

BUIGPEESLETSELS IN DE HAND,
Een experimenteel en klinisch onderzoek.

PROEFSCHRIFT

Ter verkrijging van de graad van doctor in de
geneeskunde
aan de Erasmus Universiteit Rotterdam
op gezag van de Rector Magnificus
Prof.Dr. J. Sperna Weiland
en volgens besluit van het College van Dekanen.
De openbare verdediging zal plaats vinden op
woensdag 20 oktober 1982 des namiddags
te 3.45 uur

door

SIBRAND JAN SCHEPEL

geboren te Hilversum

1982

Sneldrukkerij Boulevard
Enschede

Promotoren : Prof.Dr.J.C.van der Meulen

Prof.Dr.D.L.Westbroek

Co-Referenten: Prof.Dr.J.M.F.Landsmeer

Prof.Dr.B.van Linge

Voor Alice, Babet en Wibo

VOORWOORD.

De voltooiing van dit proefschrift geeft mij de gelegenheid allen te danken, die aan de tot stand koming hebben bijgedragen.

Prof.Dr.J.C.van der Meulen ben ik erkentelijk voor de aanzet, die hij heeft gegeven voor het experimentele onderzoek, dat aan dit proefschrift ten grondslag ligt. Zijn voortdurende belangstelling voor de vorderingen van het onderzoek en zijn originele ideeën, hebben er in belangrijke mate toe bijgedragen dat ik, ook toen de resultaten aanvankelijk teleurstelden, toch steeds met nieuw enthousiasme ben doorgegaan met de experimenten. De keuze van een aap als proefdier heeft het ons niet gemakkelijk gemaakt. Het verheugt me daarom te meer dat het experimentele onderzoek uiteindelijk tot belangwekkende conclusies heeft geleid, die tot dusverre in de literatuur niet bij primaten beschreven waren.

Prof.Dr.D.L.Westbroek dank ik voor de gelegenheid, die hij mij bood de experimenten in zijn voortreffelijke laboratorium te verrichten. Zijn kritische beschouwing van de resultaten van het onderzoek heb ik gewaardeerd. Het heeft mij geleerd niet te snel met conclusies te komen, voordat de feiten duidelijk op een rij zijn gezet. Hiervoor ben ik hem zeer erkentelijk.

Prof.Dr.J.M.F.Landsmeer en Prof.Dr.B.van Linge ben ik dank verschuldigd voor hun bereidheid als Co-referent van het proefschrift te willen optreden en voor de waardevolle aanvullingen en suggesties bij het bewerken van het manuscript.

Prof.Dr.P.J.Klopper heeft me zeer gestimuleerd door op mijn verzoek de resultaten van de experimenten kritisch te willen beoordelen.

Aan het werken in het Laboratorium voor Experimentele Chirurgie van de Erasmus Universiteit Rotterdam, gedurende ruim een jaar, denk ik met veel vreugde en dankbaarheid terug.

De geduldige en prettige assistentie tijdens de operaties door de dames J.Dortland-de Kam en M.J.Lagerman schiepen de juiste atmosfeer op de operatiekamer.

De kundige wijze waarop de anaesthesie van de proefdieren werd verzorgd door de heren E.Ridderhof en E.C.C.Colly heeft een grote indruk op mij gemaakt.

Voor de liefdevolle zorg waarmee de heer J.Kasbergen en zijn staf, en in het bijzonder de heer R.C.Spruit, de proefdieren tijdens hun verblijf in het Laboratorium

steeds hebben omringd, heb ik niets dan lof.

De microscopische preparaten werden met toewijding vervaardigd door de heer R.W.J. Meyer en de röntgenfoto's door de heer en mevrouw Fassotte.

De foto's van de macroscopische preparaten werden gemaakt door de heren S.M. László en A.P. Doff van de Audiovisuele dienst van het Dijkzigt ziekenhuis. Op hen kon ik altijd een beroep doen, ook wanneer ze het druk hadden.

De foto's van de klinische patienten werden vervaardigd door de heer P.F. Weisse, medisch fotograaf van het ziekenhuis Ziekenzorg in Enschede. Voor zijn niet aflatende bereidwilligheid ben ik hem zeer erkentelijk.

Dr. F.C. Kuipers, hoofd van het Streeklaboratorium voor Pathologische Anatomie in Twente, ben ik zeer dankbaar voor zijn bereidheid de histologische preparaten kritisch te willen beoordelen. Ik denk met plezier terug aan de uren, die wij tegenover elkaar aan de microscoop doorbrachten.

Mevrouw J.E.W.C. van Gemert-Pijnen ben ik erkentelijk voor haar kritische beschouwing van het Nederlands en Dr. P.S. Page voor de Engelse vertaling van de samenvatting.

Drs. H. van Goor heeft me zeer geholpen bij het naonderzoek van de klinische patienten, waarvoor ik hem van harte dank zeg.

De dames A.R. Stenger-Oosting, C.M. Vollebregt-Uiterwijk, M. van den Ende-van Dijk en vooral mijn sectretaresse mevrouw J.R. Kok-Berger ben ik zeer veel dank verschuldigd voor het vele typewerk dat door hen is verricht.

Zonder de hulp en de steun van Alice en de kinderen zou het echter onmogelijk zijn geweest dit boekje te voltooien. Bedankt voor jullie geduld en begrip in de afgelopen jaren. Nu ik niet meer "'s avonds op zolder" hoef te zitten blijft er gelukkig meer tijd over voor ons vieren.

Last but not least, I would like to thank Prof. Harold Kleinert and the Hand Surgery Associates for teaching me the refinements of the "Louisville-technique".

INHOUDSOPGAVE.

	Voorwoord.	
	Inleiding.	9
Hoofdstuk	I :Literatuurstudie:	12
	A: Historisch overzicht.	
	B: Het peesletsel in het algemeen.	15
	C: Anatomie van de buigpezen in de hand.	20
	D: Vaatvoorziening van de buigpezen.	24
	E: Bouw en functie van de peesschede.	29
	F: Inzichten in de fysiologie van de peesgenezing.	33
Hoofdstuk	II: Doel van het experimentele onderzoek.	44
Hoofdstuk	III: Het proefdier:	45
	A: Keuze van het proefdier.	
	B: Anatomie van de buigpezen in de hand bij de aap.	46
Hoofdstuk	IV: Methodiek van de experimenten:	48
	A: Algemene techniek.	
	B: Specifieke technieken.	51
Hoofdstuk	V: Resultaten:	55
	A: Macroscopische bevindingen.	
	B: Histologie.	69
	C: Speciële technieken.	75
Hoofdstuk	VI: Discussie.	77
Hoofdstuk	VII: Conclusies uit het onderzoek en de literatuur.	83

Hoofdstuk VIII:Behandeling van buigpeesletsels in de kliniek:	87
A: Behandeling van buigpeesletsels proximaal van de vingers.	
1: in en boven de pols.	
2: in de carpace tunnel.	88
3: in de handpalm.	89
4: de duim.	91
B: Behandeling van buigpeesletsels in "no-man's land".	92
1: Primaire behandeling.	94
a: primaire tenorrhaphie.	96
b: primaire peestransplantatie.	102
2: Uitgesteld primaire behandeling.	103
3: Secundaire behandeling.	104
a: secundaire tenorrhaphie.	
b: secundaire peestransplantatie.	105
c: transplantatie van homologe pezen.	108
d: peestransplantatie in twee etappen.	109
C: De geïsoleerde profunduspees-laesie.	113
D: Buigpeesletsels bij kinderen.	118
E: Over immobilisatie en mobilisatie.	123
F: Over tenolyse.	128
Hoofdstuk IX : Naonderzoek van eigen patienten.	133
A: Resultaten.	134
1: Evaluatie van de functie.	
2: Evaluatie van de sensibiliteit.	137
B: Korte patientenbespreking.	139
Hoofdstuk X : Discussie.	152
Samenvatting.	156
Summary.	162
Geraadpleegde literatuur.	
Curriculum Vitae.	

INLEIDING.

"En vingt-cinq ans de chirurgie j'ai vu bien des questions en apparence insolubles trouver une réponse satisfaisante, même définitive (je pense ici à l'exérèse pulmonaire) mais pour les tendons on n'a pas encore fait beaucoup de progrès, car si maintenant nous savons assurer la solidité du tendon réparé, il nous est impossible d'en assurer la mobilité, ce qui prouve que l'essentiel nous échappe".

Deze woorden schreef Marc Iselin in 1955 in zijn boek over handchirurgie.

Sindsdien zijn er weer 25 jaar verstreken. Alhoewel er in deze 25 jaar zeer veel verbeterd is in de behandeling van peesletsels, is het ook thans onmogelijk de patient bij het begin van de behandeling te garanderen dat de normale functie van de pees zal terugkeren.

Door de eeuwen heen heeft het peesletsel in het algemeen en het buigpeesletsel in de hand in het bijzonder de medici voor raadsels geplaatst. Een historisch overzicht hiervan zal worden gegeven in hoofdstuk I, A.

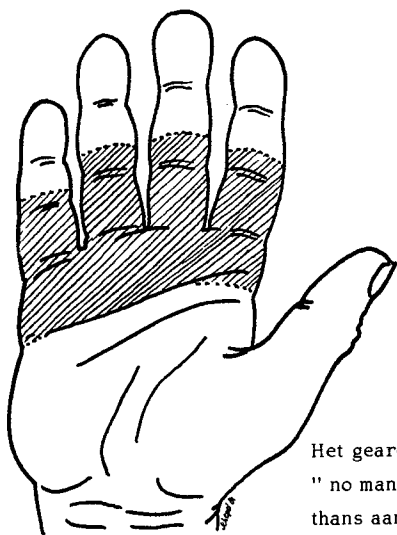
Door de complexe problemen die werden gezien bij de behandeling van buigpeesletsels en samenhangend daarmee, de onvoorspelbaarheid van de resultaten, is de interesse voor het peesletsel in de medische wereld tot voor kort gering geweest. Een doorbraak ontstond pas rond de Tweede Wereldoorlog, toen door Sterling Bunnell voor het eerst serieus aandacht werd geschonken aan deze belangrijke verwondingen. Zijn boek " Surgery of the hand " is een klassiek werk in de medische literatuur.

Peesletsels in de hand zijn frequent voorkomende traumata en vooral verwondingen in de door Bunnell (1944) als " no-man's land " betitelde zone aan de buigzijde van de vingers is berucht (zie figuur 1.).

Het is algemeen aanvaard dat de eerste hulp bij deze letsels van doorslaggevende betekenis is voor de verdere prognose van de hand als geheel. Vandaar dat een juiste beoordeling van de ernst van een dergelijk trauma door de het eerst geconsulteerde medicus van groot belang is.

De beide buigpezen van iedere vinger, de pees van de musculus flexor digitorum sublimis en de pees van de musculus flexor digitorum profundus, lopen vanaf de distale dwarse plooi in de handpalm tot even voorbij het proximale interphalangeale gewricht in een volmaakte harmonie tezamen binnen een met synoviale vloeistof

gevulde peesschede (zie hoofdstuk I, C). Dit systeem is het best te vergelijken met een zuiger in een cylinder, die alleen dan ongestoord kan bewegen wanneer de zuiger en de cylinderwand perfect aan elkaar zijn aangepast en wanneer de olie in het systeem zijn lubricerende werking goed kan verrichten (Mayer, 1916). Iedere verstoring van dit mechanisme leidt onherroepelijk tot vermindering van de functie of zelfs tot volledige blokkade van het systeem.



figuur 1.

Het gearceerde gebied werd vroeger "no man's land" genoemd, en wordt thans aangeduid als Zone II volgens de indeling van de I.F.S.S.H.*

(zie figuur 14.)

Een doorsnijding van één of beide buigpezen is zo'n verstoring, die theoretisch nooit tot een volledig functieherstel zou kunnen leiden.

Dat thans toch goede resultaten kunnen worden verkregen is de verdienste geweest van de talrijke onderzoekers die zich vooral gedurende de laatste decennia met enthousiasme en met veel geduld over deze moeilijke materie hebben gebogen. In hoofdstuk I zal nader op deze onderzoeken en in hoofdstuk VIII op de verschillende operatietechnieken worden ingegaan.

Toch zijn de resultaten, ook met de modernste technieken, niet altijd voorspelbaar.

*) International Federation of Societies for Surgery of the Hand.

De voornaamste reden daarvoor is de vorming van adhesies tussen de buigpezen en de omgeving, waardoor de glijfunctie van deze pezen wordt belemmerd.

De mate hiervan hangt af van veel verschillende factoren, zoals de aard van het trauma, het tijdstip van de operatie, de leeftijd van de patient, begeleidend fracturen en verwondingen van de vaatzenwubundels, het gebruikte hechtmateriaal, de wijze van mobilisatie of immobilisatie en niet in de laatste plaats de ervaring van de operator.

De recente inzichten in het belang en de functie van de peesschede en van de synoviale vloeistof (hoofdstuk I, E) en de inzichten in de strangulerende werking van hechtmateriaal op de microcirculatie in de pezen (hoofdstuk I, D) zijn aanleiding geweest voor het experimentele onderzoek dat ten grondslag ligt aan dit proefschrift.

Aangezien de vorming van adhesies tussen de buigpezen en de omgevende structuren het voornaamste probleem is bij de behandeling van buigpeesletsels in de hand, is in het dierexperiment onderzocht, met de moderne inzichten in de peesgenezing als leidraad (hoofdstuk I, F) of een beschadigde pees ook zonder adhesievorming kan genezen.

De resultaten van recente onderzoeken duiden erop dat een gelaedeerde pees onder ideale omstandigheden kan genezen door haar eigen "intrinsieke" regeneratievermogen. De meeste van deze onderzoeken zijn verricht bij proefdieren die niet tot de primaten behoren. De opzet van deze studie is geweest de vraag te beantwoorden of ook bij primaten een totaal doorgesneden buigpees binnen de peesschede kan genezen zonder adhesievorming en zodoende haar normale glijfunctie kan behouden.

In hoofdstuk III wordt de buigpeesanatomie van de proefdieren vergeleken met die van de mens. De experimenten en de resultaten van het experimentele onderzoek worden beschreven in de hoofdstukken IV en V.

Na een discussie en een vergelijking van de gevonden resultaten met de recente literatuurgegevens wordt in hoofdstuk VIII een beschrijving gegeven van de moderne inzichten in de klinische behandeling van buigpeesletsels in de hand. Tenslotte worden in hoofdstuk IX de resultaten weergegeven van 30 door de auteur, volgens de moderne methoden, behandelde patienten met buigpeesverwondingen in de hand, waarna in de discussie wordt beschreven in hoeverre de klinische resultaten in relatie staan tot de conclusies, die uit het experimentele onderzoek zijn getrokken.

Hoofdstuk I : LITERATUURSTUDIE.

A: Historisch overzicht.

Eeuwenlang heeft men geen onderscheid gemaakt tussen pezen en zenuwen. Hippocrates (460-370 v. Chr.) beschrijft in zijn Aphorismen pezen als "neura". Tot op de huidige dag vinden we dit terug in het woord aponeurosis. Galenus (129-199) beschouwde de pees als een combinatie van ligament en zenuw. Hij ried het hechten van pezen ten stelligste af omdat dit aanleiding zou geven tot heftige pijn en convulsies. In zijn Ars Parva (150 A.D.) schrijft hij: " Nervus aut ligamentum refici non potest ". Zijn opvattingen hielden stand tot na de Middeleeuwen.

Argellata (15-de eeuw) beschreef wat er gebeurde wanneer men een pees hechtte: " Dolores vehementes valde: et tensiones valde magnae: sicut spasmus et permixtio rationis."

Criete (1946) acht het waarschijnlijk dat hier patienten worden beschreven, waarbij de nervus medianus (in de pols voor een pees aangezien) na hechting ernstige pijnklachten had gegeven.

Volgens Adamson (1961) was het de Arabische chirurg Avicenna (980-1039) die als eerste een beschrijving gaf van een peesnaad. In Europa kwam geleidelijk een einde aan de invloed van Galenus door het werk van de Italiaan Lanfranchi (13-de eeuw).

Dat de vrees voor ernstige complicaties na het hechten van pezen nog tot ver in de 16-de eeuw bleef bestaan, moge blijken uit de opvattingen van de beroemde Franse heelmeester Ambroise Paré. Ook hij kon zich niet losmaken van de veronderstelling dat pezen en zenuwen als "parties nerveuses" een eenheid vormden. In Livre XIX, hoofdstuk 20 schreef hij onder andere: " Aucuns chirurgiens ont bien osés les coudres bout-à-bout, à fin de les réunir ensemble : ce que jamais n'ay osé faire, de peur qu'il n'y survint extrême douleur, convulsion et autres accidents."

Zijn tijdgenoot Pietro de Marchetti (1589-1675) beschreef enkele gevallen van fataal verlopen tetanus na het hechten van pezen en hij adviseerde de extremiteit zo te spalken dat de peesuiteinden ook zonder operatie bij elkaar konden worden gebracht.

Toch kwamen er geleidelijk steeds meer chirurgen die niet langer principieel een peesnaad afwezen. Zo schreef Wirtz (geb. in 1500) in zijn *Practica der Wundarznei* : " Wenn bei einer Wunde hinter dem Daumen die grosze Flaxader (flexorpees) getrennt ist, soll man eine Sehnennaht machen; Hiervon wächst die-selbige Flaxader wiederum an, also dasz der Patient am Daumen nicht erlähmet. Solches geschiehet nicht allein mit diesen Flaxadern, sondern es thethens auch alle andere Adern."

Toen in 1682 door onze landgenoot van Meekren en later door von Haller (18-de eeuw) de ongevoeligheid van pezen was aangetoond en door beide op het belang van een chirurgische verzorging van peesletsels was gewezen, werd de invloed van Galenus op dit gebied pas definitief doorbroken.

Veslingius (1740) vermeldde als eerste een serie succesvolle tenorrhapien van de Achillespees en van het ligamentum patellae. In verschillende Europese landen ging men zich toeleggen op de behandeling van peesletsels en werd er over gepubliceerd door Petit (1806) en Dutertre (1816) in Frankrijk, door Syme (1850) in Engeland en door Dieffenbach (1831) en König (1874) in Duitsland.

Nicoladoni gaf in 1882 een overzicht van de stand van zaken op dat moment, waarbij hij als eerste melding maakte van een peestransplantatie bij een mens.

De resultaten van de behandeling van peesletsels gaven echter weinig aanleiding tot enthousiasme, omdat weliswaar de door Galenus en zijn navolgers zo gevreesde convulsies uitbleven, maar een goed functieherstel evenmin werd verkregen. Aan het einde van de 19-de en in het begin van de 20-ste eeuw werd vrijwel uitsluitend geschreven over peestransposities t.b.v. correctie van deformiteiten die een gevolg waren van poliomyelitis. Hierbij bleek steeds het voornaamste probleem te bestaan in de verdikking van de getransponeerde of getransplanteerde pees en in de vorming van immobiele adhesies met de omgeving.

Codivilla uit Bologna beschreef in zijn artikel getiteld " Sur trapianti tendinei nella practica ortopedica" in 1889 als eerste het belang van de peesschede voor de preventie van adhesies.

Biesalski toonde in 1910 in een grote serie peestransposities aan, dat adhesies grotendeels konden worden voorkomen door de getransponeerde pees te plaatsen in de peesschede van de verlamde spier. Door diens leerling Mayer werd in een uitvoerig drielidig artikel over de "fysiologische methode van peestransplantatie"

(1916) de basis gelegd voor de huidige inzichten op dit gebied.

Twee jaar later werd door Bunnell (1918) een ander aspect van de peesbehandeling naar voren gebracht toen hij zijn "atraumatische operatiemethode" introduceerde. Hij was het die later de term "no-man's land" zou invoeren voor dat gedeelte van de digitale peesschede waar zich de twee buigpezen tezamen binnen de peeskoker bevinden en waarin men zich van peeshechting diende te onthouden. Hij was het ook die adviseerde om na een peeshechting buiten Niemand's land een immobilisatieperiode van 3 weken in acht te nemen alvorens te beginnen met actieve oefening van de pees. Daarvóór waren de meningen over mobilisatie en immobilisatie sterk verdeeld geweest (hoofdstuk VIII, E).

Hoewel Kirschner in 1909 reeds de resultaten beschreef van zijn proefnemingen met de vrije transplantatie van pees- en fascieweefsel en ook Lexer (1912), Rehn (1919) en Hueck (1923) hun ervaringen met transplantaten publiceerden, komt toch weer Bunnell de eer toe als eerste een serie fraaie resultaten met buigpees-transplantaten in de vingers te hebben geboekt (1944). Bunnell's atraumatische operatietechniek, de door hem gelegde nadruk op het belang van de juiste incisie en op een goede pre- en postoperatieve zorg en zijn vurig pleidooi voor een aparte plaats voor de handchirurgie in de Heelkunde hebben hem gemaakt tot de vader van de moderne peesbehandeling.

De ideeën van Sterling Bunnell vonden snel weerklank in de medische wereld. Zijn voorbeeld werd gevolgd door Littler (1947) en Boyes (1950) in Amerika, door Rank en Wakefield (1951) in Australië, door Iselin (1955) in Frankrijk, door Pulvertaft (1956) in Engeland en in ons land door Criette (1946), Honig (1956) en Huffstadt (1958).

Het concept van de secundaire peestransplantatie werd na de Tweede Wereldoorlog algemeen aanvaard als de beste garantie voor een redelijk functioneel herstel van doorgesneden buigpezen in de "kritieke zônes".

Geleidelijk kwamen er echter tevens chirurgen die, zij het in geselecteerde gevallen, het aandurfdën om ook primaire peesnaden en peestransplantaties te verrichten in "no-man's land". Dit gaf een aanzienlijke verkorting van de morbiditeit te zien en resultaten die dikwijls niet of nauwelijks onderdeden voor de secundaire peestransplantatie. (zie hoofdstuk VIII).

Het bleef echter een probleem dat het eindresultaat onvoorspelbaar was, omdat de vorming van peritendineuze adhesies iedere operatieve ingreep aan de buig-

pezen bleef vergezellen.

De grootste bijdrage met betrekking tot de oplossing van dit probleem werd voor het klinisch handelen geleverd door Kleinert en zijn medewerkers (1967, 1973) die de "atraumatische hechtmethode" combineerden met een vroegtijdige mobilisatie met behulp van een zogenaamde "dynamische spalk".

Met deze methode, die nu algemeen als de beste behandelingsmethode voor buigpeesletsels in de hand wordt aanvaard, zijn primaire reconstructies mogelijk waarvan de resultaten verre superieur zijn aan de primaire en secundaire pees-transplantatie (Lister, 1977; Buck-Gramcko, 1977; Kleinert, 1981).

Een uitvoerige beschrijving van deze methode zal worden gegeven in hoofdstuk VIII.

B: Het Peesletsel in het algemeen.

Naar gelang van de localisatie ten opzichte van de omgeving kan men pezen onderscheiden in twee groepen, namelijk die gebieden waar zij omgeven zijn door paratenon en die gebieden waar zij gelegen zijn in een fibrosynoviale schede.

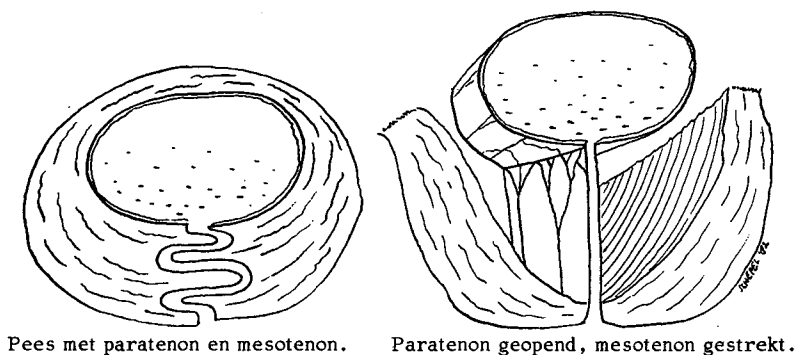
Men zou in dit verband kunnen spreken over "paratenon-pezen" en "synoviale pezen".

"Synoviale pezen" treft men aan op plaatsen waar de bewegingsas van de pees een hoek maakt ten opzichte van de te overbruggen gewrichten, terwijl pezen die in een longitudinale richting bewegen zijn gebonden in losmazig paratenonweefsel.

De meeste buigpezen in de hand zijn, afhankelijk van de glijrichting van de pees, gedeeltelijk omgeven door paratenon en gedeeltelijk binnen synoviale peeskokers gelegen.

Aangezien er verschil bestaat in de aard van de genezingsprocessen tussen "paratenon-pezen" en "synoviale pezen" is de behandeling van buigpeesletsels afhankelijk van de anatomische localisatie (hoofdstuk VIII).

Paratenon is een vaatrijk areolair weefsel, dat de ruimte tussen de pees en de omgevende structuren opvult (zie figuur 2.). Dit weefsel is opgebouwd uit mobiele elastische vezelbundels die, wanneer de pees in rusttoestand verkeert, een golvend verloop hebben en die zich, bij bewegingen van de pees, zodanig strekken dat een vrije excursie in beide richtingen mogelijk is. De pees glijdt niet ten opzichte van het paratenon, maar doet dit ten opzichte van de omgevende structuren, door de mobiliteit van de vezelbundels in het paratenon (Lang, 1960).



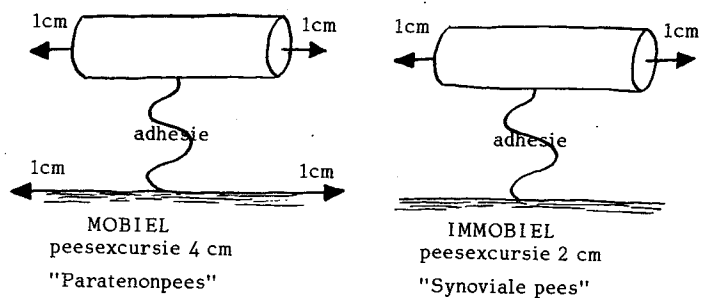
Schematische voorstelling van een " paratenon-pees".

figuur 2.

Bij een doorsnijing van een "paratenon-pees" treedt in het algemeen een betrekkelijk geringe dehiscentie van de peesuiteinden op, doordat de vezels in het paratenon het terugtrekken van de proximale peesstomp belemmeren. Door immobilisatie in een positie waarin de peesuiteinden bij elkaar worden gebracht en gehouden, is herstel van de continuïteit en terugkeer van het normale glijvermogen in principe dan ook zonder hechting mogelijk. Een voorbeeld hiervan is de conservatieve behandeling van Achillespeesrupturen (Gillies, 1970; Lea, 1972).

Functieherstel treedt op door het grote regeneratievermogen van het paratenon, dat het peesdefect in korte tijd overbrugt door de vorming van een tendineuze "callusbrug" tussen de peesuiteinden. Na verloop van tijd is dit weefsel door verdere differentiatie niet te onderscheiden van het peesweefsel distaal en proximaal van het oorspronkelijke defect.

Onder invloed van functie-stimulerende prikkels treedt een longitudinale oriëntering van de collageenbundels op in de trekrichting van de pees (hoofdstuk I, F). De vezels in het paratenon regenereren, waardoor tevens het glijvermogen van de pees ten opzichte van de omgevende structuren wordt hersteld. Zelfs bij aanzienlijke peesdefecten in een "paratenon-gebied" is op deze wijze herstel van de continuïteit en van de functie mogelijk, ook zonder approximering van de peesuiteinden. De prognose van een gelaedeerde "paratenon-pees" is gunstig. Approximering van de peesuiteinden is door de geringe retractie van de proximale stomp technisch eenvoudig en het paratenon staat garant voor een snel herstel en een betrouwbaar peesregeneraat. Door de mobiliteit van de vezels in het paratenon en door de betrekkelijk mobiele omringende structuren laten eventuele adhesies grotere pees-excursies toe dan het geval is bij de "synoviale-pezen", die omgeven zijn door immobiele structuren (zie figuur 3.).



naar: J.C. van der Meulen, Tendon Healing, Clinics Plast. Surg. vol 4,3,1977.

figuur 3.

Synoviale peesscheden bevinden zich op plaatsen waar de pezen een hoek maken ten opzichte van de onderliggende gewrichten. Het glijden van de pezen vindt plaats rond een curve. Deze beweging wordt mogelijk gemaakt door de aanwezigheid van een fibreuse koker, die gevuld is met synoviale vloeistof waardoor de wrijvingscoëfficiënt wordt verminderd. Behoudens door middel van enkele mobiele vasculaire structuren (de vincula), die gelegen zijn aan de dorsale zijde, zijn de pezen binnen deze koker geheel vrij van de omgevende schedewand.

Bij een letsel van een dergelijk type pees treedt in het algemeen een grotere dehiscentie van de peesuiteinden op, doordat bij verbreking van de peescontinuïteit de tractie van de spier aan het proximale peesuiteinde niet belemmerd wordt (zie: figuur 15). Slechts wanneer een vinculum intact blijft zal het proximale uiteinde zich niet maximaal retraheren. Door de dehiscentie van de peesstompen zal een spontaan herstel van de continuïteit, zoals bij de "paratenon-pezen" mogelijk is, niet plaats kunnen vinden. Chirurgisch ingrijpen is in een dergelijk geval noodzakelijk om de peesuiteinden bij elkaar te brengen. Voor een later functieherstel is chirurgische interventie bij letsels van "synoviale pezen" een *conditio sine qua non*.

Als gevolg van het uiteenwijken van de peesuiteinden treedt een collaps van de schede op. Is alleen het volaire gedeelte van de schedewand gelaedeerd, dan kan als gevolg van de continue productie van synoviale vloeistof collaps van de schede uitblijven. Bij een laesie van zowel de voor- als de achterwand van de peeskoker zullen, na retractie van de peesstompen, de beschadigde oppervlakken van de schedewand met elkaar in contact komen. Hierdoor ontstaan permanente vergroeiingen en obliteratie van het tussenliggende peesschedetraject. Het spreekt voor zich dat herstel van het glijvermogen van de pees niet mogelijk zal zijn bij collaps van de schede en obliteratie over grotere afstand. Wanneer collaps van de peesschede optreedt, worden de peesuiteinden geconfronteerd met de zich ontwikkelende adhesies tussen de voor- en achterwand van de schede. Het gevolg hiervan is een vergroeiing van één of beide peesuiteinden met de beschadigde peeskoker. Herstel van de glijfunctie is dan niet te verwachten.

Maar ook bij een herstel van de continuïteit van de binnen de peeskoker door-gesneden buigpezen treden vergroeiingen van de pezen met de omgeving op (zie: hoofdstuk I, F). De ernst van deze adhesies is afhankelijk van de mobiliteit van de omgeving. Deze mobiliteit is in het buigpeesschede-traject minimaal. Vandaar dat de vorming van adhesies in het peesschedegebied een ernstiger zaak is dan de ontwikkeling van adhesies elders (zie: figuur 3.). Dit bracht Bunnell (1944) ertoe dit traject tot verboden terrein te verklaren ("no-man's land"; figuur 1.). Op zijn aanraden trachtte men de problemen te omzeilen door aanvankelijk secundair, maar later ook primair, met peestransplantaten het niemandsland te overbruggen. Eventuele adhesies zouden zich dan in hoofdzaak ontwikkelen

distaal en proximaal van het peesschedetraject.

