave gezien de relatieve zeldzaamheid van deze fracturen en gezien de snelle ontwikkeling van steeds betere osteosynthesetechnieken waardoor het toepassen van één bepaalde techniek gedurende vele jaren om een voldoende grote patiëntengroep te kunnen overzien medisch-ethisch niet te verantwoorden is. Het hoge percentage complicaties bij de behandeling van deze fracturen en de verstrekkende sociale en economische gevolgen hiervan maken retrospectieve studies zeker zinvol.

De patiënten met femurfracturen uit twee klinieken, te weten het De Weverziekenhuis te Heerlen en de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik te Frankfurt, werden vergeleken. Beide klinieken vervullen in hun regio een centrumfunctie wat betreft de opvang van de "zware" traumatologie door hun neurochirurgische afdelingen. De patiënten stammen uit dezelfde tijdperiode. Het percentage fracturen ten gevolge van verkeersongevallen en de aard van de verkeersongevallen is in beide klinieken praktisch gelijk. In de organisatiestructuur van de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik ligt het accent geheel op de behandeling van ongevalsletsels. Een dergelijke organisatiestructuur bestaat in het De Weverziekenhuis niet, maar ook daar is de behandeling van ongevalsletsels altijd een belangrijk werkterrein voor de afdeling heekunde geweest. Dit vond zijn oorsprong in de aanwezigheid van de kolnmijnen met hun talrijke ongevallen.

Vanaf 1972 werden in de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik alle femurfracturen volgens vast protocol met een Grendelpenosteosynthese behandeld. De patiënten van het De Weverziekenhuis vormen eveneens een gesloten groep waarbij operatieve en niet-operatieve technieken en combinaties van beide door elkaar toegepast werden afhankelijk van de morfologie van de fractuur, het feit of de fractuur open of gesloten was en de ervaring van de behandelend chirurg. Men dient te bedenken dat wanneer de Grendelpen niet ter beschikking staat het onmogelijk is meerfragment- en etagefracturen te behandelen volgens vast protocol omdat pen- en plaatosteosynthesen te kort schieten in hun mogelijkheden.

De resultaten van de Grendelpenosteosynthesen worden vergeleken met de resultaten die met andere technieken werden bereikt.

Vanwege de relatieve zeldzaamheid van deze fracturen worden de resultaten van de verschillende in het De Weverziekenhuis gebruikte behandelingstechnieken in zijn totaliteit vergeleken met de resultaten van de Grendelpenosteosynthesen.

Het is niet de bedoeling absolute uitspraken te doen aan de hand van deze vergelijking. De opzet van dit onderzoek is, te laten zien welke resultaten bij deze fracturen met een Grendelpenosteosynthese behaald werden.

7.2. Het opsporen van de patiënten

De adressen van de geselecteerde patiënten werden verkregen via het medisch archief. Alle patiënten ontvingen een brief waarin zij uitgenodigd werden om voor onderzoek naar de polikliniek te komen. Van de patiënten die niet reageerden op deze oproep, werden de adressen gecontroleerd via het bevolkingsregister en deze patiënten werden nogmaals aangeschreven.

Een beperkt aantal patiënten reageerde ook niet op deze oproep. Deze patiënten werden door de auteur telefonisch benaderd of thuis bezocht. Op deze manier konden alle patiënten, op 3 na, ertoe gebracht worden voor onderzoek de polikliniek te bezoeken (96%). 6 Patiënten bleken ten tijde van het na-onderzoek overleden te zijn. De ziektegeschiedenis en verdere gegevens van deze patiënten werden zoveel mogelijk gebruikt.

In de periode 1974-1981 werden in het De Weverziekenhuis te Heerlen 180 patiënten ouder dan 16 jaar behandeld vanwege een femurschachtfractuur. Via het medisch archief werden de namen en geboortedata van alle patiënten, die in deze periode opgenomen waren in verband met een femurschachtfractuur, verkregen. Met behulp van deze gegevens werden de röntgenmappen van al deze patiënten opgezocht. Aan de hand van de morfologie van de fractuur op de röntgenfoto konden 37 patiënten (21%) met 38 meerfragment- en etagefracturen geselecteerd worden. In de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik te Frankfurt werden in de periode 1973-1981 271 patiënten met femurschachtfracturen behandeld, waarvan 52 (19%) met 55 meerfragment- en etagefracturen. Deze 52 patiënten werden op dezelfde wijze als in Heerlen geselecteerd. Het tijdsbestek tussen ongeval en na-onderzoek voor alle patiënten tesamen bedroeg gemiddeld 5,75 jaar (1-10 jaar). Het patiëntenbestand kan worden opgesplitst in 52 patiënten met 55 meerfragment- en etagefracturen van het femur uit Frankfurt, die behandeld werden met een Grendelpen en 37 patiënten met 38 fracturen uit Heerlen, die op diverse manieren, voornamelijk met behulp van platen en conventionele mergpennen, behandeld werden. In het onderzochte patiëntenmateriaal van het De Weverziekenhuis komen geen patiënten voor die met een Grendelpenosteosynthese werden behandeld, omdat pas vanaf 1982 de Grendelpen op de chirurgische afdeling volgens vast protocol bij gesloten femurschachtfracturen wordt toegepast.

In deze studie zijn alleen patiënten boven de 16 jaar opgenomen, omdat bij jongere patiënten de groeischijven meestal nog open zijn, zodat een penosteosynthese een contraïndicatie vormt vanwege het risico dat een coxa valga ontstaat ten gevolge van beschadiging van de epiphysaire vaten van de heupkop die komend vanuit de arteria obturatoria achter langs de trochanter major verlopen. (Auff'm Ordt 1975, Parsch 1981).

De patiënten werden gecodeerd. De code bestaat uit drie delen: een hoofdletter H of F (hetgeen betekent dat de patiënt uit Heerlen of uit Frankfurt komt) en een hoofdletter die aangeeft welke techniek van behandeling gebruikt werd (Grendelpen, Küntscherpen, Conservatief, Enderpennen en Plaatosteosynthese).

Tussen beide hoofdletters geeft een getal aan om welke patiënt het gaat. Voorbeeld: patiënt H12P wil zeggen, dat deze patiënt uit de Heerlense patiëntengroep stamt en de 12e patiënt uit de groep Plaatosteosynthesen is.

7.3. De methodologie

Allereerst werden tijdens een gesprek de gegevens verkregen uit statussen en polikaarten geverifieerd met de gegevens die de patiënt zich herinnerde.

Volgens een vast protocol werd de patiënt ondervraagd over:

- de ongevalstoedracht
- begeleidende letsels
- postoperatieve complicaties
- het tijdstip van partiële en volledige belasting
- de duur van de arbeidsongeschiktheid, eventuele omscholing, invaliditeit
- de aanwezigheid van pijnklachten in het gebied van de vroegere fractuur en de aangrenzende gewrichten.

Na het gesprek vond het lichamelijk onderzoek plaats. Hierbij werden beide benen met elkaar vergeleken, waardoor een aantal functionele resultaten van de patiënten met dubbelzijdige femurfracturen niet gebruikt konden worden. De gewrichtsfuncties werden gemeten volgens de zogenaamde "Neutralnullmethode".

Gelet werd op:

- het looppatroon en het gebruik van krukken, stokken en andere orthopaedische hulpmiddelen
- de stand van het bekken en de vorm van de wervelkolom
- de beweeglijkheid van heup- en kniegewrichten
- beenlengteverschillen
- dystrophische afwijkingen
- sensibele en motoriek
- rotatieafwijkingen van het femur volgens van Joost (1972)
- arteriële circulatie.

Bij elke patiënt vond röntgenonderzoek van beide benen plaats, te weten een voor-achterwaartse opname volgens Spirig (1967), waarop beide benen inclusief heup- en enkelgewrichten over hun volle lengte te beoordelen zijn. Bovendien werd van beide femora een zijdelingse opname gemaakt, waarop behalve de femurschacht ook het heup- en kniegewricht afgebeeld werden.

Aan de hand van deze röntgenopnamen werden de lengte van het femur, asafwijkingen in het frontale en sagittale vlak en arthrotische afwijkingen van heup- en kniegewricht bepaald.

7.4. De overleden en niet na-onderzochte patiënten

Ten tijde van het na-onderzoek bleken 6 patiënten overleden te zijn. 3 Patiënten waren overleden tijdens hun verblijf in het ziekenhuis.

*Patiënt F43G (I.S.S. *: 41)*

Een 19-jarige student, die verongelukte met zijn motor, bleek bij opname een ernstig schedeltrauma te hebben opgelopen met intracerebrale haematomen alsmede een eerste graads open femurfractuur rechts. De dag van opname werd de femurfractuur met een Grendelpen gestabiliseerd en werd patiënt één dag nabeademd. De neurologische toestand van patiënt verslechterde geleidelijk en de zesde dag postoperatief overleed hij ten gevolge van het schedeltrauma. Bij obductie bleken er zeer uitgebreide intracerebrale haematomen te bestaan.

° I.S.S. Injury Severity Score

Patiënt F33G (I.S.S.: 41)

Een 20-jarige motorrijder was frontaal tegen een auto gereden. Bij binnenkomst werd een dubbelzijdige femurfractuur, een fractuur van het rechter onderbeen en een ernstige longcontusie gediagnostiseerd. Alle fracturen werden à chaud voorzien van een Grendelpen en patiënt werd nabeademd. Desondanks ontstond er een ernstig ARDS syndroom, waaraan patiënt de vijfde dag postoperatief overleed. Bij obductie werd de overlijdensdiagnose bevestigd.

Patiënt F48G (I.S.S.: 34)

Een 49-jarige man was als bestuurder betrokken bij een frontale autobotsing en had hierbij het stuur in de buik gekregen. Er werd bij opname een peritoneale lavage verricht, die negatief was. Verder bestond er een contusio cerebri met neurologische symptomen, een open patella fractuur rechts en een gesloten femurfractuur aan dezelfde kant. Direct na opname werden de fracturen gestabiliseerd. Postoperatief ontstond het beeld van een pancreatitis, waaraan patiënt één week na opname overleed.

Patiënt F26G (I.S.S.: 16)

Een 45-jarige vrachtwagenchauffeur reed met zijn vrachtauto achter op een andere vrachtauto. Een femurschachtfractuur en een proximale crurisfractuur beiden links werden gediagnostiseerd. De dag van opname werden deze fracturen met een Grendelpen gestabiliseerd. Na 48 uur ontstond er een ischaemie van het linker onderbeen. De gemaakte arteriografie toonde een stop ter hoogte van de arteria poplitea. Bij operatie bleek er een intimalaesie met thromboseering te bestaan. De thrombusmassa werd verwijderd en er werd een vaatplastiek met behulp van een veneuze patch verricht. Desondanks kon de vitaliteit van het onderbeen niet behouden worden en vond 5 weken na het ongeval een open onderbeensamputatie plaats. De consolidatie van de femurschachtfractuur verliep probleemloos. De revalidatie verliep i.v.m. de onderbeensprothese traag, zodat hij pas na 8 maanden uit het ziekenhuis ontslagen kon worden. Drie maanden later overleed patiënt thuis. Bij obductie bleek hij onder invloed van alcohol gestikt te zijn in een grote bolus voedselresten.

Patiënte H02P (I.S.S.: 16)

Deze vrouw viel op 77-jarige leeftijd tegen de stoepwand, waarbij zij een sterk comminutieve femurschachtfractuur opliep (type C. 3.) zonder begeleidende letsels. Osteosynthese vond plaats met behulp van een lange plaat zonder spongiosaplastiek. Na 12 maanden was het been volledig belastbaar en had patiënte geen klachten meer zodat zij uit de poliklinische controle ontslagen kon worden. 5 Jaar later overleed zij.

Patiënt H14P (I.S.S.: 16)

Met kegelen viel deze man (56 jaar) waarbij een comminutieve femurfractuur ontstond. Er werd een plaatosteosynthese verricht zonder spongiosaplastiek. 6 Maanden later presenteerde patiënt zich op de E.H.B.O. met een refractuur met plaatbreuk. Er werd opnieuw een plaatosteosynthese verricht, nu wel met een spongiosaplastiek. Na 2 jaar werd de plaat verwijderd. 2 Weken later ontstond ten gevolge van een gering trauma een refractuur. Wederom vond een plaatosteosynthese met spongiosaplastiek plaats. De fractuur consolideerde in 8 maanden. 2 Jaar later overleed patiënt aan een hartinfarct.

Drie patiënten konden niet worden na-onderzocht:

Patiënt F31G (I.S.S.: 16)

Deze 28-jarige man uit India werkte als gastarbeider in de bouw. Hij kwam tijdens het werk onder een stapel stenen terecht waarbij een 2-etagefractuur van het linker femur ontstond met ernstige "crush"-verschijnselen. Osteosynthese vond plaats met een statisch vergrendelde pen. Postoperatief waren er geen problemen en na 2 maanden liep patiënt volledig belast. Een jaar na het ongeval werd patiënt gekeurd, waarbij er een goed geconsolideerde fractuur met normale functies van de aangrenzende gewrichten bleek te bestaan. Patiënt was ten tijde van deze studie teruggekeerd naar India.

Patiënte H11P (I.S.S.: 45)

Op 17-jarige leeftijd werd deze vrouw als bromfietsberijder overreden door een vrachtauto. Naast een gesloten femurfractuur rechts bleek er een scapula-, clavicula-, humerus- en antebrachiusfractuur te bestaan alsmede een plexus brachialislaesie. Al deze letsels bevonden zich aan de rechterkant. Bovendien was er een bekkenfractuur met luxatie van het rechter sacro-iliacale gewricht en een subtotale amputatie

van het rechter onderbeen. Tot slot was er een commotio cerebri met een schedelfractuur. Direct na opname vond amputatie van het rechter onderbeen plaats en werd de femurfractuur met een 14-gats-plaat gestabiliseerd. Postoperatief ontstond er een infectie van de operatiewond van het rechter bovenbeen. Met een productieve fistel in het littekengebied werd patiënte na 2 maanden naar een revalidatiekliniek overgeplaatst. 9 Maanden na operatie werd de plaat verwijderd en werd een autologe spongiosaplastiek verricht. Aansluitend werd 2 maanden tractie gegeven. Na 1 jaar was de fractuur geconsolideerd. Ondanks huisbezoek weigerde patiënte haar medewerking aan het na-onderzoek.

Patiënt H15P (I.S.S.: 20)

Als jongeman van 23 jaar verongelukte deze patiënt met zijn bromfiets. Naast een schedelfractuur bleek er een femurschachtfractuur rechts te bestaan in combinatie met een pertrochantere femurfractuur aan dezelfde kant. De pertrochantere fractuur werd met een hoekplaat gestabiliseerd en de schachtfractuur met een 12-gatsplaat zonder spongiosaplastiek. Na 3 maanden was de pertrochantere fractuur geconsolideerd. In verband met een vertraagde consolidatie van de schachtfractuur werd na 12 maanden een spongiosaplastiek verricht, waarna ook deze fractuur snel consolideerde. Patiënt weigerde iedere medewerking aan het na-onderzoek uit angst dat zijn W.A.O.-uitkering hierdoor verminderd zou kunnen worden.

DEEL IV

ANALYSE VAN HET PATIENTENBESTAND

HOOFDSTUK 8

ANALYSE VAN HET PATIENTENBESTAND

Het patiëntenbestand werd gevormd door 52 patiënten uit Frankfort met 55 fracturen die allen met de Grendelpen werden behandeld en 37 patiënten uit Heerlen met 38 fracturen die met verschillende technieken werden behandeld.

8.1. Verdeling naar leeftijd en geslacht

De leeftijdsopbouw van beide groepen was vrijwel gelijk (tabel 9).

In de groep behandeld met een Grendelpenosteosynthese (Frankfort) was 78% in de leeftijd 16-35 jaar. In de groep die niet met een Grendelpen werd behandeld (Heerlen) was dit percentage 70%.

Tabel 9 Leeftijdverdeling

	Patiënten Frankfort (n = 52 pat.)		Patiënten Heerlen (n = 37 pat.)		Totaal (n = 89 pat.)	
		(%)		(%)		(%)
16-20	17	(32,7)	12	(32,4)	29	(32,6)
20-25	8	(15,4)	9	(24,3)	17	(19,1)
25-30	10	(19,2)	2	(5,4)	12	(13,5)
30-35	6	(11,5)	3	(8,1)	9	(10,1)
35-40	2	(3,8)	1	(2,7)	3	(3,4)
40-45	1	(1,9)	1	(2,7)	2	(2,2)
45-50	3	(5,8)	0	(-)	3	(3,4)
50-55	2	(3,8)	1	(2,7)	3	(3,4)
55-60	2	(3,8)	4	(10,8)	6	(6,7)
60	1	(1,9)	4	(10,8)	5	(5,6)

Bij de patiënten die behandeld werden met een Grendelpen was de verhouding mannen: vrouwen 81:19%. In de niet-Grendelpengroep was deze verhouding 78:22%.

8.2. Ongevalstoedracht

De ongevalstoedracht is weergegeven in tabel 10.

Tabel 10 Ongevalstoedracht

	Patiënten Frankfort (n = 52 pat.)	Patiënten Heerlen (n = 37 pat.)	Totaal (n = 89 pat.)	(%)
Verkeer:				
- auto	33	11	44	(49,4)
- motor, bromfiets	9	16	25	(28,1)
- fiets	0	1	1	(1,1)
- voetganger	2	5	7	(7,9)
Bedrijfsongeval	5	1	6	(6,7)
Ongeval thuis	3	3	6	(6,7)

48 Maal was het rechter femur gefractureerd en 45 maal het linker. Het percentage ongevallen bij motor- en bromfietsberijders was met 28% hoog, maar niet onverwacht. Vanaf het begin van de zeventiger jaren is er een duidelijke hausse in het motor- en bromfietsrijden. In de Verenigde Staten zette deze trend al 10 jaar eerder in (Deaner 1975, Drysdale 1975, Feldkamp 1977, Suren 1980, Börner 1982). Daar steeg van 1956 - 1976 het aantal geregistreerde motorvoertuigen op twee wielen van 400.000 naar meer dan 5 miljoen. In Nederland steeg dit aantal van 150.000 in 1950 naar 797.000 in 1982 (Centraal Bureau voor de Statistiek). De berijders van deze voertuigen zijn in het algemeen jeugdig (in deze studie gemiddeld 25 jaar).

In de series van Stapert (1983) en Kootstra (1973) waren respectievelijk 81% en 74% van de patiënten het slachtoffer van een verkeersongeval. In deze studie was dit percentage 87%, daar alleen meerfragment- en etagefracturen werden meegerekend.

8.3. Open en gesloten fracturen

Wanneer we de fracturen verdelen in open en gesloten fracturen kunnen we naar de ernst drie gradaties onderscheiden (Müller 1977) (tabel 11).

Tabel 11 Open fracturen

	Grendelpen (n = 55 fr.)		Andere technieken (n = 38 fr.)		Totaal (n = 93 fr.)	
		(%)		(%)		(%)
1e graads open	11	(20)	3	(7,9)	14	(15,1)
2e graads open	4	(7,3)	2	(5,3)	6	(6,5)
3e graads open	1	(1,8)	0		1	(1,1)
	16	(29,1)	5	(13,2)	21	(22,6)

Het percentage open fracturen was bij Dencker (1968) 5,7%, bij Kootstra (1973) 14,6% en bij Stapert (1983) 9%. Kootstra (1973) toonde aan dat dit percentage gecorreleerd is aan het type ongeval. Veruit de meeste open fracturen ontstaan in het verkeer, vooral bij de berijders van tweewielige voertuigen. Daar 87% van de fracturen uit deze studie in het verkeer ontstond, is het niet verwonderlijk dat 22,6% van de fracturen open was.

8.4. Fractuurvormen

De fractuurvormen volgens Müller's indeling (afbeelding 6) zijn weergegeven in tabel 12.

Tabel 12 Verdeling van de fractuurvormen (n = 93 fracturen)

	Grendelpen (n = 55 fr.)	Andere technieken (n = 38 fr.)	Totaal (n = 93 fr.)	(%)
Type B.3.	10	15	25	(26.9)
Type C.1.	15	3	18	(19.4)
Type C.2.	10	11	21	(22.6)
Type C.3.	20	9	29	(31.2)

8.5. Begeleidende letsels

Om een fractuur van het femur te veroorzaken zijn grote krachten nodig. Het ligt daarom voor de hand dat het aantal begeleidend letsels hoog was. Voor de Grendelpenpatiënten was de gemiddelde Injury Severity Score (I.S.S.) (Baker 1974, Bull 1982, Goris 1983) 28,7 (tabel 13). Dit is hoger dan de gemiddelde score van 14,6 in Stapert's studie (1983).

Tabel 13 Gemiddelde Injury Severity Score

Grendelpengroep (n = 52 patiënten):	28.7
Niet-Grendelpengroep (n = 37 patiënten):	26.2
Gemiddelde I.S.S. van alle patiënten samen (n = 89 patiënten):	27.7

Bij 73% van de patiënten (n = 65 patiënten) waren er begeleidend letsels; 27% van de patiënten (n = 24 patiënten) had geen begeleidend letsels (tabel 14). Dit percentage is hoger dan in de series van Dencker (1963) en Kootstra (1973), waar respectievelijk 23% en 45% van de patiënten begeleidend letsels had.

Tabel 14 Aantal patiënten zonder begeleidend letsels

Grendelpengroep (n = 52 patiënten):	12 (23,0%)
Niet-Grendelpengroep (n = 37 patiënten):	12 (32,4%)
Totaal (n = 89 patiënten)	24 (26,9%)

De begeleidend letsels kunnen in algemene letsels en in letsels van het homolaterale been onderverdeeld worden (tabel 15 en 16).

Tabel 15 Begeleidende letsels

	Grendelpen- groep (n = 52 pat.) (%)		Niet-Grendelpen- groep (n = 37 pat.) (%)		Totaal (n = 89 pat.) (%)		Patiënten Kootstra (n = 329 pat.) (%)
Schedel-hersentrauma	22	(42,3)	15	(40,5)	37	(41,6)	(22,5)
Abdominaal letsel	9	(17,3)	7	(18,9)	16	(18,0)	
Aangezichtsfracturen	4	(7,7)	7	(18,9)	11	(12,4)	(12,1)
Schoudergordelletsel	2	(3,8)	3	(8,1)	5	(5,6)	(10,0)
Thoraxtrauma	8	(15,4)	6	(16,2)	14	(15,7)	(10,3)
Letsel bovenarm-elleboog	8	(15,4)	1	(2,7)	9	(10,1)	(5,8)
Letsel onderarm-hand	9	(17,3)	8	(21,6)	17	(19,1)	(9,7)
Heup-bekkenletsel	11	(21,2)	2	(5,4)	13	(14,6)	(7,9)
Heterolaterale femurfractuur	9	(17,3)	1	(2,7)	10	(11,2)	(1,8)
Knieletsel	7	(13,5)	4	(10,8)	11	(12,4)	(4,5)
Onderbeenfractuur	11	(21,2)	15	(40,5)	26	(29,2)	(3,3)
Enkel-voetletsel	11	(21,2)	4	(10,8)	15	(16,9)	(2,4)

Wanneer deze getallen met die van Kootstra (1973) vergeleken worden, blijkt dat de patiënten met meerfragment- en etagefracturen meer ongevalsletsels vertoonden. (Alleen die patiënten werden beschouwd als patiënten met een schedeltrauma, waarbij schedelfracturen en/of bewustzijnverlies en/of neurologische uitvalsverschijnselen waren opgetreden. Wanneer een laparotomie gedaan werd of wanneer met radiologische technieken een intra-abdominaal letsel werd vastgesteld, werd dit meegeteld als een abdominaal letsel. Onder thoraxtrauma werd verstaan sternum- of ribfractu(u)r(en), haematothorax, pneumothorax, longcontusie, diafragmaruptuur, open thorax-verwonding en letsels van de mediastinale structuren.)

