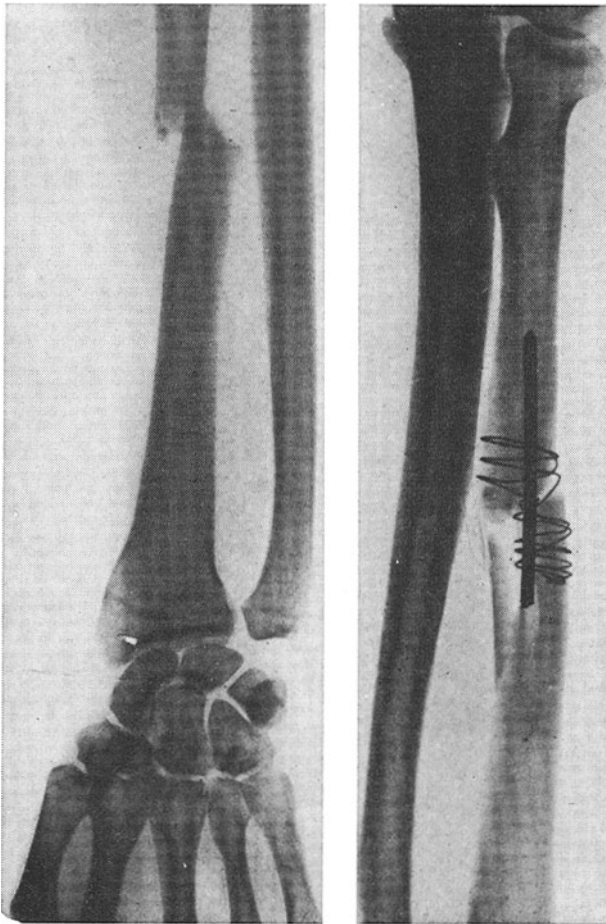


Moderne osteosynthese

DOOR DR. H. A. J. LEMMENS, ZIEKENHUIS ST. ANNADAL TE MAASTRICHT
EN DR. W. VAN DER SLIKKE, ACADEMISCH ZIEKENHUIS DIJKZIGT TE ROTTERDAM

Waarschijnlijk bestaan over geen onderdeel van de algemene chirurgie zoveel tegenstrijdige meningen als over de osteosynthese. Bekwame chirurgen uit de vorige eeuw hebben na de geboorte van de asepsis gemeend, nieuwe grondslagen te kunnen leggen voor deze oeroude vorm van chirurgie; vaak was het echter zo, dat moedige mannen ermede zijn begonnen en dat moedige mannen ermede zijn opgehouden.

Door slechte ervaringen werden vurige voorstanders van de methode tot teleurgestelde tegenstanders. Dat desondanks steeds weer opnieuw pogingen werden ondernomen om de osteosynthesemethode ingang te doen vinden, is slechts ver-



Figuur 1. Osteosynthese uit het jaar 1921. Men ziet de ophelderingen rond het niet-roestvrije materiaal.

Samenvatting. Met behulp van de nieuwe osteosynthesemethoden wordt ernaar gestreefd het gefractureerde bot weer even sterk te maken als voor de fractuur. Vaak zal men dit ideaal niet bereiken, doch bijvoorbeeld slechts een oefeningsstabiliteit. Maar ook dit is reeds een grote verbetering ten opzichte van de vroegere methodes, die een zo geringe stabiliteit gaven, dat verdere uitwendige steun door middel van rekverband of gips nog nodig was. Daar deze hulpmiddelen bij de moderne osteosynthese geheel of gedeeltelijk achterwege kunnen blijven, kan veel sneller functieherstel van de getroffen extremiteit optreden.

Het bereiken van belastings- of oefeningsstabiliteit geschiedt door een aan de speciale eigenschappen van bot en de verschillende soorten fracturen aangepast instrumentarium. Beschreven worden de twee hoofdgroepen van deze moderne osteosynthese-technieken, namelijk de mergpen volgens Küntscher en de methode die werd ontwikkeld door de „Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen” uit Davos.

klaarbaar wanneer men de slechte resultaten van de conservatieve methoden uit die dagen in aanmerking neemt.

De teleurstellende ervaringen met osteosynthese kunnen zeker niet zonder meer aan de onjuistheid van het principe worden geweten. De middelen waarmede en de omstandigheden waaronder onze grote voorgangers en leermeesters de osteosynthese moesten verrichten, waren vaak van dien aard, dat een goed resultaat slechts in de minderheid der gevallen mocht worden verwacht.

Alleen reeds de gebreken van het osteosynthesemateriaal waren tientallen jaren lang de oorzaak van mislukking van de operatie (*figuur 1*). Het is dan ook begrijpelijk dat, toen Küntscher in 1940 in Berlijn zijn methode introduceerde en zich ontpopte als een der grote voorstanders van osteosynthese, dit heftige tegenstand opriep, waarbij men hem onder andere „den riesigen Fremdkörper auf der Röntgenfoto” verweet.