Dit concept, dat tot een aanzienlijke verbetering van de uiteindelijke functionele resultaten heeft geleid, werd jarenlang als de behandeling der keuze voor "synoviale peesletsels" beschouwd.

De vele recente onderzoekingen op het gebied van de peesgenezingsprocessen (hoofdstuk I, F), de verbeterde operatiemethoden en de perfectionering van het hechtmateriaal hebben geleidelijk de attitude ten opzichte van de "synoviale" peesletsels doen veranderen. Thans is het streven vroegtijdig de continuïteit van de pezen zelf te herstellen. Aanvankelijk richtte men zich op een herstel van één buigpees per vinger (c.q. de profunduspees), terwijl tegenwoordig bij voorkeur de beide buigpezen te zelfder tijd worden gehecht.

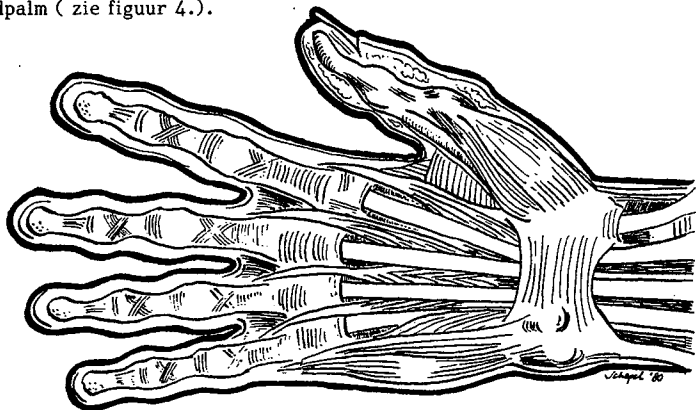
Door Potenza (1964) is namelijk aangetoond dat resectie van de sublimispees met inbegrip van de insertie aanleiding geeft tot een toename van de adhesievorming. Dit wordt veroorzaakt doordat de beschadigde periostale bodem van de peesschede in sterke mate neigt tot proliferatie van fibroblasten. Bovendien heeft het vinculum longum van de profunduspees dezelfde oorsprong als de vincula brevia van de sublimispees (zie figuur 5.), zodat resectie van de insertie van de sublimispees zal leiden tot circulatieproblemen in de overblijvende profunduspees. " Het nadeel van een eventuele interactie tussen de oppervlakkige en de diepe buigpees, als gevolg van de vorming van adhesies tussen beide pezen onderling, weegt op tegen de ernstiger vergroeiingen die ontstaan als gevolg van resectie van de sublimispeesinsertie (Verdan, 1972).

Aangezien de grootste problemen ontstaan bij de behandeling van buigpeesletsels in de "synoviale gebieden" (en met name in het peesschedetraject van de vingers) zal in de volgende paragrafen worden ingegaan op de anatomie, de vascularisatie, de functie van de peesschede en de genezingsprocessen van de buigpezen in de vingers.

C: Anatomie van de buigpezen in de hand.

Elke vinger bezit een tweetal lange buigpezen: de onafhankelijk werkende flexor digitorum superficialis (of sublimis), die insereert aan de metaphyse van de middenphalanx, en de flexor digitorum profundus, die insereert aan de basis van de eindphalanx. De diepe buigpezen van de vingers treden min of meer gemeenschappelijk op.

In het traject van de vinger zijn de beide buigpezen gelegen in een fibro-synoviale peeskoker, die proximaal begint ter hoogte van de distale buigplooi van de handpalm (zie figuur 4.).



figuur 4.

De peesschede bestaat uit twee lagen synovialis. De viscerale laag is de buitenbekleding van de pezen zelf, de pariëtale laag bekleedt de wand van de peeskoker. Ter plaatse van het proximale uiteinde van de peesschede (de zogenaamde reflectie) gaan beide bladen van de synovialis in elkaar over in de vorm van een soort "preputium", dat door plooivorming zorg draagt voor onbelemmerde excursies van de buigpezen op dit niveau. Ter plaatse van de peesinserties gaat de schede distaal over in het periost van de phalangen. Op deze wijze ontstaat een gesloten systeem, dat gevuld is met synoviale vloeistof.

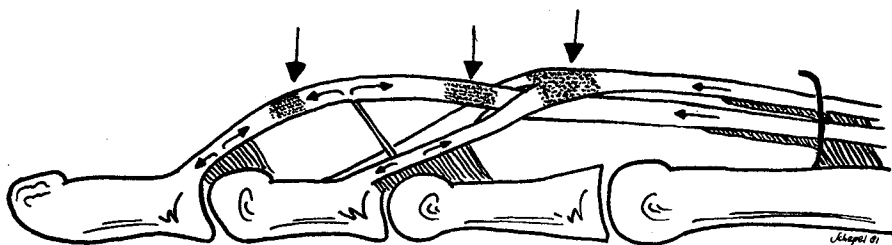
De "intrinsieke" vaatvoorziening (het mesotenon en de vincula) is gelocaliseerd

aan de dorsale (convexe) zijde van de peesschede, zodat deze structuren gevrijwaard zijn tegen de wrijvingskrachten, die zich bij buiging aan de volaire zijde ontwikkelen. Ook in de pezen zelf bevinden zich de vaten in hoofdzaak aan de dorsale zijde.

De buitenste, viscerale laag van de buigpezen, het epitenon of peritenoneum externum, is door middel van bindweefsel-septa verbonden met identieke intratendineuze structuren (endotenon of peritenoneum internum), die op hun beurt de afzonderlijke peesbundels omgeven. De bloed- en lymfevaten van de pees bevinden zich in dit epi- en endotenon zij communiceren met de circulatie buiten het peesschede-traject via het mesotenon en de vincula.

In het proximale gedeelte van de peesschede bevindt zich een mesotenon, dat tot halverwege de grondphalanx gelegen is tussen de oppervlakkige en de diepe buigpees en dat een voortzetting vormt van het mesotenon in de handpalm.

Distaal vindt de vaatvoorziening plaats via de korte en lange vincula (figuur 5.).



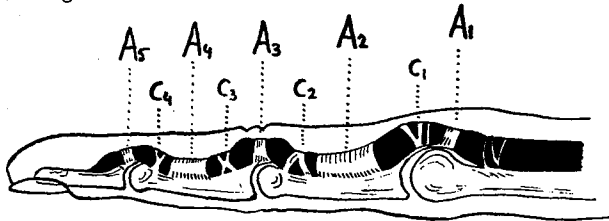
Vaatvoorziening van de buigpezen in de vinger via mesotenon en vincula.
De grote pijlen geven de gebieden aan waar de circulatie marginaal is.

figuur 5.

Om te voorkomen dat de pezen tijdens de buiging van de vinger prolaberan (het zogenaamde "bow-string phenomenon") zijn de buigpeesscheden versterkt aan de volaire zijde door een vijftal annulaire ligamenten (pulley's) die stevig aan het skelet zijn verankerd. Bij verlies van de integriteit van deze tunnelligamenten treedt een prolaps van de buigpezen op. Dit gaat niet alleen gepaard met verlies aan buigkracht van de betreffende vinger, maar heeft een vermindering van de grijpkracht van de hand als geheel ten gevolge. Barton (1969) heeft berekend dat "bow-stringing" kan worden voorkomen, wanneer tenminste de proximale of

A1-pulley en de middelste (of A3-pulley) worden gespaard.

Tussen de annulaire ligamenten bevinden zich membraneuze gebieden, die dun en elastisch zijn en die verantwoordelijk zijn voor de productie van de synoviale vloeistof. Deze membraneuze gebieden zijn verstevigd door kruisvormige ligamentjes (de ligamenta cruciata).



figuur 6.

Halverwege de grondphalanx, ongeveer ter hoogte van de proximale buigplooi van de vinger, splitst zich de oppervlakkige buigpees in twee slissen. Deze zijn plat en dun en verlopen ter weerszijde van de diepe buigpees naar distaal en naar dorsaal. Achter de profunduspees komen de beide slissen weer tezamen en vormen zo het, naar de Nederlandse anatoom Peter Camper genoemde, chiasma tendineum Camperi, dat gelegen is aan de voorzijde van de schacht van de middenphalanx. De sublimispees-slissen insereren in de periostale bodem van de peesschede en de peesinsertie is nauw verbonden met het accessoire volaire ligament. Hier bevinden zich de beide vincula brevia, die de sublimispees distaal van bloed voorzien. De in de vincula verlopende vaten komen, door middel van een netwerk van periostale en capsulaire vaatjes rechtstreeks uit de beide digitale volaire arterieën (Leffert, 1974; Ochiai, 1979; Armata, 1980).

Doordat de sublimispees zich splitst en zich achter de profunduspees weer verenigt loopt de profunduspees ter hoogte van het distale tweede deel van de grondphalanx door een koker van sublimispeesvezels. In dit traject betreft de profunduspees een deel van haar bloed door middel van een lang vinculum vanuit het zelfde gebied als de vincula brevia van de sublimispees.

Distaal van het proximale interphalangeale gewricht is de profunduspees, behoudens het chiasma van Camper, de enige binnen de peeskoker verlopende pees. Ter plaatse van de insertie van de profunduspees aan de eindphalanx bevindt zich

het tweede vinculum van deze pees, het vinculum breve, dat, evenals de vincula brevia van de sublimispees, wordt gevoed vanuit de periostale en capsulaire vaten van het interphalangeale gewricht. De collageenvezels van de peesbundels gaan ter plaatse van de peesinserties over in de perforerende vezels van Sharpey in de phalangen.

De structuur van de beide buigpezen in het distale gedeelte van de peesschede verschilt aanzienlijk van de normale peesstructuur. Normaal zijn in een pees de fascikelbundels in de lengtrichting georiënteerd. In de beide buigpezen van de vingers zijn in de distale uiteinden deze longitudinale vezels doorweven met diagonaal en transversaal verlopende vezels. Deze ongewone architectuur heeft een belangrijke mechanische betekenis. (Wilson en Hueston, 1973 A; Shrewsbury & Kuczynski, 1974). Doordat deze vezels in de oppervlakkige buigpees worden aangetroffen vanaf de splitsing van de beide slissen tot aan de insertie zorgen zij er voor dat, ook bij aanspannen van de pees, de vorm van de sublimiskoker wordt gehandhaafd. Hierdoor wordt voorkomen dat de tussenliggende profunduspees wordt gecompriëerd. Ook in het distale deel van de profunduspees hebben de peesbundels een specifieke rangschikking. Ter hoogte van het PIP-gewricht splitst de profunduspees zich als het ware in twee helften, die ieder tot aan de insertie een spiraalvormig verloop hebben. Hierdoor wordt enerzijds voorkomen dat plooivorming in de pees optreedt wanneer de pees is gerelaxeerd, anderzijds wordt afplatting van de pees voorkomen bij de passage onder de annulaire ligamenten wanneer de vinger maximaal flecteert.

De specifieke anatomie binnen de peesschede maakt deze pezen in feite onvervangbaar. Door de grote amplitude van de pezen en de extreme flexie in het PIP-gewricht (van 0 tot 110°) wordt mechanisch zoveel van de buigpezen geëist, dat een peestransplantaat in het digitale traject nooit volledig de functie van deze gespecialiseerde pezen kan overnemen.

De excursie-mogelijkheid van de profunduspees ligt ter hoogte van het MCP-gewricht tussen 2,75 en 4,0 cm en van de sublimispees tussen 2,25 en 3,5 cm (Kaplan, 1965; McGrouther, 1981). De peesexcursies van de ringvinger zijn relatief het grootst. Volgens Bunnell (1944) liggen de maximale bewegingsuitlagen van de ongeveer 30 cm lange buigpezen tussen 7,0 en 8,5 cm. Men vergelijke dit met de amplitude van de flexor pollicis longus (5,6 cm), de lange strekpezen van de vingers (5,0 cm) en de buigers en strekkers van de pols (3,3 cm).

Tenslotte volgt nog een korte beschrijving van de lange buigpees van de duim. De flexor pollicis longus heeft een onafhankelijke functie, hoewel er soms een intertendineuze verbinding bestaat met de diepe buigpees van de wijsvinger. De flexor pollicis longus-pees heeft geen vincula en geen lumbricaalspier. Zij loopt geïsoleerd binnen een eigen peeskoker, die verloopt vanaf het interphalangeale gewricht van de duim tot aan de pols. Ter hoogte van het MCP-gewricht van de duim bevindt zich een annulair ligament over de grondphalanx en de schede is bij de passage langs de sesambeentjes vernauwd. In de palm van de hand wordt de pees geheel bedekt door de intrinsieke spieren van de thenar-eminentie. Door het geïsoleerde verloop van de flexor pollicis longus-pees wordt de duim niet gerekend tot Bunnell's "no-man's land".

D: Vaatvoorziening van de buigpezen.

Van pezen werd lange tijd gedacht dat zij avasculair waren.

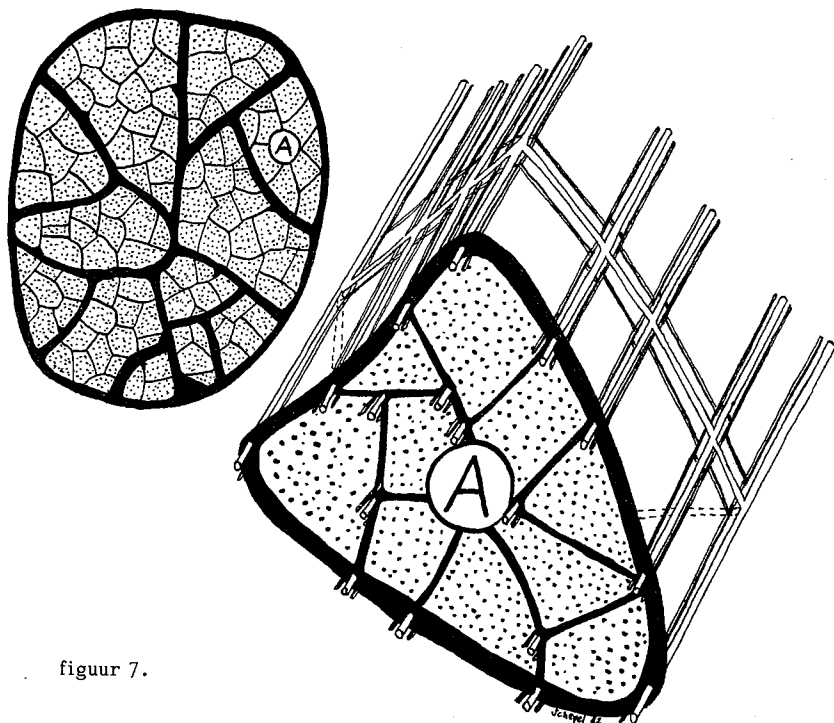
In 1872 toonde Ludwig voor het eerst bloedvaten in de pees aan, maar het duurde nog tot in het begin van de 20-ste eeuw voordat, eerst door Arai (1907) en later door Mayer (1916), een vrij exacte beschrijving van de intratendineuze circulatie werd gegeven.

De bloedvoorziening van een pees vindt op vier verschillende manieren plaats:

- 1: Op de overgang van de spierfascie naar de pees,
- 2: Ter plaatse van de peesinsertie,
- 3: Via het mesotenon vanuit het paratenon (figuur 2.).
- 4: Via de vincula in de peesscheden (figuur 5.).

Edwards (1946) en Brockis (1953) hebben het intratendineuze vaatpatroon uitvoerig beschreven. Het blijkt dat de vaten binnen een pees zijn gerangschikt rond de collageenbundels waaruit de pees is opgebouwd. Er is een systematische verdeling van longitudinale kanalen, die onderling door middel van vele dwarsverlopende kruisverbindingen communiceren. Elke longitudinale en transversale eenheid bestaat uit een arteriole, twee venulae en een lymfe-vat.

De collageenbundels zelf zijn avasculair. De vaten zijn gelegen in het epitenon en het endotenon (zie figuur 7.). Voeding van de tussen de collageenbundels gelegen cellen (de fibrocyten of tenocyten) vindt plaats door middel van diffusie vanuit de bloedvaten in het endotenon. De in het epitenon verlopende vaten ontvangen hun bloed vanuit het mesotenon. De in het mesotenon verlopende arteriolen splitsen zich in arcaden. Iedere arcade anastomoseert met de arcaden ter weerszijde, maar verzorgt zelf slechts een gelocaliseerd peessegment (Zbrodowski, 1981). In het epitenon splitsen de vaten zich verder en communiceren met de longitudinale kanalen.



figuur 7.

naar: J.G. Brockis: The blood supply of the flexor and extensor tendons of the fingers in Man. J.Bone & Joint Surg.Vol.35B, no 1, p.135,1953.

Schatzker en Bränemark (1969) toonden aan dat de opbouw van het intratendineuze bloedvaatstelsel afhankelijk is van de omvang van de pees. Dunne platte pezen (zoals de sublimispees-slippen) hebben een oppervlakkig gerangschikt vaatpatroon, dat in hoofdzaak is gelocaliseerd in het epitenon, terwijl dikkere ovaal pezen zowel een oppervlakkig als een dieper vaatsysteem bezitten.

De lange buigpezen van de vingers zijn tot aan het begin van de peesscheden in de handpalm omgeven door paratenon. Het mesotenon hiervan zet zich ook binnen de peesschede nog over enige afstand voort, maar heeft hier geen verbinding meer met de achterwand van de peeskoker. Deze, vanuit de omslagplooï van de peesschede gevoede zogenaamde proximale palmaire vaten, verzorgen de circulatie van de buigpezen in het proximale segment van de peesschede.

De midden-segmenten en de peesinserties worden respectievelijk gevoed door de lange en korte vincula. Beide buigpezen hebben distaal een kort vinculum ter plaatse van de peesinsertie. De sublimispees heeft soms een vinculum longum ter hoogte van het MCP-gewricht maar dit is niet constant aanwezig en meestal erg dun. De profunduspees heeft, ter plaatse van het PIP-gewricht, een lang vinculum, maar dikwijls zijn er verschillende vincula longa van wisselende dikte op dit niveau (Ochiai, 1979; Armentà, 1980).

Vanuit alle vincula verloopt de bloedstroom bij de intrede in de pezen in twee richtingen, zowel naar distaal als naar proximaal. Toch zijn er bij beide buigpezen enkele segmenten die slechts marginaal van bloed worden voorzien (zie figuur 5.). In de sublimispees is dat het gebied rond de bifurcatie en in de profunduspees het segment dat gelegen is tussen de beide slippen van de sublimispees en het segment dat zich bevindt tussen het vinculum longum en de peesinsertie.

De intratendineuze ("intrinsieke") vaten van de buigpezen zijn in hoofdzaak centraal en aan de dorsale zijde gelocaliseerd. De profunduspees heeft een longitudinale dorsale arterie die, omgeven door losmazig bindweefsel, is gelegen in een centrale groeve. Vanuit dit vat ontspringen radiërend drie groepen arteriolen, die loodrecht op de as van de pees zijn georiënteerd en die zich lusvormig in de periferie van de pees uitbreiden. (zie figuur 8.). Behoudens deze lusvormige verbindingen is de periferie van de buigpezen avasculair (Lundborg, 1977 A,B). Deze lusvormige vaten zijn minder aan compressie onderhevig dan longitudinaal georiënteerde vaten. Met name de extreme flexie in het proximale

interphalangeale gewricht stelt zeer hoge eisen aan de vascularisatie van de buigpezen.

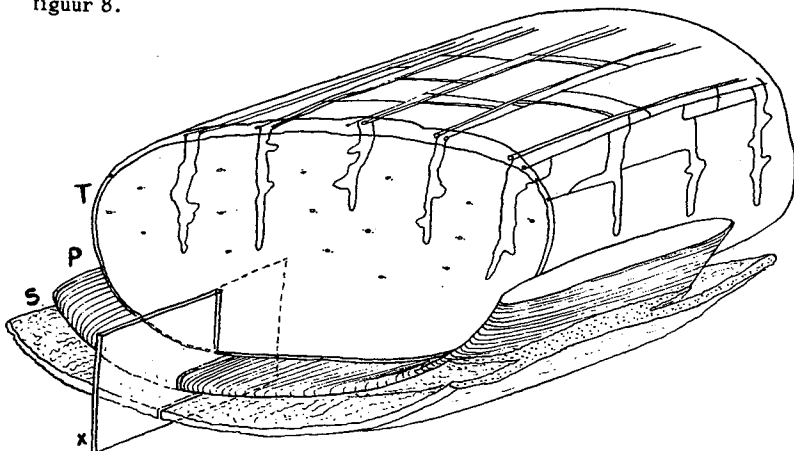
Door dit subtiële vaatpatroon is de bloedstroom in het peesweefsel betrekkelijk gering. Gemiddeld stroomt er per gram peesweefsel 0,10 cc bloed per minuut, tegenover gemiddeld 0,27 cc bloed per gram spierweefsel en 0,54 cc per gram huid (White, 1964). Maar de vaatvoorziening hangt, zoals eerder gezegd, af van de vorm en de omvang van de pees en de doorbloeding neemt af met de leeftijd (Schatzker, 1969).

Het ingewikkelde segmentale circulatiepatroon van de buigpezen binnen de schede leidt in een normale pees (ook bij maximale functionele belasting) niet tot vasculaire insufficiëntie. Door Peacock (1959 A) en door Young en Weeks (1971) is echter aangetoond dat dit, bij uitschakeling van één of meer van deze segmentale vascularisatie-bronnen, wel insufficiëntie van de circulatie optreedt. Zij elimineerden, respectievelijk bij honden en bij apen, selectief de proximale palmaire vaten en de verschillende vincula. Hierbij bleek dat, bij onderbinding van ieder van deze structuren, een groot gedeelte van de pezen van bloed was verstoken. De proximale palmaire vaten waren op zich niet in staat om meer dan het eerste derde deel van de buigpezen van bloed te voorzien. De vincula brevia verzorgen slechts het distale vierde deel van de buigpezen, terwijl het vinculum longum niet in staat is zelfstandig het tussenliggende gebied op adequate wijze van bloed te voorzien. Dit toont aan dat het longitudinale circulatie-systeem in de pezen slecht ontwikkeld is. De resultaten van deze onderzoeken rechtvaardigen de conclusie dat een geringe verstoring van het segmentale vaatpatroon van de buigpezen al zal kunnen leiden tot een insufficiëntie van de intratendineuze circulatie.

Verscheidende auteurs (Bergljung, 1968, 1970; Buckman, 1977 A; Pennington, 1979 A) hebben aangetoond dat de microcirculatie in de pees wordt gelaedeerd door de strangulerende werking van het hechtmateriaal. Dit leidt tot necrose van een deel van het peesweefsel, waardoor de genezingsprocessen worden vertraagd. Bovendien is duidelijk aangetoond dat ischaemie op zich een sterke prikkel is die aanleiding geeft tot de ontwikkeling van vasculaire adhesies vanuit de omgeving (Ellis, 1962).

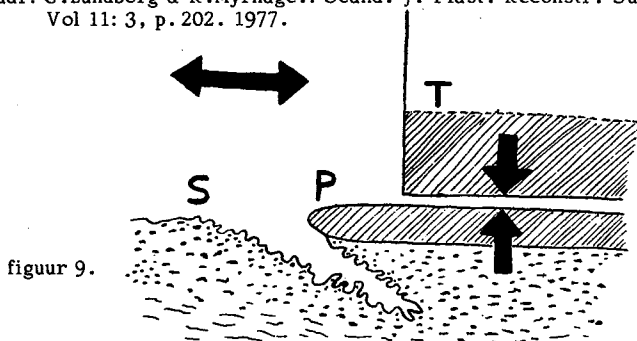
Pezen hebben een laag metabolisme waardoor de regeneratieprocessen trager verlopen dan in vaatrijker structuren. Door de ingroei van vasculaire adhesies

figuur 8.



T= pees P= pulley S= synoviale peesschede.
figuur 9. geeft doorsnede X van deze figuur weer.

naar: G.Lundborg & R.Myrhage.: Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.
Vol 11: 3, p. 202. 1977.



Villi met capillairen in de synovia.
De gearceerde gebieden zijn avasculair. De dubbele pijl geeft de glij-
richting van de pees aan. De beide enkele pijlen symboliseren de
compressiekrachten bij actieve flexie van de vinger.

vanuit de omgeving wordt de regeneratiepotentie van de ischaemische buigpezen groot.

Recente onderzoeken hebben echter aangetoond dat buigpezen binnen een intacte schede voor hun metabole behoefte grotendeels zijn aangewezen op de synoviale vloeistof. Het is waarschijnlijk dat een vermindering van de "intrinsieke circulatie" voor het metabolisme van de buigpezen minder gevolgen heeft wanneer de functie van de synoviale vloeistof behouden blijft (Manske, 1978 A,B).

In 1965 schreef Smith nog: "Large portions of any tendon, freed at surgery, must function as a free graft until blood supply is restored by ingrowth of vessels". Hij doelde hiermee op de ingroei van vaatrijke adhesies uit de omgeving, die in zijn ogen noodzakelijk waren om de pees te laten overleven.

De moderne inzichten in de functie van de synoviale vloeistof lijken een nieuw perspectief te hebben geopend voor dit probleem (zie volgende paragraaf).

E: Bouw en functie van de peesschede.

De peesschede van de vinger is een gesloten systeem dat gevuld is met een dialysaat van bloed-plasma, de synoviale vloeistof.

Aan de dorsale zijde wordt de schede gevormd door het periost van de phalangen en de volairplaten van de MCP- en de IP-gewrichten.

Aan de volaire zijde bevinden zich de vijf annulaire ligamenten die worden afgescheid door vaatrijke membraaneuze gedeelten.

Lundborg e.a. (1977 A) hebben, door perfusie van het vaatsysteem van de vingers met behulp van inkt, fraai de verschillende vascularisatie in deze twee peesschede componenten aangetoond. Door de kleurstof worden de vaatrijke membraaneuze gebieden donker gekleurd terwijl de fibreuse annulaire en cruciforme ligamenten als witte (avasculaire) banden fel contrasteren (zie figuur 6.).

De grote wrijvingskrachten, die optreden wanneer de vingers buigen worden door deze ligamenten opgevangen.

Microscopisch blijkt dat de binnenzijde van deze ligamenten geen synoviale elementen bevatten. Zij bestaan uit dicht opeengepakte collageenbundels en zij bevatten slechts weinig cellen. De aanwezige cellen gelijken op chondrocyten.

Identieke cellen zijn door Lundborg (1977 B) ook in de buitenste lagen van de buigpezen aangetoond. Zowel de buitenzijde van de pezen als de binnenzijde van de tunnelligamenten zijn avasculair. Hierdoor, en door de aanwezigheid van de chondroïtide cellen, is het mogelijk een vergelijking met gewrichtsvlakken te maken. De voeding van kraakbeencellen in een gewricht vindt plaats door diffusie van nutriënten uit de synoviale vloeistof, onder invloed van de bewegingen van het gewricht. Het buigpeessysteem van de vinger kan worden beschouwd als een zeer gespecialiseerd gewricht, dat in de lengterichting glijdt en dat een grote bewegingsexcursie heeft.

Inoue (1976) en Takasugi (1976, 1978) toonden electronenmicroscopisch aan dat de oppervlakte van het visceraal blad van de peesschede bestaat uit betrekkelijk platte cellen die gelegen zijn in een longitudinaal netwerk van fibrillen. De cellen van het pariëtale blad van de peesschede en de cellen in de vincula zijn meer prominent. Ze zijn bedekt met vesiculaire en granulaire partikels. Op grond hiervan wordt aangenomen dat de productie en de resorptie van de synoviale vloeistof plaats vindt in het pariëtale blad en in de bekleedende cellaag van de vincula door middel van dialyse van bloedplasma.

Lundborg e.a. (1977 A) demonstreerden in het synovium van de membraneuze gedeelten van de peesschede een groot aantal villi waarin zich talrijke capillairen bevinden (zie figuur 9). Dit netwerk van vaatjes zet zich voort aan de buitenzijde van de tunnelligamenten, dus in die gedeelten die niet aan wrijving zijn blootgesteld, terwijl de wel aan frictie blootgestelde binnenzijde van de "pulleys" avasculair zijn. Deze organisatie garandeert (ook bij maximale compressie van de ligamenten) een onbelemmerde vascularisatie van het membraneuze gedeelte van de peesschede. Hierdoor blijft de productie van synoviale vloeistof onder alle omstandigheden gehandhaafd.

Manske e.a. (1978 A, B en C) toonden bij kippen en apen experimenteel aan, dat een volledig van bloed verstoken pees in staat is de noodzakelijke voedingsstoffen geheel te betrekken uit de synoviale vloeistof. Omgekeerd bleek dat de pees bij een intacte vaatvoorziening, maar na uitschakeling van de synoviale vloeistof, niet voorzien wordt in haar metabole behoefte. Volgens deze auteurs lijkt de synoviale vloeistof de voornaamste voedingsbron te zijn.

Dat de gehele pees (dus ook de centrale gedeelten) door diffusie kan worden gevoed is door Lundborg (1977 A) aangetoond met behulp van in de peesschede gebracht albumine, dat met fluoresceïne was gelabeld. Na een half uur was de fluorescentie aantoonbaar tot in het centrum van de pees. Het zelfde werd op een andere wijze gedemonstreerd door Weber (1980).

Andere experimenten van Lundborg e.a. (1978; 1980 A,B en C) toonden verder aan dat een geheel van zijn bloedvoorziening verstoken geïsoleerd peesfragment, dat geïmplanteerd was in de knieholte van een konijn, na enkele weken macroscopisch nog alle kenmerken bezat van een normale vitale pees. Histologisch waren in het centrum echter tekenen van celnecrose te zien. Dit zou er op kunnen duiden dat, hoewel de synoviale vloeistof voor de buigpezen van groot belang is, diffusie alléén onvoldoende in staat is de centrale delen van de pees te voeden. Voor het centrum van de levende pees is de bloedstroom waarschijnlijk eveneens van belang. Van buigpezen binnen de peesschede van de vingers wordt mechanisch zoveel geëist dat voor het normale functioneren deze twee voedingswijzen naast elkaar lijken te moeten bestaan. Ieder op zich zijn zij niet in staat het metabolisme van de actieve pees adequaat te verzorgen.

Toch schijnt de synoviale vloeistof de belangrijkste rol te spelen. Dit moge blijken uit de volgende experimentele onderzoeken.

Lundborg (1978, 1980 C), Rank (1980) en Hansson (1980) brachten bij in de knieholten van proefdieren geïmplanteerde peesfragmenten letsels aan, die na enkele weken zonder een spoor van adhesies bleken te zijn genezen. Dit genezingsproces bleek onafhankelijk van de vascularisatie te hebben plaats gevonden. Pennington (1979 B) vond bij kippen dat de genezing van peesletsels in een optimaal synoviaal milieu zowel bij onderbroken als bij intact gelaten circulatie op dezelfde wijze had plaats gevonden.

Deze experimenten tonen duidelijk het belang van de synoviale vloeistof aan voor de overlevingskansen van gelaedeerde buigpezen in het schedetraject. De integriteit van de peesschede moet daarom zoveel mogelijk worden gerespecteerd, en zij dient bij de behandeling van peesletsels te worden hersteld.

Het is interessant dat al in de twintiger jaren op het belang van de peesschede is gewezen. Just (1923) en Närvi (1926) vermeldten, in tegenstelling tot de zeer slechte resultaten van hun tijdgenoten, betrekkelijk gunstige resultaten van buigpeesletsels in de vingers. Zij excideerden niet zoals gebruikelijk was een deel

van de peesschede, maar herstelden de peeskoker juist. Helaas hebben deze publicaties destijds niet de erkenning gekregen, die zij (met de moderne kennis van de functie van de synovia) eigenlijk hadden verdiend.