8.6. Begeleidende letsels van het homolaterale been

Het is bekend, dat bij een verkeersongeval of bij een val van grote hoogte ketenfracturen van het been kunnen optreden (Viernstein 1971, Voorhoeve 1973, Casey 1979, Alho 1980). In deze studie was het aantal begeleidende letsels van het homolaterale been aanzienlijk (tabel 16). In 23,6% van de gevallen was er een begeleidende homolaterale onderbeenfractuur.

Tabel 16 Bijkomende letsels homolaterale been

	Grendelpen- groep (n = 55 pat.) (%)		Niet-Grendelpen- groep (n = 38 pat.) (%)		Totaal (n = 93 pat.) (%)	
Acetabulumfractuur	1	(1,8)	0		1	(1,1)
Collum-pertrochantere fractuur	3	(5,5)	2	(5,3)	5	(5,4)
Patellafractuur	2	(3,7)	3	(7,9)	5	(5,4)
Kniebandletsel	1	(1,8)	1	(2,6)	2	(2,2)
Onderbeenfractuur	9	(16,4)	13	(34,2)	22	(23,7)
Enkelfractuur	3	(5,5)	3	(7,9)	6	(6,5)
Voetfractuur	4	(7,3)	1	(2,6)	5	(5,4)

8.7. Localisatie en uitbreiding van de fracturen

Om de plaats van de fractuur aan te geven, werd de femurschacht in drie segmenten verdeeld (afbeelding 7). Wanneer de fractuur meer dan één segment bestreek, werden beide segmenten meegeteld (tabel 17).

Tabel 17 Verdeling van de fracturen over de femurschacht

	Grendelpen- groep (n = 55 fracturen)	Niet-Grendelpen- groep (n = 38 fracturen)	Totaal (n = 93 fracturen)
Proximale segment	28	19	47
Middelste segment	46	28	74
Distale segment	22	14	36

Vrijwel alle fracturen breidden zich over meer dan één schachtsegment uit. Het middelste segment participeerde het meeste in alle fracturen.

8.8. Opnameduur

De gemiddelde opnameduur wordt in tabel 18 weergegeven. (De patiënten die tijdens hun verblijf in het ziekenhuis overleden, werden niet meegerekend.) In de Unfallklinik te Frankfort werden in principe alle fracturen à chaud geopereerd en vond een groot gedeelte van de revalidatie in de kliniek plaats. In Heerlen werden de femurfracturen bij voorkeur na 7 à 10 dagen geopereerd in de overtuiging dat het aantal complicaties geringer is dan wanneer men à chaud opereert (Charnley 1961, Smith 1964, Wilber 1978). De revalidatie vond bij voorkeur poliklinisch of in een revalidatie- of verpleegkliniek plaats.

Tabel 18 Gemiddelde opnameduur

	Grendelpengroep		Niet-Grendelpengroep	
	(n = 49 patiënten)	gemidd. opnameduur	(n = 37 patiënten)	gemidd. opnameduur
Patiënten met geïsoleerde femurfracturen	12	27 dagen	12	61 dagen
Multitraumapatiënten	37	77 dagen	25	90 dagen
Totaal	49	65 dagen	37	81 dagen

De gemiddelde opnameduur van de patiënten zonder begeleidende letsels in de Grendelpengroep was 27 dagen. Bij de patiënten die met andere technieken werden behandeld, was deze periode 61 dagen. Dit is een wel zeer opvallend verschil in opnameduur ten gunste van de groep Grendelpenosteosynthesen.

8.9. Tijdsduur tussen opname en operatie

In Frankfort werden alle fractures, wanneer de patiënt in een stabiele toestand verkeerde, direct geopereerd. Dit was bij 44% van de patiënten ($n = 23$ patiënten) het geval. Bij 56% van de patiënten ($n = 29$ patiënten) was dit om diverse redenen niet mogelijk. Wanneer we de patiënten, die van elders overgeplaatst werden ($n = 11$ patiënten), niet meerekenen dan was de gemiddelde duur tussen opname en operatie 2,9 dagen ($n = 49$ patiënten). In Heerlen was deze periode gemiddeld 9,2 dagen ($n = 32$ patiënten). (De patiënten waarvan de femurfractuur conservatief werd behandeld en één patiënte die van elders werd overgeplaatst, werden buiten beschouwing gelaten.)

8.10. Samenvatting

De patiënten uit Heerlen en Frankfort zijn qua leeftijdsverdeling, ongevalstoedracht, fractuurvormen en begeleidende letsels goed vergelijkbaar.

Er is een duidelijk verschil wat betreft het percentage open fractures. In Heerlen was 13,2% van de fractures open tegen 29,1% in Frankfort. Het meest opvallende is het grote verschil in gemiddelde opnameduur. De gemiddelde opnameduur van de patiënten zonder begeleidende letsels was in de Grendelpengroep 27 dagen en in de groep die met andere technieken werd behandeld 61 dagen.

DEEL V
RESULTATEN VAN DE GRENDELPE-
OSTEOSYNTHESEN VERSUS
DE ANDERE TECHNIEKEN

Problemen met de proximale vergrendeling

Eénmaal lukte het slechts met zeer veel moeite om de proximale schroef in te brengen en uiteindelijk bleek deze verbogen te zijn (patiënt F04G: appendix casus 3). Eén keer werd de schroef niet dóór maar achter de pen geplaatst (afbeelding 43a t/m d). Dit werd tijdens de operatie niet opgemerkt. Toen de patiënt het been ging belasten, trad er een verkorting op van het fractuurgebied, zodat reoperatie nodig was om de verkorting op te heffen en de schroef alsnog correct dóór de pen in te brengen.

Optreden van extreme spildraai

Driemaal trad een extreme spildraai op, waardoor de distale penopeningen niet in het frontale maar in het sagittale vlak verliepen. Bij patiënt F35G (appendix casus 14) kon dit worden opgelost door een dunnere pen in te brengen. De Grendelpen bij patiënt F26G kon met veel moeite toch distaal vergrendeld worden; de schroeven werden in het sagittale vlak ingebracht en perforerden het strekapparaat. Bij patiënt F45aG vond geen vergrendeling plaats.

Onvoldoende stabiele osteosynthese

Uit de casuïstiek van de patiënten F24G en F39G (appendix casus 17) blijkt, dat men de röntgenfoto's vóór de operatie nauwkeurig dient te bestuderen op de aanwezigheid van fissuren in het gebied waar de schroeven worden geplaatst. In beide gevallen bleken er in het distale femur fissuren aanwezig te zijn, die praecooperatief niet waren opgemerkt. Het verlies aan stabiliteit kon worden opgelost door bij patiënt F39G na het inbrengen van de Grendelpen het gespleten condylmassief met behulp van 2 spongiosaschroeven te stabiliseren. In het geval van patiënt F24G, waar de distale schroeven door een gebied met diverse fissuren liepen en zodoende geen houvast hadden, trachtte de operator dit op te lossen door een zestal cerclages aan te brengen (afbeelding 42).

Optreden van extra fracturering

In twee gevallen waren er problemen ten gevolge van het niet exact kiezen van de toegang tot de mergholte. Door te zeer lateraal kiezen van de toegang ontstond bij patiënt F34G tijdens het inslaan van de pen een fractuur van de laterale cortex. Omdat de toegang te veel naar mediaal lag, liep bij patiënt F48G de punt van de pen vast op de mediale cortex. Dit werd tijdens de operatie bemerkt. Wanneer men geprobeerd zou hebben de pen met geweld toch in te brengen, zou waarschijnlijk een collumfractuur het resultaat geweest zijn.

Tabel 20 Operatietechnische problemen (n = 55 osteosynthesen)

	Aantal osteosynthesen	(%)
Problemen met de proximale vergrendeling	2	(3,6)
Optreden van extreme spildraai	3	(5,5)
Onvoldoende stabiele osteosynthese	2	(3,6)
Optreden van extra fracturering	2	(3,6)
Totaal	9	(16,4)

Slechts in 3 gevallen (5,4%) konden de operatietechnische problemen niet peroperatief opgelost worden en waren zij van blijvende invloed op de stabiliteit van de osteosynthese.

9.2. Grensindicaties voor de Grendelpenosteosynthese

In totaal was bij 10 fracturen (18,2%) een aanvulling op de Grendelpenosteosynthese nodig.

Femurschachtfractuur en heupfractuur

De combinatie femurschachtfractuur met collum- of pertrochantere fractuur kwam driemaal voor (patiënt F18G: appendix casus 8, F50G: appendix casus 23, F52G). Dit zijn osteosynthesetechnisch moeilijke fracturen wanneer men de schachtfractuur met een Grendelpen wil stabiliseren. Als osteosynthese-mogelijkheid voor de collumfractuur kan men dan alleen een aantal Kirschnerdraden of spongiosa-schroeven inbrengen langs de pen. Met het Grendelpensysteem kan men een heterolaterale pen nemen, waardoor de proximale schroef schuin omhoog in de dijbeenhals gebracht kan worden, waardoor zowel de schachtfractuur als de collumfractuur gestabiliseerd worden. Deze éne schroef biedt onvoldoende rotatiestabiliteit, maar vormt in combinatie met één of twee spongiosaschroeven een ideale osteosynthese voor dit soort gevallen.

Grendelpen met cerclagedraden

Het aanbrengen van cerclagedraden is niet in overeenstemming met het idee van de Grendelpen, maar is soms noodzakelijk bij onvoldoende stabiliteit van de osteosynthese of ter correctie van een sterke varusafwijking van de heup bij fracturering van de proximale mediale cortex (patiënt F23G: appendix casus 10).

Vergroten distale bereik

Indien men het distale bereik van de Grendelpen wil vergroten, kan men dit doen door extra openingen in de pen aan te brengen (patiënt F02G: appendix casus 1, F06G, F41G: appendix casus 18) of door de punt van de pen in te korten. Men dient elke opening te voorzien van een schroef omdat de openingen een verzwakking voor de pen betekenen.

Femurschachtfractuur en condylfractuur

Wanneer een combinatie van een femurschachtfractuur en een eenvoudige fractuur van het condylmassief bestaat, kan men de condylfractuur met enkele schroeven stabiliseren en daarna een Grendelpen inbrengen voor de femurschachtfractuur.

9.3. Belasting van het been postoperatief

Bij een statische vergrendeling kan het been direct postoperatief partieel belast worden. Berekend werd hoeveel dagen na operatie een belasting van 20 kg plaatsvond (het tijdstip werd alleen berekend bij die patiënten, waarbij begeleidende letsels, praeëxistente ziekten en locale of algemene complicaties geen invloed hadden op de belasting van het been). Deze periode bleek gemiddeld 18 dagen te zijn ($n = 12$ fracturen). Een volledige belasting van het been was bij deze 12 fracturen gemiddeld na 72 dagen mogelijk. Indien volledige belasting mogelijk was zonder krukken en zonder pijnsensatie werd de fractuur als geconsolideerd beschouwd overeenkomstig het voorstel van Rokkanen (1969). Röntgenologische criteria werden niet gebruikt ter bepaling van het tijdstip van consolidatie van de fractuur. Enerzijds omdat de op de röntgenfoto zichtbare callus de zogenaamde secundaire benige callus is die pas zichtbaar wordt nadat de fractuur klinisch al geconsolideerd is. Anderzijds omdat bij de met een plaatosteosynthese behandelde fracturen soms helemaal geen benige callus zichtbaar wordt omdat een primaire botgenezing plaatsvindt (Wieser 1964).

9.4. Tijdstip van dynamiseren

39 Van de 51 statisch vergrendelde pennen werden gemiddeld na 104 dagen gedynamiseerd. Bij 12 patiënten werd de osteosynthese om verschillende redenen niet gedynamiseerd. Driemaal omdat de patiënten overleden waren (F33G, F43G, F48G), éénmaal omdat de patiënt paraplegisch was en toch niet kon belasten (F24G) en bij 5 patiënten (F02G: appendix casus 1, F07G, F18G: appendix casus 8, F25G, F40G) was er zo'n voorspoedige fractuurgenezing, dat dynamiseren overbodig was. Driemaal was vóór het tijdstip van dynamiseren een re-osteosynthese noodzakelijk wegens een verbogen of gebroken pen (F05G, F20G, F35G: appendix casus 14).

Het tijdstip van dynamiseren is een graadmeter voor de fractuurgenezing: wanneer de osteosynthese gedynamiseerd kan worden, is röntgenologisch de genezing zo ver voortgeschreden, dat het been volledig belast kan worden.

9.5. Complicaties

9.5.1. Zenuwletsels

Bij 4 patiënten (8%) werd postoperatief een zenuwletsel vastgesteld: driemaal een N. peroneusletsel (patiënten F26G, F39G en F50G) en éénmaal (patiënt F14aG)

een partiële laesie van de N. ischiadicus. Twee zenuwletsels herstelden spontaan, zodat twee permanente letsels bij 50 fracturen (4%) resteren (de kort na de operatie overleden patiënten, de dwarslaesie-patiënt en één patiënt met een onderbeens-amputatie werden niet meegeteld). Retrospectief is het moeilijk tot onmogelijk om uit te maken of deze zenuwletsels zijn ontstaan door het ongeval, tijdens de operatie of in de postoperatieve periode. Bij multitraumapatiënten met dergelijke fracturen is het vaak niet mogelijk om praoperatief exact na te gaan of er een zenuwletsel bestaat. De patiënten werden geopereerd op de rektafel zodat door teveel tractie letsels kunnen optreden. N. peroneusletsels kunnen ook postoperatief ontstaan; vooral wanneer het been wordt vastgebonden op een slede met heup- en kniegewricht in 90° flexie is de kans op het ontstaan van een N. peroneuslaesie ten gevolge van locale druk groot.

9.5.2. Posttraumatische osteïtis

In plaats van de term "diepe" infectie (Kootstra 1973, Stapert 1983) wordt in deze studie het begrip posttraumatische osteïtis gehanteerd. Dit is een klinisch syndroom en als zodanig niet in enkele woorden te definiëren. Een onderscheid tussen de acute en de chronische verschijningsvorm is in deze studie niet zinvol daar beide verschijningsvormen soms niet duidelijk van elkaar te onderscheiden zijn. Vooral bij het gebruik van antibiotica kan de acute vorm geleidelijk in de chronische vorm overgaan. Het klinische beeld van de (acute) posttraumatische osteïtis wordt gekenmerkt door het optreden van algemene symptomen als koorts, leucocytose en een verhoogde BSE en de klassieke, locale tekenen van ontsteking ter plaatse van de fractuur zoals roodheid, zwelling, pijn en hyperthermie. Het duurt zeker 10 - 14 dagen voordat op de röntgenfoto veranderingen van het bot, zoals ophelderingen in het gebied van het osteosynthesemateriaal en periostale reacties, zichtbaar worden. Het belangrijkste is de bacteriologische diagnostiek. Positieve kweken uit het fractuurgebied bevestigen samen met de algemene en locale symptomen en de afwijkingen op de röntgenfoto de diagnose posttraumatische osteïtis.

Bij 4 Grendelpenosteosynthesen (n = 52 fracturen) trad een posttraumatische osteïtis op. Dit komt overeen met een percentage van 7,7% (Niet meegerekend werden de fracturen van de kort na de operatie overleden patiënten). Dit getal is hoog. Wanneer we dit percentage vergelijken met het infectiepercentage van 8,8% uit Tscherne's serie verbrijzelingsfracturen (Tscherne 1977) dan is er geen verschil. In die studie was het infectiepercentage voor alléén de plaatosteosynthesen (n = 127 fracturen) 10,2%. Het infectiepercentage van de Grendelpenosteosynthesen is in vergelijking met de 5,8% van Stapert (1983) bij 139 intramedullaire osteosynthesen en de 3,5% van Kootstra (1973) bij 215 operatief behandelde femurfracturen niet slecht. Men dient namelijk te bedenken dat in deze studie alleen meerfragment- en etagefracturen werden meegeteld, waarbij het weke delen trauma in vele gevallen uitgebreid was en het percentage open fracturen 29,1% bedroeg. De ziektegeschiedenissen van de patiënten met een posttraumatische osteïtis waren als volgt:

1. Patiënte F23G (appendix casus 10) (I.S.S.: 48), een vrouw van 30 jaar, werd als voetgangster aangereden door een auto. Zij liep een dubbelzijdige bekkenringfractuur op alsmede een blaasruptuur, een commotio cerebri en een eerste graads open 2-etagefractuur van het linker femur. Na één dag werd zij overgeplaatst naar de Unfallklinik te Frankfurt. De blaasruptuur was gering en kon conser-

vatief behandeld worden. Twee dagen na overneming werd de femurfractuur gestabiliseerd met een statisch vergrendelde pen en 4 cerclagedraden. 18 Dagen postoperatief werd een wondabces gedraïneerd (Staph. aureus) in het operatiegebied. 36 Dagen postoperatief vond een sequesterectomie plaats en werd één cerclagedraad verwijderd. Een tweede sequesterectomie was 92 dagen later noodzakelijk waarbij de drie resterende cerclagedraden werden verwijderd. Wegens een vertraagde botgenezing werd na 148 dagen een autologe spongiosaplastiek verricht. In verband met een heropleving van de infectie moesten 159 dagen postoperatief de distale schroeven verwijderd worden. Na 264 dagen werd opnieuw een autologe spongiosaplastiek verricht. 15 Maanden postoperatief werd de Grendelpen verwijderd, de mergholte opgeboord en een Septopal[®]-ketting^{*} intramedullair achtergelaten. Omdat de callusvorming nog steeds gering was en een refractuur dreigde, werd een fixateur externe aangebracht en tevens voor de derde maal een spongiosaplastiek verricht. 4 Maanden later kon de fixateur externe verwijderd worden. Zonder duidelijk trauma ontstond 4 maanden na het verwijderen van de fixateur externe een refractuur, zodat opnieuw een fixateur externe geplaatst moest worden. Een half jaar later kon deze worden verwijderd nadat de fractuur met een goede callusvorming was genezen. Patiënt heeft daarna geen tekenen van osteïtis meer getoond.

2. Patiënt F29G, (appendix casus 13) (I.S.S.: 34), een 17-jarige man, reed met zijn motor frontaal tegen een auto. Hij bleek bij binnenkomst in het ziekenhuis derdegraads open fracturen van rechter boven- en onderbeen opgelopen te hebben alsmede een "deglovement"-verwonding van de rechter hiel. De wonden werden behandeld en opengelaten en aansluitend werden boven- en onderbeen gestabiliseerd met een fixateur externe. Postoperatief werd wegens tekenen van ischaemie een arteriografie van het rechter been gemaakt, waarop geen afwijkingen zichtbaar waren. Enkele dagen later werden de voet en het distale onderbeen gangraeneus, zodat na zes dagen een open amputatie van het onderbeen werd uitgevoerd. De wonden aan het bovenbeen genazen voorspoedig. Daar patiënt met een fixateur externe op het femur geen prothese aangemeten kon krijgen, werd besloten de fixateur externe te verwijderen en de fractuur te stabiliseren met een statisch vergrendelde pen. Dit vond 36 dagen na opname plaats. 6 Dagen postoperatief werd op verdenking van infectie de wond geopend. Er kon geen manifeste infectie worden vastgesteld zodat de wond over een Septopal[®]-ketting werd gesloten. Na 5 maanden werd patiënt heropgenomen voor het verwijderen van de distale schroeven. Deze bleken ten gevolge van een "low-grade" infectie los te zitten. De distale schroeven werden verwijderd en de wond werd gesloten over een Septopal[®]-ketting. De Grendelpen kon na 10 maanden verwijderd worden. Na genezing van de wond werd 2 maanden later een spongiosaplastiek verricht. Patiënt heeft tot op heden geen recidief osteïtis doorgemaakt. Retrospectief lijkt het niet raadzaam om direct na het verwijderen van een fixateur externe een Grendelpen in te brengen, omdat er in de pin-track's van de pennen een "low-grade" infectie bestaat. In zo'n geval is het beter na het verwijderen van de fixateur externe enkele weken te wachten totdat de boorkanalen rustig zijn. De patiënt dient dan onder uitgebreide antibiotische prophylaxe geopereerd te worden (Ahlers 1983).
3. Patiënt F35G (appendix casus 14) (I.S.S.: 29), een jongeman van 18 jaar, was als bestuurder van een auto betrokken bij een frontale botsing. Hij werd opgenomen met een tweedegraads open femurfractuur links, een commotio cerebri en een kniebandletsel rechts. De dag van opname werd de femurfractuur gestabiliseerd, waarbij een statisch vergrendelde pen werd ingebracht. Drie gede vitaliseerde botfragmenten werden bij de operatie verwijderd. Na 6 dagen werd een geïnfecteerd haematoom ontlast en werd een Septopal[®]-ketting ingebracht waarna het wondgebied tot rust kwam. 25 Dagen postoperatief was een spongiosaplastiek gepland. Bij operatie toonde het wondgebied nog tekenen van infectie, zodat een nieuwe Septopal[®]-ketting werd ingebracht. De geplande spongiosaplastiek vond 7 maanden later plaats. Na 13 maanden werd patiënt heropgenomen omdat de Grendelpen op twee plaatsen gebroken was en er een hyperthrophe pseudarthrose was ontstaan. Een dikere Grendelpen werd ingebracht, die dynamisch vergrendeld werd; bovendien werd een autologe spongiosaplastiek verricht. 1½ Jaar na deze laatste operatie was de fractuur in goede stand geconsolideerd.
4. Patiënt F38G (appendix casus 16) (I.S.S.: 29), een 27-jarige man, reed met zijn auto frontaal tegen een muur. Hij liep hierbij een gesloten femurfractuur rechts op, alsmede een commotio cerebri, een thoraxtrauma met ribfracturen en een pneumothorax aan de rechter kant. Hij werd meteen geopereerd waarbij via de gesloten operatietechniek een statisch vergrendelde pen werd ingebracht. 20 Dagen postoperatief werd een wondabces in het operatiegebied gedraïneerd, waarna een fistel ont-

* Septopal[®] = gentamycine-PMMA

stond. 3 Maanden later werd een sequesterectomie en een spongiosaplastiek verricht. 2 Maanden daarna werd de Grendelpen verwijderd, de mergholte opgeboord en werd een Septopal[®]-ketting intramedullair achtergelaten. Zonder adequaat trauma kreeg patiënt 3 maanden na het verwijderen van de pen een refractuur die met een heupspica van gips werd behandeld, waarna de fractuur in 4 maanden consolideerde.

Bij deze 4 patiënten met een posttraumatische osteïtis was er tweemaal sprake van een vertraagde botgenezing. 14 Extra ingrepen waren bij deze 4 patiënten nodig om de fracturen tot consolidatie te brengen, te weten: 7x abscesdrainage, 4x spongiosaplastiek, 1x sequesterectomie en 2x een re-osteosynthese.