Doel der osteosynthese. Het hoofddoel van elke fractuurbehandeling moet zijn het bevorderen van de genezing van de fractuur op een dusdanige wijze, dat de functie van de getroffen extremiteit ad integrum zal herstellen. Afhankelijk van de soort fractuur, de kennis en de kunde van de chi-

rurg, het hem ter beschikking staande instrumentarium en de outillage, zullen in het ene geval de beste kansen op een volledig herstel bestaan bij de operatieve en in het andere geval bij de conservatieve fractuurbehandeling. Hierbij dient men te bedenken dat operatieve fractuurbehandeling een zeker extra risico met zich brengt. De chirurg die osteosynthese verricht, dient deze risico's zo klein mogelijk te maken en de voordelen die aan osteosynthese zijn verbonden zo groot mogelijk.

Juist de laatste tientallen jaren hebben zich belangrijke ontwikkelingen voorgedaan in de osteosynthesetechniek, waardoor het mogelijk is de risico's aanzienlijk te verminderen en tevens veel betere resultaten te verkrijgen dan tot voor kort mogelijk was. Desondanks moet men bedenken dat ook bij de grote vooruitgang die gedurende de laatste jaren in de osteosynthesetechniek is opgetreden, het heel goed mogelijk is om ook langs conservatieve weg vele fracturen zodanig te behandelen dat deze consolideren, waarbij de functie van de getroffen extremiteit zich volledig herstelt. Wij denken hierbij bijvoorbeeld aan fracturen bij kinderen. Bij dergelijke fracturen is osteosynthese nooit dringend en in het overgrote aantal der gevallen volledig ongewenst.

Wanneer echter langs conservatieve weg geen bevredigende stand van de fractuur is te verkrijgen en te behouden en/of door de langdurige immobilisatie een verstijving van de aangrenzende gewrichten en een atrofie van het spierapparaat dreigt, waardoor de functie van de extremiteit in de toekomst sterk zal gaan lijden, dan dient men osteosynthese te overwegen. Om bij de osteosynthese zo min mogelijk risico's te lopen en om de voordelen hiervan zo groot mogelijk te doen zijn, dient men bepaalde eisen te stellen aan de operatietechniek.

Eisen te stellen aan de osteosynthese. In de eerste plaats dient men als absolute voorwaarde te stellen dat de operatie een aseptische ingreep is. Slechts in die operatiekamers waar een compromisloze aepsis tijdens de ingreep kan worden doorgevoerd, mag osteosynthese worden verricht.

Ten tweede moet het osteosynthesemateriaal in hoge mate corrosievrij zijn.

Ten derde moet de repositie van de fractuur anatomisch zijn. Men moet niet tevreden zijn met een bijna anatomische repositie of een praktisch anatomische repositie, slechts één stand is aanvaardbaar: de anatomische.

Ten vierde moet de fixatie van de fractuur een dusdanige stabiliteit geven, dat minstens oefeningsstabiliteit eruit resulteert. Bij bepaalde fracturen kan men zelfs een belastingsstabiliteit verkrijgen. De stabiliteit is het hoofdkenmerk van de moderne osteosynthese.

De aepsis. In het bovenstaande stelden wij als eerste eis aan de osteosynthese dat de ingreep aseptisch geschiedt. De fractuurosteomyelitis was

en is het grootste risico dat men bij de osteosynthese loopt. De tragedie die ontstaat, wanneer een fractuur door een operatie geïnfecteerd raakt, is nog steeds zeer groot, hoewel ook hiervoor moderne behandelingsmethoden bestaan.

De streng doorgevoerde aepsis is absoluut noodzakelijk wanneer men een vreemd lichaam implanteert. De tegenstander van de osteosynthese zal gaarne wijzen op de fractuurosteomyelitis, ontstaan na en door een operatieve fractuurbehandeling, doch hij vergeet waarschijnlijk, dat hetzelfde probleem geldt bij elke operatie, zoals bijvoorbeeld zeker bij de bloedvatoperaties, waarbij een prothese wordt ingebracht. Behalve de aepsis, die wordt gehandhaafd door strenge discipline in de operatiekamer, dient het hanteren van de weefsels als een belangrijke invloed op het ontstaan van infecties te worden beschouwd. Necrose van weefsels door een ruwe operatietechniek of bijvoorbeeld het gebruik van verkeerde incisies, geeft een aanzienlijk verhoogde kans op infectie. Zo zal ook het te ver vrijleggen van bot voor de operatieve repositie en fixatie, tot versterf van stukken bot, sekwestervorming en fractuurosteomyelitis kunnen leiden.

De corrosievastheid. De tweede eis die aan de osteosynthese wordt gesteld, is het zoveel mogelijk corrosievrij zijn van de gebruikte materialen. In de chirurgie verstaat men onder corrosie de elektrolytische processen die het osteosynthesemateriaal kunnen aantasten.

Het directe gevolg van dit aantasten is de reactie van de omgevende weefsels op het gecorrodeerde voorwerp. Uit de fysica weten wij dat elk metaal, ook het edele metaal, in staat is ionen af te geven in waterige oplossing (de edele metalen minder dan de onedele). De afgifte van de geladen atomen zorgt voor een elektrische potentiaal, die het chemische proces bevordert en tot vernietiging voert van zowel metaal als van de vitaliteit van het bot en van andere weefsels. In deze gede vitaliseerde weefsels treedt maar al te gaarne een bacteriële infectie op. In een dergelijke situatie is fractuurosteomyelitis het droevige resultaat van een osteosynthese, verricht met gebruik van niet-corrosievrij metaal.