In de Duitstalige literatuur zag men de synovia als een schadelijk agens voor de peesgenezing. Volgens de theorie van de invloedrijke chirurg Bier (zoals die beschreven is door diens leerling Salomon in 1922) werd weefselregeneratie beïnvloed door zogenaamde bevorderende en remmende " Hormonen". De synovia zou remmende hormonen bevatten en diende dus te worden geëlimineerd voor een ongestoorde peesgenezing. Hoewel Salomon (1924) éénmaal bij toeval bij één van zijn patienten constateerde dat een pees binnen de intacte peeskoker zonder adhesies was genezen, bleef hij trouw aan het dogma van zijn leermeeester. Het is waarschijnlijk dat de gunstige resultaten van Närvi en Just door hun tijdgenoten niet werden geloofd.

Ook in de Engelstalige literatuur werd, o.a. onder invloed van Bunnell (1944) geadviseerd om de peesschede te reseceren. Dit gebeurde niet vanwege een remmende invloed van de synovia op de peesgenezing maar om zodoende de pees in contact te brengen met de goed gevasculariseerde omgevende structuren. Men meende dat het peesweefsel zelf niet in staat was te regenereren en de pees voor haar voeding was aangewezen op de omgeving. Bovendien vreesde men dat, bij het te verwachten postoperatieve oedeem van de pees, de vascularisatie in de pees door de stugge peeskoker zou worden belemmerd, hetgeen zou kunnen leiden tot necrose van de pees.

Hernieuwde interesse in de functie van de peesschede werd gewekt door Potenza (1964), die volgens het oude principe van Biesalski (zoals dat door Mayer in 1916 was beschreven) experimenteel bij honden een peestransplantaat plaatste in de intacte peesschede van een andere pees. Het transplantaat bleek niet met de wand van de peesschede te vergroeien.

In 1974 toonden Matthews en Richards in een experimenteel onderzoek bij konijnen aan dat een subtotaal doorgesneden pees, die was teruggebracht in haar eigen intact gelaten peeskoker, bleek te kunnen genezen zonder adhesies met de omgevende schedewand.

Dezelfde waarnemingen werden gedaan door McDowell en Snyder (1977) die aan het slot van hun onderzoek concludeerden: " We believe that the focus should be upon the flexor tendon and sheath complex as a whole with respect to its

homeostasis and healing processes ".

Naar aanleiding van deze dierexperimenten paste Richards (1976) ook klinisch sluiting van de peesschede toe bij het herstel van buigpeesletsels, om zo de functie van de synoviale vloeistof te behouden. Sedertdien had hij een aanzienlijke verbetering van zijn persoonlijke klinische resultaten waargenomen.

Ook anderen vermelden betere resultaten na sluiting van de peesschede (Lister, 1977; Buck-Gramcko, 1977, Kleinert, 1981).

Het lijkt derhalve gerechtvaardigd aan te nemen dat de synoviale vloeistof een bijzonder belangrijk medium is voor de buigpezen in de schede. Zonder deze vloeistof wordt de vitaliteit van de pezen ernstig bedreigd, aangezien de vascularisatie alléén onvoldoende in staat is aan de grotere metabole behoefte van een genezende pees tegemoet te komen.

Resectie van de peesschede berooft de pezen in de herstelfase van deze belangrijke voedingsbron. In afwachting van het revascularisatieproces van een gehechte pees of van een peestransplantaat is de synoviale vloeistof als voedingsbron onontbeerlijk.

Resectie van de peesschede lijkt in dit verband dan ook zeer ongunstig te zijn.

F: Inzichten in de fysiologie van de peesgenezing.

Een pees is opgebouwd uit drie belangrijke elementen:

- 1: Collageen, een lange keten van eiwitpolymeren, samengesteld uit onderling verbonden polypeptideketens.
- 2: Grondsubstantie, een homogeen glycoproteïne, dat de collageenbundels omgeeft en waardoorheen de voedingsstoffen diffunderen.
- 3: Fibroblasten, grillig gevormde cellen met amoëboïde bewegingen, die zowel verantwoordelijk zijn voor de productie van het collageen als van de grondsubstantie.

De bij een peesletsel of een peestransplantatie optredende veranderingen in deze drie samenstellende elementen zijn onderwerp geweest van veel discussie en hebben geleid tot verschillende theorieën. Garlock (1927), die bij honden experimenteerde met de pees van de M. tibialis anterior, toonde in een grote serie experimenten aan dat er tussen de peesstompen een littekenweefsel tot ontwikkeling komt. Hij nam in de peesstompen jonge fibroblasten waar en concludeerde dat zij, samen met cellen uit de peesschede en de capillairen uit de omgeving, dit littekenweefsel deden ontstaan.

Mason en Shearon (1932) meenden eveneens dat het peesweefsel zelf een actieve rol speelt bij het herstel van de continuïteit. Zij veronderstelden echter dat door de geringe vaatvoorziening de proliferatie van de cellen in het peesweefsel later op gang komt en trager verloopt dan dat van de omgevende structuren. Zij zagen direct na het trauma een snelle proliferatie van de cellen in de peesschede, terwijl de proliferatie van de cellen in het peesweefsel zelf pas optrad na 4 à 5 dagen.

In een later artikel samen met Allen (1941) beschrijft Mason dat, ofschoon proliferatie van de tenocyten (de fibrocytaire cellen van de pees zelf) reeds optreedt na enkele dagen, hun functie in het genezingsproces pas dominant wordt aan het eind van de tweede week. Mason en Allen vonden dat de kracht die nodig was om het weefsel, dat zich tussen de peesstompen ontwikkelde, te later ruptureren na de eerste week snel toeneemt.

Aan het eind van de tweede week was tien maal zoveel kracht nodig om de peesnaad te later ruptureren dan aan het eind van de eerste week.

Het bleek dat er twee duidelijke perioden aantoonbaar waren waarin de trekvastheid van de pees snel toenam. De eerste stijging in de curve wordt veroorzaakt door een fibroplasie, die begint rond de 5-de dag en die zijn maximum bereikt tussen de 12-de en de 14-de dag. De tweede stijging begint rond de 20-ste dag en komt overeen met de toename van de zogenaamde "cross-linking" van het collageen.

Na de derde week worden de collageenvezels dikker, neemt het aantal bloedvaten in de pees af en het gehele beeld ter plaatse van de naad krijgt geleidelijk het karakter van normaal peesweefsel. De toenemende trekvastheid is langzaam progressief tot tenslotte de normale trekkracht van de pees is hersteld.

De veranderingen in de trekkracht van de pees komen overeen met de histologische veranderingen, die tijdens het proces van de peesgenezing waar te nemen zijn.

Histologisch verloopt de peesgenezing in stadia (Flynn en Graham, 1965):

Fase 1 : De fase van exsudatie waarin er een fibrineuze verbinding tussen de peesuiteinden ontstaat. Deze periode duurt ongeveer 5 dagen. Gedurende deze fase is er een ontstekingsreactie rondom de plaats van het trauma met een toename van de vascularisatie en exsudatie van cellen.

Fase 2 : De fase van fibroplasie, die ligt tussen de 5-de dag en de 16-de dag, waarin het aantal actieve cellen in de wond snel toeneemt door mitosen in de peesstompen.

Fase 3 : De fase van rijping en differentiatie, die begint tussen de 19-de en de 21-ste dag. Deze fase gaat door tot het beeld van een normale pees is hersteld. Het aantal mitosen neemt af, de kernen worden kleiner en er wordt een snelle toename van de collageenvezels gezien. Dit proces kan een jaar in beslag nemen. Herstel van de functie versnelt de fase van rijping en differentiatie.

Peacock (1964) heeft de overeenkomsten tussen en de verschillen in de genezingsprocessen van pezen met die van andere weefsels vergeleken. Hoewel iedere genezende wond de bovenbeschreven fasen doormaakt, nemen pezen een aparte plaats in omdat zij in staat moeten zijn het verstoorde glijvermogen te herstellen. Dit is een uniek proces dat, gedurende de derde fase plaats vindt door remodellering van de collageenvezels.

De eerste processen van de peesgenezing vinden plaats in het vaatrijke paratenon. Rond de derde dag na het trauma treedt er vanuit de omgeving een migratie van fibroblasten op naar de naad tussen de beide peesstompen.

In deze fibroblasten vindt de synthese van collageen plaats (zie figuur 10.).

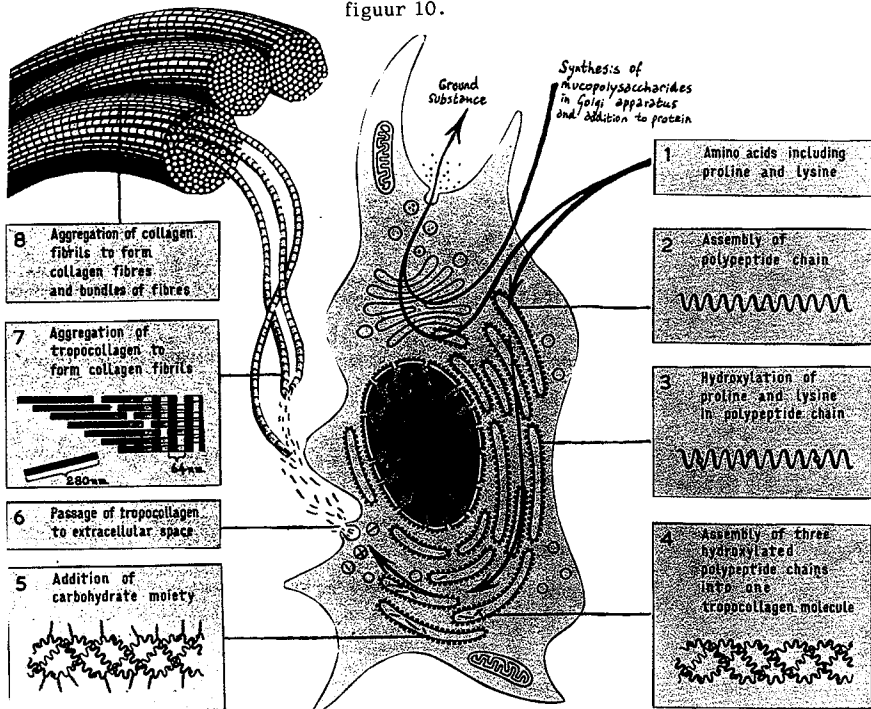
Aminozuren worden door de cellen opgenomen en in het reticulum van het endoplasma vindt uit deze aminozuren synthese van polypeptide-ketens plaats.

Bepaalde aminozuren in deze ketens (proline en lysine) worden gehydroxyleerd waardoor de zogenaamde protocollageenketens ontstaan.

Drie protocollageenketens worden telkens spiraalvormig samengevoegd tot een tropocollageen-molecule. Dit molecule is de basisstructuur waaruit de collageenvezels gebouwd.

De tropocollageen-moleculen passeren de celmembraan en bereiken zo de extracellulaire "ruimte" waar zij polymeriseren tot collageenvezels (Gray, blz 36-41, 1973).

figuur 10.



Schematische voorstelling van de synthese van collageen door een fibroblast. Overgenomen uit: Gray's Anatomy 35-th edition Longman Group Ltd., Edinburgh, 1973.

De fibroblasten dragen ook zorg voor de productie van de grondsubstantie, die noodzakelijk is voor de rijpingsprocessen van de collageenvezels in de derde fase. Deze rijping wordt gekarakteriseerd door een omzetting van de oplosbare

instabiele collageenvezels in de onoplosbare stevige bundels die verantwoordelijk zijn voor de mechanische trekkracht van het peesweefsel.

In verband met de wijze waarop de collageenproductie in de wond plaats vindt ontwikkelde Peacock (1964) de " one wound- one scar "-theorie. Dit houdt in dat de gehele wond, dus, de gehechte pees met de haar omgevende structuren, het subcutane bed en de huid gezien moet worden als één grote " ruimte "; waarin ieder afzonderlijk wondgebied communiceert met de andere. De visceuze gel van tropocollageen-moleculen en grondsubstantie is in staat om ieder punt in deze ruimte te bereiken zonder onderscheid te maken tussen de verschillende anatomische structuren. Hierdoor vindt onvermijdelijk vergroeiing plaats van alle structuren tussen de wond in de pees en de huid door versmelting van de nieuw gevormde collageenvezels.

Aanvankelijk zijn deze collageenvezels volledig gedesorienteerd. Pas in de derde fase van de wondgenezing treedt de voor de pees essentiële remodellatie van de collageenvezels op. Doelloze vezels verdwijnen, terwijl doelgerichte vezels in diameter toenemen en zich oriënteren in de trekrichting van de pees. Hierdoor wordt geleidelijk de glijfunctie van de pees hersteld. Dit proces neemt volgens Peacock enkele maanden in beslag.

Waar de fibroblasten, die voor de productie van het collageen en de grondsubstantie verantwoordelijk zijn, precies vandaan komen is een punt van discussie. Volgens Ross en Odland (1968) worden deze cellen niet aangevoerd door de bloedbaan, maar ontwikkelen zij zich in het perivasculaire stroma in het endotenon en het epitenon uit " rustende immature cellen " die zich transformeren tot volwassen actieve fibroblasten.

Volgens Skoog en Persson (1954), Potenza (1962) en Peacock (1965 B) zijn het echter voornamelijk proliferatieve cellen in het paratenon en andere goed gevasculariseerde peritendineuze structuren die migreren naar het peesdefect. Epitenon en endotenon spelen volgens hen geen rol van betekenis. In de gebieden waar het paratenon ontbreekt (de peesscheden) moet de genezing dus van buiten de peesschede komen.

Volgens Mason en Shearon (1932) bestaat de peesschedewand uit een zelfde type cellen als volledig uitgerijpt peesweefsel. Noch peesweefsel, noch de peesschede bezitten volgens hen de potentie nieuwe collageenmoleculen te produceren. Volgens deze en de hierboven genoemde auteurs is de vorming van adhesies tussen

de pezen en de (vaatrijke) omgeving een natuurlijk onderdeel van het wondgenezingsproces. Het zou dan ook zinloos zijn te trachten de vorming van deze adhesies te voorkomen, omdat peesgenezing zonder deze adhesies niet mogelijk is. Ook Hueck (1923) en Salomon (1924) waren van mening dat epitenon en endotenon geen aandeel hebben in het genezingsproces. Zij baseerden hun conclusie op de slechte genezingstendens van buigpeesletsels binnen de peesschede. Zij adviseerden een (partiële) excisie van de peesschede om de genezing van de pezen te bevorderen.

Lindsay (1959) was echter van mening dat het epitenon en in een later stadium ook het endotenon wel degelijk tot proliferatie van fibroblasten in staat is. Hij nam waar dat bij een peesletsel binnen de synoviale peesschede het genezingsproces begon in het epitenon en hij constateerde proliferatie-activiteit van de eigen fibrocyten van de pees na de tweede tot derde week. Uit het feit dat de genezingsprocessen identiek verliepen, onafhankelijk van de aan- of afwezigheid van de peesschede, leidde hij af dat de bijdrage van de schede in het genezingsproces gering is.

Ook Colville e.a. (1969 A) zagen in het epitenon de belangrijkste component van het regeneratieproces van de pees. Zij isoleerden pezen van de omgeving, met uitzondering van het mesotenon, en namen zo een normaal genezingsproces van de gelaedeerde pezen waar.

In 1964 toonden Lindsay en Birch, door middel van autoradiografie bij ratten, de migratie-route van de fibroblasten aan. De dieren werden intraperitoneaal geïnjecteerd met gelabeld Thymidine, een stof die uitsluitend wordt opgenomen door zich delende celkernen. Op deze wijze bleek dat er migratie van fibroblasten optrad vanuit de peritendineuze structuren, en dat deze cellen zich verder vermenigvuldigden, in tegenstelling tot de al in de pees aanwezige fibrocyten (of tenocyten), die zelf geen neiging tot proliferatie vertoonden. Volgens deze auteurs hebben de " rustende " cellen in de pees, door differentiatie, een punt bereikt waarop zij slechts tot productie van collageen en grondsubstantie in staat zijn, terwijl zij zich niet langer door deling kunnen vermenigvuldigen. Tot dezelfde conclusie kwamen Potenza (1962) en Weiner en Peacock (1971). Birdsell (1966), die evenals Lindsay experimenteerde met Tritium-Thymidine, vond niet alleen een toename van de radioactiviteit ter plaatse van het aan de pees toegebrachte trauma, maar ook op aanzienlijke afstand in dezelfde pees,

hetgeen er zijns inziens op wijst dat het gehele metabolisme van de pees na het trauma wordt verhoogd en niet uitsluitend in de directe omgeving van de peesnaad. Harper e.a. (1970) toonden, eveneens met radioactief Thymidine, aan dat de radioactiviteit na drie dagen in hoofdzaak was gelocaliseerd rondom de bloedvaten in de operatiewond. Na vijf dagen bleek de activiteit zich te hebben verplaatst naar de peesschede en ook naar de pees zelf. Dezelfde auteurs maten ook de metabole activiteit met behulp van specifieke enzymen (cytochroom-oxidase, melkzuur dehydrogenase en glucose-6-fosfaat dehydrogenase). Rond de derde dag na het trauma was al verhoogde activiteit meetbaar en dit bereikte een hoogtepunt aan het eind van de tweede week waarna een geleidelijke daling optrad.

Munro e.a. (1970) bepaalden tijdens het proces van de peesgenezing de hoeveelheid chondroitinesulfaat (dit is het voornaamste glycoproteïne in de grondsubstantie van de pees) en zij berekenden zo kwantitatief de hoeveelheid door de fibroblasten geproduceerde grondsubstantie. Er bleek een directe correlatie te bestaan tussen de hoeveelheid geproduceerde grondsubstantie en de hoeveelheid gesynthetiseerd collageen. In de gezende pees is er tussen de vierde en de achtste dag een verhoogde productie van glycoproteïnen aantoonbaar, terwijl een tweede piek na drie weken gevonden wordt. Dit moment komt overeen met het begin van de maturatie van de pees, waarbij grotere collageenvezels worden samengevoegd tot collageenbundels.

In het laatste stadium van de peesgenezing (de remodellatiefase) treedt er een ombouw van de collageenvezels op. Volgens Peacock (1965 B) zijn er verschillende vormen van collageen-remodellatie. Enerzijds treedt er een polarisatie op van vezels in een longitudinale richting, waardoor de trekkracht van de pees toeneemt, anderzijds zijn er gebieden waar de desoriëntatie blijft bestaan. Voor een goed herstel van de glijfunctie is het noodzakelijk dat de polarisatie beperkt blijft tot de collageenvezels tussen de beide peesstompen. Wanneer er ook polarisatie optreedt van de collageenvezels in de adhesies zal herstel van de glijfunctie onmogelijk zijn.

Bij de reorganisatie spelen functionele stimuli een belangrijke rol omdat die bijdragen aan de oriëntering van de collageenvezels in de trekrichting van de pees. Maar ook het evenwicht dat ontstaat tussen collageenaanmaak en -afbraak is bij dit remodellatie-proces van belang. Reeds op de tweede dag na het trauma is het enzyme collagenase in de wond aantoonbaar, en tussen de vierde en de zesde week

bereikt de mate van collageensynthese en collageenafbraak een evenwicht. De totale hoeveelheid collageen in de pees stabiliseert zich, corresponderend met een vermindering van het aantal fibroblasten en met de hoeveelheid glycoproteïnen in de grondsubstantie. Wanneer het collageenmetabolisme een evenwicht heeft bereikt kunnen de effecten van remodellatie zowel visueel als functioneel worden beoordeeld (Ketchum, 1977 A).

Bergljung (1970) bestudeerde de optredende veranderingen in het vaatpatroon van genezende pezen en peestransplantaten. Met behulp van micro-angiografie zag hij een toename van het aantal capillairen vanuit de omgevende structuren ontstaan en slechts een geringe proliferatie van het intratendineuze vaatsysteem. Op grond hiervan concludeerde hij dat vasculaire adhesies noodzakelijk zijn voor het herstel van de gelaedeerde pees. Door zijn strangulerende hechtmethode oblitereerde hij echter de intratendineuze circulatie, hetgeen de geringe capillaire proliferatie in de pees verklaart.

Geen van de voorgaande onderzoekers betrok het belang van de synoviale vloeistof in hun onderzoek. De peesschede werd of geëxideerd of na het hechten van de pezen open gelaten, waardoor het synoviale milieu teniet werd gedaan.

Sinds de publicaties van Matthews en Richards (1974, 1976 C, 1979), die als eersten de functie van de synoviale vloeistof systematisch onderzochten, is een grote belangstelling ontstaan voor dit medium als voedingsbron voor de buigpezen (zie paragraaf I, E.).

Matthews en Richards vroegen zich, naar aanleiding van de talrijke voorgaande onderzoeken, af waarom een pees geen eigen " intrinsieke " regeneratiepotentie zou kunnen bezitten.

Het merendeel van de eerder genoemde auteurs ging er ofwel a priori van uit dat een pees niet tot regeneratie in staat is, ofwel kwam op grond van experimenteel onderzoek tot de conclusie dat de peesgenezing zo niet volledig dan toch wel in hoofdzaak op rekening kwam van de peritendineuze structuren.

Door de integriteit van de peesschede te behouden, toonden Matthews en Richards (1975) echter aan dat een bij een konijn subtotaal doorgesneden buigpees, die in de intacte peesschede was teruggebracht, genas zonder adhesies met de peesschedewand te ontwikkelen.

Deze belangwekkende bevinding opende een nieuw perspectief voor de behandeling van buigpezen in het peesschedetraject.

Uit dit onderzoek en dat van McDowell en Snyder (1977), die tot dezelfde conclusies kwamen, blijkt namelijk dat onder ideale omstandigheden de pees zelf, dus onafhankelijk van de omgevende structuren, ook binnen de peesschede in staat is tot regeneratie en herstel van de verbroken continuïteit.

Volgens Matthews (1974) zijn het de " rustende " fibrocyten (of tenocyten) die zelf de genezing tot stand brengen. Hij beschrijft dit als volgt: " Repair was effected firstly by the transformation of resting tenocytes into an active tenoblast-form, followed by the proliferation of these cells and the production of new collagen ".

Toch lijkt het, mede op grond van een ander artikel van Matthews (1976 A), waarin hij zegt niet geheel zeker te zijn van de oorsprong van de fibroblasten, logischer te veronderstellen dat de primaire proliferatie-activiteit is gelocaliseerd in het perivasculaire stroma van het endotenon en het epitenon, en dat de " rustende " fibrocyten in de pees zelf pas secundair in het proces worden betrokken. Zijn slotconclusie luidt echter: " What is beyond dispute however is that the tissue is derived from sources intrinsic to the tendon ".

De door andere auteurs (o.a. Skoog en Persson, 1954; Potenza, 1962; Peacock, 1964; Harper, 1970 en Bergljung, 1970) gevonden adhesies worden vermoedelijk veroorzaakt doordat in hun experimenten de gelaedeerde pezen worden beroofd van hun natuurlijke voedingsbronnen (de eigen vascularisatie én de synoviale vloeistof).

Zo blijkt er een directe relatie te bestaan tussen de wijze waarop de pees gehecht wordt en de mate waarin de intrinsieke vaatvoorziening wordt verstoord (Bergljung, 1970; Leistikow, 1975; Buckman, 1977 A).

Lindsay en Thomson (1959) toonden aan dat het aanbrengen van een hechting in een intacte pees op zich al aanleiding kan zijn tot de vorming van adhesies. De aanwezigheid van adhesies sluit de mogelijkheid van peesgenezing zonder adhesies niet uit. De door sommige auteurs geconstateerde inactiviteit van de " rustende " tenocyten is waarschijnlijk een gevolg van het chirurgisch handelen (Matthews, 1979).

Dat de fibrocytaire cellen in het peesweefsel geen inactieve cellen zijn werd door Becker (1981) aangetoond in een experiment waarin hij in vitro demonstreerde dat uit peesweefsel geïsoleerde fibrocyten zich niet alleen snel vermenvulldigden maar tevens collageen produceerden.

T.g.v. strangulatie van het peesweefsel door de hechtingen zou de vitaliteit van deze cellen gereduceerd kunnen worden tot een niveau, waarop zij weliswaar nog in staat zijn te overleven maar waarop zij niet langer deel kunnen nemen aan het regeneratieproces, en daardoor schijnbaar inactief zijn.

Uit recent onderzoek (Manske, 1978 A,B,C) is gebleken dat de synoviale vloeistof een onmisbaar medium is voor de regenererende buigpezen. Resectie van de peesschede berooft de pees van deze potentiële voedingsbron.

Matthews (1976 A) en Lundborg (1980 C) toonden aan dat een geïsoleerd en gedevasculariseerd peesfragment lange tijd zijn vitaliteit kan behouden wanneer het uitsluitend omspoeld wordt door synoviale vloeistof.

Pennington (1979 B) toonde in een experimenteel onderzoek bij kippen aan dat bij een doorsnijding van buigpezen binnen de peesschede een volledig functieherstel mogelijk is, na een peesgenezing zonder adhesievorming.

Op grond van deze experimenten lijkt de oudere theorie, dat een pees geen intrinsieke regeneratie potentie bezit en voor het herstel afhankelijk is van de ingroei van vaatrijke adhesies, geleidelijk steeds meer achterhaald te worden. Toch zijn er ook thans nog invloedrijke auteurs die de intrinsieke genezingspotentie in twijfel trekken (Potenza, 1982).

Hoewel het in het dierexperiment mogelijk is gebleken adhesies te vermijden en buigpezen binnen de schede toch te laten genezen, is het in de kliniek onmogelijk de ideale omstandigheden van het experimentele laboratorium te imiteren.

Daartoe zijn er bij een trauma teveel ongunstige factoren in het spel, zoals de tijdsduur tussen het ongeval en de operatie, de eventuele contaminatie van de wond, beschadiging van de peesschede, retractie van de peesstompen etc.

Daardoor zal het in de kliniek zelden mogelijk zijn adhesies geheel te voorkomen en is vermindering van de adhesievorming hetgeen waarnaar gestreefd moet worden.

Furlow (1976) beschreef zeer goede functionele resultaten bij een kleine serie patienten, waarbij hij niet alleen de peesschede had gesloten, maar waarbij hij tevens vroegtijdig was begonnen met herstel van de passieve glijfunctie van de pezen. Door het herstel van de passieve bewegingen van de buigpezen in de peeskoker, snel na de operatie, worden de onvermijdelijke adhesies geleidelijk zodanig verlengd dat de actieve glijfunctie later minder beperkt wordt.

Duran (1975) heeft experimenteel aangetoond hoe de elongatie van adhesies binnen de peesscheden verloopt door gecontroleerde passieve bewegingen van de pe-

zen. Door de vingers van apen twee à drie maal per dag gedurende 10 tot 12 keer passief te buigen en te strekken bewerkstelligde hij een passieve beweging van de gehechte pezen over een afstand van ongeveer 5 mm, en dit was voldoende om de ontwikkeling van korte (immobiliserende) adhesies te voorkomen.

Vergelijkbare bevindingen werden gedaan door Gelberman e.a. (1981, 1982).

Dat de glijfunctie van de pezen reeds enkele uren na het trauma, en lang voordat immobiele adhesies tot ontwikkeling zijn gekomen, al aanzienlijk beperkt is werd door Lane (1976) aangetoond bij ratten. Dit fenomeen wordt veroorzaakt door het postoperatieve oedeem van alle structuren in de wond, inclusief de pezen.

Dit oedeem kan worden beperkt door de weefsels zo atraumatisch mogelijk te behandelen. Lane stelt tenslotte als conclusie aan het eind van het onderzoek:

" Meticulous hemostasis and careful tissue handling, advocated long ago (Bun-nell) would tend to diminish this restrictive effect, particularly after tendon repair".

Hoofdstuk II : DOEL VAN HET EXPERIMENTELE ONDERZOEK.

Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat de vorming van immobiele adhesies tussen de gehechte pezen en de omgevende structuren het voornaamste probleem is bij de behandeling van buigpeesletsels in de vingers.

Het experimentele onderzoek werd opgezet om te bestuderen:

- 1: of peesgenezing binnen de peesscheden van Primaten ook plaats kan vinden zonder de vorming van adhesies,
- 2: of beperking van de ischaemie bevorderend werkt op de peesgenezing,
- 3: of reconstructie van de peesschede bijdraagt aan het voorkómen van adhesies.

Hiervoor was het nodig om:

- 1: Een techniek te ontwikkelen waarmee bij de apen een betrouwbare immobilisatie van de peesnaad gedurende het genezingsproces kon worden gehandhaafd.
- 2: Wanneer deze methode was gevonden, te bestuderen of de drie doelstellingen waren bereikt, door macroscopische dissectie van het buigpees-schedecomplex, door histologisch onderzoek van de buigpezen en door het zichtbaar maken van het intratendineuze vaatbed.

Hoofdstuk III : HET PROEFDIER.

A : Keuze van het proefdier.

Om de situatie bij de mens zoveel mogelijk te kunnen benaderen was voor het experimentele onderzoek een proefdier noodzakelijk dat, evenals de mens, een tweetal buigpezen bezit, die binnen een fibrosynoviale peesschede gelegen zijn. Aan deze voorwaarde voldoen een aantal dieren zoals : de kip, het konijn, de kat, de hond en de aap.

Ten einde de resultaten van het onderzoek zo betrouwbaar mogelijk te kunnen vergelijken met de klinische resultaten bij de mens is gekozen voor een primate als proefdier.

De anatomie van de buigpezen van de aap is nagenoeg identiek aan die van de mens (zie volgende paragraaf).

Om technische redenen is voor de experimenten gezocht naar een apensoort met betrekkelijk grote handen.

De keuze is gevallen op een in Indo-China voorkomend ras van de Makaken, de "*Macaca Speciosa Arctoides*".

Voor het onderzoek werd gebruik gemaakt van 17 volwassen exemplaren van deze apensoort, die gefokt waren door het Primatencentrum van het T.N.O. te Rijswijk. Alle proefdieren waren in een eerder stadium door het T.N.O. reeds voor andere onderzoeken gebruikt.

Aangezien in 1978, kort na het begin van dit onderzoek, een internationale wet van kracht is geworden, die de handel in en het vervoer van bepaalde beschermde diersoorten (waaronder apen) verbiedt, is experimenteel onderzoek met Primaten thans aan strengere restricties onderhevig.

Hierdoor kunnen dergelijke onderzoeken momenteel uitsluitend bij in gevangenschap gefokte dieren en in speciale centra worden uitgevoerd.

B : Anatomie van de buigpezen in de hand bij de aap.

Voor het onderhavige experimentele onderzoek is gebruik gemaakt van de *Macaca Speciosa Arctoides* (stump-tailed macaque).

De thans volgende anatomische beschrijving heeft betrekking op deze soort aap (Hartman & Strauss, 1960; Hofer, Schultz en Starck, 1961).

In de onderarm bevinden zich aan de volaire zijde vier onafhankelijk functionerende sublimisspijeren en een gezamenlijk werkende profundusspijergroep.

In tegenstelling tot de situatie bij de mens behoort de *flexor pollicis longus* tot de profundusgroep en vormt daarmee een anatomische eenheid.