De posttraumatische osteïtis kon bij deze patiënten tot genezing worden gebracht voorzover men tenminste bij een posttraumatische osteïtis van definitieve genezing mag spreken. Ten tijde van het na-onderzoek waren bij geen van de 4 patiënten tekenen van een chronische posttraumatische osteïtis aanwezig.

9.5.3. Reïnterventies

Bij 4 van de 52 osteosynthesen (7,7%) was een re-osteosynthese noodzakelijk (tabel 21) (Niet meegerekend werden de fracturen van de kort na de operatie overleden patiënten). Tweemaal was een re-osteosynthese noodzakelijk omdat de Grendelpen verbogen was na een val. Bij deze patiënten werd éénmaal een re-osteosynthese verricht met een Grendelpen (patiënt F20G) en éénmaal met een Küntscherpen (patiënt F05G). Bij patiënt F23G (appendix casus 10) werd in verband met een posttraumatische osteïtis de Grendelpen vervangen door een fixateur externe. Wegens een pseudarthrose met penbreuk werd bij patiënt F35G (appendix casus 14) een nieuwe Grendelpen ingebracht en een spongiosaplastiek verricht. Patiënt F02G (appendix casus 1) onderging niet direct een re-osteosynthese maar vanwege een verkorting van 6 cm werd een verkortingsosteotomie van het andere been uitgevoerd. Patiënt F38G (appendix casus 16) met een posttraumatische osteïtis liep na het verwijderen van de Grendelpen een refractuur op welke met een bekkengips werd behandeld.

Tabel 21 Reïnterventies na Grendelpenosteosynthesen (n = 52 fracturen)

1. Patiënt F05G: Grendelpen verbogen	→ re-osteosynthese: Küntscherpen.
2. Patiënt F20G: Grendelpen verbogen	→ re-osteosynthese: Grendelpen.
3. Patiënt F23G: posttraumatische osteïtis	→ pseudarthrose → re-osteosynthese: fixateur externe + spongiosaplastiek.
4. Patiënt F29G: posttraumatische osteïtis	→ vertraagde consolidatie → spongiosaplastiek.
5. Patiënt F35G: posttraumatische osteïtis	→ vertraagde consolidatie → spongiosaplastiek → pseudarthrose + penbreuk → re-osteosynthese: Grendelpen + spongiosaplastiek.
6. Patiënt F38G: posttraumatische osteïtis	→ vertraagde consolidatie → sequesterectomie + spongiosaplastiek.

In de groep Grendelpenosteosynthesen was de primaire operatie 6 maal (11,5%) niet voldoende om de fractuur tot consolidatie te brengen.

9.5.4. Vertraagde botgenezing

Wat betreft het percentage fracturen met een vertraagde botgenezing in een bepaalde serie speelt het beleid ten aanzien van de open fracturen een belangrijke rol: behandelt men deze fracturen al dan niet met een penosteosynthese en zo ja, doet men dit dan *à chaud* of pas na genezing van de weke delen? Men dient zich bij de primaire behandeling te allen tijde te realiseren, dat een fractuur met een vertraagde botgenezing ten gevolge van een infectie uitermate moeilijk te behandelen is en een zeer lange lijdensweg voor de patiënt betekent (Klemm, Junghans 1976). Eenderde deel van de geïnfecteerde femurpseudarthrosen uit het materiaal van Müller (1979) was terug te voeren op open femurfracturen. De periode vanaf het ongeval tot de genezing van de pseudarthrose was gemiddeld 27 maanden welke periode de patiënten grotendeels in het ziekenhuis doorbrachten en gedurende welke periode gemiddeld 5,2 ingrepen verricht werden (Müller 1979).

Evrard (1971) berichtte over de behandelingsresultaten van 55 geïnfecteerde femurpseudarthrosen. In 19 gevallen moest worden overgegaan tot amputatie van het been. Bij de uiteindelijk genezen pseudarthrosen resteerde meestal ernstige schade aan de weke delen met sterk functieverlies van heup- en kniegewricht.

In deze studie trad bij 4 patiënten, die met een Grendelpen behandeld werden, een vertraagde botgenezing op ten gevolge van een posttraumatische osteïtis. Bij 3 van de 4 patiënten bestond er een open fractuur. Van ongeval tot genezing duurde gemiddeld 23,8 maanden (16-29 maanden). Tscherne (1977) sprak van een vertraagde botgenezing wanneer de fractuur na 24 weken nog niet geconsolideerd was. Wanneer dit na 8 maanden nog niet het geval was, sprak hij van een pseudarthrose. In de moderne operatieve fractuurbehandeling is er geen duidelijk verschil tussen de begrippen vertraagde botgenezing en pseudarthrose behoudens de tijd die verstreken is vanaf de operatie, omdat bij een vertraagde botgenezing tegenwoordig al snel operatief wordt ingegrepen en men niet wacht tot er een "klassieke" pseudarthrose met pen- of plaatbreuk is ontstaan. Het is derhalve niet zinvol in het kader van deze studie een onderscheid te maken tussen beide begrippen. Wanneer de fractuur na 24 weken niet is genezen, wordt dit beschouwd als een vertraagde botgenezing.

In deze studie was er bij alle 4 fracturen, waarbij een posttraumatische osteïtis (patiënten F23G, F25G, F35G, F38G) optrad, sprake van een vertraagde botgenezing. De fracturen van de patiënten F05G en F20G, waarbij de Grendelpen verbogen was, toonden beide na de re-osteosynthese een voorspoedige fractuurgenezing binnen 24 weken vanaf het ongeval. Het percentage fracturen met een vertraagde botgenezing was met 4 uit 52 fracturen 7,7% (Niet meegerekend werden de fracturen van de kort na de operatie overleden patiënten). Bij de Grendelpenosteosynthesen zonder posttraumatische osteïtis trad geen vertraagde botgenezing op. Stapert (1983) vond in zijn studie ($n = 139$ intramedullaire osteosynthesen) in 3,5% van de gevallen een vertraagde botgenezing. In Tscherne's (1977) serie verbrijzelingsfracturen was dit percentage 28,1% ($n = 160$ osteosynthesen). Voor de plaatosteosynthesen ($n = 127$ plaatosteosynthesen) was dit percentage in die serie 34,6%. Men

kan hieruit concluderen dat uit oogpunt van pseudarthrose-''preventie'' de Grendelpentechiek duidelijk voordelen biedt boven de plaatosteosynthese. Het percentage van 7,7% fracturen met een vertraagde botgenezing in deze studie is erg laag in vergelijking met de percentages die in de literatuur worden opgegeven bij de behandeling van femurfracturen met conventionele mergpennen. Deze percentages variëren namelijk van 0,6% tot 31% (Eid 1980).

9.6. Samenvatting

Resumerend blijkt dat 43,6% van de Grendelpenosteosynthesen via de open operatietechniek werd verricht en 56,4% via de gesloten operatietechniek.

In 92,7% van de gevallen vond een statische vergrendeling plaats tegen 7,3% dynamische osteosynthesen.

Tijdens 16,4% van de operaties traden technische problemen op, die van invloed waren op de stabiliteit of de repositie, zoals problemen met de proximale vergrendeling, het optreden van een extreme spildraai van de pen, het niet bereiken van een voldoende stabiele osteosynthese en het veroorzaken van extra fracturering.

10,9% Van deze technische problemen konden tijdens de operatie opgelost worden of waren niet van invloed op de stabiliteit.

De patiënten zonder begeleidende letsels konden het been gemiddeld na 18 dagen partieel en na 72 dagen volledig belasten.

Na gemiddeld 104 dagen werden de statische osteosynthesen gedynamiseerd.

Postoperatief waren er 8% zenuwletsels, waarvan 4% reversibel bleek.

In 7,7% van de gevallen (4 osteosynthesen) was er sprake van een posttraumatische osteïtis. Deze vier osteïtiden konden met 14 extra operaties tot genezing worden gebracht.

Bij 6 osteosynthesen (11,5%) was de primaire operatie niet voldoende om de fractuur tot consolidatie te brengen: 4 maal i.v.m. een posttraumatische osteïtis en 2 maal wegens een verbogen pen.

Bij alle 4 fracturen met een posttraumatische osteïtis was er sprake van een vertraagde botgenezing. De overige osteosynthesen toonden geen vertraagde botgenezing.

9.7. Appendix

Het verloop van de fractuurgenezing bij 23 patiënten aan de hand van de röntgenfoto's.

a

b

c

d

Casus 1: Patiënt F02G; 18 jaar.

Tweedegraads open femurfractuur links, type C.3., ten gevolge van een motorongeval.

- a. Röntgenfoto's bij opname.
- b. Eén week na operatie.
- c. Eén maand na operatie. Op deze foto is te zien dat ten gevolge van de osteosynthese een extreme verkorting van het linker femur is opgetreden.
- d. Anderhalf jaar na het ongeval. Links is de Grendelpen verwijderd; rechts is een verkortingsosteotomie verricht.

Casus 2: Patiënt F03G; 29 jaar.

Gesloten femurfractuur rechts, type C.3., ontstaan doordat een boom op het been was gevallen.

- a. Röntgenfoto's bij opname.
- b. Eén maand na operatie.
- c. Röntgenfoto na verwijderen van het osteosynthesemateriaal twee jaar postoperatief.

a

b

c

Casus 3: Patiënt F04G; 17 jaar.

Gesloten 2-etagefractuur rechter femur, type C1.1., ontstaan ten gevolge van een bromfietsongeval.

a. Röntgenfoto's bij opname.

b. Twee weken postoperatief.

c. Röntgenfoto na verwijderen van het osteosynthesemateriaal 2½ jaar postoperatief.

a

b

c

d

Casus 4: Patiënt F11G; 19 jaar.

Gesloten 2-etagefractuur links, type C1.1., ontstaan ten gevolge van een frontale autobotsing.

- a. Röntgenfoto bij opname.
- b. Direct postoperatief.
- c. Twee maanden postoperatief.
- d. Eén jaar postoperatief.

a

b

c

d

Casus 5: Patiënt F12G; 39 jaar.

Eerstegraads open 2-etagefractuur rechts, type C1.3., ontstaan ten gevolge van een autobotsing.

- Röntgenfoto's bij opname.
- Direct postoperatief.
- Vijf maanden postoperatief.
- Zeven jaar postoperatief.

a

b

c

d

Casus 6: Patiënt F13abG; 27 jaar.

Dubbelzijdige meerfragmentfractuur, type C2.1., ontstaan ten gevolge van een frontale autobotsing.

a. Röntgenfoto's bij opname.

b. Röntgenfoto postoperatief van het rechter femur. De comminutieve patellafractuur is met K-draden gefixeerd.

c. Röntgenfoto's postoperatief van het linker femur.

d. Beide femora vijf jaar na de osteosynthese. De Grendelpennen zijn inmiddels verwijderd.

a

b

c

d

Casus 7: Patiënt F14abG; 19 jaar.

Dubbelzijdige meerfragmentfractuur, type C3.2., ontstaan ten gevolge van een frontale autobotsing.

a. Rechter femur direct postoperatief.

b. Linker femur postoperatief.

c. Beide femora drie maanden postoperatief.

d. Beide femora zes jaar na het ongeval. De Grendelpennen zijn verwijderd.

a

b

c

Casus 8: Patiënt F18G; 28 jaar.

Deze patiënt vertoonde ten gevolge van een dashboard-letsel een dijbeenhalsfractuur en een femurschachtfractuur, type B.3.

a. Röntgenfoto's postoperatief. De dijbeenhalsfractuur is met 2 spongiosaschroeven gefixeerd.

b. Vier maanden postoperatief.

c. Twee jaar postoperatief na verwijdering van het osteosynthesemateriaal.

a

b

Casus 9: Patiënt F22G; 25 jaar.

Eerstegraads open femurfractuur rechts ten gevolge van een auto-ongeval, type C3.2..

- a. Röntgenfoto direct postoperatief. Een aantal Septopal^l-kettingen zijn ingebracht als infectieprophylaxe.
- b. Femur zes jaar na operatie. Twee jaar postoperatief werd de Grendelpen verwijderd.

a

b

c

d

e

f

g

h

i

Casus 10: Patiënte F23G; 30 jaar.

Eerstegraads open 2-etagefractuur, type C1.1. Patiënte werd als voetgangster aangereden door een auto.

- a. Röntgenfoto's bij opname.
- b. Direct postoperatief.
- c. In verband met een posttraumatische osteïtis werd na één maand de proximale cerclagedraad verwijderd; tevens vond een sequestrectomie plaats.
- d. Drie maanden postoperatief werden de resterende cerclagedraden verwijderd en werd nogmaals een sequestrectomie verricht. Om de infectie te bestrijden, werden Septopal[®]-kettingen geïmplan-teerd.
- e. Na zes maanden werd een autologe spongiosaplastiek verricht. De distale schroeven zaten los en werden verwijderd.
- f. Anderhalf jaar na de primaire operatie was de fractuur geconsolideerd en de posttraumatische osteïtis onder controle. De pen werd verwijderd.
- g. Uit angst voor een refractuur werd een fixateur externe aangebracht.
- h. Vier maanden later was er voldoende botgenezing en kon de fixateur externe verwijderd worden.
- i. Desondanks trad vier maanden na het verwijderen van de fixateur externe een refractuur op ten ge-volge van een gering trauma.

a

b

c

Casus 11: Patiënt F27G; 52 jaar.

Gesloten femurfractuur links, type C3.2., ontstaan ten gevolge van een auto-ongeval.

- a. Röntgenfoto bij opname.
- b. Direct postoperatief.
- c. Drie jaar na het ongeval.

a

b

c

Casus 12: Patiënte F28G; 21 jaar.

Tweedegraads open femurfractuur links, type C2.1. Deze patiënte werd, terwijl zij haar auto bestuurde, van links door een tram aangereden.

- a. Röntgenfoto bij opname.
- b. Direct postoperatief. Er werd een debridement van de wond verricht, waarna deze over een Septopal[®]-ketting primair werd gesloten.
- c. Röntgenfoto 2 jaar na operatie.

a

b

c

d

e

Casus 13: Patiënt F29G; 17 jaar.

Derdegraads open femurfractuur rechts, type B.3., ten gevolge van een motorongeval.

- a. Röntgenfoto bij opname.
- b. Arteriografie twee dagen postoperatief in verband met ischaemie van het rechter onderbeen. De femurfractuur is gestabiliseerd met een fixateur externe.
- c. Na één maand werd de fixateur externe vervangen door een Grendelpen, waarna zich een posttraumatische osteïtis ontwikkelde.
- d. Vijf maanden na de re-osteosynthese: er is weinig of geen callusvorming en de distale schroeven zijn ten gevolge van de infectie losgeraakt.
- e. Vijf jaar na het ongeval. Patiënt loopt met een prothese in verband met zijn onderbeensamputatie en belast het rechter femur volledig.

a

b

c

d

e

f

Casus 14: Patiënt F35G; 18 jaar.

Tweedegraads open femurfractuur links, type B.3., ontstaan ten gevolge van een frontale autobotsing.

- a. Röntgenfoto's bij opname.
- b. Direct postoperatief. Een drietal avitale fragmenten werden door de operateur verwijderd. Septopal[®]-kralen werden als infectieprophylaxe ingebracht. Desondanks trad een posttraumatische osteïtis op.
- c. Na 20 maanden was er een pseudarthrose met penbreuk aanwezig.
- d. Er werd een re-osteosynthese verricht met een Grendelpen. Tevens werd een autologe spongiosaplastiek verricht.
- e. Vier maanden na de re-osteosynthese was er een beginnende consolidatie zodat de proximale schroef verwijderd kon worden.
- f. Twee jaar na de re-osteosynthese: de pseudarthrose is volledig geconsolideerd.

a

b

c

d

Casus 15: Patiënt F37G; 21 jaar.

Gesloten femurfractuur rechts, type C.3., ontstaan ten gevolge van een motorongeval.

- Röntgenfoto's direct postoperatief.
- Eén maand na operatie: duidelijk is de antecurvatie- en varusafwijking van de fractuur zichtbaar.
- Drie maanden postoperatief: er is een beginnende botgenezing.
- Twee jaar postoperatief na verwijdering van de Grendelpen.

a

b

c

d

Casus 16: Patiënt F38G; 27 jaar.

Gesloten femurfractuur rechts, type C2.1., ontstaan ten gevolge van een frontale autobotsing.

- a. Röntgenopname één maand na operatie. Postoperatief ontstond een posttraumatische osteïtis die onder fistelvorming tot rust kwam.
- b. Na vijf maanden werd de Grendelpen verwijderd.
- c. Drie maanden later trad een refractuur op. Met vier maanden immobilisatie in een gipsbroek consolideerde de refractuur voorspoedig.
- d. Röntgenfoto drie jaar na het ongeval.

a

b

c

Casus 17: Patiënt F39G; 53 jaar.

Gesloten femurfractuur rechts, type C2.2., ontstaan doordat een 1.000 kg zware stapel houten planken op het been van patiënt viel.

- Röntgenfoto's bij opname. Hierop zien we een zogenaamde "reversed" pertrochantere fractuur in combinatie met een comminutieve femurschachtfractuur die zich uitbreidt tot supracondylair.
- Röntgenfoto's één dag na operatie: tijdens het inslaan van de Grendelpen spleet de supracondylaire fractuur tot in het condylmassief. Met 2 spongiosaschroeven kon de fractuur van het condylmassief worden gefixeerd.
- Situatie na verwijdering van het osteosynthesemateriaal twee jaar postoperatief.

a

b

c

Casus 18: Patiënt F41G; 39 jaar.

Gesloten 2-etagefractuur links, type C1.1., ontstaan ten gevolge van een frontale autobotsing.

- a. Röntgenfoto bij opname.
- b. Röntgenfoto direct postoperatief: distaal werd een extra boring in de pen aangebracht om in ieder geval twee schroeven onder de meest distale fractuur te kunnen inbrengen.
- c. Vijf maanden postoperatief: beide fracturen zijn geconsolideerd.

a

b

c

Casus 19: Patiënt F40G; 32 jaar.

Gesloten femurfractuur rechts, type C3.2., ontstaan ten gevolge van een auto-ongeval.

a. Röntgenfoto's bij opname.

b. Direct na operatie: er is een lichte varusafwijking in de fractuur aanwezig.

c. Vier maanden postoperatief: de fractuur is geconsolideerd in een lichte varus- en recurvatiestand.

a

b

c

Casus 20: Patiënt F42G; 27 jaar.

Gesloten femurfractuur rechts, type B.3., ontstaan ten gevolge van een auto-ongeval.

- a. Röntgenfoto bij opname.
- b. Drie weken postoperatief.
- c. Vier maanden postoperatief: de consolidatie is vrijwel compleet, een lichte varusafwijking van de dijbeenhals in vergelijking met links is zichtbaar.

a

b

c

d

Casus 21: Patiënt F44G; 25 jaar.

Eerstegraads open femurfractuur links, type C2.1.; patiënt was met zijn auto onder een trein gereden.

a. Röntgenfoto's bij opname.

b. Direct postoperatief.

c. Drie maanden postoperatief is er een beginnende callusvorming.

d. Zestien maanden postoperatief werd de Grendelpen verwijderd; de fractuur is genezen in een lichte varusstand.

a

b

c

Casus 22: Patiënt F47G; 35 jaar.

Gesloten femurfractuur rechts, type C2.1. Patiënt werd onder een stapel stenen bedolven.

a. Röntgenfoto's bij opname.

b. Eén maand postoperatief.

c. Zes maanden postoperatief: de osteosynthese is gedynamiseerd en de fractuur is geconsolideerd.

Casus 23: Patiënt F50G; 33 jaar.

Gesloten femurfractuur links, type C2, 1., in combinatie met een pertrochantere fractuur ten gevolge van een auto-ongeval.

- a. Röntgenfoto's bij opname.
- b. Eén maand postoperatief: er is een beginnende callusvorming. Om te voorkomen dat de proximale schroef uit de dijbeenhals liep, moest de Grendelpen bij de operatie 2 cm onder het niveau van de trochanter major verzonken worden.
- c. Vierenhalve maand postoperatief: beide fracturen zijn geconsolideerd.

HOOFDSTUK 10

RESULTATEN VAN DE NIET-GRENDELPENGROEP IN VERGELIJKING MET DE GRENDELPENOSTEOSYNTHESEN

Uit de gegevens van hoofdstuk 8 blijkt dat de patiëntengroepen uit Frankfort en Heerlen goed vergelijkbaar zijn. In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van de patiënten uit Heerlen bij wie de femurfracturen met diverse technieken werden behandeld.

10.1. Behandelingstechnieken

De behandelingstechnieken, die in het De Weverziekenhuis werden toegepast, zijn weergegeven in tabel 22 (n = 38 fracturen).

Tabel 22 Meerfragment- en etagefracturen De Weverziekenhuis

	(n = 38 fracturen)
Plaatosteosynthesen	17
Conservatief (tractie)	4
Küntscherpen (met cerclages)	16 (10)
Enderpennen	1

10.2. Osteosynthesetechnieken in relatie tot de fractuurvormen

In tabel 23 is de relatie tussen de fractuurvorm en de osteosynthesetechniek aangegeven.

Tabel 23 Fractuurvormen versus gebruikte behandelingsmethode (n = 38 fracturen)

Fractuur- vorm	(totaal)	Plaatosteo- synthese	Küntscher- pen	(met cerclages)	Conser- vatief	Ender- pennen
B.3.	(n = 14)	5	9	(5)	0	0
C.1.	(n = 3)	1	2	(1)	0	0
C.2.	(n = 12)	6	4	(4)	1	1
C.3.	(n = 9)	5	1	(0)	3	0

Het blijkt dat naarmate de verbrijzeling uitgebreider was (fractuurvormen C.2. en C.3.) de plaatosteosynthesen meer gebruikt werden. Het is technisch immers onmogelijk fracturen van het type C.3. met een Küntscherpen te behandelen. In de groep van 17 plaatosteosynthesen kon 12 maal volstaan worden met een plaatosteosynthese alléén. 2 Maal waren cerclagedraden noodzakelijk om de osteosynthese voldoende stevigheid te geven en 3 maal werd gebruik gemaakt van 2 platen vanwege de lengte van het fractuurgebied.

Opvallend is dat er geen primaire spongiosaplastieken werden verricht, hetgeen de laatste jaren bij iedere femurfractuur, die met een plaat wordt gestabiliseerd, als obligaats beschouwd wordt (Müller 1977). Bij 10 van de 16 Küntscherpenosteosynthesen werden cerclagedraden gebruikt om de stabiliteit van de osteosynthese te vergroten.

10.3. Operatietechnische problemen

Omdat platen, Küntscherpen en Enderpenen uit biomechanisch oogpunt minder geschikt zijn om meerfragment- en etagefracturen te stabiliseren, ligt het voor de hand dat het aantal technische problemen hoog was (tabel 24).

Tabel 24 Operatietechnische problemen (n = 34 fracturen)

	Plaatosteosynthesen (n = 17)	K-pennen (n = 16)	Enderpenen (n = 1)
Onvoldoende stabiele osteosynthese	2	3	1
Diastase in het fractuurgebied	3	—	—

De technische problemen waren in deze groep in vergelijking met de Grendelpenosteosynthesen van geheel andere aard. Bij de Küntscherpenosteosynthesen die in Heerlen principieel via de open operatietechniek werden verricht, waren er geen problemen wat betreft het inbrengen van het osteosynthesemateriaal. De technische problemen zowel bij de plaat- als bij de Küntscherpenosteosynthesen waren vooral te wijten aan de beperkingen van het beschikbare osteosynthesemateriaal om bij dit soort fracturen een voldoende stabiele osteosynthese te bereiken.