De ontwikkeling van de techniek heeft het gelukkig mogelijk gemaakt om materialen te vervaardigen, die in het menselijke lichaam verregaand corrosievrij blijken te zijn. De edele metalen, die zoals boven reeds gezegd, zeer corrosievrij zijn, zijn ongeschikt als osteosynthesemateriaal, daar zij hiervoor te zacht of te bros zijn. Daarom moest men voor de oplossing van het corrosieprobleem zoeken in de richting van legeringen van minder edele metalen. Door aan ijzer, dat onedel is, een hoeveelheid chroom toe te voegen, verkrijgt men een legering, die tegen corrosie redelijk bestendig is. Chroom is namelijk in staat om een vrij dichte oxydelaag te vormen, die het ijzer afsluit van de omgeving en daardoor tegen verdere corrosie be-

schermt. Indien men in deze legering een gedeelte van het ijzer door nikkel vervangt, wordt de corrosievastheid nog groter. Deze legering, dus ijzer, chroom en nikkel, is bekend onder de naam roestvrij staal of 18/8 staal (18 procent Cr en 8 procent Ni). Zeer actieve chloorionen, die rijkelijk in de weefselvochten voorkomen, blijken echter toch in staat te zijn om de chroomoxydelag van dit roestvrije staal te doorbreken. Wanneer hieraan nog twee procent molybdeen wordt toegevoegd, ontstaat een legering waarvan de corrosievastheid voor chirurgische doeleinden acceptabel is.

De chirurg dient echter terdege zich ervan bewust te zijn, dat behalve de oppervlaktecorrosie ook nog andere vormen van corrosie kunnen optreden. Interkristallijne corrosie kan ontstaan door het vervormen van osteosynthesemateriaal door de chirurg. Spanningscorrosie kan optreden door onjuiste belasting van het roestvrije staal; deze spanningscorrosie kan identiek zijn aan de interkristallijne corrosie, daar ten gevolge van onjuiste belasting vervormingen van het materiaal plaatsvinden. Contactcorrosie kan ontstaan indien men twee metalen van verschillende samenstelling met elkander in contact brengt, bijvoorbeeld een schroef van andere samenstelling dan de plaat. Eenzelfde vorm van corrosie treedt op wanneer men een schroef zeer sterk aandraait met een schroevendraaier van andere samenstelling dan de schroef. Daarom is het wenselijk, dat het gehele instrumentarium van dezelfde metaalsamenstelling is als het osteosynthesemateriaal.

Voor verdere uitvoerige gegevens over het corrosieprobleem wordt verwezen naar het rapport van de Gezondheidsraad betreffende het toezicht op en de hoedanigheid van medische materialen. Het corrosieprobleem is nog niet geheel opgelost en het zal waarschijnlijk ook in de toekomst niet worden opgelost. Het vertoont in dit opzicht gelijkenis met het probleem der asepsis. Zowel asepsis als corrosievrijheid zijn geen bereikbare grootheden, zij kunnen slechts worden benaderd.

Anatomische repositie. Voor het toekomstige herstel van de functie van de getroffen extremiteit, is het van uitermate groot belang dat een anatomische repositie van de fractuur wordt bereikt. Afwijkingen in de asstand voeren tot verkeerde belasting van de gewrichten; zij geven kans op arthrosis na korte of lange tijd. Gelukkig zijn er talrijke fracturen, die geconsolideerd met een geringe dislokatie, geen slechte invloed op de naburige gewrichten hebben. Voor het verkrijgen van een anatomische stand is de operatieve therapie gunstiger dan de conservatieve; met deze laatste behandelingswijze zal het vaak niet gelukken om een aanvaardbare repositie te verkrijgen. Bovendien zal, indien al een bevredigende stand is verkregen, deze bij verder voortgezette conservatieve therapie weer min of meer kunnen verloren gaan. Door middel van operatieve repositie en osteosynthese zal het in het overgrote aantal der gevallen

mogelijk zijn een anatomische stand te verkrijgen.

Bij kinderen kan men vrij grote afwijkingen in de asstand accepteren, daar door de ombouw deze asstand na korte of lange tijd zal worden gecorrigeerd. Dit is dan ook de reden — met het feit dat zelden of nooit een pseudarthrosis bij kinderen ontstaat — dat operatieve fractuurbehandeling bij jeugdigen moet worden afgeraden.

Stabiliteit der osteosynthese. De moderne osteosynthese onderscheidt zich van alle andere vormen van operatieve fractuurbehandeling daardoor, dat zij een absolute stabiliteit van de fracturen nastreeft. Macro- en microbewegingen worden uitgesloten door toepassing van een der beide grondprincipes en wel de inwendige spalking en/of de interfragmentaire druk.