Flexie van de duim en de vingers treedt min of meer gecombineerd op door aanspannen van de twee spierbuiken van de profundus, terwijl onafhankelijke flexie van de vingers mogelijk is door de geïsoleerd verlopende sublimispezen.

Zowel de oppervlakkige als de diepe buigspieren van de vingers worden geïnnerveerd door de *nervus Medianus*. In de onderarm en in de pols is deze zenuw tussen en niet, zoals bij de mens, volair van de sublimispezen gelegen. Daardoor is deze zenuw beter beschermd tegen traumata. De *Speciosa*-aap heeft, in tegenstelling tot bepaalde hogere apensoorten, een goed ontwikkelde *palmaris longus* pees.

De pezen van de *flexor digitorum superficialis* hebben onderling geen verbindingen. De pezen van de *flexor digitorum profundus* en de *flexor pollicis longus* vormen tot in de carpale tunnel een eenheid en splitsen zich pas in de afzonderlijke takken bij de intrede van de peesbundel in de handpalm.

De localisatie en de anatomie van de *mm. lumbricalis* is identiek aan die bij de mens.

Hetzelfde is het geval met de anatomie van de buigpezen binnen de peeskoker en met de localisatie van de annulaire en cruciforme tunnelligamenten.

De peesschede verloopt vanaf het niveau van de MCP-gewrichten tot aan de insertie van de profunduspees. De anatomie van de lange en korte vincula is eveneens identiek, maar het *vinculum brevis* van de sublimispees is meer

geprononceerd en langer, waarschijnlijk door de krachtiger functie van deze pezen bij de aap.

Ook de vaatvoorziening van de hand wijkt niet af van die bij de mens. De digitale arterieën ontspringen uit de palmaire arcaden die ontstaan uit de A. Ulnaris en de palmaire tak van de A. Radialis. De vingers bezitten twee volaire digitale arterieën, waarvan er steeds één dominant is. Bij de duim, de wijsvinger en de middelvinger is dat de ulnaire arterie, bij de ringvinger en de pink de radiale.

Het verloop van de distale takken van de Nn. Medianus en Ulnaris tenslotte is eveneens gelijk aan de situatie bij de mens.

De huid van de handpalm is dik en is beschermd tegen traumata door een aantal vetkussentjes die zijn gelegen op het niveau van de capita van de middenhandsbeentjes.

Hoofdstuk IV : METHODIEK VAN DE EXPERIMENTEN.

Voor het experimentele model werd gebruik gemaakt van de vingers van apen. Het doel van het experimentele onderzoek was te bestuderen of een buigpeesletsel binnen de peesschede kan genezen zonder dat daarbij adhesies tot ontwikkeling komen.

Om dit te bereiken werd bij de apen in het digitale buigpeeschedetraject een scherpe verwonding toegebracht aan de buigpezen.

Op grond van het literatuuronderzoek, waaruit gebleken was welke factoren de ontwikkeling van adhesies lijken te bevorderen, werd bij de opzet van het onderzoek een drietal punten centraal gesteld:

- 1 : Ischaemie van de buigpezen wordt tot een minimum beperkt wanneer het intrinsieke vaatsysteem van de pezen zo weinig mogelijk wordt gelaedeerd.
- 2 : Behoud van het synoviale milieu binnen de peeskoker is alleen mogelijk indien de peesschede zo volledig mogelijk wordt hersteld.
- 3 : Door (tijdelijke) uitschakeling van de naar proximaal gerichte spiertractie kan worden voorkomen dat een secundaire ruptuur van de peesnaad optreedt.

A : Algemene techniek (zie figuur 11).

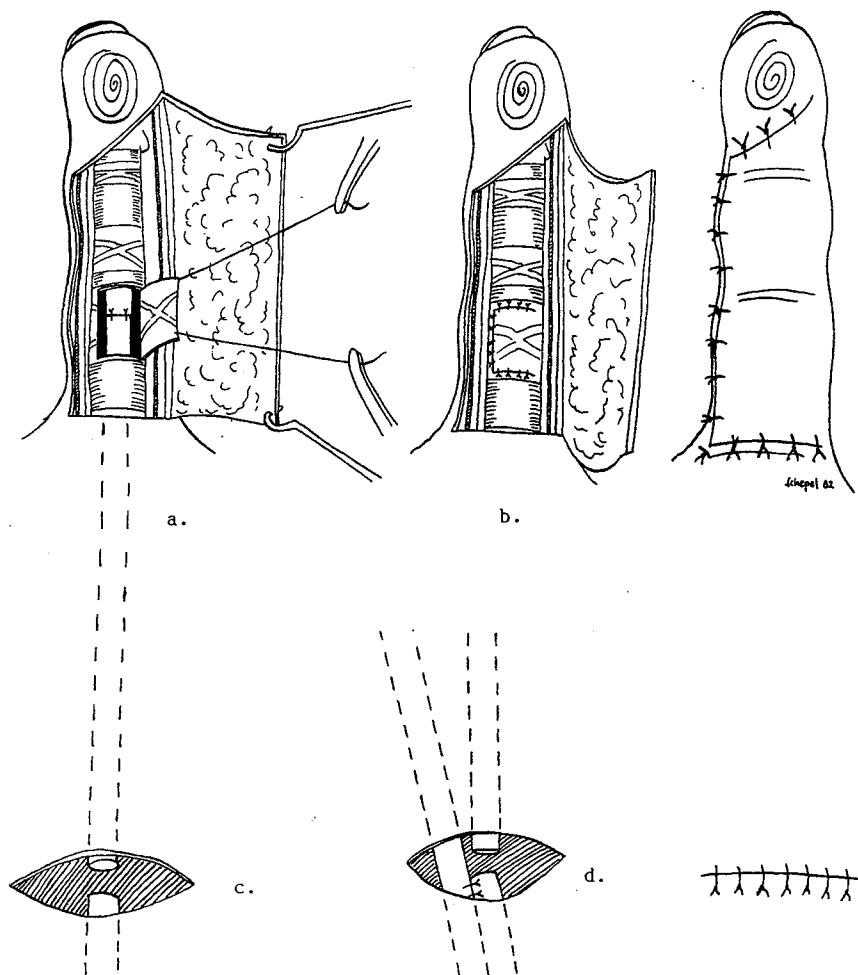
Alle operaties vonden plaats in de operatiekamer van het Laboratorium voor Experimentele Chirurgie van het Academisch Ziekenhuis Dijkzigt en de Erasmus Universiteit te Rotterdam.

Als pré-medicatie werd aan de proefdieren 250 tot 300 mg Vetalar^R en 0,5 mg atropine intramusculair toegediend.

Alle apen werden endotracheaal geïntubeerd en de ademhaling vond spontaan plaats met een gasmengsel van O_2/N_2O en Ethrane^R. Tijdens de operatie werd het electrocardiogram gecontroleerd met behulp van een monitor.

De bovenste extremiteiten van de apen werden geschoren en zorgvuldig gedesinfecteerd met Chloorhexedine in Alcohol.

figuur 11.



Voorstelling van de in het experimentele onderzoek gebruikte operatiemethode.

- a.) approximering van de peesuiteinden.
- b.) sluiten van de peesschede.
- c.) proximale ontlastings-tenotomie.
- d.) fixatie van de proximale peesstomp aan de naastgelegen buigpees in de pols.

Alle operaties vonden plaats onder bloedleegte met behulp van een tourniquet rond de bovenarm. Iedere te opereren vinger werd aan de volaire zijde geopend via een zogenaamde midlaterale incisie, waarbij de beide vaatzenwubundels werden gespaard. Voordat de peesschede werd geopend werden, via een aparte incisie, de buigpezen eerst in de pols gekliefd om de postoperatieve spiërtractie aan de peesnaad in de vinger te elimineren.

Teneinde terugtrekking van de proximale peesstompen te voorkomen (hetgeen zou resulteren in tonusverlies van de betreffende spieren) werden de proximale stompen tijdelijk zijdelings gehecht aan de ernaast gelegen pezen in de pols (zie figuur 11).

Vervolgens werd in het membraneuze gedeelte van de peesschede een luikje gecreëerd waarbij de annulaire ligamenten werden gespaard.

Eén of beide buigpezen werden binnen het peesschede-traject met een scherp mes volledig gekliefd en vervolgens ofwel met de uiteinden tegen elkaar gelegd ofwel met enkele dunne hechtingen geappositioneerd. De incisie in de schede werd hierna zorgvuldig gesloten met hetzelfde fijne, niet-resorbeerbare hechtmateriaal (6 x 0 Ethylon^R of 6 x 0 Prolene^R).

De huidincisies werden gesloten met staaldraad en de wonden werden afgespoten met Nobecutane^R-spray.

Er werd tijdelijk een drukverband aangelegd, de extremititeit werd omhoog gehouden en het operatieterrein gecompriëerd gedurende de fase van reactieve hyperaemie die na het opheffen van de bloedleegte ontstaat. Na deze periode werd het drukverband verwijderd.

De opzet van het experiment was om de continuïteit van de proximale ontlastings-tenotomie na drie weken te herstellen. In de tussenliggende periode kreeg de pees binnen de peesschede dan de gelegenheid te genezen zonder gevaar voor een secundaire ruptuur van de naad.

Na de derde week werden met tussenpozen van twee weken de vingers door middel van transmetacarpale amputatie verwijderd voor macroscopische en microscopische dissectie van het buigpeeschede-complex (zie betreffende tabellen).

B : Specifieke technieken.

1 : Approximatie-methoden van de peesuiteinden.

Bij de eerste 21 geopereerde vingers werden de pezen na doorsnijding niet gehecht. Negen maal werden beide buigpezen binnen de peeschede gekliefd, vijf maal alleen de profunduspees en zeven maal werd alleen de sublimispees doorgesneden. De peesuiteinden werden na de doorsnijding tegen elkaar aangelegd zonder hechtingen waarna de peesschede werd gesloten.

Alle doorsnijdingen vonden plaats in gestrekte stand in dat gedeelte van de peeschede dat zich ter hoogte van de grondphalanx bevond.

In verband met de technische problemen, die een gevolg waren van het niet hechten van de pezen bij deze eerste 21 vingers, en waarop in de discussie nader zal worden ingegaan, werd bij de volgende operaties wél gebruik gemaakt van hechtmateriaal om de peesuiteinden bij elkaar te houden.

Bij deze laatste 54 vingers werden de peesuiteinden, na klieving, geapproximeerd met enkele eenvoudige (niet strangulerende) hechtingen door het anterieure gedeelte van de buigpezen. Voor de profunduspezen werden steeds twee hechtingen gebruikt, voor de sublimispezen doorgaans één hechting per slip. Het gebruikte hechtmateriaal was hetzelfde als waarmee de peesscheden werden gesloten, namelijk 6 x 0 Ethylon^R en 6 x 0 Prolene^R.

De uitvoering van deze operaties was behoudens het gebruik van hechtingen in de pezen geheel gelijk aan de eerdere serie operaties.

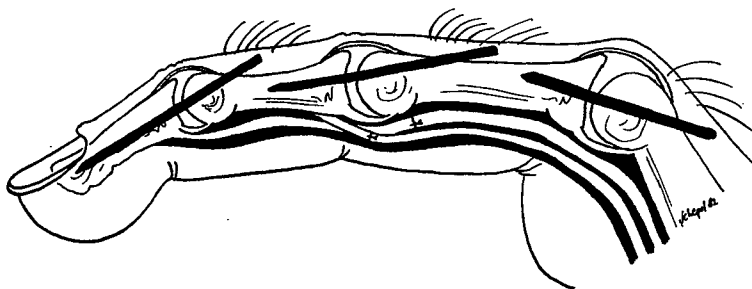
Drie weken na de eerste operatie werd de continuïteit van de proximale (ontlastings-) tenotomie weer hersteld volgens de methode van Kessler-Mason-Allen (zie figuur 17).

2 : Immobilisatie-methoden van de geopereerde vingers.

De eerste 14 vingers werden geïmmobiliseerd met behulp van Kirschner-draden waarmee de metacarpophalangeale gewrichten in 90° flexiestand gefixeerd werden gehouden en de interphalangeale gewrichten licht gebogen (zie figuur 12.).

Deze methode moest, door de complicaties die erdoor ontstonden en die in de discussie ter sprake zullen komen, worden verlaten, waarna bij de volgende 36 vingers geen enkele vorm van immobilisatie werd toegepast.

figuur 12.



Wijze van immobilisatie in Methode I m.b.v. 3 Kirschnerdraden.

Bij de volgende 36 vingers, waarvan er 7 behoorden tot de groep van 21 vingers waarin geen hechting van de pezen plaats vond, werden alleen de sublimispezen gekliefd en werden de profunduspezen intact gelaten om daarmee overstreking van de vingers te voorkomen. Op deze wijze functioneerden de profunduspezen derhalve als een natuurlijke "interne spalk" voor de gelaedeerde sublimispezen.

Op grond van de bevindingen na de eerste 50 operaties werd aan het eind van het onderzoek bij 25 vingers immobilisatie van de gehele bovenste extremititeit toegepast met behulp van Lightcast^R. De elleboog werd in een hoek van 90° geïmmobiliseerd, bij een licht gebogen pols, terwijl de MCP-gewrichten in 90° flexiestand gehouden werden en de beide IP-gewrichten gestrekt.

Op deze wijze ontstonden er vier groepen van buigpeesletsels die ofwel verschilden

in de manier waarop de peesuiteinden waren geapproximeerd ofwel in de wijze van immobilisatie. Er werd geen onderscheid gemaakt tussen de vingers waarin één of beide pezen waren doorgesneden omdat door het sluiten van de peesschede in essentie dezelfde situatie werd gecreëerd bij beide subgroepen.

Bij de methoden I en II werden de pezen binnen de peesscheden niet gehecht.

Bij de methoden III en IV vond wel approximatie met hechtingen plaats.

Bij de methoden I en IV werd wel een vorm van immobilisatie toegepast.

Bij de methoden II en III vond geen immobilisatie plaats.

Voor het overige waren er geen verschillen in de uitvoering van de operatie.

Alle peesletsels werden op dezelfde wijze toegebracht en in alle gevallen werd de peesschede na het toebrengen van het buigpeesletsel weer gesloten. Ook werd bij iedere vinger de naar proximaal gerichte spiertractie geëlimineerd door een tweede tenotomie in de pols.

In totaal werden er 75 vingers geopereerd bij 17 apen.

METHODE I werd toegepast op 14 vingers bij 14 proefdieren.

Immobilisatie +

Peeshechting -

METHODE II werd toegepast op 7 vingers bij 6 proefdieren.

Immobilisatie -

Peeshechting -

METHODE III werd toegepast op 29 vingers bij 9 proefdieren.

Immobilisatie -

Peeshechting +

METHODE IV werd toegepast op 25 vingers bij 7 proefdieren.

Immobilisatie +

Peeshechting +

Bij de beoordeling van de resultaten werd als criterium genomen het macroscopische en histologische aspect van de buigpezen en het peesschede-complex tijdens de dissectie van de geamputeerde vingers.

De dissecties werden uitgevoerd onder de operatiemicroscoop.

Om een zo objectief mogelijk beeld van de resultaten van de operaties te verkrijgen werd het volgende systeem gebruikt.

1: Uitstekend (3 punten) indien:

de peesschedewand een normaal glanzend aspect vertoonde,
de peeskoker gevuld was met synoviale vloeistof,
de peesnaad genezen was,
adhesies afwezig waren en,
de glijfunctie van de pezen niet belemmerd werd.

2: Goed (2 punten) indien:

er minimale adhesievorming was,
de glijfunctie van de pezen niet of nauwelijks belemmerde.

3: Matig (1 punt) indien:

er zich adhesies tussen de peesnaad en de schede bevonden, die
de peesexcursies in meer of mindere mate belemmerden.

4: Slecht (0 punten) indien:

de pezen door middel van massale adhesies met de omgeving
vergroeid waren, waardoor
de glijfunctie van de pezen in het peesschedetraject nihil was,
de peesschedewand een dof aspect vertoonde en,
ter plaatse van de adhesies zich geen synoviale vloeistof bevond.

Op grond van deze criteria werden punten toegekend aan iedere vinger, waarbij het aantal punten afnam naarmate het klinische resultaat minder was.

Zo werd aan een vinger met een uitstekend resultaat 3 punten toegekend, aan een vinger met een goed resultaat 2 punten, aan een matig resultaat 1 punt terwijl een slecht resultaat geen punten opleverde (zie blz. 65 e.v.).

HOOFDSTUK V : RESULTATEN.

A : Macroscopische bevindingen.

METHODE I (pezen niet gehecht, immobilisatie van de vingers met Kirschner-draden):

Slechts bij één van de 14 vingers uit de eerste groep experimenten bleek dat het eindresultaat beantwoorde aan het bij het begin van het onderzoek gestelde doel. Deze vinger werd na 10 weken bestudeerd.

Er werden normaal uitziende buigpezen gevonden in een gladde, met synoviale vloeistof gevulde, peeskoker terwijl er geen aanwijzingen waren dat er bij de genezing adhesies tot ontwikkeling waren gekomen.

Eénmaal bleek de continuïteit van de gelaedeerde buigpees (bij dissectie na 10 weken) te zijn hersteld in de aanwezigheid van een gelocaliseerde adhesie ter plaatse van de naad. Deze pees had, na herstel van de proximale ontlastingstenotomie gedurende 7 weken normaal gefunctioneerd. De adhesie belemmerde de pees-excursies niet en de peesschede vertoonde een normaal aspect (zie afb. II). Eénmaal was na 3 weken een tenolyse uitgevoerd, op hetzelfde moment waarop de proximale continuïteit werd hersteld, hetgeen uiteindelijk resulteerde in een goed functioneel resultaat. Maar ook bij dit dier waren aanvankelijk enkele adhesies tot ontwikkeling gekomen.

De overige 11 geopereerde vingers uit deze serie vertoonden een teleurstellend eindresultaat. Tweemaal ontstond een ernstige purulente infectie, terwijl bij één vinger een groot georganiseerd haematoom in de peesschede had geleid tot uitgebreide vergroeiingen tussen de pezen en de peeskoker.

Bij de overige vingers was een dehiscentie van de peesuiteinden opgetreden.

Tabel I.

Methode I: Pezen niet gehecht, immobilisatie met Kirschner-draden.



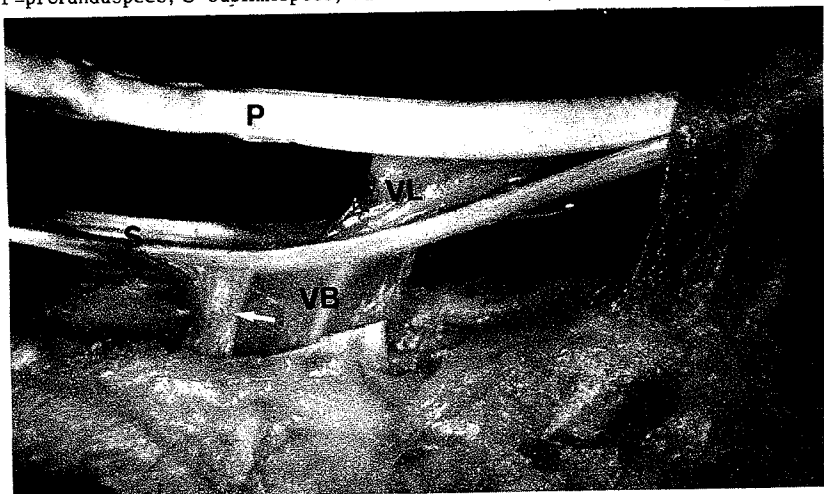
afb. I.

Boven:

Linker hand van proefdier 398. Volledige flexie van het PIP-gewricht van de ringvinger bij tractie in de pols aan de 8 weken tevoren geopereerde sublimispees van deze vinger. (methode III).

Onder:

Beeld van de buigpezen uit de linker ringvinger van proefdier 452, 10 weken na de operatie. Er is een geïsoleerde, mobiele, adhesie (zie pijl), die de glijbewegingen van de pees niet belemmert. De pees is niet gehecht, volgens methode I. De adhesie verbindt de plaats van de wond in de pees met de plaats van sluiting van de peesschede. P=profunduspees; S=sublimispees; VB=vinculum brevis; VL=vinculum longum.



afb. II.

<u>Aap no:</u>	<u>Hand</u>	<u>Vinger</u>	<u>Pees</u>	<u>Dissectie na:</u>	<u>Resultaat</u>	<u>Bijzonderheden</u>
1 : 440	R	IV	FS+FP*	3 weken	slecht	dehiscentie
2 : 312	R	IV	FS+FP	3 weken	slecht	dehiscentie
3 : 290	R	IV	FS+FP	3 weken	slecht	dehiscentie
4 : 436	R	IV	FP	3 weken	slecht	osteomyelitis
5 : 442	R	IV	FS+FP	3 weken	slecht	dehiscentie
6 : 462	R	III	FS+FP	3 weken	slecht	dehiscentie
7 : 452	R	III	FP	3 weken	slecht	arthritis PIP
8 : 448	R	IV	FS+FP	4 weken	slecht	dehiscentie
9 : 461	R	III	FP	6 weken	slecht	
10 : 445	L	IV	FP	6 weken	slecht	haematoom
11 : 274	L	IV	FP	6 weken	goed	na tenolyse
12 : 443	R	III	FS+FP	8 weken	slecht	
13 : 445	R	III	FS+FP	10 weken	uitstekend	
14 : 452	L	IV	FS	10 weken	goed	

METHODE II (pezen niet gehecht, geen immobilisatie van de vingers):

In de meerderheid der gevallen van de 7 in deze serie behandelde vingers was er tijdens de postoperatieve periode een dehiscentie van de pees ontstaan.

De proximale stompen van deze pezen lagen of vrij in het proximale deel van de peeskoker, waar de peesuiteinden zich hadden afgerond, òf ze bevonden zich in de handpalm, waar ze vergroeid waren met de lumbricaalspier van de betreffende vinger.

Slechts bij één vinger was het eindresultaat uitstekend, Bij de dissectie van deze vinger (die plaats vond 12 weken na de operatie) bleek de continuïteit van de buigpees te zijn hersteld zonder dat er adhesies tot ontwikkeling waren gekomen.

De peeskoker was gladwandig en gevuld met synoviale vloeistof. Proximale tractie aan deze pees resulteerde in volledige buiging van de vinger.

Eénmaal was het resultaat goed. De peeskoker vertoonde een normaal aspect.

In deze vinger werd na 12 weken een dunne streng aangetroffen tussen de plaats waar aanvankelijk het letsel aan de pees was toegebracht en de plek waar de

*) FS=Flexor Sublimis, FP=Flexor Profundus

incisie in de peeskoker was gesloten. Deze draadvormige adhesie veroorzaakte geen belemmering voor de excursies van de buigpees.

Bij de overige 5 vingers waren de peesuiteinden uiteengeweken en het eindresultaat slecht.

Tabel II.

Methode II: Pezen niet gehecht, geen immobilisatie.

<u>Aap no:</u>	<u>Hand</u>	<u>Vinger</u>	<u>Pees</u>	<u>Dissectie na:</u>	<u>Resultaat</u>	<u>Bijzonderheden</u>
1 : 398	R	IV	FS ^{*)}	6 weken	slecht	dehiscentie
2 : 243	L	III	FS	6 weken	slecht	dehiscentie
3 : 442	L	IV	FS	10 weken	slecht	dehiscentie
4 : 443	L	III	FS	10 weken	slecht	dehiscentie
5 : 443	L	IV	FS	10 weken	slecht	dehiscentie
6 : 463	R	IV	FS	12 weken	uitstekend	
7 : 273	L	IV	FS	12 weken	goed	

METHODE III (pezen gehecht, geen immobilisatie):

In deze serie van 29 vingers was het aantal uitstekende resultaten het grootst, hoewel ook hier een aanzienlijk aantal naaddehiscenties optraden.

Bij 12 vingers werd bij dissectie macroscopisch een zonder adhesies genezen buigpees aangetroffen. De peeskokers van deze vingers waren gevuld met synoviaalvocht en vertoonden een normaal aspect. De peesexcursies waren volledig en proximale tractie resulteerde in een normaal buigpatroon van de vingers in de beide interphalangeale gewrichten.

Wanneer in deze serie de 13 gevallen, waarbij een dehiscentie van de peesuiteinden was opgetreden worden geëlimineerd blijkt dat van de 16 resterende buigpezen het eindresultaat uitstekend is in 75% der gevallen (12 vingers).

Van de overige 4 vingers was het resultaat tweemaal goed en tweemaal matig.

In geen der gevallen waarin de continuïteit gehandhaafd bleef, was het uiteindelijke resultaat slecht.

*) FS=Flexor Sublimis

Dit betekent dat met deze 3^e serie experimenten volledig aan het doel van het onderzoek was voldaan. De macroscopische bevindingen zijn alleen te verklaren door aan te nemen dat de peesgenezing onafhankelijk van de omgeving heeft plaatsgevonden. (zie afb. VI).

Tabel III.

Methode III: Pezen gehecht, geen immobilisatie.

<u>Aap no:</u>	<u>Hand</u>	<u>Vinger</u>	<u>Pees</u>	<u>Dissectie na:</u>	<u>Resultaat</u>	<u>Bijzonderheden</u>
1 : 462	R	III	FS*	3 weken	slecht	dehiscentie
2 : 462	R	IV	FS	3 weken	slecht	dehiscentie
3 : 462	R	V	FS	3 weken	slecht	dehiscentie
4 : 463	L	IV	FP	4 weken	matig	
5 : 463	L	V	FP	4 weken	matig	
6 : 442	R	II	FS	6 weken	uitstekend	
7 : 442	R	III	FS	6 weken	uitstekend	
8 : 442	R	V	FS	6 weken	slecht	dehiscentie
9 : 445	R	II	FS	8 weken	uitstekend	
10 : 445	R	IV	FS	8 weken	uitstekend	
11 : 445	R	V	FS	8 weken	slecht	dehiscentie
12 : 398	L	II	FS	8 weken	slecht	dehiscentie
13 : 398	L	III	FS	8 weken	uitstekend	
14 : 398	L	IV	FS	8 weken	uitstekend	
15 : 398	L	V	FS	8 weken	slecht	dehiscentie
16 : 463	L	II	FS	10 weken	uitstekend	
17 : 463	L	III	FS	10 weken	uitstekend	
18 : 463	L	IV	FS	10 weken	uitstekend	
19 : 463	L	V	FS	10 weken	uitstekend	
20 : 234	R	II	FS	10 weken	slecht	dehiscentie
21 : 234	R	IV	FS	10 weken	slecht	dehiscentie
22 : 234	R	V	FS	10 weken	slecht	dehiscentie

*) FS= Flexor Sublimis , FP= Flexor Profundus



afb. III.



afb. IV.



afb. V.

afb. III.

Zonder adhesies genezende profunduspees dig II links van proefdier 274, 2 weken na de operatie volgens methode IV. Naad t.p.v. de pijlen.

afb. IV.

Zonder adhesies genezen profunduspees dig V rechts van proefdier 274, 5 weken na de operatie volgens methode IV. Dit is dezelfde pees als in de afbeeldingen X en XV.

afb. V.

Dissectie van de rechter hand van proefdier 462, 3 weken na de operatie volgens methode III. Er is een dehiscentie van de peesuiteinden opgetreden (zie pijlen). Opvallend is de afwezigheid van adhesies en het zich afronden van de peesstompen binnen de peesschede.

23: 412	L	II	FS	12 weken	uitstekend	
24: 412	L	III	FS	12 weken	uitstekend	
25: 412	L	IV	FS	12 weken	goed	
26: 412	L	V	FS	12 weken	goed	
27: 448	R	II	FS	12 weken	slecht	dehiscentie
28: 448	R	III	FS	12 weken	slecht	dehiscentie
29: 448	R	V	FS	12 weken	slecht	dehiscentie

METHODE IV (pezen gehecht, immobilisatie van de gehele extremititeit met Lightcast^R-bovenarmsgips)

Op grond van de met boven beschreven methoden gevonden resultaten was het duidelijk geworden dat het in het laboratorium mogelijk is genezing van buigpezen binnen de peesschede van de vinger zonder adhesies te laten plaatsvinden.

De bevindingen waren echter steeds minimaal 3 weken na het oorspronkelijke trauma gedaan.

In deze fase van het onderzoek ontstond de behoefte te bestuderen hoe de genezingsprocessen gedurende de eerste drie weken na het trauma verlopen.

In verband met het feit dat het aantal mislukkingen, dat het gevolg was van technische problemen met de immobilisatie van de peesnaad, bij elk van de gebruikte methoden groot was, moest worden gezocht naar een methode waarmee het gevaar voor een dehiscentie van de peesuiteinden kon worden verminderd.

Na een aantal mislukte pogingen met gips en Hexolight^R gelukte het tenslotte, door immobilisatie van de gehele bovenste extremititeit met Lightcast^R, gedurende de eerste drie weken na de operatie het aantal naaddehiscenties tot een minimum van 4 te reduceren. Hierdoor konden bij een groter aantal vingers de vroege genezingsprocessen (gedurende de eerste tot en met de derde week) worden bestudeerd dan het geval zou zijn geweest wanneer één der eerdere immobilisatiemethoden voor de resterende vingers was toegepast.

De 25 vingers uit deze serie werden bestudeerd na 1, 2, 3, 5 en 7 weken (zie tabel IV). Bij de 9 vingers (3 handen) die na 1 week werden onderzocht was in 6 gevallen (2 handen) het resultaat goed.

Bij het openen van de peesschede van deze vingers bleek dat de behandelde pezen geen verbinding vertoonden met de wand van de peeskoker. Wel was er rond de

plaats van de peesnaden een fibrineus beslag dat gemakkelijk stomp van de peesscheden was los te maken. De peesuiteinden waren licht gezwollen en bij het uitprepareren scheurden de hechtingen gemakkelijk door het oedemateuze peesweefsel heen.

Bij één proefdier, dat na enkele dagen zelf het verband had weten te verwijderen, was het resultaat slecht, doordat de peesuiteinden uiteen waren geweken.

Bij de 4 vingers (2 handen) die na 2 weken werden bestudeerd was het resultaat 2 maal uitstekend en 2 maal matig. In het eerste geval ontbraken adhesies volledig, in het tweede geval bevonden zich tussen de peesnaden en de plaats waar de incisie in de peesschede was gesloten, verbindingen die later mogelijk tot adhesies zouden hebben geleid. Deze verbindingen waren echter beperkt tot het gebied waar de peesnaad en de incisie in de peesschede elkaar kruisten en de rest van de pees vertoonde het normale paarlemoer- aspect van een vitale buigpees. De hoeveelheid synoviale vloeistof was macroscopisch niet verminderd.

Bij de 7 vingers (2 handen) die na 3 weken werden onderzocht was het resultaat in 3 der gevallen (1 hand) goed, terwijl 4 maal een slecht resultaat werd gezien. Bij deze laatste 4 vingers (1 hand) bevonden zich adhesies tussen de pezen en de omgevende peesschede die niet stomp van de wand van de peeskoker waren af te schuiven.

Het aspect van de pezen in de peeskokers was, behoudens ter plaatse van de naad, macroscopisch normaal.

Bij het proefdier, waarbij na 5 weken de pezen werden onderzocht, en dat na 1 dag zelf het verband had verwijderd, was het resultaat in één vinger desalniettemin uitstekend (zie afb. IV), in het andere geval was het matig door de vorming van enkele vergroeiingen tussen de peesnaad en de plaats van de incisie in de peesschede.