Bij de Grendelpenosteosynthesen werden de technische problemen veroorzaakt door het feit, dat de verschillende operatieve fasen grotendeels via de gesloten operatietechniek verricht dienden te worden en door het optreden van een spildraai in de pen waardoor de distale penopeningen zich niet in het frontale vlak presenteerden.

In de groep Küntscherpenosteosynthesen bleek de osteosynthese 3 maal zó instabiel dat postoperatief tractie noodzakelijk was (patiënt H07K, H08K, H10K). De Enderpenosteosynthese bood eveneens niet de gewenste stabiliteit zodat ook in dit geval postoperatief tractie vereist was. In totaal waren er bij 34 osteosynthesen 9 maal (26,5%) operatietechnische problemen. Van de 17 intramedullaire osteosynthesen moesten er 4 (23,5%) met tractie nabehandeld worden. In de groep Grendelpenosteosynthesen (n = 55 fracturen) was slechts in één geval (patiënt F45-aG) postoperatief tractie nodig (1,8%).

Bij de 4 conservatief behandelde fracturen waren er ondanks de lange duur van de tractie geen problemen wat betreft het handhaven van de repositie en traden er geen complicaties op ten gevolge van de draadextensie.

10.4. Belasting van het been postoperatief

Een partiële belasting was gemiddeld na 77 dagen mogelijk (n = 12 fracturen). (Alleen de patiënten zonder begeleidend letsels, zonder prae-existente ziekten en

zonder locale of algemene complicaties die van invloed zijn op de belasting van het been werden in deze berekening meegeteld.) Een volledige belasting was bij deze patiënten gemiddeld na 256 dagen mogelijk. In de groep Grendelpenosteosynthesen zonder begeleidende letsels was een partiële belasting gemiddeld na 18 dagen en een volledige belasting na 72 dagen mogelijk. In vergelijking met de andere behandelingstechnieken is dit een verschil van respectievelijk 59 en 184 dagen voor wat betreft partiële en volledige belasting ten gunste van de Grendelpenosteosynthesen.

In tabel 25 is het tijdstip van partiële en volledige belasting voor beide groepen weergegeven wanneer we geen rekening houden met begeleidende letsels en locale of algemene complicaties die invloed hebben op de mobilisatie en de belasting. Ook dan blijkt er een duidelijk verschil wat betreft het tijdstip van partiële en volledige belasting tussen de groep Grendelpenosteosynthesen en de groep overige behandelingstechnieken te bestaan. (In de groep Grendelpenosteosynthesen werden de fracturen van 3 kort na de operatie overleden patiënten en van 1 paraplegische patiënt niet meegerekend.)

Tabel 25 Tijdstip van partiële en volledige belasting (gemiddeld in dagen na operatie of ongeval)

inclusief begeleidende letsels	Partiële belasting	Volledige belasting
Grendelpengroep (n = 51 fracturen)	44	115
Niet-Grendelpengroep (n = 38 fracturen)	95	308
exclusief begeleidende letsels	Partiële belasting	Volledige belasting
Grendelpengroep (n = 12 fracturen)	18	72
Niet-Grendelpengroep (n = 12 fracturen)	77	256

10.5. Complicaties

10.5.1. Zenuwletsels

3 Maal (7,9%) (n = 38 fracturen) werd een zenuwletsel geconstateerd. 2 Maal een N. ischiadicusletsel (patiënt H06K, H07K) en één N. peroneusuitval (patiënt H10K). Eén N. ischiadicusletsel herstelde niet volledig. Procentueel is er geen wezenlijk verschil tussen de Grendelpengroep met 8% zenuwletsels en de niet-Grendelpengroep met 7,9% zenuwletsels.

10.5.2. Posttraumatische osteïtis

Bij 6 geopereerde fracturen (n = 34 fracturen) trad postoperatief een osteïtis op (17,6%). 3 Plaatosteosynthesen en 3 Küntscherpenosteosynthesen infecteerden (patiënten H01P, H08P, H11P, H05K, H10K, H14K). In vergelijking met het op zich al hoge percentage van 7,7% in de Grendelpengroep is 17,6% hoog te noemen; vooral wanneer we in aanmerking nemen, dat er in de Grendelpengroep 29,1% open fracturen waren tegen slechts 13,2% in de niet-Grendelpengroep. Bij de 4

fracturen die conservatief behandeld werden, trad geen posttraumatische osteïtis op. Wanneer we de 4 conservatief behandelde fracturen meerekenen in de niet-Grendelpengroep dan is het percentage fracturen, waarbij een posttraumatische osteïtis optrad, in deze groep 15,8% (n = 38 fracturen).

10.5.3. Aanvullende (operatieve) maatregelen tot consolidatie van de fracturen

In totaal waren 8 re-osteosynthesen noodzakelijk bij 5 patiënten. Bij 2 patiënten werd geen re-osteosynthese verricht, maar werd van operatieve naar conservatieve behandeling overgeschakeld. Eénmaal was een spongiosaplastiek voldoende om de fractuur tot genezing te brengen. Bij 8 van de 34 operatief behandelde fracturen (23,5%) was de primaire operatie niet voldoende om de fractuur tot genezing te brengen (tabel 26). In de Grendelpengroep was dit percentage 11,5%.

Tabel 26 Aanvullende (operatieve) maatregelen tot consolidatie van de fracturen (n = 38 fracturen)

1. Patiënt H08P: infectie	→ plaat ↑ → re-osteosynthese: fixateur externe → chronische posttraumatische osteïtis.
2. Patiënt H09P: pseudarthrose	→ plaat ↑ → re-osteosynthese: K-pen + spongiosaplastiek.
3. Patiënt H11P: infectie	→ plaat ↑ → spongiosaplastiek + tractie.
4. Patiënt H14P: pseudarthrose + plaatbreuk	→ re-osteosynthese: plaat + spongiosaplastiek → vertraagde consolidatie + plaatbreuk → re-osteosynthese: plaat + spongiosaplastiek.
5. Patiënt H15P: vertraagde consolidatie	→ spongiosaplastiek.
6. Patiënt H10K: infectie	→ K-pen ↑ + heupspica → chronische posttraumatische osteïtis.
7. Patiënt H11K: K-pen verboden	→ re-osteosynthese: K-pen.
8. Patiënt H14K: infectie	→ K-pen ↑ → re-osteosynthese: plaat → infectie met losraken van de plaat → re-osteosynthese: plaat ↑ + fixateur externe → vertraagde consolidatie → fixateur externe ↑ + spongiosaplastiek + tractie → chronische posttraumatische osteïtis.

3 Van de 6 geïnfecteerde osteosynthesen hebben geleid tot een chronische posttraumatische osteïtis. In de Grendelpengroep konden daarentegen posttraumatische osteïtiden tot genezing gebracht worden.

10.5.4. Vertraagde botgenezing

In 11 gevallen (n = 38 fracturen) was er sprake van een vertraagde botgenezing (28,9%). In de Grendelpengroep trad slechts bij 7,7% (n = 52 fracturen) een vertraagde botgenezing op.

10.6. Samenvatting

Bij de Heerlense osteosynthesen traden in 26,5% van de gevallen operatietechnische problemen op die voornamelijk te wijten waren aan de beperkingen van het osteosynthesemateriaal. Bij de Grendelpenosteosynthesen bleef het percentage operatieve problemen beperkt tot 16,4%.

Opvallend is dat een patiënt met een Grendelpenosteosynthese zonder begeleiden- de letsels het been 54 dagen eerder partieel en 184 dagen eerder volledig kon belasten dan een vergelijkbare patiënt uit de Heerlense groep.

Het posttraumatische osteïtis percentage was in de Grendelpengroep met 7,7% duidelijk lager dan in de niet-Grendelpengroep met 17,6%.

Vaak (23,5%) was de primaire operatie bij de fracturen uit Heerlen niet voldoende om deze tot genezing te brengen. Voor de Grendelpenosteosynthesen lag dit percentage op 11,5%.

28,5% Van de Heerlense fracturen vertoonde een vertraagde botgenezing tegen slechts 7,7% van de Grendelpenosteosynthesen.

HOOFDSTUK 11

FUNCTIONELE EN ANATOMISCHE RESULTATEN

11.1. Looppatroon

Bij het na-onderzoek werd gelet op het looppatroon en op het gebruik van kruken, stokken en orthopaedische hulpmiddelen als loopapparaten, speciaal schoeisel, hakverhogingen etc. De patiënten werden verzocht een stukje te lopen, waarbij gelet werd op de symmetrie van het looppatroon (gelijke staplengte, verticale lichaamsas), trekken met het been en het gebruik van een kruk of een stok. Wanneer de patiënt zich bediende van hulpmiddelen als kruk of stok of wanneer het looppatroon niet vloeiend was, werd dit als abnormaal beschouwd indien dit het gevolg was van het letsel van het bovenbeen. Van de Grendelpengroep had 90,2% een normaal looppatroon. Bij de andere technieken was dit percentage 72,7% (tabel 27). (De overleden en de niet na-onderzochte patiënten alsmede één paraplegische patiënt werden niet meegerekend).

Tabel 27 Looppatroon

	Grendelpengroep (n = 41 patiënten)	(%)	Niet-Grendelpengroep (n = 33 patiënten)	(%)
Normaal	37	(90,2)	24	(72,7)
Abnormaal	4	(9,8)	9	(27,3)
Gebruik van kruk e.q. stok	0		3	
Orthopaedische hulpmiddelen	2		4	

11.2. Kniefunctie

Het is een bekend gegeven dat na femurfracturen en vooral na distale fracturen vaak een beperkte kniefunctie resteert (Nicols 1963, Conolly 1973, van Duyn 1977). Charnley (1947) en Damholt (1972) hebben aangetoond dat een lange consolidatieduur de voornaamste oorzaak is voor het ontstaan van een slechte kniefunctie. Het optreden van adhaesie's en contracturen binnen het strekapparaat wordt begunstigd door een vertraagde botgenezing (Charnley 1947). In de studie van Tscherne (1977) had 24% van de patiënten met meerfragmentfracturen (n = 160 fracturen), die vrijwel allen met platen waren behandeld, een beperkte kniefunctie. Tscherne weet dit aan het feit, dat de meeste van deze patiënten vaker geopereerd waren in verband met een vertraagde botgenezing en/of een posttraumatische osteïtis.

Om beperkingen van de kniefunctie te kunnen classificeren, werd de indeling van van Duyn (1977) gehanteerd (tabel 28).

Tabel 28 Indeling kniefunctie (van Duyn)

zeer goed	– flexie en extensie van beide knieën zijn gelijk
	– patiënt heeft geen pijnklachten
goed	– de flexie is minimaal 95°
	– de extensiebeperking is maximaal 10°
	– er zijn geen pijnklachten
slecht	– flexie minder dan 95°
	– extensiebeperking meer dan 10°
	– pijnklachten in rust of bij normale belasting van de knie.

De resultaten blijken uit tabel 29. (De overleden patiënten, de niet na-onderzochte patiënten, de patiënten met dubbelzijdige femurfracturen en de patiënten waarbij begeleidente (homolaterale) letsels de oorzaak van de slechte kniefunctie waren, werden niet meegerekend).

Tabel 29 Kniefunctie

	Grendelpengroep (n = 35 patiënten)	(%)	Niet-Grendelpengroep (n = 30 patiënten)	(%)
Zeergoed	29	(82,9)	22	(73,3)
Goed	5	(14,3)	4	(13,3)
Slecht	1	(2,9)	4	(13,3)

11.3. Heupfunctie

De beweeglijkheid van het heupgewricht werd onderzocht. De flexie-extensie, abductie en exo-endorotatiefunctie van beide heupgewrichten werd gemeten en vergeleken. Een rechts-links verschil $\leq 10^\circ$ werd als niet afwijkend beschouwd. (De overleden patiënten, de niet na-onderzochte patiënten, de patiënten met dubbelzijdige femurfracturen en de patiënten waarbij begeleidente (homolaterale) letsels de oorzaak van de slechte heupfunctie waren, werden niet meegerekend.) De heupfunctie werd in 4 groepen onderverdeeld (Börner 1983) (tabel 30):

Tabel 30 Indeling heupfunctie (Börner)

Zeergoed	– geen functiebeperking in vergelijking met de andere kant.
Goed	– geringe functiebeperking van max. 20° in één van de onderzochte richtingen.
Redelijk	– functiebeperking maximaal 30° in één van de onderzochte richtingen.
Slecht	– functiebeperking meer dan 30° in één van de onderzochte richtingen.

Tabel 31 Heupfunctie

	Grendelpengroep (n = 36 patiënten)	(%)	Niet-Grendelpengroep (n = 32 patiënten)	(%)
Zeer goed	29	(80,6)	24	(75,0)
Goed	3	(8,3)	5	(15,6)
Redelijk	2	(5,6)	3	(9,3)
Slecht	2	(5,6)	0	

2 Patiënten (F23G, F38G) hadden na een Grendelpenosteosynthese een slechte functie van het heupgewricht (tabel 31). Bij deze patiënten was de slechte heupfunctie waarschijnlijk te wijten aan de posttraumatische osteïtis die een zeer moeilijke en langdurige fractuurbehandeling noodzakelijk maakte.

11.4. Verschillen in femurlengte

Alleen het vergelijkende röntgenologische onderzoek kan zekere informatie verschaffen omtrent een verschil in femurlengte en de oorzaak daarvan. Beenlengte verschillen tot 1 cm geven nooit klinische symptomen en tot 2 cm zijn er meestal geen klachten (Morscher 1967). Een beenlengteverschil van meer dan 2 cm moet de patiënt corrigeren. Een verkorting tot 3 cm wordt gecorrigeerd door een bekken-scheefstand. Bij grotere verkortingen gaat de patiënt met een spitsvoet lopen aan de kant van de verkorting en met een gebogen knie aan de andere kant. Dit is bijzonder vermoeiend en op den duur ontstaat er een spits-holvoet met pijnlijke contracturen en een verkorting van de flexoren van de voet. Door het feit dat de patiënt constant met een gebogen knie van het andere been loopt, valt de mechanische as achter het kniegewricht, waardoor er een overbelasting van het strekapparaat ontstaat met op den duur een patello-femorale arthrose. De bekkenscheefstand veroorzaakt bovendien op den duur spondylarthrotische verschijnselen op het niveau $L_5 - S_1$ (Nicod 1967). In het algemeen ziet men bij een verkorting tot 2 cm geen reden om een corrigerende osteotomie uit te voeren (Zenker 1972, Mockwitz 1982). Bij beenverkortingen van meer dan 2 cm is er, indien ook de patiënt dat wenst, een indicatie voor een verlengingsosteotomie. Volgens Lang (1967) kunnen verkortingen tot 6 cm goed gecorrigeerd worden met een aangepaste schoen.

Bij het berekenen van de lengte van beide femora werden alleen meetgegevens gebruikt verkregen van de "Bein-Ganzaufnahmen" volgens Spirig (1967) die bij elke patiënt, die ter na-controle kwam, werden gemaakt. Verschillen in femurlengte < 1 cm werden als niet afwijkend beschouwd, omdat zij geen klinische relevantie hebben. De lengte van het femur werd bepaald door de loodlijn van de bovenzijde van de femurkop naar te laten op de lijn die de basis van de beide condylen verbindt. De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in tabel 32.

Tabel 32 Verschillen in femurlengte

	Grendelpengroep (n = 36 fracturen)	(%)	Niet-Grendelpengroep (n = 32 fracturen)	(%)
Femurlengte gelijk of max. 1 cm verschil	29	(80,5)	23	(71,8)
Femur 1 à 2 cm verkort	5	(13,8)	6	(18,8)
Femur > 2 cm verkort	2	(5,5)	3	(9,4)

(De fracturen van de overleden patiënten en de niet na-onderzochte patiënten werden niet meegeteld. Ook de patiënten met dubbelzijdige femurfracturen werden buiten beschouwing gelaten.) 2 Fracturen uit de groep Grendelpenosteosynthesen waren geconsolideerd met een verkorting van meer dan 2 cm:

1. Patiënt F02G (appendix casus 2) had een verkorting van het femur van 6 cm, waarvoor 1,5 jaar later een verkortingsosteotomie van 4,5 cm van het andere femur werd verricht. Bij het na-onderzoek droeg de patiënt een schoenverhoging van 2 cm, waarmee geen bekkenscheefstand aantoonbaar was. Ondanks het feit dat er primair een statische vergrendeling werd verricht, was er een grote verkorting opgetreden. Bij retrospectie van de röntgenopnamen blijkt dat bij deze fractuur met uitgebreide verbrijzeling de operateur de fractuur onvoldoende op lengte heeft gebracht.
2. Patiënt F44G (appendix casus 21) had een proximale fractuur met tendens tot verkorting en varusafwijking. De operateur probeerde de fractuur zoveel mogelijk op lengte te brengen, hetgeen slechts gedeeltelijk lukte. Tevens bleef een lichte varusafwijking bestaan. Het feit dat de fractuur niet volledig op lengte gebracht kon worden, was de voornaamste oorzaak van de verkorting waaraan de 7^e varusafwijking slechts in geringe mate bijdroeg.

Alle verschillen in femurlengte bleken verkortingen te zijn. Wanneer de Grendelpenosteosynthesen met de andere technieken vergeleken worden, dan blijken in de Grendelpengroep 19,3% verkortingen van meer dan 1 cm te zijn opgetreden tegen 28,2% in de groep andere technieken.

11.5. Asafwijkingen in het frontale vlak

Varus- en valgusafwijkingen van de femurschacht beïnvloeden het statisch evenwicht doordat de belastingslijn die normaal door het midden van de knie loopt, meer naar mediaal respectievelijk naar lateraal verloopt. Een varusafwijking geeft een overbelasting van het mediale femoro-tibiale gewricht, waaruit op den duur arthrotische afwijkingen met elongatie en instabiliteit van het laterale bandapparaat resulteren. De kans op het ontstaan van knieklachten neemt toe naarmate de afwijking distaler in de schacht is gelocaliseerd. Varusafwijkingen van de dijbeenhals veroorzaken een verkorting van de pelvi-trochantere musculatuur met in extreme gevallen een positief Trendelenburgsymptoom. Een coxarthrose treedt niet op (Nicod, Debrunner 1967). Meestal treden bij femurschachtfracturen varusafwijkingen op. Valgusafwijkingen zijn zeldzaam en worden vooral in het distale deel van de schacht gezien, met name bij supracondylaire fracturen. Bij een uitgesproken valgusafwijking loopt de patiënt het risico een gonarthrose van het laterale kniegewricht te ontwikkelen met instabiliteit van het mediale bandapparaat. Bij valgusafwijkingen van de dijbeenhals kan er op den duur een coxarthrose ontstaan.

Omtrent de indicaties voor corrigerende osteotomiën waren Rehn (1968) en Mockwitz (1982) duidelijk. Zij beschouwden een varus- of valgusafwijking van 10° als een operatie-indicatie. Nicod (1967) en Debrunner (1967) achtten bij een varusafwijking eerder operatieve therapie aangewezen dan bij een valgusafwijking, omdat normalerwijze de knie ook aan valgusbelasting is blootgesteld. Wanneer de verbindingslijn tussen middelpunt van heup- en enkelgewricht door het meest mediaal gelegen deel van het kniegewricht verloopt en er tekenen van een beginnende arthrose zijn, achtten zij dit een operatie-indicatie. Wanneer de belastingslijn helemaal mediaal van het kniegewricht valt, bestaat er ook zonder arthrotische afwijkingen een operatie-indicatie. Valgusafwijkingen worden veel beter getolereerd en Nicod (1967) adviseerde bij deze afwijkingen dan ook een afwachtende houding aan te nemen tot er klachten optreden.

Afwijkingen in het frontale vlak van minder dan 5° zijn van geen belang en werden als niet afwijkend beschouwd (tabel 33). (De fracturen van de overleden patiënten en van de niet na-onderzochte patiënten werden niet meegerekend. De fracturen van de patiënten met dubbelzijdige femurfracturen werden eveneens buiten beschouwing gelaten.)

Tabel 33 Varus-/valgusafwijkingen

	Grendelpengroep (n = 36 fracturen)	(%)	Niet-Grendelpengroep (n = 32 fracturen)	(%)
Varusafwijkingen 5-10°	7	(19,4)	5	(15,6)
Varusafwijkingen > 10°	0		0	
Valgusafwijkingen 5-10°	1	(2,7)	1	(3,1)
Valgusafwijkingen > 10°	0			

Opvallend is het percentage lichte varusafwijkingen van 19,4%. Dit is een probleem inherent aan de Grendelpentechniek.

Deze varusafwijkingen traden voornamelijk op bij proximale schachtfracturen en vooral wanneer er proximaal geen inklemming van de pen was. Wanneer de pen wel inklemt, biedt dit weerstand aan de variserende werking van de abductoren.

Patiënt F37G (appendix casus 15) is een voorbeeld van een fractuur met verbrijzeling van de proximale mediale cortex, waardoor de fractuur in 10° varus en 10° antecurvatie werd gestabiliseerd.

Het percentage valgusafwijkingen $\geq 5^\circ$ van 2,7% steekt gunstig af tegen de 11,0% van Stapert (1983) bij 118 intramedullaire osteosynthesen.

Er zijn vrij veel lichte varusafwijkingen (19,4%) bij de Grendelpenosteosynthesen. Deze 19,4% varusafwijkingen $\geq 5^\circ$ verschillen duidelijk met de 2,5% in Stapert's studie van 118 intramedullaire osteosynthesen.

De fracturen die met andere technieken werden behandeld, vertoonden in 15,6% van de gevallen een varusafwijking $\geq 5^\circ$.

3,1% Van de fracturen uit deze groep was in een valgusstand $\geq 5^\circ$ geconsolideerd.

11.6. Asafwijkingen in het sagittale vlak

Bij iedere patiënt werden foto's van beide femora in zijdelingse richting gemaakt. Aan de hand hiervan werd de aanwezige re- of antecurvatie bepaald. Consolidatie in sterke antecurvatie kan leiden tot een genu flexum. De belastingslijn loopt dan achter het kniegewricht, waardoor de M. quadriceps ook bij gewoon rechtop staan aangespannen moet blijven om passief buigen van de knie ten gevolge van de statische belasting te voorkomen, waardoor op den duur een pijnlijke contractuur van deze spier ontstaat. Bovendien ontstaat er door de buigstand van de knie een verhoogde druk in het patello-femorale gewricht, waaruit uiteindelijk een arthrosis van dit gewricht resulteert. Het achterste deel van het femoro-tibiale gewricht wordt sterk overbelast en ook hier treden op den duur arthrotische verschijnselen op (Nicod, Debrunner 1967). Een genu recurvatum ten gevolge van een fractuur van de schacht komt niet veel voor, wel bij supracondylaire fracturen (Nicod 1967). Van Duyn (1977) vond bij 8 van de 10 patiënten met een supracondylaire femurfractuur een recurvatiestand die in 2 gevallen groter dan 10° was. Kootstra (1973) constateerde dat bij femurfracturen die behandeld waren met een Küntscherpen zonder opboren van de mergholte er veel patiënten waren met een lichte recurvatiestand van 5° van het femur. Hij verklaarde dit uit het feit dat de fysiologische antecurvatie van de femurschacht door de rechte Küntscherpen werd veranderd in een lichte recurvatiestand. Tegenwoordig hebben de femurpennen allen een lichte antecurvatie overeenkomend met de gemiddelde antecurvatie van de femurschacht.