De fractuurfragmenten worden in ideale gevallen hierdoor zo vast met elkander verenigd, dat elke vorm van uitwendige fixatie overbodig wordt. Dientengevolge is het mogelijk om de functie van de extremiteit zo vroeg mogelijk te herstellen, zodat de spieren niet atrofisch worden en de gewrichten hun normale functie herkrigen. Het pijnloze gebruik van de extremiteit in de directe postoperatieve periode is de beste indicator of de beoogde stabiliteit is bereikt. Men moet echter niet verwachten dat een stabiele osteosynthese de fractuur ongedaan maakt. Stabiele osteosynthese wil alleen zeggen, dat de fractuurfragmenten zo stevig met elkander zijn verenigd, dat de extremiteit zijn functie van voor het ongeval weer kan hernemen, weliswaar eventueel zonder belasting.

Is de osteosynthese zo onstabiel dat als aanvullende behandeling een gipsverband noodzakelijk is ter handhaving van de goede stand, dan zal het functieherstel van de extremiteit veel langer op zich laten wachten en soms zelfs zal deze in het geheel niet meer kunnen worden bereikt.

De verkregen stabiliteit kan worden onderverdeeld in oefeningsstabiliteit en belastingsstabiliteit. Deze laatste vorm geldt voor de onderste extremiteit. In vele gevallen zal het moeilijk of onmogelijk zijn een fractuur van het been zodanig te fixeren dat de patiënt zonder uitwendige steun erop kan lopen. Immers, wanneer men een fractuur van de onderste extremiteit gaat belasten, belast men het osteosynthesemateriaal. In een dergelijk geval zal men derhalve zeer bijzondere eisen moeten stellen aan dit materiaal en aan de vorm van de fractuur, daar de kans op vermoeidheidsbreuk van het osteosynthesemateriaal zeer groot wordt.

Oefeningsstabiliteit echter, zal door middel van de moderne osteosynthese praktisch altijd kunnen worden verkregen. Bij de onderste extremiteit kan men bovendien zeer vaak door middel van een of ander loopapparaat de fractuur tijdens het lopen beschermen. Het loopapparaat wordt dan, wanneer de fractuur niet wordt belast, verwijderd, zodat oefenen mogelijk blijft.

Er zijn twee mogelijkheden om een stabiele osteosynthese te verkrijgen. De oudste methode werd

ontwikkeld door Küntscher; deze bestaat uit het inwendig spalken van de fractuur met een mergspijker. De andere methode werd ontwikkeld door de „Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen” (A.O.) in Zwitserland. Door goed ontworpen osteosynthesemateriaal en een operatietechniek die wordt aangepast aan de eisen van de verschillende soorten fracturen, kan een aanzienlijke mate van stabiliteit worden verkregen, vooral door toepassing van het principe van de interfragmentaire druk.

De inwendige spalking van de fractuur. De gedachte die aan dit principe ten grondslag ligt, is de inwendige verklemming van een in het mergkanaal ingebrachte nagel tegen de corticalis van het bot. Indien men een niet-elastische nagel in elastisch materiaal slaat, zullen de centripetaal gerichte krachten van het elastische materiaal de nagel vasthouden. Indien men echter omgekeerd

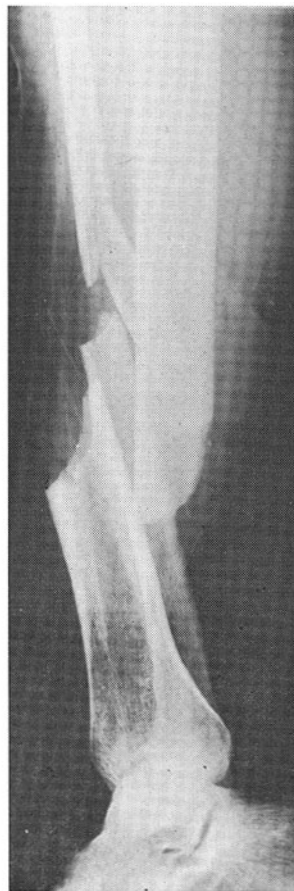
Figuur 2a tot en met 2g. Methode van Küntscher. Op de foto's 2a en 2b ziet men een fractura cruris. Deze werd operatief gefixeerd met behulp van een mergpen volgens Küntscher na opboren van de mergholte (2c en 2d). Na verwijdering van de mergpen ziet men (2f en 2g) de consolidatie met slechts geringe callusvorming.

een elastische holle nagel in niet-elastisch materiaal slaat, zullen centrifugaal gerichte krachten, uitgaande van de samengedrukte nagel, voor een elastische verklemming zorgen. Op deze laatste vorm van elastische verklemming baseerde Küntscher zijn principe van stabiele osteosynthese. Andere vormen van intramedullaire fractuurbehandeling zoals de „Bündelnagelung” van Hackenthal of de mergpenen volgens Rush, hebben deze elastische verklemming niet. Hiermede wordt slechts zelden een stabiele osteosynthese bereikt. Men mag deze methoden derhalve niet als gelijkwaardig beschouwen aan die van Küntscher. De naam „centrale mergnageling” is in het medische spraakgebruik gemeengoed geworden. Men doet er echter goed aan deze naam te reserveren voor de methode van Küntscher.