Het proefdier tenslotte, waarbij de dissectie plaats vond na 7 weken en dat eveneens zelf binnen 24 uur het verband had verwijderd, vertoonde een uitzonderlijk resultaat in twee van de drie behandelde vingers. Er was een dehiscentie van de peesuiteinden opgetreden (getuige de positie van de hechtingen), maar de beide peesuiteinden waren met elkaar verbonden door middel van een weefselbrug.

Deze brug had macroscopisch niet het normale aspect van een pees, maar vertoonde evenmin verbindingen met de wand van de peesschede. Dit kan alleen verklaard worden door aan te nemen dat er een geleidelijke dehiscentie was ontstaan, waarbij het



afb. VI.

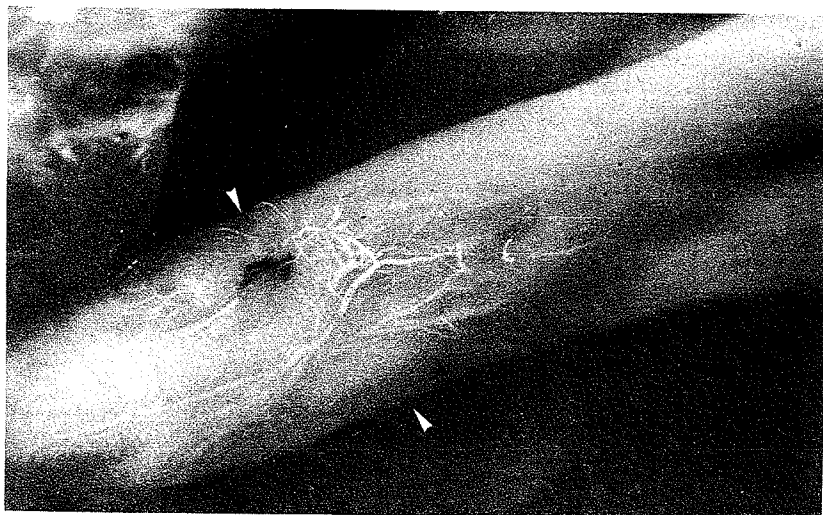
Boven:

Zonder adhesies genezen Sublimispees in de rechter ringvinger van proefdier 445, 8 weken na de operatie volgens methode III.

(pijl wijst de plaats van de peesnaad aan).

Onder:

Detail van dezelfde pees. De extremiteit is geperfundeed met Micropaque^R, zodat de capillairen in de buitenste laag van de pees zichtbaar zijn. Het epitenon is ter plaatse van de naad nog opvallend vaatrijk.



afb. VII.

zich vormende littekenweefsel tussen de beide peesstompen langzaam was uitgerekt. Het histologische beeld was dat van onrijp peesweefsel.

Uit de afwezigheid van adhesies moet worden geconcludeerd dat het, tussen de uiteen geweken peesuiteinden gelegen, weefsel vanuit de beide peesstompen is ontstaan. Deze bevinding ondersteunt eens te meer de theorie dat het peesweefsel zelf tot regeneratie en reparatie in staat is.

Tabel IV.

Methode IV: Pezen gehecht, immobilisatie met Lightcast^R-bovenarmsverband.

<u>Aap no:</u>	<u>Hand</u>	<u>Vinger</u>	<u>Pees</u>	<u>Dissectie na:</u>	<u>Resultaat</u>	<u>Bijzonderheden</u>
1 : 442	L	II	FS+FP	1 week	goed	
2 : 442	L	III	FP	1 week	goed	
3 : 442	L	V	FP	1 week	goed	
4 : 452	L	II	FP	1 week	slecht	dehiscentie **
5 : 452	L	III	FP	1 week	slecht	dehiscentie **
6 : 452	L	V	FP	1 week	slecht	dehiscentie **
7 : 463	R	II	FS+FP	1 week	goed	
8 : 463	R	IV	FS+FP	1 week	goed	
9 : 463	R	V	FS+FP	1 week	goed	
10 : 234	L	IV	FS+FP	2 weken	matig	
11 : 234	L	V	FS+FP	2 weken	matig	
12 : 274	L	II	FP	2 weken	uitstekend	
13 : 274	L	V	FP	2 weken	uitstekend	
14 : 445	L	II	FP	3 weken	goed	
15 : 445	L	III	FP	3 weken	goed	
16 : 445	L	V	FP	3 weken	goed	
17 : 436	R	II	FS+FP	3 weken	slecht	
18 : 436	R	III	FS+FP	3 weken	slecht	
19 : 436	R	IV	FS+FP	3 weken	slecht	
20 : 436	R	V	FS+FP	3 weken	slecht	
21 : 274	R	II	FP	5 weken	matig	**

<u>Aap no:</u>	<u>Hand</u>	<u>Vinger</u>	<u>Pees</u>	<u>Dissectie na:</u>	<u>Resultaat</u>	<u>Bijzonderheden</u>
22 : 274	R	V	FP	5 weken	uitstekend	xx
23 : 452	R	II	FP	7 weken	uitstekend	xx
24 : 452	R	III	FP	7 weken	uitstekend	xx
25 : 452	R	V	FP	7 weken	slecht	dehiscentie xx

xx) Bij de vingers 4, 5, 6, 21, 22, 23, 24 en 25 is het immobiliserende Lightcast^R verband door het proefdier binnen enkele dagen zelf verwijderd.

Op grond van de macroscopische bevindingen kunnen de resultaten worden gerubriceerd, volgens de criteria zoals die onder de paragraaf Methodiek zijn beschreven. (zie blz.54).

<u>Methodie I:</u>	Aantal vingers : 14	Punten : (Maximale score 42).
	Uitstekend : 1	3
	Goed : 2	4
	Matig : 0	0
	Slecht : 11	0
	Totaal :	7

<u>Methodie II:</u>	Aantal vingers : 7	Punten : (Maximale score: 21).
	Uitstekend : 1	3
	Goed : 1	2
	Matig : 0	0
	Slecht : 5	0
	Totaal :	5

<u>Methodie III:</u>	Aantal vingers : 29	Punten : (Maximale score 87).
	Uitstekend : 12	36
	Goed : 2	4
	Matig : 2	2
	Slecht : 13	0
	Totaal :	42

<u>Methode IV:</u> Aantal vingers : 25	Punten : (Maximale score 75).
Uitstekend : 5	15
Goed : 9	18
Matig : 3	3
Slecht : 8	0
Totaal :	36

Op grond van deze puntenverdeling kunnen de volgende conclusies worden getrokken over de resultaten van de operaties.

Wanneer alle resultaten worden beoordeeld, is in de eerste serie experimenten slechts 1/6 van het maximale aantal punten gehaald.

In de tweede serie was dat 1/4.

Zowel in de derde als in de vierde serie was dat 1/2.

Dat betekent, dat naarmate het onderzoek vorderde de resultaten van de operaties verbeterden.

Voor een belangrijk deel komen de slechte resultaten in het begin van het onderzoek op rekening van de vroegtijdige separatie van de peesuiteinden.

Bij methode I was dat in 6 van de 14 operaties het geval,

bij methode II in 5 van de 7 gevallen,

bij methode III in 13 van de 29 operaties en

bij methode IV trad in 4 van de 25 vingers dehiscentie op.

Het minste aantal dehiscenties werd derhalve gezien in de series, waarbij immobilisatie plaats vond (I en IV), terwijl in de serie, waarin noch immobilisatie noch approximatie met hechtingen plaats vond (methode II) het aantal dehiscenties het grootst was.

Dit vroegtijdig uiteenwijken van de peesnaad moet als een complicatie worden gezien van het onvermogen de betreffende vinger adequaat te beschermen tegen hyperextensie en dus tegen toename van de spanning ter plaatse van de naad.

Bij vrijwel alle vingers, waarin dehiscentie van de peesuiteinden optrad, werden in de peesschede géén adhesies aangetroffen (zie afb. V).

De dehiscenties waren dus niet een gevolg van een verzwakking van de pees door ischaemie of bionecrose, omdat in dat geval wél adhesies zouden zijn waargenomen. Het lijkt daarom verantwoord de groep dehiscente pezen als complicatie van de

operatie te elimineren.

Behoudens in de eerste serie experimenten, waarin 3 ernstige complicaties optraden (de vingers 3, 7 en 10), werden bij de latere methoden, naast dehiscenties, geen andere complicaties gevonden.

Wanneer we dan alleen die pezen beoordelen, waarvan de continuïteit van de pezen intact bleef, en waarbij geen andere complicaties optraden, en wanneer we op deze groep vingers dezelfde puntenverdeling toepassen, komen we tot de volgende getallen.

Methode I: 5 vingers (maximale score: 15 punten) waarvan

1 x uitstekend	:	3 punten
2 x goed	:	4 punten
2 x slecht	:	0 punten
totaal	:	7 punten.

Methode II: 2 vingers (maximale score: 6 punten) waarvan

1 x uitstekend	:	3 punten
1 x goed	:	2 punten
totaal	:	5 punten.

Methode III: 16 vingers (maximale score: 48 punten) waarvan

12 x uitstekend	:	36 punten
2 x goed	:	4 punten
2 x matig	:	2 punten
totaal	:	42 punten.

Methode IV: 21 vingers (maximale score: 63 punten) waarvan

5 x uitstekend	:	15 punten
9 x goed	:	18 punten
3 x matig	:	3 punten
4 x slecht	:	0 punten
totaal	:	36 punten.

Wanneer we dus alleen de pezen met een intact gebleven continuïteit beoordelen blijkt het resultaat van de operaties aanzienlijk beter te zijn.

Bij methode I wordt dan 1/2 van het maximale aantal punten gehaald,
bij methode II 5/6,
bij methode III 6/7 en
bij methode IV 4/7 van het maximale aantal.

Hieruit blijkt, dat de beste klinische resultaten zijn bereikt in de series, waarbij de vingers niet werden geïmmobiliseerd (methoden II en III), en tevens dat er geen significant verschil bestaat tussen de gehechte (III+ IV) en de niet-gehechte groep (I+ II).

B: Histologie.

Na de beoordeling van de macroscopische resultaten werden de buigpezen uit de peesscheden verwijderd voor histologisch onderzoek. De pezen werden ingebed in paraffine, gekleurd met Haematoxylline-Eosine en in lengtecoupes gesneden om de plaats van de peesnaad zichtbaar te maken.

Het histologisch beeld werd vergeleken met controlepezen die niet waren behandeld. Het microscopisch onderzoek vond dubbel blind plaats door een patholoog/anatoom die het histologische beeld van iedere pees beschreef zonder voorkennis noch van de tijd, die was gelegen tussen de operatie en de amputatie van de vinger, noch van het uiteindelijke klinische resultaat.

Als parameters voor de beschrijving van het histologische beeld werden de volgende criteria gebruikt:

- 1 : Het aantal fibroblasten in de peesuiteinden ter weerszijde van de naad.
- 2 : Het aantal capillairen in het betreffende gebied.
- 3 : De collagenisatie van de peesvezels, zoals waarneembaar door middel van dubbelbreking.
- 4 : Differentiatie van de cellen in het eventuele ontstekingsinfiltraat.
 - A : aantal segmentkernige leucocyten
 - B : aantal lymfocyten
 - C : aantal macrofagen
- 5 : Celrijkdom van de synoviale bekleding in het epitenon van de pees.

Met behulp van deze parameters kon, na rubricering van de onderzochte pezen in volgorde van ouderdom na de operatie, een zekere wetmatigheid worden geconstateerd.

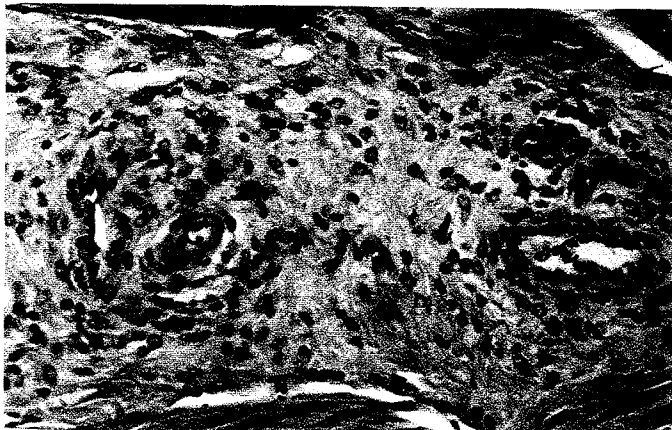
ad 1 : Gedurende de eerste weken na het trauma is er een snelle toename van het aantal zich delende fibroblasten zichtbaar die een hoogtepunt bereikt tussen de 3-de en de 5-de week na het trauma. Het aantal fibroblasten neemt hierna geleidelijk af totdat na ongeveer 12 weken het normale

aspect van de pees is hersteld. (zie afb. XIII).

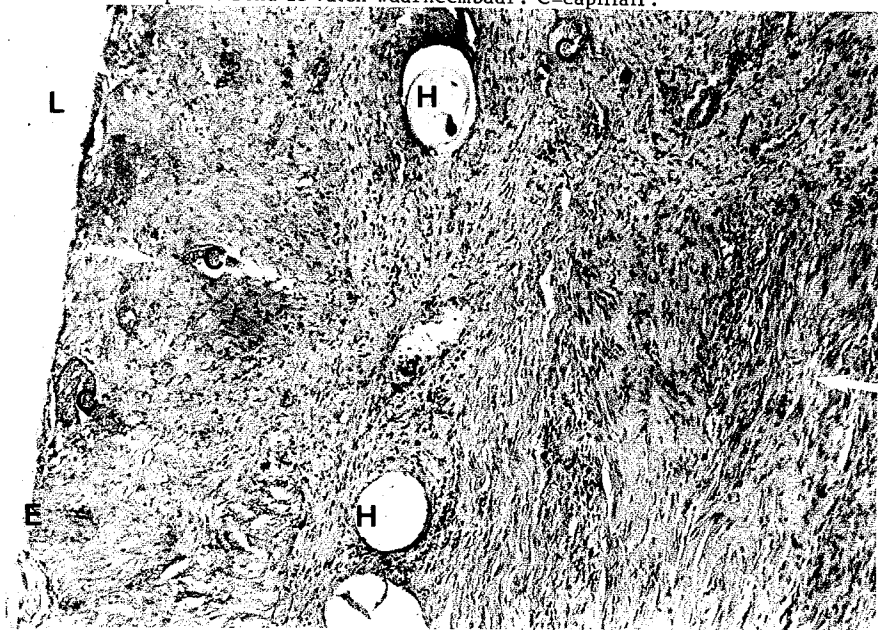
- ad 2 : Op dezelfde wijze was aantoonbaar dat de vaatrijkdom in het endotenon van de peesstompen snel toeneemt, en wel zodanig dat het aantal capillairen het grootste is aan die zijde waar zich een vascularisatiebron (vinculum) in de nabijheid bevindt. Na 8 weken neemt de vaatrijkdom ongeveer evenredig met de vermindering van het aantal fibroblasten geleidelijk af. (zie afb. XII). Op grond van het histologische beeld blijkt dat de vaatproliferatie vooraf gaat aan de proliferatie van de fibroblasten.
- ad 3 : Na 3 weken neemt het aantal nieuw gevormde collageenvezels ter weerszijde van de naad langzaam toe (zie afb. X), tot na 10 tot 12 weken een normaal patroon van in de lengterichting georiënteerde vezels is bereikt, die de plaats van het oorspronkelijke peesdefect overbruggen.
- ad 4 : Een ontstekingsinfiltraat is alleen in de eerste weken na het trauma in beperkte mate aantoonbaar. Segmentkernige leucocyten werden slechts zelden aangetroffen; wel bevonden zich enkele malen eosinefiele leucocyten in de perivasculaire gebieden van het endotenon. Lymfocyten en macrophagen werden in de pezen vrijwel steeds in kleine aantallen aangetroffen tot aan de 8-ste week na het trauma. Een enkele maal werd centraal in de pees een kleine necrotische haard gezien omgeven door macrophagen of randstandige epitheloiden. Het is mogelijk dat deze haarden preëxistent waren en ofwel een gevolg waren van een preëxistent reumatisch proces ofwel het resultaat van een chronisch recidiverend trauma, en dus mogelijk een gevolg van operatieve manipulaties of post-operatieve manipulaties door het proefdier zelf.
- ad 5 : Wat de dikte van de cellaag van het epitenon betreft bleek uit de histologische beelden dat er aanvankelijk een toename van het aantal cellen optreedt tot 7 à 8 weken na het trauma, waarna geleidelijk de normale ééncellige bekleding terugkeert. (Zie afb. XIII).

De histologische bevindingen kunnen als volgt worden samengevat:

afb VIII.



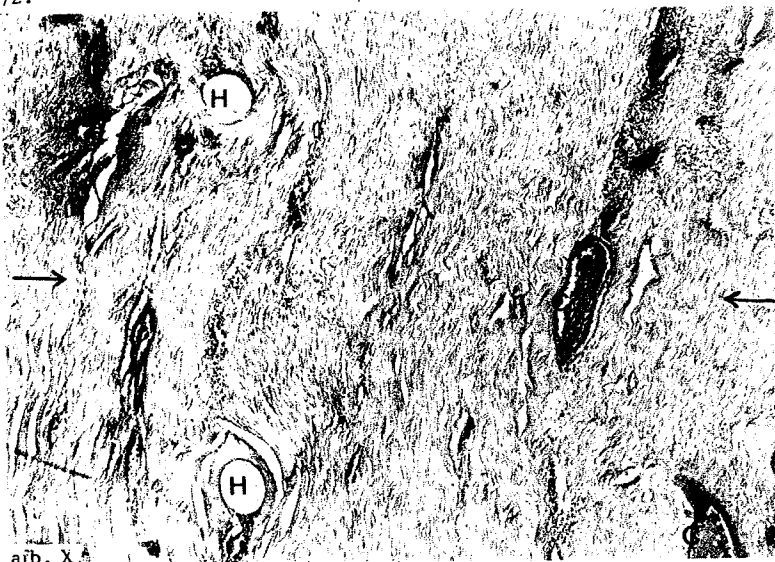
320x; HE-kleuring. Detailopname van het endotenon in het peesuiteinde, vlak bij de peesnaad, 1 week na de operatie. Er is een toename van de capillairen en een actieve fibroplasie rond de vaten waarneembaar. C=capillair.



afb. IX.

125x; HE-kleuring. Profunduspees dig II L van proefdier 445 (methode IV). Peesnaad (zie pijlen), 3weken na de operatie. De proximale ontlastingstenotomie is nog niet hersteld, zodat er nog geen functionele stimuli zijn geweest. Hierdoor bestaat er nog desorganisatie van collageenvezels en fibroblasten ter plaatse van de naad. Het aantal capillairen en fibroblasten is groot.

L=lumen; E=epitenon; C=capillair; H=hechting.

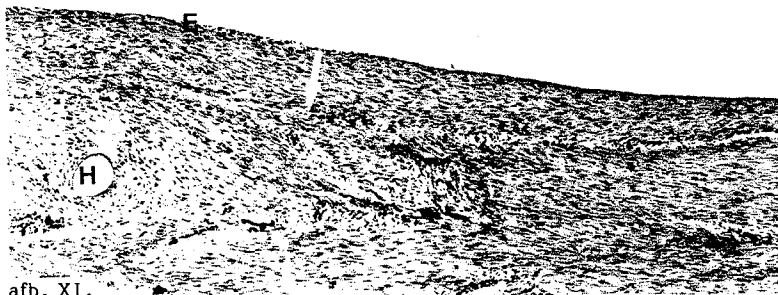


afb. X

62x; HE-kleuring. Profunduspees dig V R van proefdier 274 (methode IV). Peesnaad (pijlen), 5 weken na de operatie en 2 weken na het herstel van de pees-continuïteit in de pols. Er is een oriëntering van de collageenbundels en de fibrocyten in de lengterichting van de pees. De plaats van de naad is nog vaatrijk. C=capillair; H=hechting. (Dit is dezelfde pees als in afb. IV en XV).

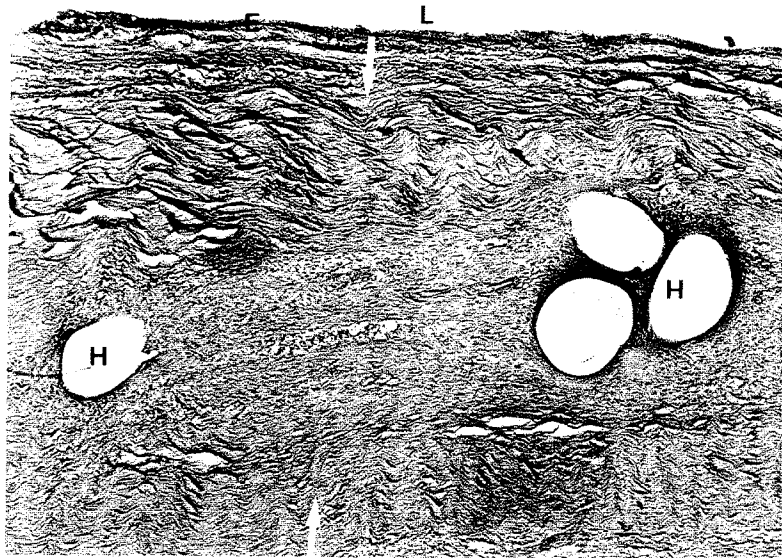


L



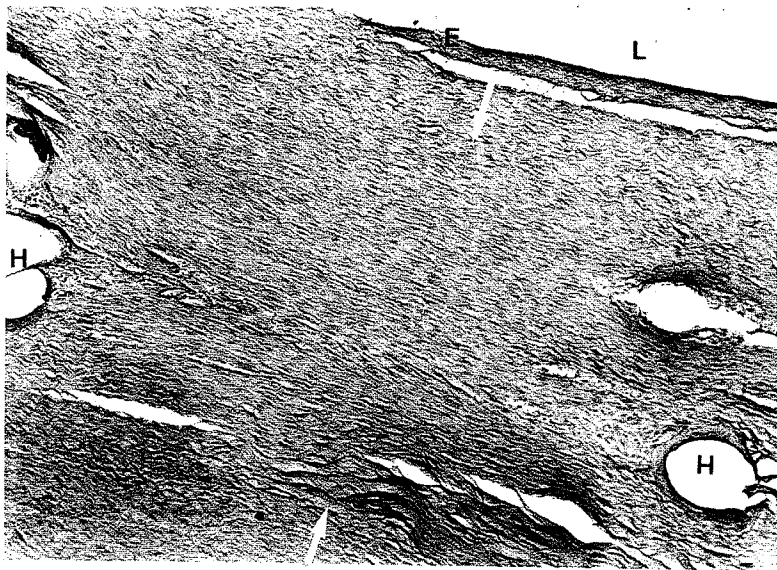
afb. XI.

80x; HE-kleuring. Sublimispees dig III R van proefdier 442 (methode III). Plaats van peesnaad (pijlen), 6 weken na de operatie. Er is een duidelijke longitudinale rangschikking van de vezels en de cellen in de trekrichting van de pees. Adhesies ontbreken. De buitenste cellaag (epitenon) heeft de peesnaad overbrugt. L=lumen; E=epitenon; V=vinculum brevis; H=hechting



afb. XII.

98x; HE-kleuring. Sublimispees dig III L van proefdier 398 (methode III). De plaats van de peesnaad (pijlen), 8 weken na de operatie en 5 weken na het herstel van de pees in de pols. Het aantal capillairen en fibroblasten neemt af. Adhesies ontbreken geheel. H=hechting; E=epitenon; L=lumen van peesschede.



afb. XIII.

98x; HE-kleuring. Sublimispees dig IV L van proefdier 463 (methode III). Plaats van peesnaad (pijlen), 10 weken na de operatie. Hoewel er relatief nog veel cellen zijn, verkrijgt de pees al het normale aspect. Weinig capillairen en een regelmatige longitudinale rangschikking van vezels en cellen.

Gedurende de eerste weken na het trauma treedt er een proliferatie op van capillairen vanuit de bestaande vaten in het endotenon (zie afb.VIII).

Het lijkt erop dat de toename van de vaatrijkdom overeen komt met de mate waarin de peesuiteinden exogeen van bloed worden voorzien.

In die peesstompen die het dichtst bij een vinculum gelegen zijn treedt de proliferatie eerder op en is de vaatrijkdom na verloop van tijd aanzienlijk groter dan aan de andere zijde van de peesnaad waar het vinculum zich op grotere afstand van de naad bevindt.

Dit wijst er op dat het belangrijk is een goede vascularisatie van de peesuiteinden te handhaven en onderstreept de noodzaak bij de behandeling de strangulatie van preëxistente vaten zoveel mogelijk te vermijden.

Direct in aansluiting op de toename van de vascularisatie in de peesstompen vindt er proliferatie van fibroblasten plaats in de omgeving van de capillairen (afb VIII). Het hoogtepunt van deze fibroplasie wordt bereikt tussen de 3-de en de 5-de week na het trauma. Hierna neemt het aantal collageenvezels snel in aantal toe totdat 10 tot 12 weken na het trauma het normale beeld van een pees ter plaatse van de naad is hersteld. De vezels zijn aanvankelijk gedesorienteerd maar rangschikken zich (waarschijnlijk onder invloed van functionele prikkels) in de lengterichting van de pees. (zie afb. XI).

Ter plaatse van adhesies blijft deze lengteoriëntering van de collageenvezels uit. Deze vezels blijven gedesorienteerd of richten zich zelfs loodrecht op de lengterichting van de pees. Dit verklaart waarom ter plaatse van adhesies de glijfunctie van de pees wordt belemmerd.

Aanvankelijk is er een geringe toename van het aantal cellen in de bekledende synoviale laag van de pezen. Zij groeien van weerszijde over de plaats van de peesnaad heen en herstellen zodoende de gladde buitenbekleding van het epiteno (zie afb. XI). In hoeverre deze cellen door de synoviale vloeistof worden gevoed is op grond van dit onderzoek niet verduidelijkt. Ook in het epiteno is een toename van het aantal capillairen gedurende het genezingsproces waarneembaar (zie afb.IX).

De conclusie van het histologisch onderzoek luidt: dat het genezingsproces van de gelaedeerde buigpezen van " binnenuit " kan plaats vinden, en dat het normale aspect van de pees ter plaatse van het oorspronkelijke trauma wordt hersteld door cellen, die geheel door de pees zelf worden geproduceerd. Hierbij speelt een adequate vascularisatie van de peesuiteinden een belangrijke rol.

C: Speciële technieken.

- 1: Om het intratendineuze vaatpatroon te kunnen bestuderen, werden een aantal extremiteiten, na opofferen van de proefdieren en na exsanguinatie, geperfundeed met Microfil^R (Canton Bio-medical products).

Microfil is een silicone-rubber verbinding, waarmee de capillaire vaten in de pezen zichtbaar kunnen worden gemaakt.

Na polymerisatie van het materiaal gedurende 12 uur bij een temperatuur van 4° C werden de geamputeerde vingers geplaatst in een opklimmende alcoholreeks om de weefsels te dehidreren.

Vijf dagen later vond immersie van de vingers plaats met methylsalicylaat.

Met behulp van deze methode worden alle structuren in de vingers transparant met uitzondering van de met Microfil gevulde vaten.

Op deze wijze kan een stereoscopische indruk worden verkregen van het intratendineuze vaatpatroon in verschillende stadia na de operatie.

Het bleek dat met de gebruikte operatiemethode, door het ontbreken van strangulerende hechtingen ter plaatse van de naad, geen verstoring van de vaatvoorziening van de peesuiteinden optrad. In de eerste week na het trauma was er een complete vulling van de intratendineuze capillaire vaten zichtbaar, zelfs tot aan de plaats van de peesnaad (zie afbeelding XIV).

Op deze wijze kon tevens worden gedemonstreerd dat de vascularisatie het best bewaard bleef in die peesstompen, waar zich een vinculum in de nabijheid bevond. Dit onderstreept het belang van een zorgvuldige behandeling van de vincula tijdens de operatie.

- 2: Een aantal andere extremiteiten werden, na opofferen van de proefdieren en exsanguinatie, geperfundeed met Micropaque^R.

Micropaque is een röntgencontrastmiddel, dat de fijnste arteriolen vult maar dat de capillairen niet passeert.

Door het maken van röntgenfoto's van op deze wijze behandelde vingers kon een indruk worden verkregen van de vaatrijkdom ter plaatse van de peesnaden.

Op deze wijze kon worden aangetoond dat de vaten in de beide peesuiteinden reeds na 5 weken via de peesnaad een volledige verbinding hadden gevormd en

dat de longitudinale circulatie via het, aan de dorsale zijde gelegen, vat was hersteld (zie afbeelding XV).



afb. XIV.

Intratendineuze vaatvulling van de peesuiteinden met behulp van Microfil^R, 1 week na de operatie. De dehiscentie ter plaatse van de naad is een artefact, ontstaan tijdens het uitprepareren van de pezen. Opvallend is de complete vaatvulling van beide peesstompen tot aan de plaats van het oorspronkelijke trauma. (zie pijlen). P=Profunduspees; S=Sublimispees. Profunduspees van dig V van proefdier 442 (methode IV).



afb. XV.

Röntgenopname van een profunduspees, 5 weken na de operatie, met behulp van de Micropaque^R-techniek.

Er is een herstel van de longitudinale circulatie zichtbaar, die het vaatbed in beide peesstompen met elkaar verbindt. De pijl wijst naar de plaats van de naad. (Dit is dezelfde pees als in afbeelding X).

Hoofdstuk VI: DISCUSSIE.

Uit de literatuur over experimenten met apen als proefdier (Ashley, 1964; Thomson, 1968; Cameron, 1971; Young, 1971; Holmes, 1971; Chacha, 1974; Duran, 1975; Buckman, 1977; Moscona, 1977; Becker, 1978; Manske, 1978 en Hyvärinen, 1978) was gebleken dat het grootste probleem steeds de wijze van immobiliseren van de geopereerde vingers was.

Omdat het succes van het onderzoek zou afhangen van de manier, waarop de geopereerde buigpezen tegen een postoperatieve ruptuur zouden kunnen worden beschermd, moest eerst worden onderzocht bij welke fixatiemethode de grootste kans op welslagen kon worden verwacht.

Apen zijn als geen andere diersoort in staat de meest solide lijkende immobiliserende verbanden in korte tijd volledig te ruïneren, en het was op grond van de literatuur duidelijk geworden dat, de dieren zich gemakkelijker in hun lot zouden laten schikken, naarmate zij minder in hun bewegingen worden belemmerd.

Daarom zijn we bij de eerste serie experimenten begonnen met immobilisatie van de vingers in de vorm van Kirschnerdraden, die (kort afgeknipt) onder de huid van de vingers werden begraven (zie figuur 12.). De opzet hiervan was, dat de overige vingers geheel vrij zouden blijven, terwijl er zich aan de geopereerde vingers geen uitstekende draden zouden bevinden, waaraan de dieren zich zouden kunnen verwonden. Het resultaat van deze wijze van immobiliseren was echter teleurstellend.

Door het manipuleren van de proefdieren met de stijve vingers, kwamen een groot aantal Kirschnerdraden vroegtijdig "spontaan" naar buiten. Als gevolg daarvan trad, door de actie van de intacte strekpezen, een extensie van de betreffende vingers op, hetgeen leidde tot een uiteenwijken van de niet gehechte peesuiteinden.