Mockwitz (1982) beschouwde een re- of antecurvatie van meer dan 10° als een indicatie voor een corrigerende osteotomie. Debrunner en Nicod (1967) waren meer terughoudend. Zij stelden dat de operatie-indicatie moet afhangen van de klachten van de patiënt en de functionele hinder. Een genu flexum van 25° beschouwden zij als een absolute operatie-indicatie. Afwijkingen $< 5^\circ$ werden als niet afwijkend beschouwd. De resultaten zijn weergegeven in tabel 34 (De fracturen van de overleden patiënten, van de niet na-onderzochte patiënten en van de patiënten met dubbelzijdige femurfracturen werden niet meegerekend).

Tabel 34 Hoekstanden in het sagittale vlak

Grendelpengroep (n = 36 fracturen)

	fracturen	(%)		fracturen	(%)
recurvatie $5-10^\circ$	1	(2,8)	antecurvatie $5-10^\circ$	1	(2,8)
recurvatie $> 10^\circ$	0		antecurvatie $> 10^\circ$	1	(2,8)

Niet-Grendelpengroep (n = 32 fracturen)

	fracturen	(%)		fracturen	(%)
recurvatie $5-10^\circ$	1	(3,1)	antecurvatie $5-10^\circ$	3	(9,4)
recurvatie $> 10^\circ$	2	(6,3)	antecurvatie $> 10^\circ$	0	

Het percentage asafwijkingen van 8,4% in de Grendelpengroep komt overeen met de 10,4% die Stapert (1983) bij 115 intramedullaire osteosynthesen vond. Het per-

centage asafwijkingen van 18,8% bij de andere technieken is hoog. Overeenstemmend met de bevindingen van van Duyn (1977) was, dat de fracturen die in sterke recurvatie waren geconsolideerd, allen zeer distale (supracondylaire) schachtfracturen waren.

11.7. Rotatie-afwijkingen

Voor een normale gang is een exorotatie van 10° van het femur noodzakelijk. Bij een exorotatie-afwijking moeten de endorotatoren bij iedere stap het been in de gewenste positie plaatsen. De totale kracht der endorotatoren is 1/10 van die der exorotatoren, zodat het vrij spoedig tot overbelasting van deze spieren komt. Doordat de dijbeenhals in een onnatuurlijke retroversiepositie wordt gedwongen, treedt er een pijnlijke overrekking van het heupkapsel op (Weigert 1968). Volgens Nicod (1967), Mockwitz (1982) en Zenker (1967) wordt een exorotatie-afwijking tot 20° zonder problemen in het heupgewricht gecorrigeerd. Grotere exorotatie-afwijkingen kan het heupgewricht niet compenseren en zullen op den duur tot klachten aanleiding geven. Een exorotatie-afwijking leidt niet tot een coxarthrose maar wel tot arthrotische veranderingen van het laterale femoro-tibiale gewricht (Nicod 1967). Endorotatie-afwijkingen worden vrijwel nooit gezien, maar geven eerder klachten (Zenker 1967). Bij een endorotatie-afwijking groter dan 15° tot 20° is een compensatie in het heupgewricht niet meer mogelijk en wordt de afwijking klinisch zichtbaar. Na verloop van jaren ontstaat er een arthrose van het voorste deel van het heupgewricht; het kapsel-bandapparaat wordt continu overrekt waaruit uiteindelijk een pijnlijke instabiliteit resulteert (Nicod 1967). Wat betreft de knie ontstaat er op den duur een genu varum met arthrose van het mediale compartiment (Nicod 1967). Debrunner (1967) heeft er op gewezen, dat een patellaire chondropathie ten gevolge van patello-femorale discongruentie vaak een van de eerste symptomen van een endorotatie-afwijking is.

Wanneer men rotatie-afwijkingen zeer nauwkeurig wil vaststellen, kan dit alleen met röntgenologische technieken (opname van het bekken volgens Dunn-Rippstein (1955) of met de CT-scan). Hiervan werd in deze studie afgezien om budgettaire redenen. Rotatie-afwijkingen werden met behulp van klinisch onderzoek vastgesteld. Met de patiënt in buikligging werd het verschil in rotatiemogelijkheid van beide heupen gemeten bij 90° gebogen kniegewricht (Spirig 1967, van Joost 1972). Door de endo- en exorotatiemogelijkheid van beide heupen met elkaar te vergelijken, kan men endo- of exorotatie-afwijkingen van de femurschacht vaststellen.

Rotatie-afwijkingen van minder dan 10° zijn bij klinisch onderzoek zeer moeilijk op te sporen en geven geen aanleiding tot klachten. Patiënten met een rotatie-afwijking tot 10° werden derhalve als niet afwijkend beschouwd. De gegevens zijn vermeld in tabel 35. (De fracturen van de overleden patiënten, van de niet na-onderzochte patiënten en van de patiënten met dubbelzijdige femurfracturen werden niet meegerekend. Ook de fracturen van de patiënten waarbij andere letsels aanleiding gaven tot een rotatiebeperking in het heupgewricht werden niet meegeteld.)

Tabel 35 Rotatie-afwijkingen

	Grendelpengroep (n = 32 fracturen)	(%)	Niet-Grendelpengroep (n = 30 fracturen)	(%)
Geen rotatie-afwijkingen	30	(93.8)	29	(96.7)
Rotatie-afwijking 10-20°	2	(6.3)	0	
Rotatie-afwijking > 20°	0		1	(3.3)

Rotatie-afwijkingen van meer dan 20° kwamen bij de Grendelpenosteosynthesen niet voor. Dit resultaat is als goed te beschouwen, omdat slechts rotatie-afwijkingen van meer dan 20° consequenties hebben voor de statiek van het been en het ontstaan van arthrotische veranderingen aan heup- en kniegewricht kunnen veroorzaken.

Bij patiënt F04G (appendix casus 3) was er ten tijde van het na-onderzoek een endorotatie-afwijking van 15°. Bij patiënt F20G was er een exorotatie-afwijking van 15°. Een duidelijke verklaring voor beide rotatie-afwijkingen is er niet. Beide fracturen werden statisch vergrendeld en in de operatieverslagen werd geen melding gemaakt van peroperatieve problemen met betrekking tot de rotatie. Wanneer we het percentage rotatie-afwijkingen > 20° van 0% bij de Grendelpenosteosynthesen vergelijken met de 47% van Stapert (1983) bij 107 intramedullaire osteosynthesen dan is dit verschil te verklaren uit het feit, dat de patiënten uit de Grendelpengroep allen in rugligging werden geopereerd, waarbij men meer controle heeft over de rotatiestand van het been. De belangrijkste reden is dat een statisch vergrendelde pen een veel grotere rotatiestabiliteit heeft, waardoor het optreden van secundaire rotatie-afwijkingen uitgesloten is.

11.8. Arthrosis deformans

Heup- en kniegewricht werden via radiologische criteria beoordeeld op de aanwezigheid van arthrosis deformans. Vier gradaties werden hierbij onderscheiden: geen, lichte, matige of ernstige afwijkingen (van Duyn 1977) (tabel 36 en 37).

Tabel 36 Indeling arthrosis deformans (van Duyn)

Geen	: geen versmalling gewrichtsspleet geen sclerose subchondrale bot geen osteophyten.
Licht	: geen versmalling gewrichtsspleet lichte subchondrale sclerose geen osteophyten.
Matig	: lichte versmalling gewrichtsspleet duidelijke sclerose subchondrale bot kleine osteophyten.
Ernstig	: duidelijk versmalde gewrichtsspleet cystevorming subchondraal forse osteophyten.

(De overleden patiënten en de niet na-onderzochte patiënten werden niet meegerekend, alsmede de patiënten waarbij andere letsels aanleiding gaven tot arthrosis deformans.)

Tabel 37 Arthrosis deformans

	Heupgewricht				Kniegewricht			
	Grendelpengroep (n = 46 fracturen) (%)		Niet-Grendelpengroep (n = 32 fracturen) (%)		Grendelpengroep (n = 41 fracturen) (%)		Niet-Grendelpengroep (n = 17 fracturen) (%)	
ernstig	–		–		–		–	
matig	–		1	(3,1)	–		1	(5,8)
licht	–		–		–		1	(5,8)
geen	–		–		–		–	

In de Grendelpengroep was er geen arthrosis deformans die te wijten was aan de Grendelpenosteosynthese of de complicaties daarvan. In de niet-Grendelpengroep was er éénmaal een matige coxarthrose (patiënt H11K), ten gevolge van een partiële femurkopnecrose die ontstaan was door een te mediaal ingebrachte Küntscherpen. Tweemaal was een gonarthrose aanwezig (patiënten H01P en H11P) ten gevolge van een geïnfecteerde plaatosteosynthese en de late complicaties hiervan.

11.9. Samenvatting

De functionele resultaten waren in de Grendelpengroep beter dan bij de andere technieken. Zowel wat betreft looppatroon als wat betreft knie- en heupfunctie waren er verschillen ten gunste van de Grendelpenosteosynthesen: van de Grendelpenpatiënten had 90,2% een normaal looppatroon tegen 72,7% van de andere patiënten. Een zeer goede knie- en heupfunctie had respectievelijk 82,5% en 80,6% van de Grendelpenpatiënten, tegen respectievelijk 73,3% en 75,0% van de patiënten die met andere technieken werden behandeld.

De anatomische resultaten verschilden in beide groepen alleen wat betreft het aantal beenverkortingen. Bij de Grendelpenpatiënten was er in 15,3% van de gevallen een verkorting van het femur van meer dan 1 cm. Bij de andere patiënten was dit percentage 28,2%.

Opvallend is dat bij de Grendelpenosteosynthesen geen rotatie-afwijkingen optraden, waarvoor de intramedullaire osteosynthesen in het algemeen berucht zijn.

DEEL VI

ENKELE SOCIO-ECONOMISCHE
ASPECTEN

3 Patiënten (n = 48 patiënten) uit de Grendelpengroep waren volledig arbeidsongeschikt. (Niet meegerekend werden de kort na operatie overleden patiënten.) Deze arbeidsongeschiktheid was niet het gevolg van de behandeling van de femur-schachtfractuur, maar was ten gevolge van begeleidende letsels. Van de overige 45 patiënten waren er 41 werkzaam in hun oude beroep. 2 Patiënten waren werkloos, maar wel in staat hun beroep uit te oefenen. Eén patiënt was omgeschoold en één patiënt werd niet na-onderzocht. In totaal oefende 85,4% van de patiënten zijn oude beroep uit. De gemiddelde duur van de arbeidsongeschiktheid (n = 45 patiënten) bedroeg 9 maanden.

In de niet-Grendelpengroep (n = 35 patiënten) waren 9 patiënten volledig arbeidsongeschikt ten gevolge van het ongeval. Bij 6 van deze patiënten was de arbeidsongeschiktheid alléén te wijten aan de late gevolgen van de femurfractuur (patiënten H10K, H14K, H01E, H03P, H08P, H15P). Deze patiënten hadden of geen begeleidende letsels of er was een volledig herstel van deze letsels opgetreden.

De duur van de arbeidsongeschiktheid was in de niet-Grendelpengroep gemiddeld 20 maanden (n = 26 patiënten) (Niet meegerekend werden de overleden patiënten en de patiënten die blijvend arbeidsongeschikt waren). Dit is veel langer dan de gemiddelde arbeidsongeschiktheidsduur van 9,17 maanden in Kootstra's serie (1973) van femurfracturen waarbij diverse behandelingen werden toegepast. Dit verschil kan verklaard worden uit het feit dat in deze studie alleen meerfragment- en etagefracturen werden opgenomen waarbij de patiënten gemiddeld meer ongevalsletsels vertoonden.

8 Van de 26 patiënten in de niet-Grendelpengroep, die niet blijvend arbeidsongeschikt waren, hadden een omscholing ondergaan. Dit betekent dat van de nog in leven zijnde patiënten (n = 35 patiënten) 60% zijn oorspronkelijke beroep uitoefende.

De patiënten uit de Grendelpengroep waren gemiddeld 11 maanden eerder aan het werk dan de patiënten waarbij andere technieken werden toegepast. Dit verschil kan gedeeltelijk worden toegeschreven aan het feit, dat de Grendelpentechniek met name bij dit soort fracturen een superieure techniek lijkt te zijn. Anderzijds is het zo dat de normen ter beoordeling van iemands arbeidsongeschiktheid in West-Duitsland veel strenger zijn. Daar zijn het vooral objectieve criteria die de arbeidsongeschiktheid bepalen en niet zozeer het subjectieve klachtenpatroon van de patiënt, waarmee in Nederland veel meer rekening wordt gehouden. Bovendien nodigt het Duitse controlesysteem op ziekte en arbeidsongeschiktheid de patiënt veel minder uit tot misbruik van de sociale voorzieningen.

De gemiddelde leeftijd van alle bij dit onderzoek betrokken patiënten was 27,4 jaren. Een patiënt van die leeftijd met een modaal inkomen van f 2.950,- bruto, die volledig arbeidsongeschikt wordt (80-100% W.A.O.), kost de Nederlandse Staat f 1.274.400,- aan uitkeringen tot aan zijn dood. Bij deze berekening werd er gemakshalve van uitgegaan, dat de patiënt 72 jaar wordt (dit is de gemiddelde leeftijd

van een Nederlandse man volgens C.B.S.-gegevens over 1982) en dat zijn W.A.O.-uitkering gelijk blijft en gecontinueerd wordt tot aan zijn dood (De W.A.O.-uitkering bij 80% arbeidsongeschiktheid is momenteel f 2.360,- bruto per maand berekend op basis van een modaal inkomen van f 2.950,- bruto).

Wat een geïnfecteerde femurpseudarthrose alleen al aan verpleging kan kosten moge blijken als patiënt H14K met een geïnfecteerde femurpseudarthrose na Küntscherpenosteosynthese als voorbeeld wordt genomen. Deze patiënt verbleef, verspreid over 5 jaren, 522 dagen in het ziekenhuis. Wanneer wordt uitgegaan van een gemiddelde verpleegprijs van f 496,- per dag (gegevens C.B.S. over 1982), dan komen we op een bedrag van f 273.732,- alleen al aan verpleegkosten. Hierbij zijn niet inbegrepen de kosten van de diverse operaties, medicamenten, implantaten, orthopaedische hulpmiddelen, transport van en naar het ziekenhuis en van röntgen- en laboratoriumonderzoek.

Het is lofwaardig dat in het curriculum van de medische faculteit te Maastricht vanaf de allereerste bloktoets aandacht wordt besteed aan de economie van de gezondheidszorg. Deze lijn dient doorgetrokken te worden naar de curricula voor specialistenopleidingen; het economisch aspect van elke ingreep dient een onderdeel te vormen van de verwerving der specifieke bekwaamheden van iedere specialist. Het begrip levenskwaliteit, hoe vaag omschreven ook, dient hierbij niet uit het oog verloren te worden. Volgens Lemmens (1984) kan levenskwaliteit beschouwd worden als de exponent van creativiteit, met het daarbij onverbrekelijk verbonden geluksgevoel. Creativiteit dient hierbij beschouwd te worden als de deelname aan dagelijkse levensactiviteiten aangepast per individu. Dit zal leiden tot een genuanceerdere en meer patiënt-gerichte benadering in plaats van een bepaald dogmatisme en automatisme hetgeen helaas nog te vaak voorkomt ten aanzien van de behandeling van patiënten in het algemeen en ongevalsletsels in het bijzonder. De economische winst zal berekenbaar zijn, de winst aan levenskwaliteit onberekenbaar groot.

Naast de verbetering van de operatietechniek en het osteosynthesemateriaal kunnen ook verkeerstechnische maatregelen ter preventie van ongevalsletsels getroffen worden. Bij motorrijders fungeert het menselijk lichaam als kreukelzone. De knie vangt bij een botsing vaak de eerste klap op. Hierdoor kunnen ernstige letsels van knie, femur en heup ontstaan (Vollmar 1960). De montage van een valbeugel, die de knie beschermt, kan het aantal en de ernst van deze letsels sterk verminderen. Dit blijkt uit het feit, dat bij scooterrijders deze letsels nauwelijks voorkomen doordat zij direct in de valfase komen door het metalen scherm dat zich vóór de knieën bevindt (Gögler 1968). De montage van een valbeugel zou een wettelijke verplichting moeten worden voor alle tweewielige motorvoertuigen. Het aantal en de ernst van knie-, femur- en heupletsels bij de berijders van deze voertuigen zou hierdoor verminderd kunnen worden.

Ook psychologische factoren zijn van belang. Het idealiseren van het motorrijden, zoals in reclame-advertenties voor motoren helaas gebruikelijk is, zou verboden moeten worden of op z'n minst zouden in de reclame-advertenties ook de risico's van het motorrijden vermeld moeten worden. Bij veel jongeren vormt de motor een cultus die het dagelijks leven grotendeels beheerst en heeft de liefde voor het motorvoertuig veel met eigen liefde te maken (Winter-Klemm 1983)

HOOFDSTUK 13

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

13.1 Samenvatting en conclusies

In deze studie worden meerfragment- en etagefracturen als een aparte groep gezien omdat deze fracturen moeilijk te behandelen zijn en in de weinige publicaties over dit onderwerp een hoog percentage complicaties wordt aangegeven. De gegevens van 89 patiënten met 93 van deze fracturen uit een collectief van 458 patiënten met femurschachtfracturen zijn in deze studie verwerkt. Hiertoe werd door de auteur het patiëntenmateriaal uit de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik te Frankfurt en uit het De Weverziekenhuis te Heerlen uitvoerig bestudeerd.

Vanaf 1972 zijn in de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik alle femurschachtfracturen met een Grendelpen gestabiliseerd. Hierdoor is in de periode 1973 - 1981 een gesloten serie van 52 patiënten ontstaan met 55 meerfragment- en etagefracturen van de femurschacht. Als referentiekader zijn de gegevens van 37 patiënten met 38 soortgelijke fracturen, die in de periode 1974 - 1981 in het De Weverziekenhuis werden behandeld, bestudeerd. Deze patiënten werden met verschillende technieken behandeld.

Het gebruik van operatieve en niet-operatieve technieken en combinaties van technieken was voornamelijk te wijten aan het feit, dat het beschikbare osteosynthesemateriaal onvoldoende mogelijkheden bood om bij deze fracturen één bepaalde techniek toe te passen. In dit opzicht zijn de behandelingsmethoden en de resultaten uit het De Weverziekenhuis waarschijnlijk representatief voor de situatie in de meeste Nederlandse klinieken waar men niet de beschikking heeft over de Grendelpen.

De resultaten van de Grendelpenosteosynthesen worden geplaatst tegenover de resultaten van de andere behandelingstechnieken. Vanwege de relatieve zeldzaamheid van deze fracturen is het niet mogelijk elke techniek afzonderlijk te vergelijken met de Grendelpenosteosynthesen. Wel vormden de patiënten uit het De Weverziekenhuis een gesloten patiëntenreeks die in zijn totaliteit vergeleken kan worden met de Grendelpenosteosynthesen. Het is niet de bedoeling absolute uitspraken te doen aan de hand van de verkregen resultaten in beide groepen. De opzet van dit onderzoek is te laten zien welke de resultaten van de Grendelpenosteosynthese zijn bij deze moeilijke fracturen.

In hoofdstuk 2 wordt de femurschacht gedefinieerd en wordt de indeling van femurschachtfracturen toegelicht.

In het kort wordt in hoofdstuk 3 het fractuurtype en de ontstaanswijze van fracturen aangegeven. De wijze waarop bij verschillende verkeersdeelnemers een femurschachtfractuur kan ontstaan, wordt toegelicht.

De voor- en nadelen van andere behandelingstechnieken worden in hoofdstuk 4 opgesomd. Niet-operatieve behandelingstechnieken gaan gepaard met een hoog percentage vertraagde botgenezingen, re-fracturen en beenverkortingen. Boven-

dien blijft er vaak een beperkte kniefunctie bestaan en is de patiënt 3 tot 5 maanden in het ziekenhuis. Ook bij de operatieve technieken ontstaan regelmatig complicaties omdat conventionele platen en pennen niet geschikt zijn om deze complexe fracturen effectief te stabiliseren. Bovendien wordt door het aanbrengen van het osteosynthesemateriaal een groot additioneel trauma aan het bot en de weke delen toegevoegd.

Hoofdstuk 5 behandelt de arteriële doorbloeding van lange pijpbeenderen en de storingen die hierin optreden ten gevolge van fracturen. De invloed van verschillende osteosynthesetechnieken op de vascularisatie wordt besproken.

Aan de hand van gegevens uit experimentele studies worden de voordelen toegelicht, die een via de gesloten operatietechniek ingebrachte Grendelpen uit oogpunt van vascularisatie biedt.

Historische aspecten en achtergronden van intramedullaire osteosynthesen en in het bijzonder van de Grendelpen zijn ondergebracht in hoofdstuk 6.1.

Hoofdstuk 6.2. handelt over de biomechanische eigenschappen van de mergpen en de daarvan afgeleide Grendelpen. Met name het verschil tussen een Küntscherpen en een statisch vergrendelde pen is essentieel. In het laatste geval moet het osteosynthesemateriaal alle lasten dragen tot de fractuur geconsolideerd is.

Het indicatiegebied van de Grendelpen vormt het thema van hoofdstuk 6.3. Met deze techniek kunnen fracturen vanaf de trochanter minor tot 6 cm boven de kniespleet behandeld worden. Bovendien is de techniek zeer geschikt om pseudarthrosen en pathologische fracturen te behandelen en om corrigerende osteotomien uit te voeren. De begrippen dynamische en statische vergrendeling en de specifieke indicaties voor deze twee technieken worden uiteengezet.

Hoofdstuk 6.4. behandelt de vraag of het de voorkeur verdient een intramedullaire osteosynthese via de open of de gesloten operatietechniek te verrichten. Op grond van literatuurgegevens wordt geconcludeerd dat gestreefd moet worden naar een gesloten operatietechniek.

In hoofdstuk 6.5. komt de operatietechniek uitvoerig aan de orde. De ligging van de patiënt op de rektafel wordt besproken. Een goede ligging op de rektafel is essentieel voor het slagen van de operatie. De operatietechniek wordt stapsgewijs besproken. Voor de twee in de handel zijnde systemen wordt de operatietechniek beschreven.

In hoofdstuk 6.6. wordt de nabehandeling van een Grendelpenosteosynthese aangegeven.

De operatietechniek van de Grendelpen is niet eenvoudig. In hoofdstuk 6.7. worden systematisch de problemen besproken die bij de operatie kunnen optreden en wordt aangegeven hoe deze problemen te vermijden of op te lossen zijn.

Hoofdstuk 7 is gewijd aan de gevolgde procedure bij het na-onderzoek en het opsporen van de patiënten. De ten tijde van het na-onderzoek overleden patiënten en de niet na-onderzochte patiënten worden apart besproken.