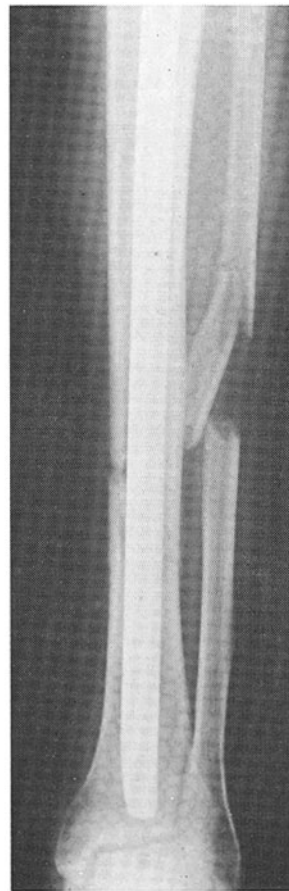
Indien men een functioneel stabiele osteosynthese wil bereiken, dan spreekt het vanzelf dat de inwendige spalk (nagel) ongeveer dezelfde stabiliteit moet hebben als het bot zelf. De oplossing hiervoor heeft Küntscher gevonden in de holle mergnagel met klaverbladprofiel. Hoe groter de doorsnede van de nagel, des te groter zijn stabiliteit. Een nagel van 14 mm doorsnede uit chroomnikkel Molybdeen staal weerstaat buigingskrachten beter dan bot. De doorsnede van de nagel moet dus zo groot mogelijk zijn. Het is echter slechts



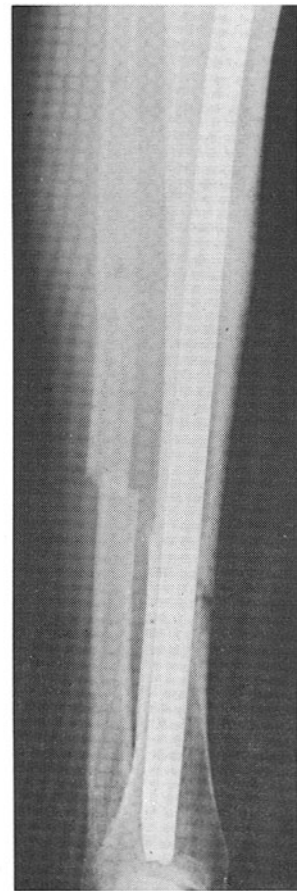
2a



2b



2c



2d

zelden mogelijk om een nagel van 14 mm door de mergholte van lange pijpbeenderen in te brengen. De mergholtes van de tibia zijn wat breder dan 11 tot 13 mm. Bovendien is de mergholte nooit cilindrisch van vorm. Bij de tibia is zij zelfs uitgesproken zandlopervormig met een in lengte sterk variabele mergengte. Theoretisch gezien zou men van een dergelijke mergengte kunnen gebruik maken. Immers, indien deze zogenaamde mergengte over voldoende afstand cilindrisch van vorm verloopt en de fractuur in het midden van de engte is gelegen, dan zou men hierin met een passende mergnagel een elastische verklemming der beide botstukken kunnen verkrijgen. Praktisch is dit slechts zelden het geval.

Wij komen op deze wijze logisch doorredene- rend bij de tweede reeds genoemde eis terecht die aan de stabiele osteosynthese door middel van de mergnagel moet worden gesteld, namelijk de onwrikbare vereniging van inwendige spalk- en fractuurfragmenten. Niet alleen de nagel moet voldoende stabiliteit bezitten, de fractuurfragmenten moeten eveneens onwrikbaar met de nagel zijn verenigd. Roterende botbeweging ten opzichte van de nagel mag evenmin mogelijk zijn als beweging in de asrichting.

Door de elastische verklemming van nagel met bot moet aan deze eis worden voldaan. Dit kan

alleen wanneer een voldoende dikke nagel in een voldoende lang cilindrisch kanaal wordt gebracht. Om dit te bereiken moet de mergholte kunstmatig worden verwijd; met behulp van lange boren wordt de doorsnede van het mergkanaal groter gemaakt, het kanaal krijgt een min of meer cilindrische vorm.

Bij de tibia met zandlopervormige mergholte zou men kunnen voorstellen deze te verwijden om hem hierdoor een cilindrische vorm te geven, waardoor hij zijn zandlopervorm verliest. Daar de boor bij het verwijden enigszins een spiraalvorm beschrijft door de groeven in de boorkoppen, wordt de cilinder niet meetkundig exact. Hierdoor is het nodig een nagel van dezelfde doorsnede als de boor met kracht in te brengen. Het gevolg hiervan is dat de nagel enigszins wordt samengedrukt. Hiermede is de elastische verklemming bereikt.

Door botresorptie zal de elastische verklemming van de mergnagel steeds minder worden; uiteindelijk zal de mergnagel dikwijls los in de mergholte komen te liggen. Tegen die tijd echter is ten gevolge van de stabiele osteosynthese de fractuur geconsolideerd en kan de nagel eventueel worden verwijderd (*figuur 2*).

De voordelen van de mergnageling zijn de volgende.