Een dergelijke complicatie trad in 6 van de 14 in deze serie geopereerde vingers op (zie tabel I).

Bovendien ontstond, als gevolg van de aanwezigheid van de Kirschnerdraden, bij twee proefdieren een ernstige infectie (éénmaal een purulente arthritis van het PIP-gewricht en éénmaal een osteomyelitis van de grondphalanx).

Deze complicaties in het merendeel van de geopereerde gevallen, maakte het noodzakelijk uit te zien naar een andere vorm van immobilisatie om de behandelde buigpezen te beschermen.

In de tweede serie experimenten werden geen Kirschnerdraden meer gebruikt. De gedachte ontstond, dat wanneer de profunduspees intact zou worden gelaten, een overstrekking van de vinger, zoals bij de eerste serie proefdieren optrad, zou kunnen worden voorkomen. In deze tweede serie werd alleen de sublimispees doorgesneden, waarna op dezelfde wijze als in het eerste experiment de beide peesuiteinden zonder hechtingen tegen elkaar aan werden gelegd. Na de proximale ontlastings-tenotomie werd de peesschede gesloten.

De vingers werden op geen enkele wijze geïmmobiliseerd, omdat de intacte profunduspezen als een "interne spalk" de vingers automatisch gebogen zouden houden. Deze procedure werd door de proefdieren goed verdragen en er traden geen infecties op. Toch was ook deze methode niet ideaal, omdat in het merendeel van de gevallen een dehiscentie van de peesstompen optrad. Vermoedelijk werden, door het ontbreken van hechtingen tussen de beide uiteinden van de sublimispezen, de proximale peesstompen door de intacte profunduspezen naar proximaal gemasseerd. Dat er bij deze proefdieren, ondanks de dehiscentie, geen adhesies optraden was een bemoedigende bevinding. De uiteinden van de peesstompen lagen steeds vrij in de peesschede en hadden zich afgerond (zie afbeelding V) t.g.v. "overkapping" van de sneevlakken door fibroblasten uit het epiteneon.

Slechts bij twee vingers trad er geen dehiscentie op. Bij de ene vinger ontbraken adhesies geheel, de andere vertoonde minimale adhesievorming (zie afbeelding II).

Besloten werd, op grond van deze bevindingen, hierna wel tot hechten van de doorgesneden buigpezen over te gaan. De peesuiteinden werden vanaf dit moment geapproximeerd met enkele (fijne) appositiehechtingen door de volaire rand van de peesstompen. De opzet hiervan was een betrouwbaarder appositie te verkrijgen en het gevaar voor dehiscentie te verminderen.

Tijdens de derde serie experimenten, waarbij in 29 vingers wél approximatie met hechtingen, maar geen immobilisatie plaats vond, bleek het aantal succesvol verloopende peesgenezingen zodanig dat de doelstellingen van het onderzoek konden worden bereikt.

Bij 12 van de geopereerde vingers toonde de macroscopische en microscopische dissectie van het buigpeesschede-complex een volledig ontbreken van adhesies, terwijl toch een goede genezing van het toegebrachte peesdefect tot stand was gekomen.

Deze bevindingen duiden op een "intrinsiek" genezingsproces, waarbij de gene-

zing geheel door de pees zelf is teweeg gebracht. Wanneer adhesies voor een genezende pees onontbeerlijk zouden zijn, zou een ongestoord genezingsproces zonder adhesies, zoals hier is waargenomen niet mogelijk zijn geweest.

Hoewel ook in deze serie experimenten een groot aantal dehiscenties van de peesuiteinden werd geconstateerd (13 van de 29), nam het aantal relatief af, waarschijnlijk als gevolg van de betrouwbaarder appositie van de peesuiteinden.

Toen duidelijk was geworden, dat genezing van buigpezen onder ideale omstandigheden inderdaad plaats kan vinden zonder adhesievorming, ontstond de behoefte te bestuderen, hoe de genezingsprocessen in de eerste weken na de operatie verlopen.

Aangezien het aantal beschikbare vingers niet onbeperkt was, moest (mede in verband met het grote aantal naaddehiscenties in de eerdere series experimenten) voor de resterende vingers een betrouwbaarder immobilisatiemethode worden gevonden dan de tot dusverre gebruikte methoden.

Immobilisatie met gips bleek onmogelijk te zijn, omdat het zacht wordt door het speeksel en de urine van de proefdieren, en daardoor in korte tijd vernietigd kan worden. Er werd vervolgens getracht met behulp van Hexolight^R de extremiteiten te immobiliseren, maar dit leidde tot onaantoonbare verwondingen van de proefdieren, doordat de randen te scherp waren.

Tenslotte bleek immobilisatie van de gehele bovenste extremiteit zonder veel problemen te kunnen worden gerealiseerd met een Lightcast^R-verband. Dit materiaal is sterk, het geeft geen aanleiding tot verwondingen en het kan (bij een in 90° geflecteerde elleboog) niet gemakkelijk door het proefdier zelf worden verwijderd. Toch slaagden twee van de zeven proefdieren uit deze serie erin het verband binnen enkele dagen met hun tanden volledig te verwoesten, waardoor bij vier vingers een dehiscentie van de peesuiteinden optrad door hyperextensie van de vingers.

In deze laatste serie experimenten met 25 vingers, was het mogelijk het peesgenezingsproces in de eerste weken na het trauma op de voet te volgen.

Doordat de intrinsieke circulatie in de pezen grotendeels behouden bleef (door het ontbreken van strangulerende hechtingen) kon de vaatvoorziening van de peesuiteinden gehandhaafd blijven (zie afbeelding XIV). Met behulp van de perfusiemethoden volgens Spalteholz (d.m.v. Microfil^R, zie paragraaf C,1.van hoofdstuk V) en met behulp van angiografie van het vaatbed van de pezen (d.m.v. Micropaque^R,

zie paragraaf C,2. van hoofdstuk V) was vulling van de intratendineuze capillairen tot aan de plaats van de peesnaad al in de eerste week na de operatie aan te tonen.

Door het intact blijven van de intrinsieke circulatie blijft de noodzaak tot vorming van adhesies uit. Een locale ischaemie trekt vaten uit de omgeving aan indien het intrinsieke vaatsysteem is gelaedeerd (Ellis, 1962). Wanneer de behoefte aan voeding door het eigen weefsel wordt verzorgd, en ischaemie of anoxaemie achterwege blijft, valt de prikkel om vaatrijke adhesies uit de omgeving aan te trekken weg.

In de eerste week na het trauma werd er een toename van de capillairen in de peesuiteinden ter weerszijde van de naad geconstateerd, een toename van de vascularisatie die gepaard ging met een proliferatie van fibroblasten (zie afbeelding

VIII.). Op plaatsen waar het peesletsel was toegebracht op de grens van vaatrijke en minder vaatrijke gebieden (respectievelijk met een vinculum in de nabijheid en een vinculum op grotere afstand van de naad) bleek de vaatproliferatie en de fibroplasie het grootst te zijn in het best gevasculariseerde gedeelte. In die gevallen kwam het genezingsproces voornamelijk tot stand vanuit het vaatrijke uiteinde van de pees. Pas wanneer de capillairen en fibroblasten van dat uiteinde de plaats van de peesnaad hadden bereikt en contact hadden gemaakt met het minder gevasculariseerde deel van de pees aan de andere zijde van de naad, werd ook daar een proliferatie van fibroblasten waargenomen.

Dit duidt er op dat de genezingsprocessen vertraagd worden wanneer de peesuiteinden minder goed gevasculariseerd zijn. Preservatie van vincula tijdens het herstel van een gelaedeerde pees is dan ook van groot belang voor het uiteindelijke genezingsproces.

Toch was het niet mogelijk in alle gevallen adhesies tussen de pezen en de schede te vermijden. Dat duidt er op dat er nog andere processen in het spel zijn.

Sluiting van de peesschede speelt hierbij zeker een rol. Door het sluiten van het compartiment van de peeskoker blijft de synoviale vloeistof binnen de peesschede en omgeeft de plaats van de peesnaad. Hierdoor wordt voorkomen dat de "wond" in de pees in direct contact komt met de "wond" in de peeskoker, zodat de uitwisseling van fibroblasten tussen beide wondgebieden bemoeilijkt wordt.

Het laagje synoviaalvocht in de peeskoker is echter slechts dun.

Bij geïmmobiliseerde pezen (zoals in deze laatste serie experimenten het geval was) blijven de beide wondgebieden gedurende langere tijd onbeweeglijk ten opzichte van elkaar bestaan. Hierdoor treedt gemakkelijker een samengaan van de genezingsprocessen in beide wondgebieden op, dan wanneer een zekere mate van beweging tussen beide structuren bestaat. Het samengaan van de genezingsprocessen, het zogenaamde " spot-welding ", kan worden voorkomen door vroegtijdig met mobilisatie te beginnen. Op dit principe berust de " dynamische behandelingsmethode " van Kleinert (zie hoofdstuk VIII, B, 1, a.).

Het is onmogelijk een peesschede zo te sluiten, dat migratie van fibroblasten kan worden voorkomen. Door de peeskoker te sluiten en de gehechte pees geheel te omgeven door intacte peesschede, kan echter wel worden bereikt dat de migratie van fibroblasten tijdens immobilisatie beperkt blijft tot de plaats waar de peesnaad en de gehechte incisie in de peesschede elkaar kruisen.

Bij onze experimenten waren adhesies, wanneer zij optraden, altijd beperkt tot de plaats waar de " wond " in de pees in direct contact was met de " wond " in de omgevende peesschedewand, terwijl de rest van de pees geen verbinding had met het intacte deel van de peeskoker.

Door Duran (1975) en door Gelberman e.a. (1982) is respectievelijk bij apen en bij honden aangetoond, dat frequente passieve oefening van de vingers voorkomt dat er zich immobiliserende adhesies tussen de pezen en de schedewand ontwikkelen. Bij deze experimenten werden adhesies niet voorkomen, maar zij werden door de passieve oefeningen zodanig verlengd, dat zij de glijfunctie van de pezen niet belemmerden.

Immobilisatie is op zich al een adhesie-bevorderend moment, omdat door het ontbreken van bewegingen van de pezen binnen de peeskoker de productie van synoviaalvocht door de peesschede-wand wordt gereduceerd (Weber, 1980).

Hierdoor kan het dunne synoviale vloeistoflaagje tussen de pezen en de schedewand onvoldoende als barrière tussen de beide wondgebieden fungeren.

Dit verklaart waarom in deze laatste serie experimenten het aantal gevallen, waarin adhesies werden aangetroffen, relatief groter was dan in de voorgaande series waarbij de vingers niet waren geïmmobiliseerd.

Het dilemma om te moeten kiezen tussen immobilisatie enerzijds en de wens naadehiscentie te voorkomen anderzijds, heeft het verkrijgen van consistente resultaten in dit onderzoek nadelig beïnvloed.

Toch is aan het doel van het onderzoek beantwoord, aangezien bij 19 pezen een genezing van het defect kon worden gedemonstreerd, die geheel onafhankelijk was van de omgevende structuren.

En zelfs bij die gevallen, waarin de peesnaad niet kon worden bestudeerd, doordat er een vroegtijdige dehiscentie van de peesuiteinden was opgetreden, waren adhesies in het grootste gedeelte afwezig. De in de intacte peesschede teruggetrokken peesstompen rondden zich af doordat fibroblasten uit het epitenon over de sneevlakken heengroeiden. Ook dit was, evenals de aangetoonde primaire peesgenezing, een intrinsiek proces, waarbij alle fibroblasten door de pezen zelf werden geproduceerd.

Buigpezen bezitten, ook binnen het peesschedetraject, een intrinsieke genezingspotentie. Adhesievorming treedt alleen op wanneer de intrinsieke peesgenezingsprocessen zodanig worden belemmerd dat aantrekken van vaten uit de omgeving onvermijdelijk wordt (locale ischaemie of anoxie, destructie van de peesschede, immobilisatie etc.).

Wanneer deze adhesiebevorderende factoren worden geëlimineerd verschillen buigpezen, wat hun genezingsprocessen betreft, op geen enkele wijze van andere weefsels. De opvatting dat adhesievorming een conditio sine qua non is voor de peesgenezing is onjuist gebleken.

Hoofdstuk VII: CONCLUSIES UIT HET ONDERZOEK EN DE LITERATUUR.

De vragen, die aan het begin van het onderzoek zijn gesteld luiden:

1: Is bij primaten genezing van buigpezen binnen de peesschede mogelijk zonder adhesies ?

2: Speelt de circulatie hierbij een rol ?

3: Is de peesschede van belang voor de peesgenezing ?

Uit dit experimentele onderzoek met apen is gebleken, dat deze drie vragen bevestigend beantwoord kunnen worden.

ad 1: De resultaten hebben gedemonstreerd, dat adhesies niet noodzakelijk zijn voor een ongestoorde peesgenezing.

De genezingsprocessen kwamen vanuit de pezen zelf tot stand.

ad 2: Dat de intrinsieke circulatie van de buigpezen hierbij een belangrijke rol speelt is eveneens duidelijk geworden. De genezingsprocessen verliepen sneller in de best-gevasculariseerde peesuiteinden. De voor het herstel van de verbroken continuïteit noodzakelijke collageenvezels worden geproduceerd door fibroblasten, die door de bloedbaan worden aangevoerd. Hoe groter de vaatvoorziening van de peesstompen is, des te groter is de productie van fibroblasten en des te sneller wordt het peesdefect hersteld. Hoe geringer de ischaemie van de pezen is, des te minder bestaat de noodzaak voor de vorming van vaatrijke adhesies vanuit de omgeving.

ad 3: Dat ook de peesschede en haar synoviale milieu een belangrijke rol spelen in het voorkómen van adhesies is eveneens gebleken. Door het herstel van de peeskoker waren adhesies weinig talrijk. Wanneer zij ontstonden, waren zij steeds beperkt tot een klein gebied, namelijk tot de plaats waar er contact bestond tussen de peesnaad en de gehechte incisie in de schedewand. Nooit ontstonden adhesies tussen de pezen en het intacte deel van de peesschede. Naarmate het defect in de peesschedewand groter is, neemt de kans op de ontwikkeling van adhesies tussen de gehechte pezen en de buiten de peesschede gelegen structuren toe. De gevonden resultaten komen overeen met de moderne opvattingen over peesgenezing in de literatuur.

Een vergelijkbaar experimenteel onderzoek bij primaten, zoals hier is beschreven, werd in de literatuur nog niet vermeld.

Aangezien de subhumane primate een volkomen vergelijkbare anatomie met de buigpezen van de mens vertoont, mag worden geconcludeerd, dat wat in het experimentele onderzoek bij de aap gevonden is ook geldt voor de mens.

Toch is het, ook onder de ideale omstandigheden van het experimentele laboratorium, niet mogelijk gebleken adhesies altijd te vermijden.

In de traumatologie, waar de ideale laboratorium-omstandigheden ontbreken, is het voorkómen van adhesies niet denkbaar. Daarvoor zijn er doorgaans teveel ongunstige omstandigheden in het spel.

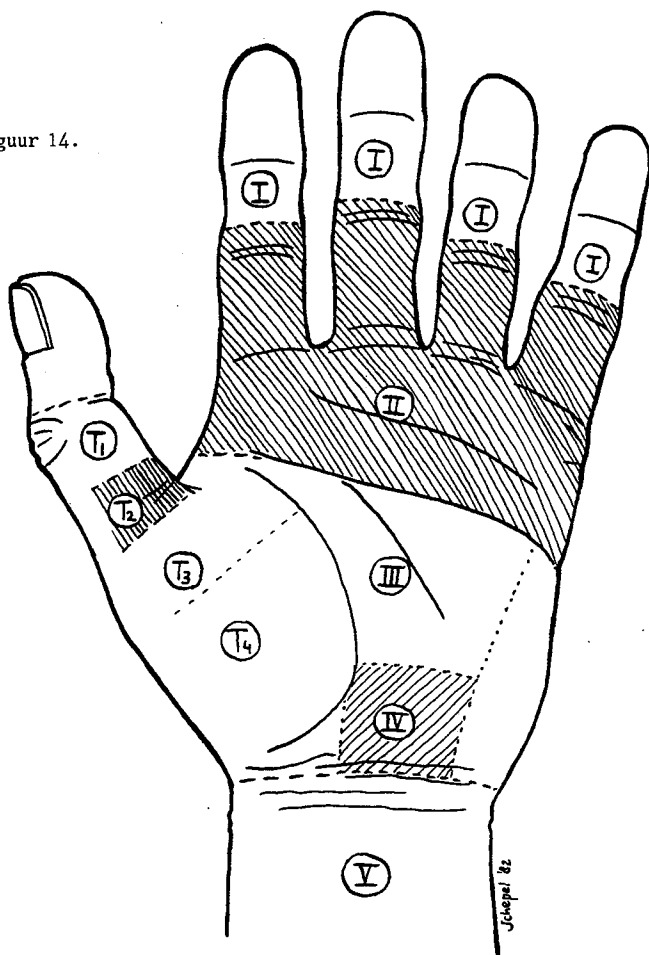
De wetenschap echter, dat adhesies niet per definitie noodzakelijk zijn voor de peesgenezing, kan er toe bijdragen, dat de klinische resultaten van buigpeesletsels in de hand verbeteren.

Bij de behandeling van buigpeesletsels in de kliniek moet er naar worden gestreefd de genezingsprocessen zoveel mogelijk door de pezen zelf te laten verichten.

Een zo atraumatisch mogelijk behandelen van de buigpezen, het respecteren van de kwetsbare vaatvoorziening en begrip voor de functie van de peesschede en de synoviale vloeistof kunnen de ernst van adhesies beperken.

Dat daarnaast nog andere maatregelen kunnen worden genomen om de klinische resultaten te verbeteren, zal worden besproken in het tweede gedeelte van dit proefschrift.

figuur 14.



De indeling in zones voor buigpeesletsels in de hand, zoals die onlangs geaccepteerd werd tijdens het " Eerste Congres van de Internationale Federatie van Verenigingen voor Handchirurgie " in juni 1980 te Rotterdam.

Hoofdstuk VIII: BEHANDELING VAN BUIGPEESLETSELS IN DE KLINIEK.

A: Behandeling van buigpeesletsels proximaal van de vingers.

1: In en boven de pols (Zone V). *

Het is een algemeen aanvaard principe dat buigpeesletsels in het distale deel van de onderarm en de pols het best primair kunnen worden hersteld.

Het resultaat is in het algemeen goed, en het is aanzienlijk beter dan bij een secundair herstel.

Meestal zijn bij een letsel in dit gebied meerdere pezen gelaedeerd en dikwijls is tevens de N. Medianus en /of de N. Ulnaris doorgesneden.

Niet lang geleden adviseerden veel chirurgen (o.a. Bunnell, 1944; Verdan, 1972 B) om in de pols alleen de belangrijkste structuren te herstellen zoals de grote zenuwen, de pols-flexoren, de diepe buigpezen van de vingers en de lange buigpees van de duim. Daarbij werden de oppervlakkige buigpezen opgeofferd. Tegenwoordig is men geneigd alle gelaedeerde structuren primair te herstellen. Hoewel er aanvankelijk enige interactie zal optreden tussen de verschillende pezen onderling is het her krijgen van een onafhankelijke glijfunctie voornamelijk een kwestie van tijd en oefening. Om een vlotte genezing van de pezen en vermindering van de onderlinge vergroeiingen te verkrijgen is het raadzaam bij het primaire peesherstel tevens het getraheerde paratenon te hechten (van der Meulen, persoonlijke mededeling).

Een eventuele persisterende interactie tussen de gehechte buigpezen kan in de onderarm en de pols met goed succes door middel van tenolyse (zie paragraaf F) worden gecorrigeerd.

Door een primaire tenorrhaphie blijft de tonus van de buigspieren gehandhaafd en wordt degeneratie van myofibrillen en verlies aan contractievermogen voorkomen.

Ook indien mocht blijken dat direct na het trauma een primair herstel van de N. Medianus en / of de N. Ulnaris niet mogelijk is, bijvoorbeeld door contusie van zenuwweefsel of een groot zenuwdefect, dan verbetert het herstel van de buigfunctie van de pols en de vingers de omstandigheden voor een latere zenuw-

*) zie figuur 14.

transplantatie aanzienlijk.

Ook verdient het aanbeveling de pees van de M. Palmaris Longus te repareren, opdat deze pees later eventueel gebruikt kan worden voor een oppositie-plastiek, wanneer de belangrijke opponerende functie van de duim, bij een blijvende beschadiging van de motorische tak van de N. Medianus, verloren is gegaan.

Bij ernstige huiddefecten gecombineerd met multiple buigpeesletsels in de pols of de onderarm wordt het defect, na hechten van de pezen, gesloten met een gesteelde huidlap (bijvoorbeeld uit de lies).

Heeft de verwonding plaats gevonden bij maximaal gecontraheerde buigspieren, wanneer bijvoorbeeld met een vuist door een ruit geslagen is, dan bevinden de distale peesstompen van de doorgesneden buigpezen zich bij exploratie in de carpale tunnel. Na hechting zullen de peesnaden onder het retinaculum flexorum komen te liggen, waardoor de prognose van dergelijke peesletsels aanzienlijk slechter is (zie volgende paragraaf).

*

2 : In de carpale tunnel (Zone IV):

Door de anatomie van de carpale tunnel, waarin zich 9 pezen en de stam van de N. Medianus samen in een nauwe, door stugge structuren omgeven, koker bevinden, is een letsel in dit gebied een ernstiger trauma dan in de pols.

De ruimtebeperking die in de carpale tunnel optreedt na het hechten van multiple pezen heeft niet alleen voor het herstel van de glijfunctie van die pezen nadelige consequenties maar door compressie ook voor de N. Medianus. Bij een letsel in dit gebied zal in de eerste plaats gestreefd moeten worden naar vergroting van de beschikbare ruimte. Dit kan geschieden door het klieven of partieel excideren van het retinaculum flexorum.

Hierbij moet echter worden vermeden dat een beschadiging optreedt van de motorische tak van de N. Medianus, die de thenarmusculatuur innerveert.

Bij een te ruime resectie van het retinaculum kan een "bow-string"-fenomeen ontstaan door prolaps van de buigpezen bij palmairflexie van de pols.

*) zie figuur 14.

Ter vermijding van het ruimtegebrek in de carpale tunnel adviseerden sommige chirurgen (Bunnell, 1944; Moberg, 1953; Iselin, 1955; Verdan, 1960) de sublimispezen te reseceren om hierdoor meer ruimte te scheppen voor de overige structuren, namelijk voor de profunduspezen, de flexor pollicis longus en de N. Medianus. Verlies van de sublimisfunctie heeft weliswaar weinig effect op het totale buigpatroon van de vingers, maar resulteert in een vermindering van de knijpkracht van de hand.

Welke gevaren de pezen bedreigen bij ruimtebeperking kan wellicht het best worden beschreven door Bunnell (1944) letterlijk te citeren als hij schrijft: "Greatest damage to tendons is found in closed, firm tunnels such as within a finger or under the annular ligament in the wrist. Here, due to swelling, the tendon can be hold so firmly that it becomes ischaemic and consequently necrotic and in turn cicatricial. A sloughing tendon is eventually replaced by a contracting cicatrix which attaches to the surrounding tissues and draws the joints into flexion. The tendon sheath proliferates greatly and similarly attaches itself and contracts. Such a firm cord cannot be drawn out by continuous traction. Physiotherapy is useless. The damage found at operation is always worse than expected".

Deze rampzalige ontwikkeling kan worden voorkomen door de beschikbare ruimte te vergroten en door vroegtijdige mobilisatie van de buigpezen met behulp van de "dynamische spalk" volgens Kleinert (zie paragraaf B,1,a).

*

3 : In de handpalm (Zone III) :

Bij traumata van de handpalm moet onderscheid worden gemaakt tussen buigpeesletsels in het proximale en in het distale gedeelte van de palm. Dit komt doordat zich de lumbricaalspieren in het proximale deel van de handpalm bevinden. Bij een letsel van de buigspieren aldaar is het mogelijk de peesnaad te bedekken met een lumbricaalspier zodat vergroeiing tussen de naad en de overliggende fascia palmaris kan worden voorkomen. Hierbij moet er echter voor worden gewaakt de lumbricaalspier niet onder teveel spanning te hechten, omdat dit kan leiden tot een zogenaamd "lumbrical plus effect".

*) zie figuur 14.

(Parkes, 1970). Dit kan worden voorkomen door tevens de pees van de betreffende *M.lumbricalis* te klieven (Van der Meulen, persoonlijke mededeling).

Minder gunstig is de situatie in het distale deel van de handpalm. De buigpezen hebben ter hoogte van de kopjes van de middenhandsbeentjes, de neiging om immobiele adhesies te vormen tussen de dorsaal gelegen benige structuren en de volair gelegen fascia palmaris.

Geldmacher (1971) adviseerde daarom in dit gebied de palmaire aponeurose boven de gehechte pezen te reseceren ten einde de vorming van ongewenste adhesies te reduceren.

Hoewel men vroeger in het distale deel van de handpalm de oppervlakkige buigpees placht te reseceren, ten einde interactie tussen de beide pezen te vermijden, biedt de vroegtijdige mobilisatie met behulp van de "dynamische spalk" ook in dit gebied goede perspectieven voor een herstel van de onafhankelijke glijfunctie van de pezen.

Doordat de digitale zenuwen oppervlakkig van de buigpezen zijn gelokaliseerd, worden bij een letsel van deze pezen vrijwel altijd eveneens één of meer zenuwen gelaedeerd. Primair herstel van deze sensibele zenuwen heeft een goede prognose. Door retractie van de proximale zenuwstomp en door de vorming van een neuroom is bij een secundaire procedure een zenuwtransplantaat meestal onvermijdelijk.

Bij een ernstige crushverwonding van de handpalm, eventueel met begeleidende fracturen, is een primair peesherstel in het algemeen niet geïndiceerd. De fracturen moeten worden gereponeerd en gefixeerd en een eventueel huiddefect moet worden gesloten met een gesteelde huidlap. De kans op een succesvol functieherstel van gekneusde pezen is gering. Na genezing van de overige weke delen en na consolidatie van de fracturen wordt, eventueel na implantatie van "Silastic rods" (zie hoofdstuk B,3,d), de peesfunctie hersteld met behulp van peestransplantaten. Wel verdient het in dat geval aanbeveling een tijdelijke tenodese van de proximale peesstompen te verrichten aan de fascia palmaris om terugtrekking van de pezen en verlies aan contractiekracht van de spieren te voorkomen.

*

4 : De duim (Zone T_1 t/m T_4) :

Een aparte plaats in deze beschouwing verdient de pees van de M.flexor pollicis longus. Deze pees, die geen vincula en geen lumbricaalspier bezit, trekt zich bij een laesie ver terug in de schede. Door haar ligging onder de thenarmusculatuur is exploratie van de peesschede in het gebied tussen het MCP-gewricht en de pols af te raden teneinde een laesie van de motorische tak van de N.Medianus te vermijden. In het algemeen geeft een incisie in de pols en een zig-zag incisie over de duim (Bruner, 1975) voldoende expositie van het peestraject. Daarbij moet rekening worden gehouden met de relatief mediane positie van de digitale zenuwen van de duim. (Lister, 1977 B).

Door het geïsoleerde verloop van de flexor pollicis longus-pees heeft een primaire tenorrhaphie een betrekkelijk gunstige prognose. Wanneer de distale peesstomp korter is dan 1 cm is reïnsertie aan de eindphalanx de behandeling der keuze. Bij een distale peesstomp die langer is dan 1 cm zou bij verder inkorten van de pees een extensiebeperking van het IP-gewricht kunnen ontstaan. Dit kan worden vermeden door verlenging van de pees in de pols, waarna alsnog reïnsertie kan worden verricht (Fisk, 1963; Zrubecky, 1967).

Bij een te lange distale stomp zou de peesnaad in het nauwe gebied van de pees-schede komen te liggen. Functiebeperking door adhesievorming kan ook hier worden voorkomen met vroegtijdige mobilisatie door middel van " dynamische tractie" volgens Kleinert (paragraaf B,1,a).

Peestransplantaties van de duim hebben eveneens een gunstige prognose. Een secundaire peestransplantatie moet bij voorkeur niet later dan 3 à 4 weken na het trauma worden uitgevoerd, omdat door de sterke retractive-neiging van de M.flexor pollicis longus een overmatige relaxatie van de spier ontstaat waardoor deze spier aan contractie-kracht verliest.

Wanneer deze spier onvoldoende contraherend vermogen bezit voor de grote excursies van de buigpees is reconstructie van de buigpeesfunctie van de duim mogelijk door transpositie van de oppervlakkige buigpees van de ringvinger naar de eindphalanx van de duim (Michon en Vilain, 1968).

Hierbij bestaat echter het gevaar dat er een collaps van het proximale interphalangeale gewricht van de ringvinger optreedt, hetgeen een bijzonder

*) zie figuur 14.

hinderlijke complicatie is (Harrison, 1965).

Kilgore (1976) en Nigst (1976) waren van mening dat het in vele gevallen de voorkeur verdient bij doorsnijding van de flexor pollicis longus-pees een primaire tenodese of zelfs een arthrodese van het PIP-gewricht in een licht gebogen stand te verrichten.

Volgens hen is de lange buigpees, voor het normale functioneren van de duim, niet absoluut noodzakelijk, en zou de kracht van de duim niet verminderen bij een stabiele fusie van het IP-gewricht.

Toch is de flexor pollicis longus voor precisie handelingen (zoals bijvoorbeeld het schrijven) van groot belang, zodat deze lange buigpees bij voorkeur wel dient te worden hersteld.

✱

B : Behandeling van buigpeesletsels in "No Man's Land" of Zone II.

Het gebied, dat van oudsher de meeste problemen heeft gegeven, is de zone die gelegen is tussen de distale plooï van de handpalm en de middelste buigplooï van de vingers.

Deze zone, door Bunnell (1944) "no man's land" genaamd, is ook bekend als zone II volgens de indeling van Verdan en Michon (1961) en volgens de indeling, zoals die op het eerste congres van de Federatie van Nationale Verenigingen voor Handchirurgie in 1980 in Rotterdam is geaccepteerd.

De reputatie van primaire en secundaire tenorrhaphieën in deze zone was zo slecht dat men, onder invloed van Sterling Bunnell (1944), jarenlang heeft afgezien van peeshechting in dit traject. Door middel van een peestransplantaat werd bij voorkeur secundair de continuïteit van de profunduspees hersteld. Bij deze procedure werd de sublimisfunctie opgeofferd, ook wanneer deze pees geheel of gedeeltelijk intact was. Dat dit niet noodzakelijk is en zelfs voor het latere functieherstel van de vinger nadelige gevolgen kan hebben werd experimenteel door Potenza (1964) en klinisch door Verdan (1972 B) onderkend.

✱) zie figuur 14.

Bovendien is het opofferen van een (gedeeltelijk) intacte sublimispees een onbevredigende procedure, omdat deze pees een belangrijke functie heeft bij de onafhankelijke vingerbewegingen.

Tenslotte verlengt een secundaire peestransplantatie de morbiditeitsduur, terwijl door collaps van de peesschede het bed voor een toekomstig peestransplantaat in kwaliteit achteruitgaat.