In hoofdstuk 8 vindt een analyse van het patiëntenbestand plaats. 70% Van de patiënten was ten tijde van het ongeval tussen de 16 en 35 jaar. 86,5% Van de patiënten was het slachtoffer van een verkeersongeval. Dit hoge percentage is te verklaren uit het feit, dat meerfragment- en etagefracturen meestal ten gevolge van grote krachten zoals bij verkeersongevallen ontstaan. In totaal bleken 22,6% van de fracturen open te zijn. Voor alle patiënten werd de Injury Severity Score berekend. De gemiddelde I.S.S. was 27,7. Van alle patiënten had 73% begeleidend letsels. Deze letsels werden verdeeld naar letsels van algemene aard en specifieke homolaterale letsels. 41,5% Van de patiënten vertoonde een begeleidend schedel-hersen-trauma, 11,2% een heterolaterale femurfractuur en 23,7% een homolaterale onderbeenfractuur.

De hoofdstukken 9 en 10 geven de behandelingsresultaten weer die bij de Grendelpenosteosynthesen zijn behaald. Deze gegevens worden vergeleken met de resultaten van de andere technieken. In de Grendelpengroep waren er in 5,4% van de gevallen technische problemen tijdens de operatie die de repositie of de stabiliteit beïnvloedden. In de niet-Grendelpengroep was dit percentage 26,5%. Er zijn een aantal grensindicaties voor de toepassing van een Grendelpen. De hierbij toegepaste technieken worden aangegeven en van commentaar voorzien. Met name een gecombineerd letsel van dijbeenhals en femurschacht kan met een Grendelpen efficiënt behandeld worden. Het tijdstip waarop het been partieel en volledig belast kon worden, bleek bij een Grendelpenosteosynthese gemiddeld 37 en 118 dagen eerder te zijn dan bij de patiënten die met andere technieken behandeld werden. De fracturen met een Grendelpenosteosynthese waren gemiddeld 4 maanden eerder geconsolideerd dan de met andere technieken behandelde fracturen. Met betrekking tot de postoperatieve complicaties waren er hele duidelijke verschillen ten gunste van de Grendelpen zeker met betrekking tot het percentage osteïtis en vertraagde botgenezing. In de groep Grendelpenosteosynthesen kwamen deze complicaties beduidend minder voor. Dit verschil kan verklaard worden uit het feit dat de Grendelpen meer stabiliteit biedt bij een geringer operatietrauma. Het percentage fracturen met een vertraagde botgenezing van 7,7% is laag in vergelijking met in de literatuur gepubliceerde gegevens van plaatosteosynthesen voor soortgelijke fracturen.

Hoofdstuk 11 is gewijd aan de functionele en anatomische resultaten.

De functionele resultaten waren bij de Grendelpenpatiënten beter dan bij de andere patiënten. De anatomische resultaten verschilden wat beide groepen betreft niet opvallend met gegevens uit andere studies. Bij de Grendelpenosteosynthesen werden in 20% van de gevallen lichte varusafwijkingen gezien. Dit is typisch voor de Grendelpen met name bij proximale fracturen wanneer de pen geen inklemming heeft in het proximale hoofdfragment. Opvallend is dat rotatie-afwijkingen, die frequent gezien worden bij andere intramedullaire osteosynthesetechnieken, bij de Grendelpen niet voorkwamen.

Enkele socio-economische aspecten komen in hoofdstuk 12 aan de orde.

Het valt op dat de patiënten met een Grendelpenosteosynthese gemiddeld 11 maanden eerder aan het werk waren dan de andere patiënten. Dit verschil wordt zeker door de andere arbeidsmoraal van de Duitsers en het strenge controlesysteem op arbeidsongeschiktheid, dat in West-Duitsland gehanteerd wordt, beïnvloed.

16% Van de niet-Grendelpengroep was volledig arbeidsongeschikt ten gevolge van complicaties van de fractuurbehandeling. Geen van de Grendelpenpatiënten daarentegen was blijvend arbeidsongeschikt ten gevolge van de fractuur.

De eigenlijke waarde van een bepaalde osteosynthesetechniek in de behandeling van femurschachtfracturen blijkt uit de resultaten die behaald worden in de behandeling van moeilijke, d.w.z. meerfragment- en etagefracturen. De conclusie die men aan dit proefschrift kan verbinden is, dat de Grendelpen bij uitstek geschikt is voor de behandeling van alle femurschachtfracturen. Met de Grendelpen heeft men de beschikking over een universele techniek waarmee alle femurschachtfracturen behandeld kunnen worden en waarmee ook bij moeilijke fractuurvormen goede resultaten verkregen kunnen worden, vooral wanneer men bedenkt voor welke problemen deze fracturen de chirurg in het verleden plaatste.

13.2. Summary and conclusions

In this study, comminuted and segmental fractures of the femoral shaft have been considered as a single group because they are both difficult to treat and the small number of publications available on the subject indicate a high percentage of complications. For the purpose of this study, data were collected on 89 patients with 93 such fractures, selected from a total of 458 case histories. The author has made a detailed study of case histories of the Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik in Frankfurt and of the De Wever Hospital in Heerlen.

Since 1972, all fractures of the femoral shaft at the Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik have been stabilised by means of the interlocking nail, so that a homogeneous group of 52 patients with 55 comminuted or segmental femoral shaft fractures was obtained between 1973 and 1981. The case histories of 37 patients treated at the Wever Hospital between 1974-1981 for fractures of this type were used as a reference group. These patients were treated by various methods. The use of operative, non-operative or combined techniques was mainly due to the fact that the available osteosynthesis material provided insufficient possibilities for application of one specific technique for treatment of all these fractures. In this respect, the results obtained at the De Wever Hospital are probably representative for most Dutch hospitals.

The results of the interlocking nail osteosynthesis have been compared to the results obtained by means of other techniques. Due to the fact that these types of fracture are relatively rare, it has not been possible to make separate comparisons between the interlocking nail and each of the other techniques. The total number of De Wever Hospital patients nonetheless constituted a homogeneous group comparable with the patients who underwent interlocking nail osteosynthesis. It is not the author's intention to draw hard and fast conclusions on the basis of the results in these two groups. The object of this study is to describe the excellent results obtained by means of interlocking nail osteosynthesis.

The femoral shaft is defined in chapter 2 and an explanation is given concerning the categorisation of femoral shaft fractures.

Chapter 3 deals with the accident pattern which causes such fractures. The manner in which femoral shaft fractures can occur in different accidents is also explained.

The advantages and disadvantages of other techniques are summarised in chapter 4. The literature reveals that non-operative treatment results in a high percentage of delayed union, refracturing and shortening of the leg. Furthermore, kneefunction is often impaired and patients are confined to hospital for periods varying between 3 and 5 months.

Complications also occur regularly as the result of operative techniques. This is mainly due to the fact that conventional nails and plates are not suitable for efficient stabilisation of these complex fractures. In addition, application of the osteosynthesis material causes considerable supplementary trauma to both the bone and the soft tissues.

Chapter 5 discusses the blood circulation in long bones and the circulatory malfunctions which can be caused by fractures. The effect of various osteosynthesis techniques on vascularisation is discussed. On the basis of data obtained from experimental studies, the advantages of application of the interlocking nail by means of closed operative techniques are explained from the vascularisation angle.

The historical aspects and background of intramedullary osteosynthesis and, in particular, of the interlocking nail technique are handled in chapter 6.1.

Chapter 6.2. concerns the biomechanical properties of the intramedullary nail and the interlocking nail developed from it. There are a number of important differences. In particular, the difference between a Küntscher nail and a static interlocked nail is of essential importance. In the case of the latter, the osteosynthesis material has to bear the full stress until the fracture has healed.

The indications for the interlocking nail are the subject of chapter 6.3. It appears that this technique is suitable for the treatment of fractures in the area between the trochanter minor and a point 6 cm above the knee-joint. Furthermore, the technique is highly suitable for treatment of pseudoarthroses and pathological fractures and for correction osteotomies. The concepts of dynamic and static interlocking and the specific indications for these two techniques are defined.

Chapter 6.4. is dedicated to the discussion of whether it is preferable to practice intramedullary osteosynthesis by means of open or closed operative techniques. The author is of the opinion that preference should be given to the closed operative technique whenever possible.

The advantages and disadvantages of the operative techniques are handled in detail in chapter 6.5. The various positions on the extension table are discussed. A good position on the extension table is essential for the success of the operation. The successive procedures during the operation are discussed stage by stage and the operative techniques for the two commercially available systems are described.

Chapter 6.6. gives a brief description of the follow-up treatment of interlocking nail osteosynthesis.

The interlocking nail technique is not simple. Chapter 6.7. provides a systematic review of the problems which can arise during the operation with an indication of the manner in which they can be avoided or solved.

Chapter 7 concerns tracing patients and the procedure followed during the follow-up examination. Both the patients who had died before the time the follow-up examination was planned and those who did not undergo such an examination (for other reasons) are discussed separately.

Chapter 8 provides an analysis of the patient group. At the time of their accident, 70% of the patients were aged between 16 and 35. 86.5% of the patients were

victims of roadtraffic accidents. This high percentage can be explained by the fact that comminuted and segmental fractures usually occur as the result of heavy impact, as is the case in such accidents. A total of 22.6% of the injuries appeared to consist of open fractures. The Injury Severity Score was calculated for all patients. The average I.S.S. was 27.7 and 73% of the patients suffered additional lesions. These lesions were divided into those of a general nature and specific homolateral lesions. 41.5% of the victims suffered brain concussion, 11.2% had heterolateral femoral fractures and 23.7% homolateral fractures of the lower leg.

Chapters 9 and 10 give the results obtained by means of interlocking nail osteosynthesis. These results are compared to those obtained by means of alternative techniques. 5.4% of the patients in the interlocking nail group presented technical problems during the operation which had effects on reposition or stability of the fracture. This percentage in the non-interlocking nail group was 26.5%. There are a number of borderline indications for the interlocking nail. The techniques used in such cases are indicated with comments. A combined fracture of the neck and the shaft of the femur, for example, is particularly well suited for interlocking nail osteosynthesis.

The time before the leg could carry partial (of full) weight averaged 37 (or 118) days less with the interlocking nail than with the other techniques. Fractures treated by means of the interlocking nail healed, on average, 4 months earlier than fractures treated by means of alternative techniques. With regard to post-operative complications, there were clear differences in favour of the interlocking nail in relation to the development of osteitis and delayed union. These complications occurred far less frequently in the patients treated by the interlocking nail. This difference can be explained by the fact that the interlocking nail provides greater stability and causes less operative trauma. The percentage of 7.7 for fractures with delayed union is low in comparison with the figures published in the literature for plate osteosynthesis of similar fractures.

Chapter 11 is dedicated to the functional and anatomical results. The functional results were better in the interlocking nail patients. The anatomical results for both groups varied only slightly from those obtained in other studies. Slight varus deformity was noted in 20% of the interlocking nail patients. This is typical for the interlocking nail, particularly in the case of proximal fractures, when the nail is not elastically wedged in the main proximal fragment. It is worthy of note that the rotation problem frequently resulting from other intramedullary osteosynthesis techniques was totally absent in the interlocking nail group.

A number of socio-economic aspects are dealt with in chapter 12. It is interesting to observe that the patients treated by means of the interlocking nail were back at work, on average, 11 months earlier than the other patients. This difference is certainly due in part to a different attitude towards work among the Germans, as well as to the strict control on disablement exercised in West Germany. A total of 16% of the non-interlocking nail patients were permanently disabled as a result of complications of the treatment of their fractures. Whereas none of the interlocking nail patients were permanently disabled as a result of the fracture treatment.

Assuming that the intrinsic value of a specific osteosynthesis technique for the treatment of femoral shaft fractures can be assessed by the results obtained by treatment of difficult cases, i.e. the comminuted and segmental fractures, the conclusion reached in this thesis is that the interlocking nail is particularly well-suited for treatment of all femoral shaft fractures. The interlocking nail provides a universal technique for the treatment of such fractures and also provides good results in the presence of difficult fractures, especially when the problems which these fractures formerly presented to surgeons are taken into consideration.

13.3. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In dieser Studie werden Mehrfragment- und Etagenfrakturen als eine gesonderte Gruppe angesehen, da diese Frakturen schwierig zu behandeln sind und in den wenigen Veröffentlichungen über dieses Thema ein hoher Prozentsatz an Komplikationen angegeben wird. Die Daten von 89 Patienten mit 93 dieser Femurschaftfrakturen aus einer Gesamtgruppe von 458 Patienten sind in dieser Studie verarbeitet. Hierzu hat der Autor das Patientenmaterial aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Frankfurt und aus dem De Wever-Krankenhaus in Heerlen eingehend untersucht.

Ab 1972 wurden in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik alle Femurschaftfrakturen mit einem Verriegelungsnagel stabilisiert, wodurch im Zeitraum von 1973 bis 1981 eine geschlossene Serie von 52 Patienten mit 55 Mehrfragment- und Etagenfrakturen des Femurschaftes entstanden ist. Als Bezugsrahmen dienten die Daten von 37 Patienten mit 38 gleichartigen Frakturen, die im Zeitraum von 1974 - 1981 im De Wever-Krankenhaus behandelt wurden.

Bei diesen Patienten wurden verschiedene Behandlungstechniken angewandt. Die Anwendung von operativen und nichtoperativen Techniken und die Kombination von Techniken war vornehmlich auf die Tatsache zurückzuführen, dass das verfügbare Osteosynthesematerial ungenügende Möglichkeiten bot, um bei diesen Frakturen eine einheitliche Technik anzuwenden.

In dieser Hinsicht sind die Ergebnisse aus dem De Wever-Krankenhaus wahrscheinlich für die Situation in den meisten niederländischen Kliniken repräsentativ, wo man nicht über den Verriegelungsnagel verfügt. Die Ergebnisse der Verriegelungsnagelosteosynthesen wurden den Ergebnissen anderer Behandlungstechniken gegenübergestellt. Wegen der relativen Seltenheit dieser Frakturen ist es nicht möglich, jede Technik einzeln mit den Verriegelungsnagelosteosynthesen zu vergleichen. Wohl aber bildeten die Patienten aus dem De Wever-Krankenhaus eine geschlossene Patientengruppe, die in ihrer Gesamtheit mit den Verriegelungsnagelosteosynthesen verglichen werden kann. Es wird nicht bezweckt, anhand der erzielten Resultate in beiden Gruppen absolute Aussagen zu machen. Diese Untersuchung soll vielmehr zeigen, welche Ergebnisse die Verriegelungsnagelosteosynthese bei diesen schwierigen Frakturen erbracht hat.

In Kapitel 2 wird der Femurschaft definiert, und es wird die Einteilung von Femurschaftfrakturen erläutert.

In Kapitel 3 werden kurz Frakturtype und Entstehung von Frakturen aufgezeigt. Die Art und Weise, wie bei verschiedenen Verkehrsteilnehmern eine Femurschaftfraktur entstehen kann, wird erläutert.

In Kapitel 4 werden die Vor- und Nachteile verschiedener Behandlungstechniken aufgezählt. Die nichtoperative Behandlung geht einher mit einem hohen Prozentsatz an verzögerten Knochenheilungen, mit Refrakturen und Beinverkürzungen. Des weiteren bleibt oft die Funktionsfähigkeit des Knies eingeschränkt, und der Patient befindet sich 3-5 Monate im Krankenhaus. Auch bei den operativen Techniken wird man regelmässig mit Komplikationen konfrontiert. Dies ist vornehmlich auf die Tatsache zurückzuführen, dass konventionelle Platten und Nägel nicht

geeignet sind, um diese komplexen Frakturen auf effektive Weise zu stabilisieren. Ausserdem wird beim Anbringen des Osteosynthesematerials ein grosses zusätzliches Trauma am Knochen und den Weichteilen hinzugefügt.

Kapitel 5 behandelt die arterielle Durchblutung von langen Röhrenknochen und deren Störungen, die bei Frakturen auftreten. Der Einfluss verschiedener Osteosynthesetechniken auf die Vaskularisation wird besprochen. Anhand von Daten aus Experimentalstudien werden die Vorteile erläutert, die ein über die geschlossene Operationstechnik eingebrachter Verriegelungsnagel vom Gesichtspunkt der Vaskularisation aus bietet.

Historische Aspekte und Hintergründe der intramedullären Osteosynthesen im Allgemeinen und des Verriegelungsnagels im besonderen sind in Kapitel 6.1 beschrieben.

Kapitel 6.2. behandelt die biomechanischen Eigenschaften des Marknagels und des davon abgeleiteten Verriegelungsnagels. Es gibt einige wesentliche Unterschiede zwischen beiden, wobei namentlich dem Unterschied zwischen einem Küntscher-nagel und einem statisch verriegelten Nagel grosse Bedeutung zukommt. Im letzten Fall muss das Osteosynthesematerial die volle Last tragen, bis die Fraktur geheilt ist.

Das Anwendungsgebiet des Verriegelungsnagels wird behandelt in Kapitel 6.3. Mit dieser Technik können Frakturen ab dem Trochanter minor bis 6 cm oberhalb des Kniegelenkspalts behandelt werden. Ausserdem eignet sich diese Technik sehr gut zur Behandlung von Pseudarthrosen und pathologischen Frakturen und zur Durchführung von korrigierenden Osteotomien. Die Begriffe dynamische und statische Verriegelung und die spezifischen Indikationen für diese zwei Techniken werden erläutert.

Kapitel 6.4. beschäftigt sich mit der Frage, welche Technik bei der intramedullären Osteosynthese den Vorzug verdient, die offene oder die geschlossene Operationstechnik. Der Autor vertritt die Ansicht, dass die geschlossene Operationstechnik anzustreben ist.

In Kapitel 6.5. wird die Operationstechnik ausführlich behandelt. Weiterhin werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Liegepositionen auf dem Extensionstisch besprochen. Eine gute Lage ist für das Gelingen der Operation von grösster Bedeutung. Die aufeinanderfolgenden Handlungen werden schrittweise besprochen. Für die zwei im Handel befindlichen Systeme wird die Operationstechnik beschrieben.

In Kapitel 6.6. wird die Nachbehandlung einer Verriegelungsnagelosteosynthese kurz abgehandelt.

Die Verriegelungsnageltechnik ist nicht völlig unproblematisch. In Kapitel 6.7. werden systematisch die Probleme besprochen, die bei der Operation auftreten können, und es wird angegeben, wie diese Probleme sich vermeiden oder lösen lassen.

Kapitel 7 ist dem Ermitteln der Patienten und der bei der Nachuntersuchung erfolgten Prozedur gewidmet. Die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung verstorbenen Patienten und die nicht nachuntersuchten Patienten werden gesondert besprochen.

In Kapitel 8 wird eine Analyse des Patientenbestandes durchgeführt. 70% der Patienten waren zum Zeitpunkt des Unfalls zwischen 16 und 35 Jahre alt. 86,5% der Patienten war bei einem Verkehrsunfall verletzt worden. Dieser hohe Prozentsatz erklärt sich aus der Tatsache, dass Mehrfragment- und Etagenbrüchen meistens als Folge grosser Krafteinwirkungen entstehen, wie dies bei Verkehrsunfällen der Fall ist. Bei insgesamt 22,6% der Frakturen handelte es sich um offene Brüche. Für alle Patienten wurde der sog. "Injury Severity Score" berechnet. Der durchschnittliche I.S.S. lag bei 27,7. Von den Patienten hatte 73% zusätzliche Verletzungen. Diese Verletzungen wurden gegliedert in solche allgemeiner Art und in spezifische homolaterale Verletzungen. 41,5% der Patienten wies ein zusätzliches Schädel-Gehirntrauma auf. 11,2% hatte eine heterolaterale Femurfraktur und 23,7% eine homolaterale Unterschenkelfraktur.

Die Kapitel 9 und 10 geben die Ergebnisse wieder, die bei Verriegelungsnagelosynthesen erzielt wurden. Diese Angaben wurden mit den Ergebnissen anderer Techniken verglichen. In der Verriegelungsnagelgruppe waren es in 5,4% der Fälle technische Probleme während der Operation, die die Reposition oder die Stabilität beeinflussten. In der Nicht-Verriegelungsnagelgruppe lag dieser Prozentsatz bei 26,5%.

Es gibt eine Anzahl von Grenzindikationen für die Anwendung eines Verriegelungsnagels. Die angewandten Techniken werden jeweils angegeben und mit einem Kommentar versehen. Besonders die Kombination von Schenkelhals- und Femurschaftfraktur kann mit einer Verriegelungsnagelosynthese effektiv behandelt werden.

Der Zeitpunkt, zu dem das Bein partiell bzw. vollständig belastet werden konnte, lag bei einer Verriegelungsnagelosynthese durchschnittlich 37 bzw. 118 Tage früher, als bei mit anderer Techniken behandelten Frakturen. Hieraus kann man folgern, dass die Frakturen mit einer Verriegelungsnagelosynthese durchschnittlich 4 Monate eher geheilt waren, als bei den anderen Frakturen.

In Bezug auf postoperative Komplikationen gibt es ganz deutliche Unterschiede zugunsten des Verriegelungsnagels, und zwar was den Prozentsatz an Osteitis und verzögerte Knochenheilung betrifft. In der Gruppe Verriegelungsnagelosynthesen kommen diese Komplikationen bedeutend weniger vor. Dieser Unterschied beruht darauf, dass der Verriegelungsnagel mehr Stabilität bei einem geringeren Operationstrauma bietet. Der Prozentsatz von Frakturen mit einer verzögerten Knochenheilung liegt mit 7,7% im Vergleich zu in der Literatur veröffentlichten Angaben von Plattenosteosynthesen für gleichartige Frakturen niedrig.

Kapitel 11 ist den funktionellen und anatomischen Ergebnissen gewidmet. Die funktionellen Ergebnisse sind bei den Patienten mit Verriegelungsnagel besser als bei den anderen Patienten. Die anatomischen Ergebnisse unterscheiden sich bei beiden Gruppen nicht auffallend von den Angaben aus anderen Studien. Bei den Verriegelungsnagelosynthesen wurden in 20% der Fälle leichte Varusabweichungen

chungen festgestellt. Dies ist typisch für den Verriegelungsnagel, namentlich bei proximalen Frakturen, wenn der Nagel im proximalen Hauptfragment keine Einklemmung hat.

Auffallend ist, dass Rotationsabweichungen, die bei anderen intramedullären Osteosynthesetechniken des öfteren festgestellt wurden, beim Verriegelungsnagel nicht auftreten.

Einige soziale und wirtschaftliche Aspekte kommen in Kapitel 12 an die Reihe. Es fällt auf, dass die Patienten mit einer Verriegelungsnagelosteosynthese durchschnittlich 11 Monate eher wieder zur Arbeit erschienen, als dies bei den anderen Patienten der Fall war. Dieser Unterschied wird möglicherweise auch durch die andere Arbeitsmoral der Deutschen und durch das strenge westdeutsche Berufsunfähigkeitskontrollsystem beeinflusst. 16% der Nicht-Verriegelungsnagelgruppe war infolge von Komplikationen bei der Frakturbehandlung vollständig erwerbsunfähig. Dagegen war keiner der Verriegelungsnagelpatienten infolge der Fraktur bleibend erwerbsunfähig.

Wenn man davon ausgeht, dass sich der wirkliche Wert einer bestimmten Osteosynthesetechnik für die Behandlung von Femurschaftfrakturen an den bei der Behandlung von schwierigen, d.h. Mehrfragment- und Etagenfrakturen erzielten Ergebnissen zeigt, so kann die Schlussfolgerung aus den Ergebnissen dieser Dissertation nur lauten, dass der Verriegelungsnagel für die Behandlung aller Femurschaftfrakturen ausgezeichnet geeignet ist. Mit dem Verriegelungsnagel verfügt man über eine universelle Technik, mit der alle Femurschaftfrakturen behandelt werden können, und mit der auch bei schwierigen Frakturformen gute Ergebnisse erzielt werden, besonders wenn man bedenkt, vor welchen Problemen der Chirurg in der Vergangenheit bei diesen Frakturen stand.