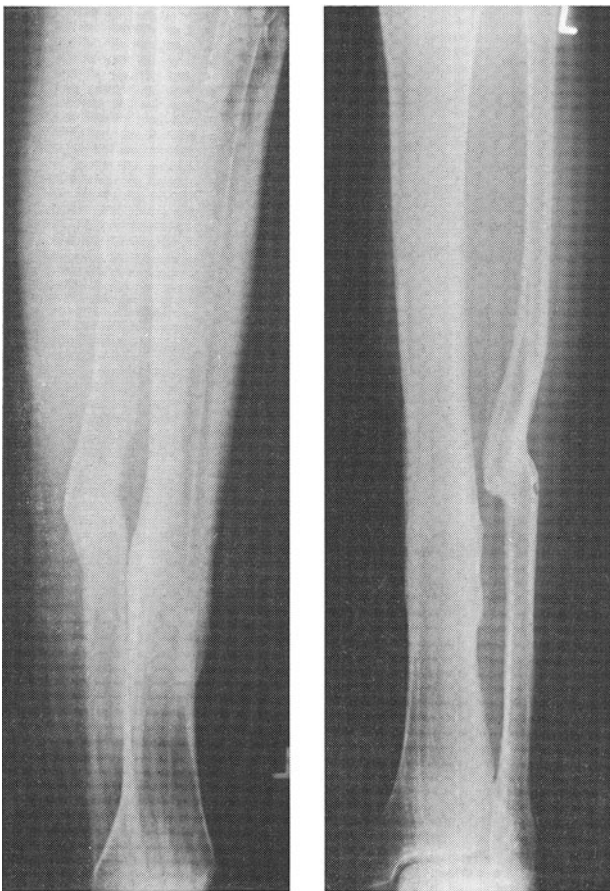
Ten eerste. De stabilisatie van de fractuur vindt binnen in het bot plaats. Het periost speelt een grote rol bij de voeding van het bot en ook bij de callusvorming, zodat het belangrijk is om dit periost zo min mogelijk te beschadigen.

Ten tweede. Het grootste voordeel van de mergnageling is het feit, dat zij in vrij veel gevallen kan worden uitgevoerd zonder de fractuur bloot te leggen. Door middel van een incisie ver van de fractuurplaats, wordt dan toegang tot de mergholte verkregen. Hierdoor wordt de kans op fractuur-osteomyelitis sterk verkleind.

Ten derde. De verkregen stabiliteit zal vaak zo groot zijn, dat er zelfs belastingsstabiliteit ontstaat, zodat patiënten met tibia- of femurfracturen direct kunnen worden gemobiliseerd zonder verdere uitwendige steunapparatuur. De duur van het verblijf in het ziekenhuis en invaliditeit van twee maanden zijn bereikbaar voor de genezing van femur- en tibiafracturen.

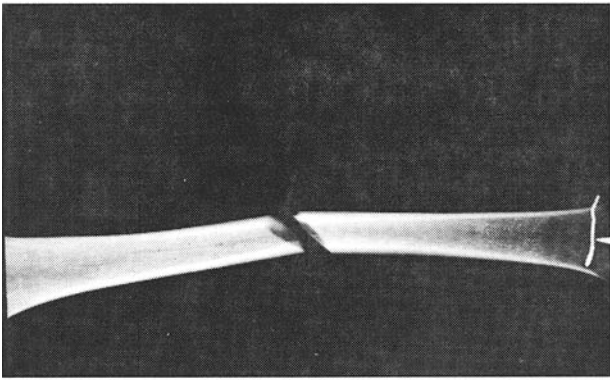
De mergnageling heeft ook zijn beperkingen; bij lange pijpbeenderen zijn de fracturen die dicht bij de gewrichten liggen, minder geschikt voor een stabiele osteosynthese door middel van een mergnageling. De mergholte wordt bij deze gewrichten immers wijder en elastische verklemming wordt hierdoor moeilijker te verkrijgen.

Osteosynthese volgens A.O. Bij de osteosynthese, zoals die door de „Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen” uit Zwitserland werd ontwikkeld, heeft men consequent ernaar gestreefd om bij elke soort fractuur op elke plaats van het lichaam een stabiele osteosynthese te kunnen verrichten. Daar fracturen zeer verschillend van vorm