Op grond van deze overwegingen zijn in de loop der jaren steeds meer chirurgen ertoe overgegaan bij geselecteerde patienten toch primaire tenorrhaphieën te verrichten (Mason, 1940; Posch, 1956; Bolton, 1958; Kelly, 1959; Verdan, 1960; McCash, 1961 B; Kleinert, 1967; Salvi, 1971; Holms, 1974; Jensen, 1974; Buck-Gramcko, 1977; Emery, 1977; Lister, 1977 A; Pho, 1978; Becker, 1978)

Het bleek dat, onder gunstige omstandigheden (gladde schone snijwonden bij jonge patienten die betrekkelijk snel na het trauma werden geopereerd), resultaten konden worden bereikt die niet onder deden voor of zelfs beter waren dan de goede resultaten met peestransplantaten van grote handchirurgen als Pulvertaft (1956), Tubiana (1962) of Boyes (1950, 1971).

Maar ook onder minder gunstige omstandigheden zijn redelijke tot goede resultaten met een primaire tenorrhaphie beschreven (Lister, 1977 A; Becker, 1979).

Bovendien geven ook peestransplantaties dikwijls een matig of slecht resultaat te zien, zeker wanneer zij worden verricht door minder ervaren handchirurgen. Geestig maar niet minder waar is de uitspraak van Kelly (1959):

"The widespread adoption of secondary tendon grafting by surgeons, not intimately familiar with the problems of hand surgery, who hope that they will have results comparable to those published by Boyes or Pulvertaft, is not realistic. It is akin to the sand-lot ballplayer who thinks that he will be able to bat like Ted Williams by eating the right brand of breakfast food".

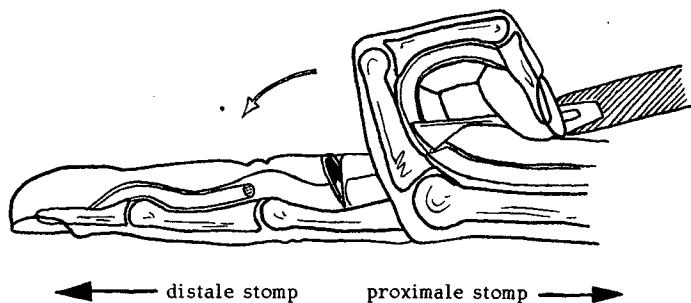
1 : Primaire behandeling.

Het diagnostiseren van buigpeesletsels in de vingers is niet zo eenvoudig als het lijkt. Doordat de patient in staat is de metacarpophalangeale gewrichten volledig te buigen, wordt een peesletsel door onervarenen nogal eens gemist. De MCP-gewrichten kunnen volledig door de intrinsieke handspiertjes worden geflecteerd. Voor het differentiële onderzoek moeten de MCP-gewrichten dus in extensiestand worden gefixeerd. De positie van de vinger ten tijde van het trauma heeft in "no man's land" consequenties voor de aard van het peesletsel. Bij flexie van de interphalangeale gewrichten van de vinger verplaatsen de beide buigpezen zich naar proximaal. De bifurcatie van de sublimispees, die zich bij gestrekte stand van de IP-gewrichten van de vinger ter hoogte van het distale derde deel van de grondphalanx bevindt, wordt bij extreme buiging verplaatst naar het proximale derde deel, dus over een afstand van enkele centimeters.

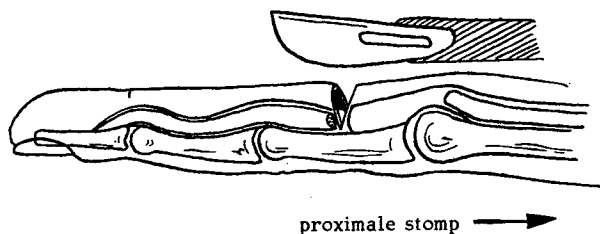
De beide slippen van de sublimispees worden door de profunduspees tegen de achterwand van de peesschede gedrukt. Dit betekent dat bij een verwonding aan de basis van de vinger bij gestrekte stand van de interphalangeale gewrichten in het algemeen wél de sublimispees wordt gelaedeerd, terwijl bij buiging van de vinger de sublimispees dikwijls gespaard blijft. Een geïsoleerde laesie van de sublimispees is zeldzaam en de diagnose wordt bij oppervlakkige beschouwing nogal eens gemist, omdat de profunduspees op zich in staat is alle drie vingergewrichten te buigen.

Door de overige vingers in gestrekte stand gefixeerd te houden en de patient te verzoeken het PIP-gewricht van de gelaedeerde vinger te buigen is een sublimispeesletsel te diagnostiseren (Lister, 1977 B).

Een profunduspeeslaesie kan afzonderlijk (zie paragraaf C) of in combinatie met een partiële of een totale sublimispeeslaesie optreden. De plaats waar de distale peesstompen in de wond worden teruggevonden hangt af van de positie, die de vinger innam op het moment van het trauma. Stond de vinger in extensie dan bevindt de distale peesstomp zich ter plaatse van de wond. Stond de vinger in flexie dan bevindt de distale stomp zich bij de gestrekte vinger verder naar distaal (zie figuur 15).



Doorsnijding buigpezen bij gebogen vinger.



Doorsnijding buigpezen bij gestrekte vinger.

figuur 15.

Wanneer de afzonderlijke functies van de beide buigpezen schijnbaar intact zijn, moet bij een zichtbare beschadiging van de peesschede, toch rekening gehouden worden met een partiële doorsnijding van één of beide pezen. Exploratie van de pezen is dan geïndiceerd.

Kleinert (1976) en Verdan (1979) adviseerden herstel van iedere partieel doorgesneden buigpees. Wray (1975, 1980 B), Ollinger (1975) en Reynolds (1976) geven er de voorkeur aan een partieel doorgesneden pees niet te hechten en vroegtijdig te mobiliseren.

Beide partijen hebben goede argumenten voor hun handelwijze. Toch is het in het algemeen verstandiger een partieel peesletsel wel te herstellen, omdat met name in die gevallen waarin meer dan 50% van de circumferentie van de pees is doorsneden, de kans bestaat dat later ruptuur van de rest van de pees optreedt. Bovendien kan de half doorgesneden pees blijven haken aan de opening in de peesschede zodat een "trigger"-fenomeen ontstaat (Kleinert, 1976 ; Bilos, 1977).

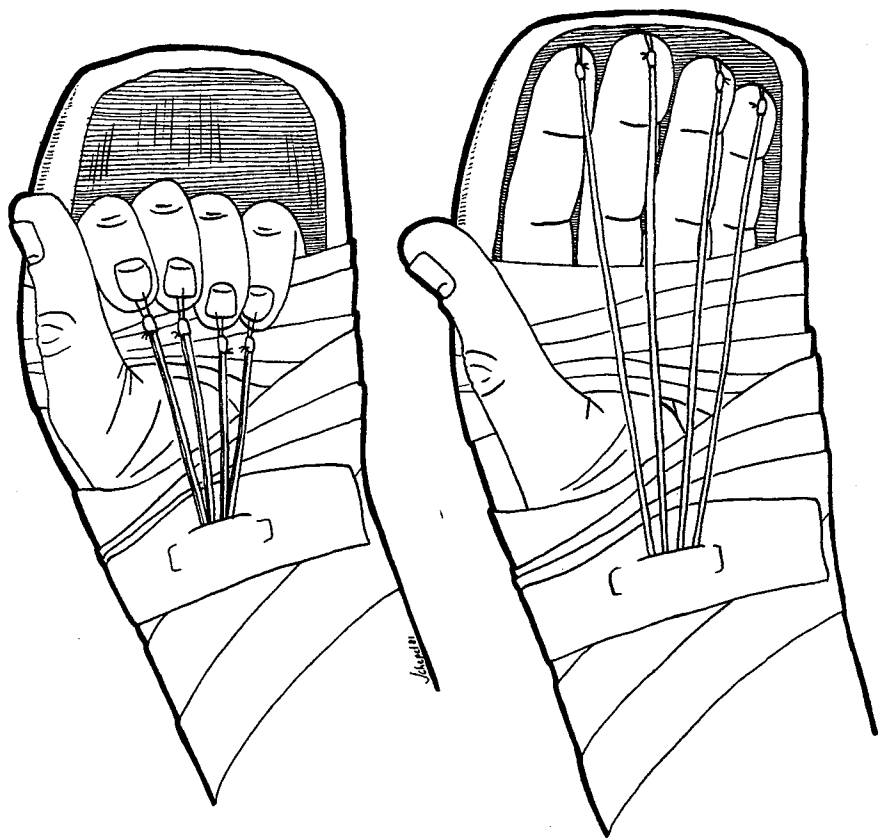
a : Primaire tenorrhaphie.

De primaire tenorrhaphie heeft enkele in het oog springende voordelen boven de klassieke secundaire peestransplantatie:

- 1 : Er gaat geen tijd verloren, waardoor de morbiditeit voor de patient wordt bekort.
- 2 : De pees krijgt niet de gelegenheid zich terug te trekken , waardoor de tonus van de spier wordt gehandhaafd.
- 3 : Moeilijkheden zoals bij het bepalen van de juiste lengte van een pees-transplantaat worden vermeden.
- 4 : De peesschede is direct na het trauma nog niet gecollabeerd of door littekenweefsel geoblitereerd.
- 5 : Tijdens een primaire operatie kunnen begeleidende verwondingen zoals vaat-en/of zenuwletsels, gelaedeerde tunnelligamenten, kapsel-en volairplaatrupturen, fracturen en bandavulsies worden gediagnostiseerd en mede worden behandeld.

Niet alle peesverwondingen in "no man's land" komen echter voor een primair herstel in aanmerking. Voorwaarden voor een primaire tenorrhaphie zijn scherpe doorsnijdingen, schone wonden en een goede huidbedekking. Kneuswonden, vooral die waarbij een aanzienlijk deel van de pees is gecontusioneerd, zijn in het algemeen niet geschikt voor een primair herstel. Een eerste vereiste is dan het verkrijgen van een goede huidbedekking, waarna later een peestransplantatie kan worden verricht na voorafgaande implantatie van een Silastic rod (zie paragraaf B,3,d).

Toch valt het grootste deel van de peesletsels in "no man's land" in de categorie



De postoperatieve " dynamische spalk " volgens Kleinert, die onmiddellijke gecontroleerde mobilisatie van de gehechte buigpezen mogelijk maakt. Spanning ter plaatse van de naad wordt voorkomen zowel bij flexie als bij extensie van de vingers respectievelijk door de elastiekjes en de synergistische relaxatie van de buigspieren.

naar: H.E.Kleinert, J.E.Kutz and M.J.Cohen.: Primary repair of zone 2 flexor tendon lacerations. AAOS Symposium on Tendon Surgery in the Hand. St.Louis, C.V.Mosby, pp.91-104, 1975.

figuur 16.

van betrekkelijk schone wonden zonder weefselverlies en met een scherpe doorsnijding van de pezen. Met de huidige operatie-technieken zijn bij deze categorie verwondingen in het algemeen goede functionele resultaten te verkrijgen na een primaire tenorrhaphie. Na een directe peesnaad kan bij een onbevredigend functieherstel met een grotere kans op succes later een tenolyse worden verricht dan het geval is na een peestransplantatie.

Het zou echter onjuist zijn op grond van het bovenstaande aan iedere chirurg een primaire tenorrhaphie in "no man's land" te adviseren. Deze procedure dient te worden voorbehouden aan hen die ook in staat zijn bij mislukken van de operatie secundair een peestransplantatie te verrichten. Dit wordt duidelijk onder woorden gebracht door Kleinert (1973): "The likelihood of the unexperienced or unqualified surgeon attempting primary tenorrhaphy is the greatest disadvantage in encouraging use of this technique. The surgeon who is not skilled with flexor tendon grafts will obtain an equally poor result with primary flexor tendon repairs. It is much, and possibly even more, a specialty procedure as tendon grafting".

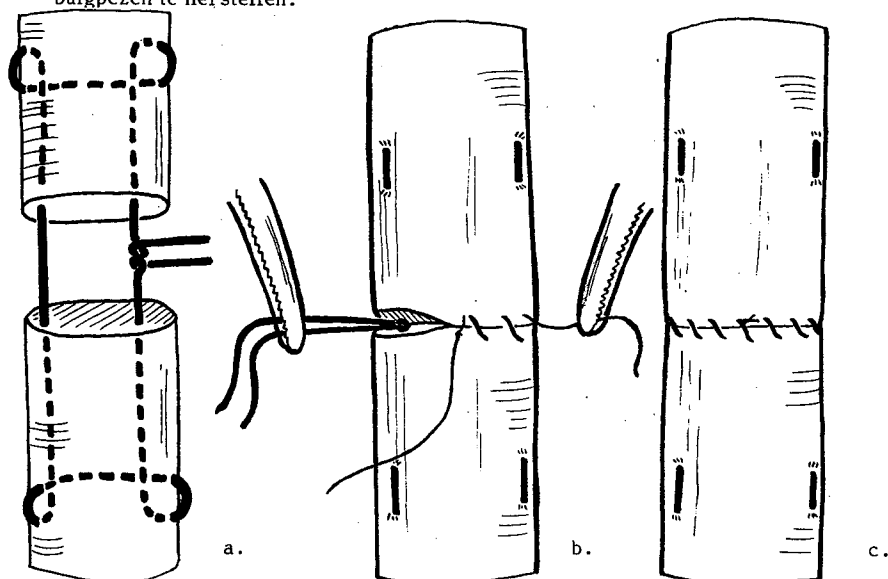
Volgens Verdan (1979) zijn de voorwaarden, die noodzakelijk zijn om een primaire tenorrhaphie tot een succes te kunnen maken: een gedegen kennis van de anatomie, goede anaesthesie, geschikt instrumentarium en materiaal, goede atraumatische techniek, zodat appositie van de peesuiteinden even nauwgezet geschiedt als b.v. een zenuwhechting, een goede haemostasis, een juiste verbrandtechniek en een zorgvuldige postoperatieve zorg.

Zowel Kleinert als Verdan breken een lans voor het gebruik van een vergrotende loupe bij het hechten van buigpezen.

De methode die, zoals eerder gezegd, de beste mogelijkheden biedt voor een goed uiteindelijk resultaat is de door Kleinert ontwikkelde techniek, waarbij gebruik wordt gemaakt van een zogenaamde "dynamische spalk" (zie figuur 16). Met deze methode is het mogelijk door vroegtijdige mobilisatie van de gehechte pezen de vorming van belemmerende adhesies te voorkomen (zie paragraaf E). Het principe berust op de wetenschap dat bij aanspannen van een spier tegen een weerstand in een relaxatie van de antagonistische spier optreedt (Lister, 1977 A). Doordat de gelaedeerde vingers door middel van elastiekjes in een geflecteerde stand worden gehouden, treedt, bij actieve strekking van de vingers, automatisch

een ontspanning van de buigspieren op waardoor spanning op de peesnaad wordt vermeden. Na relaxatie van de strekspieren treedt door de elastische tractie een passieve buiging van de vingers op tot de oorspronkelijke uitgangspositie. Om de activiteit van de buigspieren tot een minimum te beperken wordt het polsgewricht in een matige flexiestand geïmmobiliseerd.

Met behulp van een loupe worden de pezen zodanig gehecht dat een exacte approximering van de peesuiteinden wordt verkregen. Er wordt gebruik gemaakt van een peesnaad, die een maximum aan appositie geeft bij een minimum aan strangulatie (zie figuur 17). Tenslotte wordt het epitendon gesloten met een fijne doorlopende hechting. Er wordt steeds naar gestreefd, indien mogelijk, de beide buigpezen te herstellen.



De door Kleinert gemodificeerde hechtmethode volgens Kessler-Mason-Allen. Approximering van de peesuiteinden (a), gevolgd door een doorlopende epitendon-hechting (b). Het resultaat (c) is een sterke peesnaad met een glad glij-opervlak dat vroege gecontroleerde beweging toelaat en bijdraagt aan de vermindering van de adhesies.

naar: H.E. Kleinert, S.J. Schepel, T. Gill: Surgical Clinics of North America, Vol 61, no 2, page 278, April 1981.

figuur 17.

Voor het hechten wordt gebruik gemaakt van synthetisch monofilamenteus hecht-materiaal met een atraumatische naald en wel bij voorkeur nylon 4x0 of 5x0 voor de approximerende peesnaad en nylon 5x0 of 6x0 voor de doorlopende epitenonhechting. Nylon heeft door de grote weefseltolerantie grote voordelen boven linnen, zijde, catgut of staaldraad (Pulvertaft, 1965 A; Mangus, 1971; Srugi, 1972).

De peesschede werd vroeger door Kleinert en zijn medewerkers open gelaten of partieel geëxcideerd om daardoor meer ruimte te verkrijgen voor de peesnaad; tegenwoordig adviseert men, indien mogelijk, de peesschede te sluiten (Richards, 1977; Lister, 1977 A; Buck-Gramcko, 1977; Kleinert, 1981). (zie figuur 18). Voorbeelden van op deze wijze behandelde patienten zullen worden gegeven in Hoofdstuk IX.

De resultaten, die met deze behandelingsmethode kunnen worden bereikt, zijn superieur aan de resultaten die met andere technieken worden verkregen.

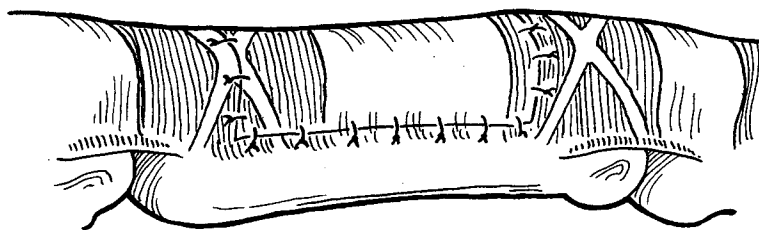
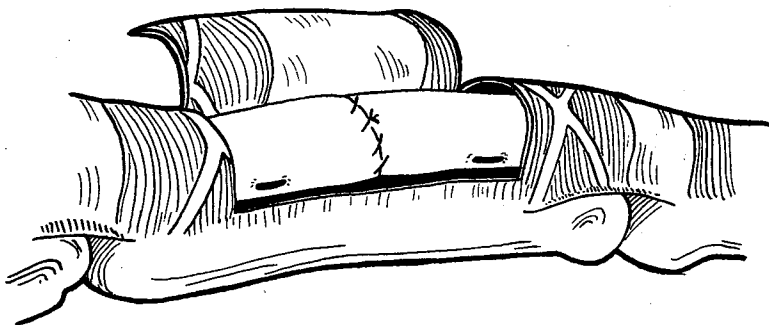
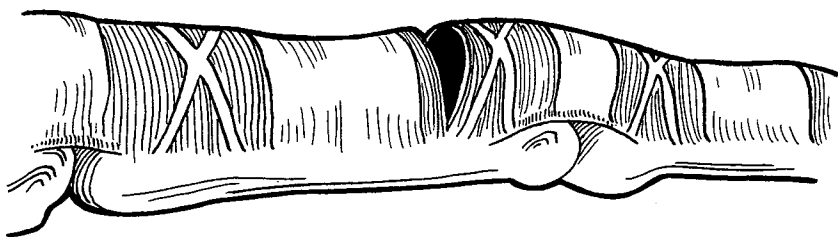
Op de uitvoering van de "dynamische spalk" zal verder worden ingegaan in paragraaf E.

Een andere methode die in "no man's land" tot goede functionele resultaten kan leiden is de door Becker (1977) geïntroduceerde techniek, waarbij gebruik wordt gemaakt van een direct belastbare peesnaad. Het principe hiervan berust op een zo groot mogelijk contact tussen de beide peesuiteinden, hetgeen wordt bereikt door de peesstompen schuin af te snijden ("beveling") en ze vervolgens te approximeren met behulp van een doorlopende kris-kras-naad aan de laterale zijde van de pees.

Hiermee wordt een strangulatie van de vaatrijke dorsale zijde van de pees vermeden, waardoor ischaemie van de pees tot een minimum wordt beperkt (zie figuur 19).

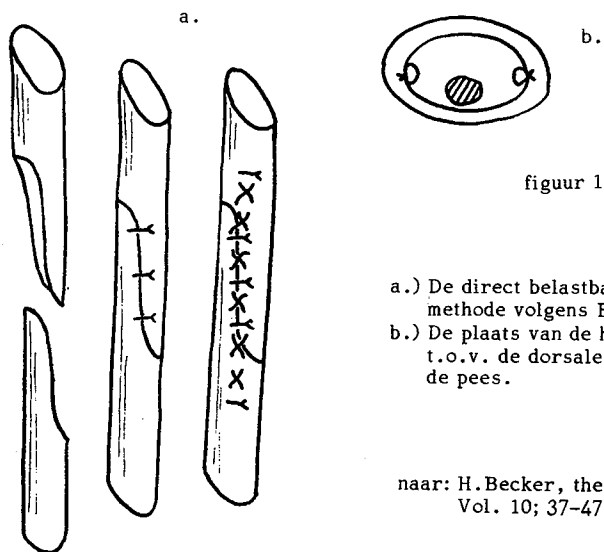
Door middel van vroegtijdige (niet gedoseerde) mobilisatie van de pees kan worden voorkomen dat er zich belemmerende adhesies ontwikkelen. Een bezwaar van de directe belasting van de peesnaad is de grotere kans op een ruptuur. Becker (1979) vermeldt in een naonderzoek van zijn eigen patienten-materiaal een ruptuurpercentage van maar liefst 10%, maar daarnaast beschrijft hij een goed functioneel herstel bij het merendeel van de overige patienten.

figuur 18.



Buigpeesnaad volgens Kleinert met sluiting van de peesschede.
 Een lateraal gesteeld luikje wordt in de peesschede gecreëerd om voldoende ruimte te krijgen voor het herstel van de pezen. Aan de tegenoverliggende zijde wordt voldoende peesschede overgelaten om, na hechting van de pezen, de peesschede weer te kunnen sluiten.

naar: H.E. Kleinert, S.J. Schepel and T. Gill.: Symposium on Practical Surgery of the Hand. Surgical Clinics of North America, Vol 61, no 2, page 277, 1981.



figuur 19.

- a.) De direct belastbare hecht-
methode volgens Becker
b.) De plaats van de hechtingen
t.o.v. de dorsale vaten in
de pees.

naar: H. Becker, the Hand,
Vol. 10; 37-47, 1978.

b : Primaire peestransplantatie.

Vóór de introductie van de bovenbeschreven "dynamische" methoden werd op beperkte schaal primaire peestransplantatie als alternatief voor een primaire peesnaad aanbevolen (o.a. Flynn, 1953; Honig, 1956; Harrison, 1961, 1969; Wakefield, 1964; Thompson, 1967; Scharizer, 1969; Schokkenbroek, 1971). Ter vermindering van een peesnaad in "no man's land" werden bij geselecteerde patienten de doorgesneden pezen geëxcideerd en primair vervangen door een peestransplantaat ter overbrugging van het traject in de peesschede. Het voordeel hiervan was dat de juiste lengte van het peestransplantaat exact kon worden beoordeeld. De lengte diende namelijk overeen te komen met het gerececeerde peessegment. Bovendien zou, doordat de peesschede (behoudens de plaats van klieving) onbeschadigd was, het transplantaat komen te liggen in een nog

niet verlittekende koker.

Hoewel deze methode theoretisch grote voordelen heeft boven de secundaire peestransplantatie is het in feite geen logische procedure, omdat hiermee een transplantaat wordt ingebracht in een al getraumatiseerd gebied. Mislukt de peestransplantatie, bijvoorbeeld door een infectie, dan heeft men alle schepen achter zich verbrand.

De primaire peestransplantatie heeft dan ook niet veel navolgers gevonden. Tegenwoordig wordt deze methode in de literatuur niet meer gepropageerd.

2 : Uitgesteld primaire behandeling.

Als bezwaar tegen een primair herstel van doorgesneden pezen zou kunnen worden aangevoerd dat het niet bekend is hoe de wond na het trauma zal genezen, met name bij verwondingen die gecontamineerd zijn met straatvuil of die zijn toegebracht met gecontamineerde voorwerpen (slagersmessen, laboratorium-glas, tanden e.d.).

Iselin (1958) heeft het principe van de "urgence différée" of "delayed emergency" geïntroduceerd. Dit principe berust op een zorgvuldig wondtoilet en sluiting van de wond, gevolgd door een kortdurende periode van observatie van het wondgebied.

Wanneer bijvoorbeeld na enige dagen blijkt dat de wond waarschijnlijk per primam zal genezen kan alsnog tot een herstel van de doorgesneden pezen worden besloten. Bovendien is de reactiefase van het wondgenezingsproces met de daarmee gepaard gaande vorming van oedeem dan voorbij.

Bij exploratie enige dagen na het ongeval blijken de peesuiteinden dikwijls nog niet ver te zijn teruggetrokken en is de peesschede ook nog niet gecollabeerd.

Een eventueel haematoom binnen de peesschede kan tijdens deze procedure worden verwijderd en een uitgestelde primaire peesnaad kan op dezelfde wijze worden verricht als een primaire naad, terwijl de mogelijkheden voor een goed functieherstel groter zijn dan wanneer een primaire peesnaad zou worden gevolgd door een wondinfectie.

Sommige chirurgen (o.a. Madsen, 1970; Arons, 1974; Schneider, 1977) adviseerden een uitgestelde primaire peesnaad in alle gevallen omdat extra belasting van de operatiekamer gedurende de nachtelijke uren op die wijze kan worden vermeden. Bovendien is een herstel van de peescontinuïteit in "no-man's land" een procedure die in alle rust moet worden verricht en waarbij de alertheid van de operateur bepalend kan zijn voor het uiteindelijke resultaat.

3 : Secundaire behandeling.

a : Secundaire tenorrhaphie:

Van secundaire peesbehandeling is sprake in alle gevallen waarin niet direct aansluitend aan het trauma herstel van de continuïteit wordt verricht.

In dit verband is er in de literatuur enige verwarring in nomenclatuur wanneer gesproken wordt over uitgesteld primaire en secundaire peesnaden.

In het algemeen spreekt men van secundaire behandeling wanneer óf de initiële diagnose peesletsel is gemist en de patient eerst enige tijd na het trauma ter behandeling komt, óf wanneer bewust gewacht wordt totdat de wond volledig is genezen alvorens de definitieve reconstructie wordt verricht. De navolgers van Bunnell (1944) wachtten, na een aanvankelijk wondtoilet en sluiting van de huidincisie, tenminste 3 weken voordat tot reëxploratie werd besloten.

Bij geringe stoornissen in de wondgenezing werd de secundaire behandeling uitgesteld tot ongeveer 3 maanden na het oorspronkelijke trauma, terwijl bij een ernstige wondinfectie niet eerder dan na 8 tot 12 maanden tot operatie werd overgegaan.

Het spreekt vanzelf dat een uitstel van enkele maanden de kansen op een later succesvol functieherstel niet ten goede komt. De peesuiteinden zullen in het algemeen ver uiteen wijken en de peesstompen zullen vergroeien met de nieuwe omgeving. De lege peesschede zal collabereren en door schrompeling zal de diameter van de peeskoker afnemen of geheel oblitereren. De gerelaxeerde spierbuik zal contraheren en aan elasticiteit inboeten en tenslotte zal, mits

tijdig met passieve oefening wordt begonnen, verstijving van de vingergewrichten kunnen optreden.

Secundaire behandeling van peesletsels in "no man's land" heeft, door de progressieve verlittekening van het peesschedetraject, een slechtere prognose voor een eventuele tenorrhaphie of een peestransplantatie.

Toch is in vele gevallen een secundaire tenorrhaphie een reële mogelijkheid. Met name wanneer er door het intact blijven van een vinculum slechts een geringe retractie van de proximale peesstomp heeft plaatsgevonden (zoals bij een distale profunduspeeslaesie het geval kan zijn (zie paragraaf C)) is secundair herstel van de continuïteit zinvol. In dat geval kan eveneens gebruik worden gemaakt van de "dynamische tractie" om vroegtijdig herstel van het glijvermogen van de pees mogelijk te maken.

Wanneer echter tijdens het trauma beide buigpezen totaal zijn gelaedeerd is secundair continuïteitsherstel in het algemeen niet uitvoerbaar. In dat geval zal de schade die is toegebracht aan de peesschede en de retractie van de peesstompen leiden tot zodanig ongunstige voorwaarden dat van een secundaire tenorrhaphie moet worden afgezien en men is aangewezen op een peestransplantatie in twee etappen (zie paragraaf B, 3, d).

b : Secundaire peestransplantatie.

Een absolute voorwaarde voor de secundaire peestransplantatie is een optimale passieve beweeglijkheid van alle vingergewrichten. Men mag niet verwachten dat na een peestransplantatie de actieve beweeglijkheid groter zal worden dan de pré-operatief bestaande passieve functie van de vinger (Pulvertaft, 1960). Wanneer tijdens de operatie blijkt dat de omstandigheden gunstig zijn (een niet te zeer verlittekende peesschede en een intact pulleysysteem) kan, na resectie van de peesstompen, tot een peestransplantatie worden besloten.

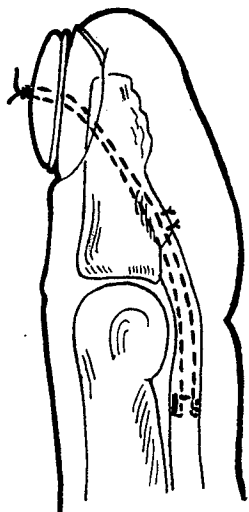
Als donor voor een autoloog peestransplantaat wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van dunne transplantaten van die pezen die voor de normale functie niet onontbeerlijk zijn. Geschikte donorpezen zijn de pees van de M. palmaris longus (die echter in 20% van de gevallen unilateraal of bilateraal ontbreekt), de pees van de M. plantaris (die volgens Reill (1978) slechts bij 20% der patienten

aanwezig is), één van de strekpezen van de pink (Snow, 1968) of de lange strekpees van één der tenen. Door sommigen wordt de oppervlakkige buigpees van de 4-de vinger als transplantaat gebruikt, maar deze pees is voor transplantatie doeleinden vrij dik en het verlies kan leiden tot de ontwikkeling van een hyperextensie-deformiteit in het PIP-gewricht van de donorvinger (North, 1980).

Bij een peestransplantatie wordt uitsluitend de profunduspees hersteld. Dat is voor de totale buigfunctie van de vinger weliswaar voldoende maar een normaal bewegingspatroon van de vinger wordt er niet mee bereikt. Normaal buigt het PIP-gewricht tot 45° alvorens buiging van het DIP-gewricht optreedt en tot 90° voordat het DIP-gewricht zijn maximale buiging inzet. Deze normale gesynchroniseerde bewegingsexcursies worden niet hersteld door reconstructie van de profunduspees alléén. Coördinatie tussen de beide buigpezen en de strek-aponeurose is nodig voor een normaal bewegingspatroon van de vinger. Om die reden adviseerde Osborne (1960 B) destijds om juist primair de sublimisfunctie te herstellen en het DIP-gewricht door een tenodese of arthrodese in lichte flexiestand te fixeren. Deze op zich interessante mening heeft echter in de literatuur geen navolgers gevonden. Wel kan deze methode als "salvage-procedure" met succes toegepast worden (vd Meulen, persoonlijke mededeling). Het is gebruikelijk het peestransplantaat distaal en proximaal van de peesschede te fixeren. Distaal wordt het transplantaat gehecht aan de kort afgesneden stomp van de profunduspees of via een boorgat aan de eindphalanx gefixeerd (zie figuur 20) wanneer de distale stomp te kort is voor een peesnaad.