Literatuur

- Ahlers, J.; Ritter, G.; Weigard, H. (1983): Die Marknagelung als Sekundäreingriff nach vorausgegangen Anwendung des Fixateur Externe. Unfallchirurgie 2 : 83.
- Alho, A. (1980): Injuries in the femoral axis. Int. Orthopaedics (Sicot) 3 : 271.
- Altenberg, A.; Shorkey, R. (1949): Blade-plate fixation in non-union and in complicated fractures of the supracondylar region of the femur. J. Bone Joint Surg. 31-A : 312.
- Amihood, S. (1973): Analysis of 200 fractures of the femoral shaft treated at Groote Schuur Hospital. Injury, 5 : 35.
- Ansoerge, D. (1982): Die Behandlung der kombinierten Schenkelhals-Femurschaftbrüche mit dem Verriegelungsnagel. Zentralbl. Chir. 107 : 515.
- Auff'n Ordt, M.; Rettig, H. (1975): Die Valgusdeformität des Schenkelhalses als Spätfolge nach Oberschenkelmarknagelung beim Kind. Akt. Traum. 5 : 163.
- Baker, S.; O'Neill, B.; Haddin, W.; Long, W. (1974): The injury severity score, a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. J. Trauma, vol. 14, 3 : 187.
- Baltensweiler, J. (1975): Die geschlossene Marknagelung als Standardoperation bei Unterschenkelfrakturen. Hefte Unfallheilkunde 119 : 67.
- Bardenheuer, B. (1875): Citaat uit: Bruns, P. (1886): Die Lehre von den Knochenbrüchen. Ed.: Enke, Stuttgart.
- Barron, S.; Robb, R.; Taylor, W.; Kelly, P. (1977): The effect of fixation with intramedullary rods and plates on fracture-site blood flow and bone remodeling in dogs. J. Bone Joint Surg. 59-A : 376.
- Bauer, K. (1943): Marknagelung oder Drahtextension? Zentralbl. Chir. 70 : 254.
- Bäuerle, E. (1976): Offene und gedeckte Technik der Marknagelung. Akt. Traum. 6 : 369.
- Bechtol, C. (1952): Engineering principles applied to orthopaedic surgery in: Instructional course lectures. The American Academy of Orthop. Surgeons 9 : 257.
- Behrens, S. (1980): Problematische Serienfrakturen der unteren Extremität bei Motorradfahrern. Voordracht tijdens 25e Unfallsminar, Medizinische Hochschule Hannover.
- Van den Berg, P. (1972): Revascularisation osteotomierter langer Röhrenknochen nach stabiler und instabiler Osteosynthese durch intra- und extramedulläre Kraftträger. Ann. Univ. Sarav. Med. 19 : 148.
- Bernstein, S. (1974): Fractures of the femoral shaft and associated ipsilateral fractures of the hip. Orthop. Clin. North. America 5 : 799.
- Bianchi, G. (1955): Le fratture del segmento inferiore del femore. Minerva orthop. 6 : 49.
- Bircher, H. (1886): Eine neue Methode unmittelbarer Retention bei Frakturen der Röhrenknochen. Verhandlg. deutsch. Ges. Chir.
- Böhler, J. (1966): Gedeckte Markdrahtung der Vorderarmbrüche Erwachsener. Aktuelle Chirurgie 1 : 15.
- Böhler, L. (1943): Vorschlag zur Marknagelung nach Küntscher bei frischen Oberschenkelschussbrüchen. Chirurg 15 : 8.
- Bonnin, J. (1946): A complete outline of fractures. Ed.: William Heinemann - Medical Books Ltd. London.
- Börner, M.; Mockwitz, J.; Soldner, E. (1983): Indikationen für die Verriegelungsnagelung am Oberschenkel bei Trümmer-, Stück- und Etagenfrakturen. Hefte Unfallheilkunde 161 : 61.
- Börner, M.; Winter-Klemm, B.; Klemm, K. (1982): Der gefallene Ikaros oder der schwerverletzte jugendliche Motorradfahrer. Die grauenvolle Jahresbilanz einer Unfallklinik. Unfallchirurgie 8 : 1.
- Braden, T.; Brinker, W. (1976): Radiologic and gross anatomic evaluation of bone healing in the dog. J. Am. Vet. Med. Assn. 169 : 1318.
- Brav, E. (1957): Further evaluation of the use of intramedullary nailing in the treatment of gunshot fractures of the extremities. J. Bone Joint Surg. 39-A : 513.
- Brussatis, F.; Plaass, U. (1975): Dokumentierte Ergebnisse der A.O.-Marknagelung bei Frakturen des Femurs und der Tibia. Med. Orthop. Technik 5 : 112.
- Brookes, M. (1971): The blood supply of bone. Ed.: Butterworths Londen, 1971.
- Brookes, M.; Elkin, A.; Harrison, R.; Heald, C. (1961): A new concept of capillary circulation in bone cortex. Lancet I : 1078.

- Bruns, P. (1886): Die Lehre von den Knochenbrüchen. Ed.: Enke, Stuttgart.
- Bull, J. (1975): Severity score of road traffic casualties in relation to mortality, time of death, hospital treatment time and disability. *Accid. Anal. Prev.* J. 7 : 249.
- Burny, F.; Zucman, J.; Bourgeois, R.; Aubriot, J.; Sedel, L. (1971): Utilisation des jauges extensométriques pour la mesure de la consolidation des fractures du tibia traitées par enclouage centro-médullaire. *Acta Orthop. Belg.* 37 : 266.
- Buxton, R. (1981): The use of Perkins' traction in the treatment of femoral shaft fractures. *J. Bone Joint Surg.* vol. 63-B, 3 : 362.
- Carr, C.; Miller, M.; Charlotte, N. (1958): Management of difficult fractures of the femoral shaft. *South. Med. J.* vol. 51 : 642.
- Casey, M.; Chapman, M. (1979): Ipsilateral concomitant fractures of the hip and femoral shaft. *J. Bone Joint Surg.* vol. 61-A, 4 : 503.
- Charnley, J. (1947): Knee movement following fractures of the femoral shaft. *J. Bone Joint Surg.* vol. 29, 3 : 679.
- Charnley, J. (1974): The closed treatment of common fractures. Ed.: Churchill Livingstone, Edinburgh.
- Charnley, J.; Guindy, A. (1961): Delayed operation in the open reduction of fractures of long bones. *J. Bone Joint Surg.* vol. 43-B, 4 : 664.
- Conolly, J.; Dehne, E.; Lafollette, B. (1973): Closed reduction and early cast-brace ambulation in the treatment of femoral fractures. *J. Bone Joint Surg.* vol. 55-A, 8 : 1581.
- Dambe, L. (1971): Revascularisation der Diaphyse langer Röhrenknochen nach Fraktur und Osteosynthese. Med. Diss. Universität des Saarlandes, Homburg.
- Damholt, W.; Zdravkovic, D. (1972): Quadriceps function following fractures of the femoral shaft. *Acta Orthop. Scand.*, 43 : 148.
- Danckwardt-Lillieström, C. (1969): Reaming of the medullary cavity and its effects on diaphyseal bone: a fluorochromic, microangiographic and histologic study on the rabbit tibia and dog femur. *Acta Orthop. Scand. Suppl.* 128.
- Danckwardt-Lillieström, C.; Lorenzi, L.; Olerud, S. (1970): Intramedullary nailing after reaming. An investigation on the healing process in osteotomized rabbits. *Acta Orthop. Scand. Suppl.* 134.
- Deaner, R.; Fitchett, V. (1975): Motorcycle trauma. *J. Trauma* vol. 15, 8 : 678.
- Debrunner, A. (1967): Biomechanische Wirkungen der posttraumatischen Achsenfehler der unteren Extremität. In: *Posttraumatische Achsenfehlstellungen an den unteren Extremitäten*, 39 : 54. Ed.: Hans Huber Verlag, Bern.
- Dencker, H. (1963): Fractures of the shaft of the femur. Ed.: Orstadius Boktryckeri aktiebolag, Göteborg.
- Diehl, K. (1976): Stabilität und Beanspruchung von Osteosynthesen des Ober- und Unterschenkels bei der Frühmobilisation. *Unfallheilkunde* 79 : 81.
- Dosch, J.; Dupuis, M.; Beck, G. (1983): Strahlungsmessungen bei Verriegelungsnagelungen. *Hefte Unfallheilkunde* 161 : 36.
- Drysdale, W.; Kraus, J.; Franti, C.; Riggins, R. (1975): Injury patterns in motorcycle collisions. *J. Trauma* vol. 15, 2 : 99.
- van Duyn, C. (1977): Fracturen van het distale deel van het femur. Dissertatie, Groningen.
- Dunn, D. (1952): Anteversion of the neck of the femur. A method of management. *J. Bone Joint Surg.* vol. 34, 2 : 181.
- Dupuis, M. (1977): Strahlenbelastung während der Verriegelungsnagelung I E : 13. In: *Grosse und Kempf, Handbuch der Verriegelungsnagelung bei Schaftbrüchen von Femur und Tibia*. Ed.: Howmedica®.
- Dupuis, M.; Grosse, A. (1978): Zur Problematik der Strahlenbelastung bei der Verriegelungsnagelung. In: *Verriegelungsnagelung, Symposium, II* : 63. Ed.: Verlag Wilhelm Maudrich, Wien.
- Ehrlich, W. (1965): Fehler bei der operativen Knochenbruchbehandlung und deren Vermeidung. *Zentralbl. Chir.* 24 : 922.
- Eid, A.; Deif, A. (1980): Aetiological factors in non-union following Küntscher intramedullary nailing of the femur. *Arch. Orthop. Traumat. Surg.* 96 : 213.
- Eitel, F.; Dambe, L.; Klapp, F.; Schweiberer, L. (1976): Vaskularisation der Diaphyse langer Röhrenknochen unter Cerlagel. *Unfallheilkunde* 79 : 41.

- Eitel, F.; Klapp, F.; Seiler, H. (1981): Fragmentnekrose. Experimentelle Untersuchungen der corticalen Revascularisierung bei Platten- und Marknagelosteosynthese. Hefte Unfallheilkunde 153 : 195.
- Eitel, F.; Schenk, R.; Schweiberer, L. (1980): Corticale Revitalisierung nach Marknagelung an der Hundetibia. Unfallheilkunde 83 : 202.
- Eriksson, E.; Hovelius, L. (1979): Ender nailing in fractures of the diaphysis of the femur. J. Bone Joint Surg. 61-A, 8 : 1175.
- Evrard, J.; Lebard, J. (1971): Pseudarthroses infectées de la diaphyse fémorale. Rev. chir. orthop. 57 : 527.
- Ewen, K.; Schmitt, G. (1974): Technische Strahlenschutzmassnahmen am chirurgischen B.V. Röntgenpraxis 27 : 216.
- Ewen, K.; Wahl, H. (1976): Die Strahlenbelastung des Unfallchirurgen beim Arbeiten mit dem chirurgischen Bildverstärker. Röntgenpraxis 29 : 163.
- Fischer, S. (1973): Röntgenstrahlenbelastung bei geschlossener Oberschenkelverkürzungsosteotomie. Chirurg 44 : 171.
- Fraser, R.; Hunter, G.; Waddell, J. (1978): Ipsilateral fracture of the femur and tibia. J. Bone Joint Surg. vol. 60-B, 4 : 510.
- Funk, F.; Wells, R.; Street, D. (1968): Supplementary fixation of femoral fractures. Clin. Orthop. 60 : 41.
- Funsten, R.; Kinser, P.; Frankel, C. (1938): Dashboard dislocation of the hip. J. Bone Joint Surg. 20 : 124.
- Galle, P.; Strickner, M.; Schmid, L.; Spängler, H. (1981): Erfahrungen bei 245 geschlossenen Marknagelungen des Oberschenkels. Unfallchirurgie 7 : 162.
- Gillquist, J.; Rieger, A.; Sjö Dahl, R.; Bylund, P. (1973): Multiple fractures of a single leg. A therapeutic problem. Acta Chir. Scand. 139 : 167.
- Gluck, Th. (1890): Die Invaginationsmethode der Osteo- und Arthroplastik. Berliner Klin. Wschr. 732 - 752.
- Gögler, E. (1968): Chirurgie und Verkehrsmedizin. Uit: Handbuch der Verkehrsmedizin. Ed.: Wagner, K., Wagner, H., Springer - Berlin.
- Goris, R. (1983): The injury severity score. World J. Surg. 7 : 12.
- Göthman, L. (1960): The arterial pattern of the rabbit's tibia after the application of an intramedullary nail. Acta chir. Scand. 120 : 211.
- Göthman, L. (1961): Arterial changes in experimental fractures of the monkey's tibia treated with intramedullary nailing. Acta chir. Scand. 121 : 56.
- Gotzen, L.; Behrens, S.; Suren, E.; Richter, K.; Stürtz, G. (1974): Zur Epidemiologie und Biomechanik des Fussgängerunfalles alter Menschen. Hefte Unfallheilkunde 121 : 443.
- Grosse, A.; Lafforgue, D.; Weigel, A. (1978): Zielgeräte zur Verriegelung II : 53. Uit: Verriegelungsnagelung symposium Wenen. Ed.: W. Maudrich Verlag, Wenen.
- Haas, N.; Muhr, G.; Tscherne, H. (1980): Kombinationsfrakturen von Femurschaft und proximalen Femurende. Unfallheilkunde 83 : 245.
- Hackethal, K. (1961): Die Bündelnagelung. Ed.: Springer Verlag, Wien.
- Harms, J.; v.d. Berg, P.; Mertz, C. (1974): Knochenrevascularisation nach Refobacin - Palacos - Füllung. Arch. Orthop. Unfall. Chir. 80 : 71.
- Heim, H. (1943): Marknagelung von Oberschenkelschussfrakturen. Chirurg 13 : 387.
- Heine, C. (1875): Citaat uit: Bruns, P. (1886): Die Lehre von den Knochenbrüchen. Ed.: Enke, Stuttgart.
- Herzog, K. (1951): Verlängerungsosteotomie unter Verwendung des percutan gezielt verriegelten Marknagels. Hefte Unfallheilkunde 42 : 226.
- Hey Groves, E. (1918): Ununited fractures, with special reference to gunshot injuries and the use of bone grafting. Br. J. Surg. vol. 6, 22 : 203.
- Hildebrandt, G. (1979): Die Bedeutung der periostären und intramedullären Durchblutung für die Entstehung der posttraumatischen Osteomyelitis und für die Wahl des Osteosyntheseverfahrens. Beitr. Orthop. u. Traumat. 26 : 181.
- Hofmann, C.; Probst, J. (1982): Anwendungsmöglichkeiten des Fixateur Externe am Oberschenkel-Indikationen, Ergebnisse. Akt. Traum. 2 : 62.
- Höger, H.; Gillquist, J.; Liljedahl, St. (1978): Intramedullary nailing of femoral-shaft fractures. Unfallheilk. 81 : 398.

- Hoglund, E. (1917): New method of applying autogenous intramedullary bone-transplants and of making autogenous bone-screws. Surg. Gynecol. Obstet. 24 : 243.
- Holden, C. (1972): The role of blood supply to soft tissue in the healing of diaphyseal fractures. J. Bone Joint Surg. 54-A : 993.
- Hörster, G.; Böhm, E. (1981): Corticale Durchblutungsstörungen nach Fraktur und Osteosynthese. Hefte Unfallheilkunde 153 : 17.
- Hudec, M.; Hanévič, J.; Schellmann, W. (1977): Ueber das mechanische Zusammenwirken von Implantaten und Knochen nach verschiedenen Osteosyntheseverfahren (analytische und experimentelle Studie). Hefte Unfallheilkunde 129 : 21.
- Jahna, H.; Wittich, H. (1976): Konservative und operative Behandlung der Mehrfragmentbrüche am Oberschenkel (Erfahrungen bei 180 frischen Fällen des Erwachsenen, davon 81 Spätnachuntersuchungsergebnisse). Unfallheilkunde 79 : 165.
- Joost van, M; Gastkemper, R. (1972): Malrotation after femoral shaft fractures. Arch. Chir. Neerl. XXIV-II : 101.
- Karlström, G.; Olerud, S. (1977): Ipsilateral fracture of the femur and tibia. J. Bone Joint Surg. vol. 59-A, 2 : 240.
- Kempf, I.; Grosse, A. (1980): Ergebnisse biomechanischer Untersuchungen nach Verriegelungsnagelung. Darstellung des Strassburger Instrumentars und Zielgerätes. Unfall. med. Tagungen 42 : 221.
- Kempf, I.; Jaeger, J.; Clavert, J.; Mochel, D.; Glaesener, R. (1978): L'enclouage centro-médullaire avec alésage. Critique théorique et expérimentale des principes de Küntscher. Rev. chir. orthop. 64 : 629.
- Kempf, I.; Jaeger, J.; Weigel, A. (1978): Biomechanische Untersuchungen zur Verriegelungsnagelung. In: Verriegelungsnagelung symposium Wenen. Ed.: W. Maudrich Verlag, Wenen.
- Kessler, S.; Rahn, B.; Schweiberer, L.; Perren, S. (1983): Die revascularisation von Intermediärfragmenten nach Verriegelungsnagelung. Hefte Unfallheilkunde 161 : 38.
- Kimbrough, E. (1961): Concomitant unilateral hip and femoral-shaft fractures - A too frequently unrecognized syndrome. J. Bone Joint Surg. vol. 43-A, 3 : 443.
- Klemm, K. (1971): Die modifizierte Trümmerbruchnagelung zur Stabilisierung der infizierten Pseudarthrosen am Oberschenkel. Hefte Unfallheilkunde 110 : 240.
- Klemm, K. (1973): Die Stabilisierung infizierte Pseudarthrosen mit dem Verriegelungsnagel. Langenbecks Arch. Chir. 334 : 559.
- Klemm, K. (1978): Die Trümmerfrakturen des Femur und der Tibia. In: Verriegelungsnagelung symposium, Wenen. Ed.: W. Maudrich Verlag, Wenen.
- Klemm, K. (1983): persoonlijke mededeling.
- Klemm, K.; Schellmann, W. (1972): Dynamische und statische Verriegelung des Marknagels. Mschr. Unfallheilk. 75 : 568.
- Klemm, K.; Schellmann, W. (1976): Die Verriegelungsnagelung. Akt. Traum. 6 : 377.
- Kootstra, G. (1973): Femoral shaft fractures in adults. Dissertatie, Groningen.
- Koudelka, J. (1931): Mehrfache Knochenbrüche. Tschech. Slov. Sborn. Ortop. 6 : 208.
- Koudsi, F.; Kirschner, P. (1977): Die Behandlung der Mehrfachfrakturen am Femur. Unfallheilkunde 80 : 89.
- Kuderna, H. (1975): Ergebnisse der gedeckten Unterschenkelmarknagelung in den Arbeitsunfallkrankenhäusern Oesterreichs. Hefte Unfallheilk. 119 : 60.
- Kuderna, H. (1978): Kritische Bemerkungen zur Konstruktion des Verriegelungsnagels nach Klemm und Schellmann. In: Verriegelungsnagelung symposium, Wenen 5 : 143. Ed.: W. Maudrich Verlag, Wenen.
- Kuner, E.; Weller, S.; Simon, G. (1969): Der Oberschenkel - Mehrfragmentenbruch im Schaftbereich. Dtsch. Med. Wschr. 13 : 645.
- Küntscher, G. (1940): Die Marknagelung von Knochenbrüchen. Langenbecks Arch. Klin. Chir. 200 : 443.
- Küntscher, G. (1960): Zur Marknagelung des Trümmerbruches. Chirurg 31 : 503.
- Küntscher, G. (1962): Praxis der Marknagelung. Ed.: Schattauer Verlag, Stuttgart.
- Küntscher, G. (1964): Die Nagelung des Defekttrümmerbruches. Chirurg 35 : 277.
- Küntscher, G. (1967): Die gedeckte Osteosynthese. Act. chir. 2 : 365.
- Küntscher, G. (1968): Die Marknagelung des Trümmerbruches. Langenbecks Arch. Klin. Chir. 322 : 1063.

- Küntscher, G.; Maatz, R. (1945): Technik der Marknagelung. Ed.: Thieme, Leipzig.
- Laftman, P.; Sigurdsson, F.; Strömberg, L. (1980): Recovery of diaphyseal bone strength after rigid internal plate fixation. An experimental study in the rabbit. *Acta Orthop. Scand.* 51 : 215.
- Lambotte, A. (1892): Notice sur l'emploi du fil de fer et de vis du même metal dans la suture osseuse. *Presse med. Belge* 44 : 125.
- Lambotte, A. (1907): Le traitement des fractures. Ed.: Masson, Paris.
- Lambotte, A. (1913): Chirurgie opératoire des fractures. Ed.: Masson, Paris.
- Landelius (1951): Geciteerd door Scharizer (1964). *Hefte Unfallheilkunde* 79 : 47.
- Leitz, G. (1968): Typische Komplikationen nach Osteosynthesen und ihre mechanischen Ursachen. *Arch. Orthop. Unfall. - Chir.* 64 : 285.
- Lejars, F. (1902): Technik dringlicher Operationen (Blutiger Reposition und Vereinigung von Frakturenden). Ed.: G. Fischer, Jena.
- Lemmens, H. (1981): Intra-operative hazards and complications of intramedullary fixation. Voordracht: Instructional course on intramedullary fixation of fractures, Maastricht.
- Lemmens, H. (1984): Raynaud-Patiënten: Lebensqualität oder Ausschöpfung der Therapie. In: die ärztliche und psychologische Betreuung der Gefässpatienten, 65-70. Ed.: T.M.-Verlag G.m.b.H. Hameln.
- Lüscher, J.; Rüedi, Th.; Allgöwer, M. (1978): Erfahrungen mit der Plattenosteosynthese bei 131 Femurschaft-Trümmerfrakturen. *Helv. Chir. Acta* 45 : 39.
- Maatz, R. (1962): Drehfehler an Ober- und Unterschenkel nach Marknagelung. *Zentralbl. Chir.* 87 : 1373.
- Maatz, R.; Lentz, W.; Arens, W.; Beck, H. (1983): Gedeckte oder offene Nagelung 11 : 42. In: Die Marknagelung und andere intramedulläre Osteosynthesen. Ed.: F.K. Schattauer Verlag, Stuttgart - New York.
- Maess, M.; Tausch, W. (1980): Erfahrungen mit der operativen und konservativen Behandlung der Oberschenkelchaftfrakturen. *Zentralbl. Chir.* 105 : 1127.
- Maroske, D.; Thon, K. (1983): Die Verriegelungsnagelung am Oberschenkel: Alternative oder Konkurrenz zu anderen Osteosyntheseverfahren? *Hefte Unfallheilkunde* 161 : 67.
- Marti, R.; van der Werken, Chr. (1982): Alternative indications for external fixation according to Wagner. *Neth. J. Surg.* 34-3; 127.
- Marty, A. (1969): Zur geschlossenen Marknagelung nach Unterschenkelfrakturen. *Act. Helv. Chir.* 36 : 136.
- Messerer, O. (1880): Ueber Elastizität und Festigkeit der menschlichen Knochen. Ed.: Stuttgart 1880.
- Meuli, H. (1966): Zur operativen Behandlung der Femurschaftfrakturen. *Act. Helv. Chir.* 33 : 222.
- Mihula, A. (1973): The sources of healing of a fracture of tubular bone in different types of osteosyntheses from the standpoint of vessel supply. *Rozhl. Chir.* 52 : 35.
- Mockwitz, J. (1981): Versorgung von Oberschenkeltrümmerbrüchen mit dem Verriegelungsnagel. *Hefte Unfallheilkunde* 153 : 209.
- Mockwitz, J. (1982): Korrektur von posttraumatischen Fehlstellungen im Bereich des Oberschenkelknochens mit dem Verriegelungsnagel. *Akt. Traum.* 12 : 303.
- Mockwitz, J.; Contzen, H. (1983): Die Verriegelungsnagelung. *Hefte Unfallheilkunde* 161.
- Mommsen, U.; Bock-Lamberlin, P.; Jungbluth, K. (1983): Indikation für die Verriegelungsnagelung am mittleren Oberschenkeltrümmel. *Hefte Unfallheilkunde* 161 : 45.
- Morscher, E. (1967): Prophylaxe und Therapie drohender oder bestehender Achsenfehlstellungen beim Kind. In: Posttraumatische Achsenfehlstellungen an den unteren Extremitäten, III:116. Ed.: Hans Huber Verlag, Bern.
- Mühe (1977): Citaat uit: Schlegel, K.F.: Die Krankengymnastische, physikalische und beschäftigungstherapeutische Begleitbehandlung von Verletzungen in der Frühphase. *Hefte Unfallheilkunde* vol. 138 : 232.
- Muhr, G.; Tschorne, H.; Trentz, O.; Haas, N. (1976): Die Osteosynthese mit Marknagel und zusätzlichen Drahtumschlingungen bei Oberschenkelchaftbrüchen. *Akt. Traum.* 6 : 387.
- Müller, M. (1979): Indikationen, Komplikationen und Ergebnisse in der Behandlung infizierter Femur - Pseudarthrosen. *Arch. Orthop. Traumat. Surg.* 94 : 299.
- Müller, M. (1980): Klassifikation und internationale A.O.-Dokumentation der Femurfrakturen. *Unfallheilk.* 83 : 251.
- Müller, M.; Allgöwer, M.; Schneider, R.; Willenegger, H. (1977): Manual der Osteosynthese - A.O. Technik. Ed.: Springer Verlag, Berlin.