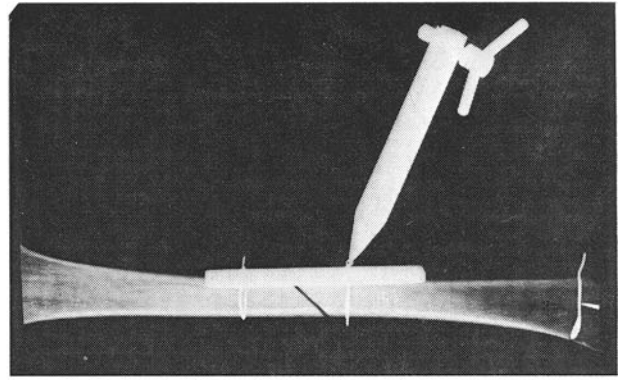


2e

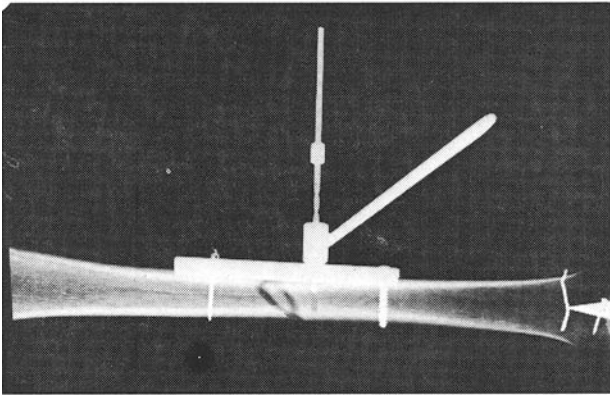
2g



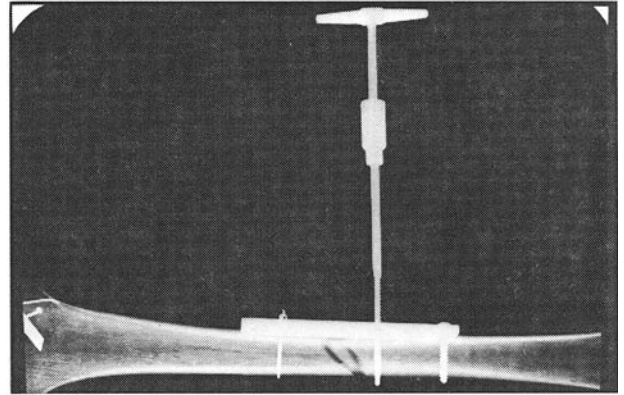
3a



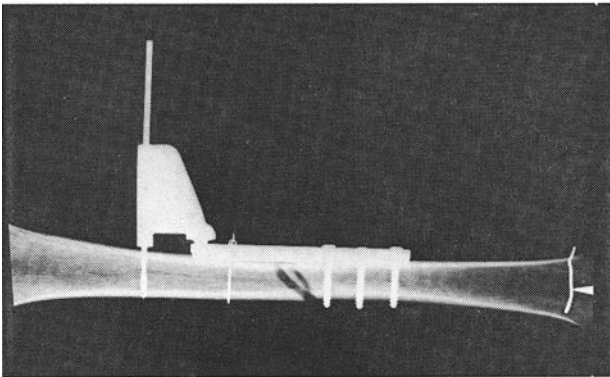
3b



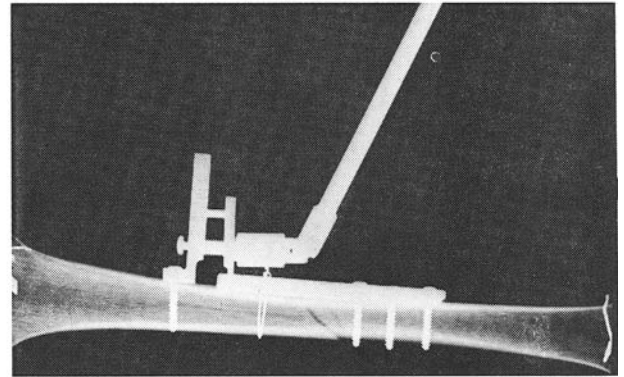
3c



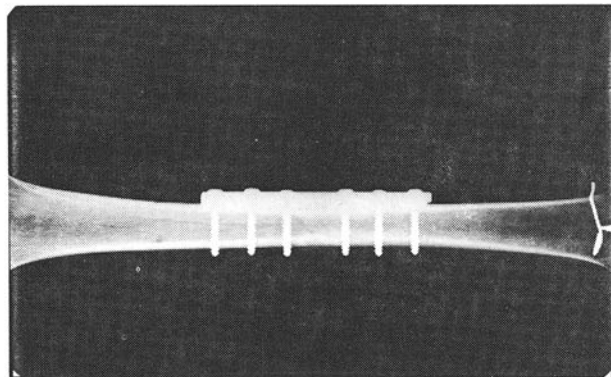
3d



3e



3f



3g

kunnen zijn en op zeer verschillende plaatsen van diverse soorten botten aanwezig kunnen zijn, dient men ook een instrumentarium te ontwerpen dat zeer ruim van toepassingsmogelijkheid is. De A.O. ontwikkelde verschillende typen schroeven, diverse soorten platen en verder nog enkele speciale operatietechnieken zoals de spanosteosynthese. Het zou te ver voeren om in dit artikel alle details van de operatietechniek te bespreken, doch om een voorbeeld te geven van de nauwkeurige werkwijze van de A.O.-groep hebben wij een aantal afbeeldingen gegeven van de operatietechniek, zoals deze met de zogenaamde drukplaat wordt uitgevoerd (figuur 3). Als bezwaar van de A.O.-methode moet worden geacht, dat het materiaal minder corrosievrij is waardoor het noodzakelijk wordt om na enkele jaren dit te verwijderen. Een heroperatie is dus onvermijdelijk; weliswaar is het een betrekkelijk kleine ingreep, doch het is toch hinderlijk voor de patiënt. Verder is ook een bezwaar van deze methode dat men van een gesloten fractuur een open fractuur maakt, hetgeen bij de methode volgens Küntscher vaak niet nodig is.