- Müller - Meernach (1933): Die Bolzung der Brüche der langen Röhrenknochen. Zentralbl. Chir. 29 : 1718.
- Nagel, D.; Burton, D.; Manning, J. (1979): The dashboard knee injury. Clin. Orthop. 126 : 203.
- Neer, C.; Grantham, S.; Shelton, M. (1967): Supracondylar fracture of the adult femur. J. Bone Joint Surg. vol. 49-A, 4 : 591.
- Nelson, G.; Kelly, P.; Peterson, F.; James, J. (1960): Blood supply of the human tibia. J. Bone Joint Surg. 42-A : 625.
- Nicod, L. (1967): Effets cliniques et pronostics des défauts d'axe du membre inférieur chez l'adulte, à la suite d'une consolidation vicieuse d'une fracture du membre inférieur. 1. Teil, 57 : 78. In: Posttraumatische Achsenfehlstellungen an den unteren Extremitäten. Ed.: Hans Huber Verlag, Bern.
- Nichols, P. (1963): Rehabilitation after fractures of the shaft of the femur. J. Bone Joint Surg. 45 - B, 1 : 96.
- Oestern, H.; Tschernke, H. (1983): Pathophysiologie und Klassifikation des Weichteilschadens. Hefte Unfallheilkunde 162 : 1.
- Olerud, S.; Danckwardt-Lillieström, G. (1968): Fracture healing in compression osteosynthesis in the dog. J. Bone Joint Surg. 50-B : 844.
- Olsson, O. (1949): Some cases of necrosis of the bone by encircling suture (cerclage) in oblique fractures. Acta Chir. Scand. 99 : 85.
- Onoue, Y.; Sunami, Y.; Fujiwara, H.; Sadakane, T.; Yasuda, S. (1979): Treatment of the femoral shaft fracture with a curved heat-treated COP Clover-leaf Nail. International Orthopaedics (SICOT) 3 : 203.
- Pankovich, A.; Goldflies, M.; Pearson, R. (1979): Closed Ender nailing of femoral-shaft fractures. J. Bone Joint Surg. vol. 61-A, 2 : 222.
- Parsch, K.; Zu Eulenburg, F. (1981): Küntscher nailing of femoral shaft fractures in children. In: Fractures in children, 242. Ed.: Georg Thieme Verlag, Stuttgart - New York.
- Perkins, G. (1953): Rest and movement. J. Bone Joint Surg. 35-B : 521.
- Pfister, U.; Rahn, B.; Perren, S.; Weller, S. (1979): Vascularität und Knochenumbau nach Marknagelung langer Röhrenknochen. Akt. Traum. 9 : 191.
- Povacz, F. (1979): Verbrennungsschaden an der Tibiadiaphyse nach Marknagelung mit Aufbohren. Unfallheilk. 82 : 126.
- Rand, J.; An, K.; Chao, E.; Kelly, P. (1981): A comparison of the effect of open intramedullary nailing and compression-plate fixation on fracture-site blood flow and fracture union. J. Bone Joint Surg. vol. 63-A : 427.
- Raisch, O. (1943): Marknagelung bei frischen Oberschenkelschussbrüchen? Chirurg 13 : 381.
- Rehn, J.; Schramm, W.; Hierholzer, G. (1968): Zur Indikation und Technik der Umstellungsosteotomien wegen Fehlstellung nach Frakturen der unteren Gliedmassen. Arch. Orthop. Unfall. Chir. 63 : 9.
- Rehm, J.; Uebing, D. (1963): Die Behandlung von Frakturen langer Röhrenknochen mit dem Marknagel nach Küntscher. Arch. Orthop. Unfall. Chir. 55 : 82.
- Rehn; Wakbaiaisky (1911): Die Hornbolzung im Experiment und ihre klinische Verwendung. Arch. Klin. Chir. 96 : 449.
- Reinders, J.; Mockwitz, J. (1984): Technical faults and complications in interlocking nailing of femoral and tibial fractures. Act. Orthop. Belg. 50-5, 577.
- Reschauer, R.; Szyzkowitz, R.; Paul, K. (1979): Die Stabilisierung von Frakturen des Femurschaftes mit Marknagel und Cerclagen. Unfallchirurgie 5 : 158.
- Reynolds, F.; Key, J. (1954): Fracture healing after fixation with standard plates, contact splints and medullary nails. An experimental study. J. Bone Joint Surg. 36-A : 577.
- Rhinelander, F. (1968): The normal microcirculation of diaphyseal cortex and its response to fracture. J. Bone Joint Surg. vol. 50-A, 4 : 784.
- Rhinelander, F. (1972): Circulation in bone. In: The biochemistry and physiology of bone, hfst. 1, vol. II. Ed.: Bourne, Academic Press, New York - London.
- Rhinelander, F. (1974): Tibial blood supply in relation to fracture healing. Clin. Orthop. 105 : 34.
- Rhinelander, F. (1980): Vascular proliferation and blood supply during fracture healing. In: Uthoff, K.: Current concepts of internal fixation of fractures. Ed.: Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Rhinelander, F.; Baragry, R. (1962): Microangiography in bone healing. J. Bone Joint Surg. 44-A : 1273.

- Rippstein, J. (1955): Zur Bestimmung der Antetorsion des Schenkelhalses mittels zweier Röntgenaufnahmen. Z. Orthop. 86 : 345.
- Ritchey, S.; Schonholtz, G.; Thompson, M. (1958): The dashboard femoral fracture. J. Bone Joint Surg. vol. 40-A, 6 : 1347.
- Roberts, J. (1977): Management of fractures and fracture complications of the femoral shaft using the ASIF Compression Plate. J. Trauma vol. 17, 1 : 20.
- Rothwell, A.; Fitzpatrick, L. (1978): Closed Kuntscher nailing of femoral shaft fractures. J. Bone Joint Surg. vol. 60, 13 : 504.
- Rush, L. (1955): Atlas of Rush-pin Technics. Ed.: Meridian Press, U.S.A. Berivon Comp.
- Salem, G. (1961): Zur Frage der stabilen Osteosynthese bei Oberschenkeltrümmerbrüchen. Chirurg 2 : 78.
- Sarmiento, A. (1972): Functional bracing of tibial and femoral shaft fractures. Clin. Orthop. 82 : 2.
- Sarmiento, A.; Latta, L. (1981): Closed functional treatment of fractures. Ed.: Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Schauwecker, F. (1972): Die Frage der Stabilität einer Osteosynthese in Bezug auf Übungsbehandlung und Belastung. Krankengymnastik 5 : 158.
- Schellmann, W. (1982): Verbesserung der Kuntscher-Nagel-Technik. Chirurg 53 : 737.
- Schellmann, W.; Klemm, K. (1979): The treatment of pseudarthroses with interlocking nails. In: Pseudarthroses and tibia treatment. Ed.: George Thieme Publishers Stuttgart (1979).
- Schlegel, K. (1977): Die Krankengymnastische, physikalische und beschäftigungs-therapeutische Begleitbehandlung von Verletzungen in der Frühphase. Hefte Unfallheilkunde vol. 138, 232.
- Schöne, G. (1913): Zur Behandlung von Vorderarmfrakturen mit Bolzung. Müncher Med. Wschr. LX : 2327.
- Schöttle, H.; Jungbluth, K.; Sauer, H.; Schöntag, H. (1978): Weichteilverknöcherungen nach stabilen Osteosynthesen durch Knochenbohrmehl. Chirurg 49 : 49.
- Schweiberer, L. (1978): Nekrosepseudarthrose. Hefte Unfallheilkunde 81 : 228.
- Schweiberer, L.; van den Berg, P.; Dambe, L. (1970): Das Verhalten der intraossären Gefäße nach Osteosynthese der frakturierten Tibia des Hundes. Therapiewoche 20 : 1330.
- Schweiberer, L.; Dambe, L.; Eitel, F.; Klapp, F. (1974): Revascularisation der Tibia nach konservativer und operativer Frakturenbehandlung. Hefte Unfallheilkunde 119 : 18.
- Schweiberer, L.; Lindemann, M. (1973): Infektion nach Marknagelung. Chirurg 44 : 542.
- Sjövall, H. (1957): Die Formen der Frakturen der langen Röhrenknochen. Zentralbl. Chir. 30 : 1234.
- Slätis, P.; Ryöppy, S.; Huittinen, V. (1971): A.O.-osteosynthesis of fractures of the distal third of the femur. Acta Orthop. Scand. 42 : 162.
- Smillie, I. (1954): Dashboard fracture of patella. British Med. J. 2 : 203.
- Smith, J. (1964): The results of early and delayed internal fixation of fractures of the shaft of the femur. J. Bone Joint Surg. vol. 46-B, 1 : 28.
- Socin (1879): Beiträge zur operativen Behandlung gebrochener Knochen. Jahresbericht der Chir. Klinik Basel 80.
- Spirig, B. (1967): Die Diagnose der Achsenfehler der unteren Extremität. In: Posttraumatische Achsenfehlstellungen an den unteren Extremitäten. I. Teil : 9. Ed.: Hans Huber Verlag Bern.
- Stapert, J. (1983): Intramedulläre osteosynthese van het femur. Dissertatie, Maastricht.
- Stewart, M.; Sisk, T.; Wallace, S. (1966): Fractures of the distal third of the femur. J. Bone Joint Surg. 48-A : 784.
- Stöhrer, M.; Preis, G.; Georgi, P.; Langhoff, J.; Franke, D. (1972): Untersuchungen über den Einfluss von Cerclagen auf die Durchblutungs-Verhältnisse am Hundeknochen. Langenbecks Arch. Chir. (Suppl.). Chir. Forum : 23.
- Stryker, W.; Fussell, M.; West, H. (1970): Comparison of the results of operative and non-operative treatment of diaphyseal fractures of the femur at the Naval Hospital, San Diego, over a five year period. J. Bone Joint Surg. 52-A : 815.
- Stürmer, K.; Schuchardt, W. (1980): Neue Aspekte der gedeckten Marknagelung und des Aufbohrers der Markhöhle im Tierexperiment. I. Die Schaftstibia als Tiermodell für die Marknagelung. Unfallheilk. 83 : 341.
- Stürmer, K.; Schuchardt, W. (1980): Neue Aspekte der gedeckten Marknagelung und des Aufbohrers der Markhöhle im Tierexperiment. II. Der intramedulläre Druck beim Aufbohren der Markhöhle. Unfallheilk. 83 : 346.

- Stürmer, K.; Schuchardt, W. (1980): Neue Aspekte der gedeckten Marknagelung und des Aufbohrens der Markhöhle im Tierexperiment. III. Knochenheilung, Gefäßversorgung und Knochenumbau. Unfallheilk. 83 : 433.
- Thomas, T.; Meggitt, B. (1981): A comparative study of methods for treating fractures of the distal half of the femur. J. Bone Joint surg. 63-B, 1 : 3.
- Tonino, A.; Davidson, C.; Klopfer, P.; Linclau, L. (1976): Protection from stress in bone and its effects. Experiments with stainless steel and plastic plates in dogs. J. Bone Joint Surg. vol. 58-B, 107 : 13.
- Trojan, E.; Vécsei, V.; Wruhs, O. (1983): Indikationen für die Verriegelungsnagelung am Oberschenkel im distalen Drittel. Hefte Unfallheilkunde 161 : 53.
- Trueta, J.; Cavadias, A. (1955): Vascular changes caused by the Küntscher type of nailing. An experimental study in the rabbit. J. Bone Joint Surg. vol. 37-B, 3 : 492.
- Trueta, J.; Cavadias, A. (1964): A study of the blood supply of the long bones. Surg. Gyn. Obstet. vol. 118, 3 : 485.
- Tscherne, H.; Szyszkowitz, R. (1968): Mehrfragmentbrüche des Femurschaftes. Mschr. Unfallheilkunde 71 : 103.
- Tscherne, H.; Trentz, O. (1977): Operationstechnik und Ergebnisse bei Mehrfragment- und Trümmerbrüchen des Femurschaftes. Unfallheilk. 80 : 221.
- Uthoff, H.; Dubuc, F. (1971): Bone structures changes in the dog under rigid internal fixation. Clin. Orthop. 81 : 165.
- Uthoff, H.; Finnegan, M. (1983): The effects of metal plates on post-traumatic remodelling and bone mass. J. Bone Joint Surg. vol. 65-B, 1 : 66.
- Vécsei, V. (1978): Verriegelungsnagelung. Symposium Wenen. Ed.: W. Maudrich Verlag, Wenen.
- Vécsei, V. (1980): Der Dübelbolzen - eine Ergänzung zur Verriegelungsnagelung. Unfallchirurgie 6, 3 : 193.
- Vécsei, V. (1983): Grundlagen der Verriegelungsnagelung - Biomechanische Grundlagen. Hefte Unfallheilkunde 161 : 24.
- Viernstein, K.; Bezougliis, C.; Gordes, W. (1971): Die Kettenfrakturen der unteren Extremitäten. Akt. Traum. 1 : 75.
- Vollmar, J. (1960): Der Knicanprall, ein häufiger Verletzungsmechanismus bei Auto- und Motorradfahrern. Langenbecks Arch. Klin. Chir. 295 : 315.
- Voorhoeve, A.; Sternemann, H. (1973): Beitrag zur Behandlung von Kombinationsfrakturen des Oberschenkels. Mschr. Unfallheilkunde 76 : 376.
- Wagner, K.; Wagner, H. (1968): Handbuch der Verkehrsmedizin. Ed.: Springer, Berlin.
- Wang, G.; Dunstan, J.; Reger, S.; Hubbard, S.; Dillich, J.; Stamp, W. (1981): Experimental femoral fracture immobilized by rigid and flexible rods (a rabbit model). Clin. Orthop. Research 154 : 286.
- Warmbrod, J.; Yelton, Ch.; Weiss, A. (1976): Intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Clin. Orthop. 114 : 282.
- Weigert, M.; Viernstein, K. (1968): Die Aussendrehfehlstellung nach Oberschenkelmarknagelung. Z. Orthop. 104 : 567.
- Weiss, H.; Schmit-Neuerburg, K.; Stürmer, K. (1981): Experimentelle Untersuchung zur Einheilung vascularisierter Schaftsegmente bei Marknagel - Osteosynthesen. Langenbecks Arch. Chir. 1981 - suppl. 18.
- Weiss, H.; Schmit-Neuerburg, K. (1983): Tierexperimentelle Erfahrungen mit dem Verriegelungsnagel bei der Versorgung von Tibia-Etagenbrüchen. Hefte Unfallheilkunde 161 : 11.
- Wenninger, H. (1975): Goetzedrähte und gedeckte Marknagelung bei Unterschenkeldrehbrüchen Erwachsener. Hefte Unfallheilkunde 119 : 81.
- Westhues, R. (1943): Kriegschirurgische Erfahrungen. Zur Behandlung schwierigen Extremitätenschussbrüche mit ausgedehnten Weichteilwunden. Chirurg 15 : 13.
- Whiteside, L.; Lesker, P. (1978): The effects of extraperiosteal and subperiosteal dissection on fracture healing. J. Bone Joint Surg. vol. 60-A, 26.
- Wiendl, H. (1979): Stabile Osteosynthese von Trümmerfrakturen unter zusätzlicher Verwendung von Cerclagen. Unfallheilk. 82 : 36.
- Wieser, C. (1964): Die primäre Knochenbruchheilung und ihre Störung im Röntgenbild. Langenbecks Arch. Klin. Chir. 308 : 434.
- Wilber, M.; Evans, E. (1978): Fractures of the femoral shaft treated surgically. Comparative results of early and delayed operative stabilization. J. Bone Joint Surg. vol. 60-A, 4 : 489.

- Winqvist, R.; Hansen, S. (1980): Comminuted fractures of the femoral shaft treated by intramedullary nailing. Orthop. Clin. North. America vol. 11, 3 : 633.
- Winqvist, R.; Hansen, S.; Clawson, D. (1984): Closed intramedullary nailing of femoral fractures. J. Bone Joint Surg. vol. 66-A, 4 : 529.
- Wittmoser, R. (1955): Die geschlossene Marknagelung des Oberschenkelbruches. Langenbecks Arch. Chir. 282 : 248.
- Wolf, H.; Schauwecker, F.; Tittel, K. (1984): Rotationsfehler nach Marknagelung des Oberschenkels. Unfallchirurgie 3 : 133.
- Zenker, H. (1972): Zur Indikation und Technik korrigierender Osteotomien im Schaftbereich langer Röhrenknochen. Arch. Orthop. Unfall. Chir. 74 : 205.
- Zettas, J.; Zettas, P.; Thanasophon, B. (1979): Injury patterns in motorcycle accidents. J. Trauma vol. 19, 11 : 833.
- Zickel, R. (1980): Subtrochanteric femoral fractures. Orthop. Clin. 11 : 555.
- Zimmerman, H. (1967): Beitrag zur offenen und geschlossenen Marknagelung von Unterschenkelchaftfrakturen. Arch. Orthop. Unfall. Chir. 62 : 205.

DANKWOORD

Allen die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit proefschrift wil ik van harte bedanken. Prof. Dr. H. Lemmens was, als pionier van de intramedullaire osteosynthesetechniek in Nederland, voor mij een zeer deskundige gids, wiens adviezen en commentaren veel hebben bijgedragen aan dit proefschrift.

Prof. Dr. J. Greep, die op zijn eigen typische maar zeer dynamische manier heeft meegewerkt aan deze thesis, ben ik veel dank verschuldigd.

Het idee voor dit proefschrift kreeg ik van Dr. med. K. Klemm. Tijdens mijn verblijf in Frankfort leerde ik van hem de finesse van de Grendelpentechniek.

Prof. Dr. A. van der Linden ben ik dankbaar voor zijn nuttig commentaar als referent.

Dr. J. Munting, die mij tot chirurg heeft opgeleid, ben ik dankbaar voor zijn kritische commentaren en voor het feit dat hij deze studie voortdurend heeft aangemoedigd.

Dr. J. Stapert was voor mij meer dan een referent. De vele avonden die wij samen discussiëerden over de inhoud van het proefschrift kreeg ik van onschatbare waarde geweest bij het voltooien ervan.

De chirurgen van het De Weverziekenhuis, Dr. J. Pinckaers, Dr. J. Munting, Dr. H. van Houtte, Dr. J. Lens en C. van Duin, die mij in staat hebben gesteld in de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik te Frankfort mijn kennis en vaardigheden op het gebied van de traumatologie uit te bouwen en die altijd het volste vertrouwen in het onderzoek hebben gehad en mij waar mogelijk hebben gesteund.

Prof. Dr. med. H. Contzen, die als hoofd van de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik te Frankfort mij de gelegenheid heeft gegeven de patiënten uit zijn kliniek te onderzoeken.

De medewerksters van de chirurgische poliklinieken in Heerlen en Frankfort die met veel volharding alle patiënten voor het na-onderzoek wisten op te sporen.

De medewerkers van de medische archieven van het De Weverziekenhuis en de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik die altijd behulpzaam waren bij het verzamelen van de patiëntengegevens.

De directie van het De Weverziekenhuis die het mogelijk maakte dat ook patiënten die van zeer ver moesten komen na-onderzocht konden worden.

De radiologie-afdelingen van het De Weverziekenhuis en de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik die belangeloos de vele en bewerkelijke "Bein-Ganzaufnahmen" hebben gemaakt.

Allen die mij hebben geholpen met de vele foto's en illustraties: H. Willers, G. van Rooy, F. Gouthier, P. Maessen en het fotolaboratorium van de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik.

De medewerksters van de medische bibliotheken in beide ziekenhuizen.

Harrie Schols en de paranympfen Hans Vaessens en mijn broer Richard voor hun hulp bij de hele organisatie rond de promotie.

Mijn vriendin Mariët die gedurende een jaar mijn gitaar heeft geleend van haar vriendin, het typen van hertypen van de diverse manuscripten heeft besteed en die al die tijd een goedghumeurde steun en toeverlaat is gebleven.

Tot slot een woord van dank aan alle oud-patiënten die bereid waren, soms van zeer ver, ter na-controle te komen.

CURRICULUM VITAE

De auteur werd op 25 februari 1950 in Maastricht geboren, waar hij in 1969 het eindexamen Gymnasium-B behaalde aan het Henric van Veldekecollege.

De studie Geneeskunde vond plaats aan de Rijksuniversiteit te Utrecht, waar in september 1975 het artsexamen werd verkregen.

Van oktober 1975 tot 1977 vervulde hij zijn dienstplicht als assistent orthopaedie in het Militair Hospitaal Dr. A. Mathijssen te Utrecht.

Sinds 1977 is hij werkzaam in het De Weverziekenhuis te Heerlen waar hij van 1977 tot en met 1982 de opleiding tot chirurg aan de afdeling Algemene Heelkunde (hoofd: Dr. J.D.K. Munting) volgde.

De eerste helft van 1983 was hij werkzaam als fellow aan de Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik te Frankfort (hoofd: Prof. Dr. med. H. Contzen).