Fractuurgenezing bij stabiele osteosynthese. De stabiele osteosynthese heeft geleid tot een nieuw begrip in de fractuurgenezing en wel de zogenaamde sanatio per primam. Degenen die dit begrip hebben ontwikkeld menen, dat de gewone fractuurgenezing zoals men die meestal ziet, een zogenaamde sanatio per secundam is. Dat wil zeg-

Figuur 3a tot en met 3g. Het principe van de fractuurbehandeling volgens de A.O.

De fractuur wordt voorlopig gereponeerd en gefixeerd met een plaat, die aan beide fractuureinden wordt vastgemaakt met een cerclage (3b). Hierna wordt de plaat op één fractuurstuk vastgeschroefd; bij het boren van de schroefgaten wordt gebruik gemaakt van een centreringsbusje, zodat de schroefgaten precies centraal ten opzichte van de gaten van de plaat liggen (3c). De schroefgaten worden voorzien van een schroefdraad met behulp van een tap (3d). Nadat de plaat op één fractuurstuk stevig is bevestigd met behulp van schroeven, wordt op een vaste afstand van het laatste schroefgat van de nog niet vastgeschroefde zijde een gat in het bot geboord (3e). Daarna wordt in dit schroefgat, nadat het ook is voorgetapt, een apparaat vastgemaakt dat uit twee delen bestaat, die naar elkander zijn toe te brengen door middel van een cardansleutel (3f). Aan dit compressieapparaat zit een haakje, dat in het laatste gat van de plaat past. Door het aantrekken van beide delen wordt tevens de fractuurspleet verkleind en de fractuureinden tegen elkander gedrukt. Hierdoor wordt compressie van de fractuur verkregen. Nadat dit is gebeurd, wordt de plaat aan het tweede fractuurstuk vastgemaakt, waarna het compressieapparaat en de cerclages kunnen worden verwijderd. Wanneer de operatie goed is gelukt, is van de fractuurspleet bijna niets meer te zien (3g).

gen dat de callus die bij sanatio per secundam optreedt, door de natuur slechts is bedoeld als een immobilisatiemiddel. Nadat de fractuur is geïmmobiliseerd door de callus, kan de eigenlijke fractuurspleet worden overbrugd door botweefsel. Dit botweefsel ontstaat uit de bloedvaten die uit de Haversse kanalen groeien. Voor deze fractuurgenezing is absolute immobilisatie in het fractuurgebied noodzakelijk, in tegenstelling tot de callusvorming die ook kan optreden wanneer geen absolute rust in acht wordt genomen. Een en ander zal samenhangen met het feit, dat de bloedvaten in de Haversse kanalen gevangen zitten in bot, waardoor zij geen uitwijkmogelijkheid hebben. Bij ook maar de geringste beweging zouden de uit deze kanalen gegroeide vaten scheuren en trombose- ren. Is er een stabiele osteosynthese, dan heerst er absolute rust in het fractuurgebied. De vaten uit de Haversse kanalen kunnen direct de fractuurspleet overbruggen en hierdoor een sanatio per primam geven. De callusvorming is dan niet nodig om de fractuur te immobiliseren. Deze ziet men dan ook niet optreden.

Behandeling van complicaties bij osteosynthese. De voornaamste complicatie van de operatieve osteosynthese is de infectie. In tegenstelling tot wat men vroeger meende moet men, indien althans een stabiele osteosynthese is verkregen, het materiaal niet verwijderen wanneer infectie optreedt. De fractuur kan uitstekend genezen in aanwezigheid van infectie wanneer maar een goede stabiliteit aanwezig is; is er infectie zonder stabiliteit, dan leidt dit in het overgrote aantal der gevallen tot een pseudarthrosis.

Spoeldrainage met daartoe geëigende antibiotica gecombineerd met extirpatie van niet-gevasculariseerde botdelen kan toch nog tot goede resultaten leiden.

Indicatiestelling tot osteosynthese. De voordelen van stabiele osteosynthese bij fracturen ten opzichte van die met gips zijn zeer groot. Het functieverstel is zeer veel sneller, het comfort voor de patiënt is veel groter en de invaliditeit duurt korter. Men moet echter niet de gevaren die aan de osteosynthese kleven, onderschatten. Zoals reeds werd gezegd is de voornaamste hiervan infectie. Daarom moet men aan strenge regels vasthouden ten opzichte van de indicatiestelling en alleen die fracturen operatief behandelen, die op conservatieve wijze niet of niet in een goede stand tot consolidatie zijn te brengen. Onder goede stand wordt verstaan een repositie van de fractuur die, wanneer hij tot consolidatie leidt, een goede functie van de getroffen extremiteit kan doen verwachten.

Voor de behandeling van pseudarthroses is de stabiele osteosynthese bijzonder geschikt. Het blijkt, dat men zonder resectie van de pseudarthrosis en dus zonder verdere verkorting van de extremiteit de fractuur tot genezing kan brengen wanneer men een stabiele osteosynthese verricht.