De zogenaamde "pull-out wire" wordt gefixeerd aan de nagel of de pulpa van de vinger met behulp van een knoop of een palotte.

Na genezing van de pees wordt met deze methode door het verwijderen van de "pull-out"-hechting het hechtmateriaal ter plaatse van de peesnaad geëlimineerd. Deze directe reinsectie aan het bot van de eindphalanx moet bij kinderen met grote zorg worden verricht omdat de aan de basis gelegen groeischijf hierdoor beschadigd kan worden.



figuur 20.

Reinsertie van de profunduspees
m.b.v. een " pull-out wire ".

naar: H.E.Kleinert e.a., Surgical
Clinics of North America,
Vol 61, no 2, 1981.

Proximaal wordt het transplantaat met een daartoe geschikte "motor-spier" verbonden. Afhankelijk van de toestand van de buigspieren zal dat ofwel de betreffende sublimispees zijn ofwel de gemeenschappelijke profunduspees. De proximale peesnaad wordt in de handpalm gelocaliseerd, waarna de naad, ter vermindering van adhesies met de omgeving, kan worden bedekt door de ernaast gelegen lumbricaalspier. Hierbij moet echter gewaakt worden voor de ontwikkeling van een zogenaamde "lumbrical-plus" vinger (Parkes, 1970; Stack, 1970). Matev (1966, 1970) wees er echter op dat het voordelen heeft, door middel van langere transplantaten de proximale peesnaad in de pols te localiseren. Er zijn echter niet altijd transplantaten voorhanden die lang genoeg zijn voor deze procedure. Beide methoden kunnen, afhankelijk van de locale situatie, met succes naast elkaar worden toegepast.

Het moeilijkste probleem bij een peestransplantatie is het bepalen van de juiste spanning waaronder het transplantaat moet worden ingehecht. In het algemeen wordt het transplantaat zodanig gefixeerd dat de flexiestand van de vinger in rust iets groter is dan de stand van de overige vingers.

De hand en de onderarm worden gedurende 4 weken geïmmobiliseerd met een gipsverband. Er zijn echter aanwijzingen dat overleving van een peestransplantaat in een normale, met synoviale vloeistof gevulde peesschede, ook bij gedoseerde bewegingen van de vinger mogelijk is (Kutz, persoonlijke mededeling). Experimenteel onderzoek zal moeten uitwijzen of peestransplantaten in bepaalde gevallen ook met behulp van "dynamische tractie" kunnen worden behandeld. Dit zou voor het uiteindelijke functieherstel aanzienlijke voordelen bieden boven het klassieke immobilisatieschema van 4 weken.

c : Transplantatie van homologe pezen:

Hoewel in de meeste gevallen voldoende, voor transplantatie doeleinden geschikte, autologe donorpezen voorhanden zijn, zijn er situaties denkbaar waarin behoefte bestaat aan homologe transplantaten. Men denke bijvoorbeeld aan multiple buigpeesletsels bij patienten met een ontbrekende *M. palmaris longus* en / of *M. plantaris* of aan replantatiegevallen, waarbij later zowel de buig- als strekpezen moeten worden gereconstrueerd.

Het zou daarom van groot praktisch belang zijn wanneer een goed functionerende peesbank voor dergelijke, maar ook voor eenvoudiger, gevallen geschikte peestransplantaten zou kunnen leveren. Leistikow (1975) heeft in zijn proefschrift het belang van een peesbank duidelijk uiteengezet.

In 1963 werd door Iselin een bekende organische kwikverbinding (Cialit) voor de peesbehandeling geïntroduceerd, die het mogelijk maakte donorpezen zodanig te conserveren dat alle cellulaire (antigene) elementen uit de pezen verdwenen, terwijl de collageenstructuur volledig behouden bleef. Door de acellulaire structuur worden deze pezen immunologisch inactief (Seiffert, 1967), waardoor afstoting niet meer optreedt. Dergelijke pezen induceren na implantatie aanzienlijk minder weefselreactie en geven minder aanleiding tot de vorming van adhesies dan autologe transplantaten.

Leistikow (1975) heeft in een grote serie experimenten bij konijnen aangetoond dat op deze wijze gepreserveerde homologe transplantaten door de gastheer goed worden geaccepteerd en worden ingebouwd tot vitale normaal functionerende

pezen.

Hoewel het gebruik van dergelijke donorpezen in de praktijk van grote betekenis zou kunnen zijn, heeft het tot op heden in de kliniek weinig toepassing gevonden. Reill (1978) heeft na een serie homologe transplantaties deze methode verlaten in verband met een betrekkelijk groot complicatie-percentage. Naast het frequent optreden van rupturen, snel na het begin van de belasting van de geïmplanteerde pezen, constateerde hij bij veel implantaten een progressieve contractuur na een aanvankelijk succesvol functieherstel.

Verschillende auteurs (Peacock, 1967 C; Hueston, 1967; Furlow, 1969; Cameron, 1971; Chacha, 1974) hebben homologe transplantaties verricht van het gehele fibrosynoviale buigpeeschedesysteem van de vinger als een samengesteld transplantaat. Hierbij werd de peesschede, samen met de beide buigpezen, geïmplanteerd in vingers waarin het buigpeesmechanisme dermate was beschadigd dat reconstructie op een gebruikelijke wijze niet mogelijk was. Op deze wijze bleek dat het mogelijk was de glijfunctie van de getransplanteerde buigpezen te behouden en functie te herstellen in vingers waarvoor zonder deze procedure amputatie de enige oplossing zou zijn geweest. Deze procedure is echter technisch zo gecompliceerd en dermate tijdrovend dat zij dient te worden voorbehouden voor gevallen, waar geen andere oplossing voor kan worden gevonden.

d : Peestransplantatie in twee etappen:

Een peestransplantatie heeft weinig kans van slagen als bij exploratie blijkt dat de peesschede gecollabeerd is en door littekenweefsel is vervangen, als de passieve beweeglijkheid van de vingergewrichten slecht is of wanneer er een contractuurstand van de vinger bestaat. In die gevallen is herstel van de functie alleen nog mogelijk door middel van peestransplantatie, na voorafgaande inductie van een pseudopeesschede door middel van een zogenaamde Silastic rod (Bassett en Carroll, 1963).

Hunter (1971) heeft, naar het voorbeeld van de classificatie van Boyes (1950), een indeling gemaakt van de pré-operatieve condities van de vinger om daarmee te kunnen voorspellen of een peestransplantatie in één dan wel in twee etappen

zou moeten worden verricht:

- Graad 1 : Classificatie "goed" krijgen die vingers, die een te verwaarlozen littekenvorming vertonen, die een goede huidbedekking hebben en die soepele gewrichten met een volledige passieve beweeglijkheid bezitten.
- Graad 2 : Classificatie "litteken" krijgen die vingers, die zowel inwendig als uitwendig veel littekenweefsel vertonen en waarbij tevens destructie van het Pulleysysteem en/of de volairplaten bestaat.
- Graad 3 : Classificatie "gewricht" wordt toegekend aan de vingers waarin een beperkte passieve beweeglijkheid van de vingergewrichten bestaat, met name een beperking van de flexie in het PIP-gewricht.
- Graad 4 : Classificatie "zenuw" geldt voor die vingers waarbij een sensibele zenuwlaesie heeft geleid tot trofische veranderingen in de vingers.
- Graad 5 : Classificatie "multiple" krijgen die vingers waarbij een buigpeesletsel is opgetreden in meer dan één vinger. Eveneens worden in deze groep ondergebracht die gevallen waarbij een combinatie bestaat tussen pees-, zenuw-, gewrichts-, weke delen- en/of skeletletsels.

Op grond van deze criteria wordt alleen bij vingers uit de eerste groep direct een peestransplantatie verricht.

In de categorieën 2 tot en met 5 verdient volgens Hunter de implantatie van een Silastic rod de voorkeur.

Bij deze procedure worden de stompen van de beide buigpezen gerececeerd met uitzondering van de insertie van de profunduspees aan de eindphalanx. Van de peeskoker worden alleen de noodzakelijke tunnelligamenten gespaard en waar nodig gereconstrueerd met behulp van dunne peestransplantaten (Kleinert, 1978) of extensor retinaculum (Lister, 1979). Het is van belang zo veel mogelijk tunnelligamenten te sparen of te reconstrueren om te voorkomen dat er een "bow-string"-fenomeen ontstaat. Tenminste twee pulleys moeten blijven bestaan, en wel één proximaal en één ter hoogte van de basis van de middenphalanx (Barton, 1969). In de buigpeesloge wordt vervolgens een soepele Silastic staaf geïmplanterd. Deze staaf wordt alleen distaal aan de insertie van de profunduspees gefixeerd met niet-resorbeerbaar hechtmateriaal. Het proximale uiteinde van de "rod" reikt tot aan de lumbricaalspier of tot in de pols, afhankelijk van de lengte van het later te gebruiken transplantaat.

Rond de Silastic rod ontwikkelt zich in enkele weken een pseudopeesschede, waardoorheen later met grotere kans op succes een peestransplantaat kan worden ingebracht.

Het gunstigste tijdstip voor de peestransplantatie is volgens Leistikow (1975) zes weken na de implantatie van de rod. Thans is hij echter geneigd deze periode te verlengen tot tien à twaalf weken (persoonlijke mededeling).

Ook Gaisford (1966) hield een termijn van drie maanden aan voor de tweede operatie. Volgens Kessler (1972) is de pseudopeesschede, hoewel zij na zes weken macroscopisch fraai ontwikkeld is en histologisch met een bevredigende mesotheliale laag is bekleed, tot de vierde maand onvoldoende uitgerijpt om een peestransplantaat zonder adhesies te kunnen accepteren. Ook Kessler acht de klinische resultaten na drie maanden optimaal.

Soms ontwikkelt zich rond de Silastic rod een "peeskoker", die na verloop van tijd geleidelijk contraheert waardoor een langzaam progressieve flexiecontractuur van de vinger ontstaat. Op dit fenomeen is voor het eerst gewezen door van der Meulen (1971) en het is later eveneens beschreven door Chamay (1978).

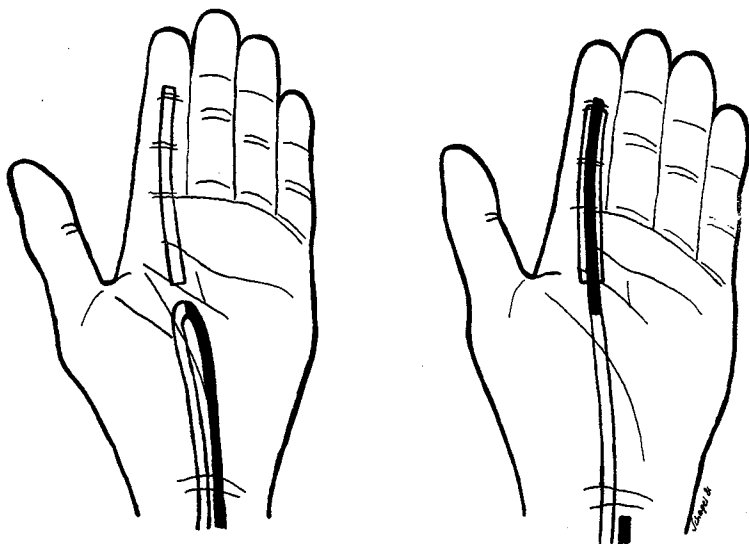
Ook bij één van de in Hoofdstuk IX te bespreken patienten trad , na een aanvankelijk ongestoord postoperatief beloop, een geleidelijk toenemende contractuur van de vinger op na een peestransplantatie in twee etappen (patient no. 11.).

Waarschijnlijk is deze contractieneiging vergelijkbaar met de zogenaamde " spherische contractie " die kan optreden in het kapsel dat zich rond een Silastic mamma-prothese vormt.

In afwachting van de tweede etappe van de operatie worden, nadat de wond is genezen, de vingergewrichten zoveel mogelijk passief geoefend. Gewaakt moet echter worden voor een te intensieve oefening van een vinger waarin zich een Silastic rod bevindt in verband met de mogelijkheid dat er zich een " peesschede-synovitis " ontwikkelt. Een dergelijke synovitis verdwijnt meestal spontaan onder invloed van rust.

Sinds de introductie van de Silastic rod door Bassett en Carroll (1963) en de verbreiding van de methode van peestransplantatie in twee etappen is de prognose voor oudere peesletsels in de categorieën 2 tot en met 5 aanzienlijk verbeterd (Hunter, 1965,1971,1977; Gaisford, 1966; Geldmacher, 1969; van der Meulen, 1971; Bäuerle, 1976; Schmitz, 1978; Reill, 1978; Wilhelm, 1978; Wintzer, 1979).

Afzonderlijke vermelding verdient nog de door Paneva-Holevich (1965) beschreven methode van peestransplantatie in twee etappen, waarbij gebruik wordt gemaakt van het proximale deel van de sublimispees als gesteeld transplantaat. Tijdens de eerste operatie wordt in de handpalm een " end-to-end " verbinding tot stand gebracht tussen de proximale stomp van de profundus- en de sublimispezen. Na ongeveer een maand wordt de sublimispees, ter plaatse van de musculo-tendineuze overgang in de onderarm, gekliefd en distaalwaarts geluxeerd waarna zij als een gesteeld transplantaat via de peesschede van de vinger naar de basis van de eindphalanx wordt geleid (zie figuur 21).



De operatiemethode volgens Paneva Holevich.

figuur 21.

Hoewel Paneva-Holevich (1970) in een na-onderzoek van de eerste honderd op deze wijze behandelde patienten zeer fraaie resultaten vermeldde, zijn vergelijkbare resultaten niet door anderen beschreven. Een nadeel van deze methode is ongetwijfeld het feit dat het transplantaat erg dik is, zodat het gevaar bestaat dat een centrale necrose van het transplantaat optreedt. Een tweede bezwaar is

dat, alvorens het transplantaat in de vinger kan worden ingebracht, een periode van een maand moet verlopen. In deze periode zal de peesschede voor een deel door littekenweefsel zijn vervangen, hetgeen het herstel van de glijfunctie niet bevordert.

Van der Meulen (1969 B) kwam op de gedachte de methode van Paneva-Holevich te combineren met een gelijktijdige implantatie van een Silastic rod in het bed van de peesschede in de vinger. Met deze gecombineerde methode, die later eveneens beschreven werd door Chong (1972), Kessler (1972), Brug (1979) en Chuinard (1980) zijn betere en betrouwbaarder resultaten te verwachten dan met de standaard-methode van Paneva-Holevich.

Na inductie van een pseudo-peesschede in de vinger door de Silastic rod is het (dikke) transplantaat namelijk geheel omgeven door een gladwandige peeskoker, terwijl de aanwezige synoviale vloeistof in staat is, in afwachting van het herstel van de circulatie in het peetransplantaat, aan de metabole behoefte van het transplantaat te voldoen. Hierdoor neemt de kans op centrale necrose van het pees-transplantaat af, zullen eventuele adhesies minder talrijk zijn en wordt het herstel van de glijfunctie van het transplantaat binnen de peeskoker vergroot.

Deze gecombineerde methode werd eveneens toegepast bij één van de in Hoofdstuk IX te bespreken patienten, met een uitstekend resultaat (patient no 14.).

*

C: De geïsoleerde profunduspees-laesie. (Zone I).

De geïsoleerde laesie van de pees van de flexor digitorum profundus in de vinger is geen zeldzame verwonding.

De reden dat deze verwonding dikwijls pas secundair ter behandeling wordt aangeboden is dat het letsel aanvankelijk vaak over het hoofd wordt gezien, of " en bagatelle " wordt behandeld. Dit komt doordat de functiebeperking van de vinger in het begin slechts gering is. Bij een intacte sublimispees lijkt de flexiebeperking in het DIP-gewricht van weinig belang te zijn voor het functioneren van de hand als geheel. De voornaamste klacht van patienten met een oude profunduspees-laesie is de instabiliteit van het eindlid van de vinger. Met name de instabiliteit

*) zie figuur 14.

van de vingertop van de wijsvinger bij het maken van een pincetgreep kan zeer hinderlijk zijn, hetgeen vooral geldt voor beoefenaren van bepaalde beroepen (zoals musici en fijn-handwerkslieden).

Ook bij de pink is een profunduspeesletsel dikwijls een ernstige handicap. Veel mensen hebben slechts een zeer dunne sublimispees in de pink, zodat bij een uitval van de functie van de profunduspees een aanzienlijke krachtsvermindering van deze vinger het gevolg zal zijn. De pink is voor de knijpkracht van de hand van groot belang en bovendien fungeert deze vinger als " stabilisator " van het voorwerp dat door de hand wordt vastgehouden (bijvoorbeeld een hamer). Bovendien ontbreekt de sublimispees soms geheel (in 20% der gevallen volgens Shrewsbury, 1974), zodat de profunduspees in dergelijke gevallen onmisbaar is.

Behandeling van de geïsoleerde profunduspees-laesie.

Primair:

De beste behandeling van deze verwonding is in het algemeen een primair herstel direct na het trauma. Dikwijls, vooral wanneer de doorsnijding vlak bij de insertie van de pees heeft plaats gevonden, is door het intact blijven van het korte vinculum vrijwel geen retractie van het proximale deel van de pees opgetreden.

De proximale peesstomp kan dan gereïnsereerd worden aan de eindphalanx, eventueel met behulp van een zogenaamde " pull-out " -hechting wanneer de distale stomp te kort is voor een peesnaad (zie figuur 20.).

Heeft de laesie plaats gevonden op een verder naar proximaal gelocaliseerd punt dan is het soms mogelijk, door avancering van de proximale peesstomp in de handpalm, eveneens een reininsertie aan het eindlid te verrichten (Zrubecky, 1967). Hierbij wordt, ter vermindering van een peesnaad in de nabijheid van de sublimispees een gedeelte van de distale stomp van de profunduspees geresecteerd. Bij resectie van meer dan 1 cm van de pees bestaat echter het gevaar dat er postoperatief een extensie-beperking van het eindlid ontstaat.

Heeft het trauma plaats gevonden in het gebied waar de profunduspees gelegen is tussen de beide slippen van de sublimispees, dan retraheert de proximale peesstomp tot ver in de peesschede, waarbij door ruptuur van het vinculum longum een peesschede-haematoom kan ontstaan. Bij hechten van de doorgesneden profunduspees op dat niveau is de kans groot dat er onderling vergroeiingen optreden tus-

sen de profundus- en de sublimispees. Dit kan worden voorkomen door primaire mobilisatie volgens de methode van Kleinert (zie figuur 16.), of door gebruik te maken van de " vroeg-belastbare " hechtmethode van Becker (zie figuur 19.). De methode van Becker is echter niet bruikbaar bij een korte distale peesstomp. Iselin (1955) adviseerde in die gevallen waarin reininsertie niet mogelijk was, een primaire arthrodese van het DIP-gewricht uit te voeren, met name bij patiënten die zwaar lichamelijk werk verrichten.

Ook een primaire tenodese (Spak, 1955) is bij voldoende lengte van de distale peesstomp een zeer aanvaardbare procedure. Arthrodese geeft echter in het algemeen betrouwbaarder resultaten dan tenodese, aangezien bij de laatste operatie de kans bestaat op recidief van de instabiliteit.

Omdat bij een selectieve laesie van de profunduspees dikwijls een gelijktijdige doorsnijding van één of beide neurovasculaire bundels optreedt, adviseerde Kelly (1959) een uitgestelde reininsertie te verrichten, wanneer er twijfel bestaat over de circulatie in de vingertop. Bij een na-onderzoek van 14 geïsoleerde profunduspees-letsels, die primair waren gehecht, constateerde hij dat bij 4 patiënten (35 %) later een amputatie van de vingertop moest worden verricht in verband met necrose van het eindlid. Ondanks de betrekkelijke eenvoud van het operatief herstel van de pees op dit niveau, had zijns inziens de procedure beperkt moeten blijven tot een wondtoilet en sluiting van de huid. Het extra trauma veroorzaakt door de operatie kan een beslissende factor zijn voor het verlies van de vingertop bij een marginale circulatie.

Tenslotte wees Price (1965) er op dat de conservatieve behandeling van profunduspeesletsels in een groot aantal gevallen tot zeer acceptabele functionele resultaten leidt. Hij vond bij 16 conservatief behandelde distale profunduspees-letsels een gemiddelde actieve flexie van 29° in het DIP-gewricht bij 14 patiënten. Dit is het gevolg van de ontwikkeling van een spontane tenodese.

Secundair:

Een secundair herstel van de functie van de profunduspees na een geïsoleerde laesie kan op verschillende manieren worden bereikt:

- 1: Een uitgesteld primaire peesnaad door reininsertie of avancering.
- 2: Een secundaire peestransplantatie.
- 3 Een peestransplantatie in twee etappen m.b.v. een Silastic rod.

4: Het hechten van de profunduspees buiten de peesschede in het subcutane gebied.

5: Een " dynamische " tenodese.

6: Een arthrodesse of tenodese.

7: Dikwijls is secundair geen behandeling noodzakelijk.

ad 1: Wanneer het vinculum brevis intact blijft retraheert de proximale peesstomp slechts minimaal. Een reininsertie is dan, ook na langere tijd, heel goed mogelijk. Voorwaarde is echter dat de peesschede niet is geoblitereerd.

ad 2: Het risico van een peestransplantatie bij een intacte sublimispees houdt in dat een aanvankelijk normale amplitude van de sublimispees door adhesies met het peestransplantaat kan verminderen. Hierdoor zou het uiteindelijke resultaat slechter kunnen worden dan wanneer behandeling achterwege was gelaten.

Pulvertaft (1960), die een groot aantal peestransplantaties verrichtte bij geïsoleerde profunduspees-laesies, schreef hierover echter : " Replacement of profundus in the presence of a normal sublimis is justifiable if the state of the finger is satisfactory " en " In no instance was the finger made worse by this operation ".

Het is van belang een dun transplantaat te gebruiken (palmaris longus of plantaris-pees) en de proximale naad te situeren op een plaats waar adhesies betrekkelijk weinig beperkingen zullen geven (in de handpalm onder de M.lumbricalis of in de pols).

Pulvertaft (1960, 1961 A), Morley (1955), Jaffe (1967), Janssen de Limpens (1969), Goldner (1969) en McClinton (1982) vermeldden goede resultaten zonder vermindering van de pre-operatief bestaande sublimisfunctie.

Pulvertaft geeft zelfs een percentage van uitstekende resultaten in meer dan 85 % der gevallen.

Harrison (1961) adviseerde de helft van de sublimispees te reseceren om daardoor meer ruimte te krijgen voor het peestransplantaat. Hoewel Harrison zelf goede resultaten vermeldde met deze techniek vond zijn methode in de literatuur geen navolgers.

ad 3: Het probleem van de adhesies tussen de oppervlakkige en de diepe buigpees kan worden ondervangen door de inductie van een pseudopeesschede in het bed van de profunduspees. Het voordeel hiervan is dat spoedig na de implan-

tatie van de Silastic rod met actieve oefening van de sublimispees kan worden begonnen. De peestransplantatie kan dan worden uitgevoerd op het moment waarop de peesschede van optimale kwaliteit is voor het accepteren van een transplantaat (zie paragraaf 1,B,3,d.).

Honner (1975,1977) beschreef 17 gevallen waarin hij deze methode heeft toegepast, waarvan 13 met een uitstekend en 4 met een goed resultaat. In alle gevallen bleef de sublimisfunctie geheel normaal. Deze serie steekt zeer gunstig af tegenover de door dezelfde auteur verrichte peestransplantaties zonder voorafgaande implantatie van een Silastic rod.

Versaci (1970) en Wilson (1980) kwamen met deze methode eveneens tot optimale resultaten.

Een nadeel van deze methode is de extra operatie die noodzakelijk is, maar omdat de resultaten in het algemeen betrouwbaarder zijn dan bij de vorige methode verdient deze techniek de voorkeur.

ad 4: Minor Nichols (1975) beschreef een methode waarbij de profunduspeesstompen via aparte incisies buiten de peesschede werden gebracht en subcutaan werden geapproximeerd. Door het ontbreken van tunnelligamenten is " bow-stringing " van de profunduspees in de subcutane loge met deze methode echter onvermijdelijk.

ad 5: Door enkele auteurs (Snow, 1969; Kahn, 1973; Rigg, 1975) is een methode beschreven waarbij één slip van de sublimispees werd gehecht aan de distale stomp van de profunduspees. Hierbij werd de proximale stomp van de profunduspees opgeofferd. Deze zogenaamde " dynamische tenodese " zou resulteren in een gelijktijdige flexie van het DIP-gewricht en het PIP-gewricht bij aanspannen van de sublimispees.

Naast enig verlies aan functie van de sublimispees ontstaat er met deze methode echter gemakkelijk een strekbeperking van het PIP-gewricht. Beide complicaties zijn bezwaarlijk.

ad 6: Voor veel patienten is een tenodese of een arthrodese van het DIP-gewricht een zeer aanvaardbare oplossing voor de instabiliteit van het eindlid.

Iselin (1955), Kleinert (1975) en Entin (1973) geven aan deze methode de voorkeur indien een geïsoleerde flexie van het eindlid voor de beroepsuitoefening niet noodzakelijk is.

ad 7: Veel patienten hebben secundair geen behandeling nodig omdat er dikwijls een spontane tenodese ontstaat door adhesievorming tussen de distale profunduspees-stomp en de omgeving. Volgens Honner (1975) is dit het geval bij ongeveer een derde van de niet primair geopereerde patienten.

Samenvattend is de voorkeursbehandeling van de geïsoleerde profunduspees-laesie een reinsertie of een primaire peesnaad volgens Kleinert of Becker.

Secundair geeft een operatie in twee tempi (Silastic rod implantatie gevolgd door een latere peestransplantatie) de beste kansen voor een goed functieherstel van de vinger.

Voor veel patienten is een primaire of een secundaire arthrodese of tenodese een aanvaardbare procedure.

Vaak is een secundaire procedure niet noodzakelijk omdat , door vergroeiing van de distale profunduspeesrest met de omgeving, dikwijls een spontane tenodese van het eindlid ontstaat.

D: Buigpeesletsels bij kinderen.

Afzonderlijke bespreking verdienen de buigpeesletsels bij kinderen omdat hierbij, in vergelijking met volwassenen, een aantal belangrijke verschillen bestaan in diagnostiek, behandeling en nazorg.

In de eerste plaats moet bij alle verwondingen van kinderen rekening worden gehouden met een drietal verschillen:

- 1: De afmetingen van alle structuren zijn (soms aanzienlijk) kleiner dan bij volwassenen. Dat houdt in dat aangepast instrumentarium en verfijnde operatie-technieken noodzakelijk zijn.
- 2: De te verwachten groei van het kind kan in belangrijke mate de resultaten van operatieve ingrepen beïnvloeden. Met name zullen littekens niet in dezelfde mate uitgroeien als de overige structuren. Dat betekent dat in het groeiende individu er gemakkelijker littekencontracturen zullen kunnen ontstaan dan bij volwassenen.
- 3: Een kind heeft een groter regeneratievermogen en vertoont na een verwon-

ding een betere adaptatie van alle structuren aan veranderde anatomische verhoudingen dan volwassenen (Hage, 1965 A).

Het meest opvallende bij handverwondingen van kinderen is, dat de wijze waarop het ongeval plaats vindt en de aard van de verwonding sterk verschillen van het ongevalspatroon op latere leeftijd.

Zo zijn ernstig gecontamineerde en verbrijzelingsverwondingen, zoals industrie-traumata en verkeersongevallen, bij kinderen betrekkelijk zeldzaam.

Wakefield (1964) heeft bij het evalueren van een groot aantal handverwondingen bij kinderen geconstateerd dat meer dan 70 % van de verwondingen was veroorzaakt door schone scherpe voorwerpen (brekend glaswerk, messen, scharen e.d.) in en rond het huis. Tot dezelfde conclusies kwamen Bell (1958) en Joseph (1981). Deze wijze van verwonden houdt in dat problemen zoals weefsel-destructie en verminderde vitaliteit van de betrokken structuren zelden in het spel zijn.

Een analyse van de patientjes die voor secundaire behandeling werden aangeboden leerde Wakefield (1964) tevens dat een groot aantal weke delen verwondingen, zoals peesletsels en zenuwletsels, direct na het trauma over het hoofd was gezien. De diagnostiek van een handverwonding bij een kind verschilt aanzienlijk van die bij een volwassene. Jonge kinderen reageren heel anders dan volwassenen, zij zijn moeilijk te onderzoeken wanneer zij pijn of angst hebben en ze zijn niet in staat tot een adequate coöperatie bij het gebruikelijke onderzoek van de getraumatiseerde hand.

Zeker bij kinderen onder de leeftijd van 4 jaar leidt dit er gemakkelijk toe dat pees- en / of zenuwletsels door een minder ervaren onderzoeker over het hoofd worden gezien. Veel hangt af van de wijze waarop ouders of begeleiders meewerken bij het onderzoek. Een belangrijk hulpmiddel hierbij is het kind gerust te stellen, af te leiden en het tijdens het ongedwongen spelen zorgvuldig te observeren. In gerelaxeerde toestand (bijvoorbeeld tijdens de slaap) is iedere onwillekeurige standdeviatie van een vingerlid een indicatie dat er een peesletsel bestaat. Normaal bevinden de vingers zich in een licht gebogen stand door de balans in spiertonus tussen de buig- en de strekspieren. Zodra een buigpees is doorgesneden verandert deze ruststand door het overheersen van de strekspieren. Een dergelijke standdeviatie is een indicatie voor een operatieve exploratie.

De diagnostiek van oudere peesletsels bij kinderen wordt bemoeilijkt doordat een kind in het algemeen niet klaagt over een (licht) functieverlies van één of meer vingers. Bovendien ontwikkelen kinderen onwillekeurig een manier om de gelae-deerde vinger(s) door de gezonde vingers passief te laten meenemen. Hierdoor kan de juiste diagnose lange tijd onopgemerkt blijven en pas bij zorgvuldig onder-zoek aan het licht komen.

Een zenuwletsel is met de normale onderzoeksmethoden bij het jonge kind niet te diagnostiseren. Een klein kind is niet in staat aan te geven of er een sensibiliteits-verlies bestaat. Wanneer de aard van de verwonding en de richting van de incisie zodanig zijn dat een zenuwletsel kan worden vermoed, dient te worden aangenomen dat de zenuw beschadigd is, totdat bij exploratie het tegendeel blijkt (Bell, 1958; Rank, 1973).

Bij oudere verwondingen geven trofische veranderingen en de afwezigheid van zweetsecretie een indicatie voor het bestaan van een aanvankelijk niet gediagnos-tiseerd zenuwletsel. De primaire behandeling van perifere zenuwletsels bij kinde-ren heeft een veel betere prognose dan de secundaire, zodat het van belang is een zenuwlaesie vroeg te herkennen.

De behandeling van peesletsels bij kinderen verschilt in principe weinig van die bij volwassenen.

De jonge leeftijd is geen contra-indicatie tegen peesoperaties. In feite is de prog-nose van een primaire tenorrhaphie bij een kind aanzienlijk beter dan bij een vol-wassene (Lindsay en McDougall, 1960 C; Kelly, 1959).

Dit wordt mede veroorzaakt doordat bij kinderen de onderlinge afstanden tussen de vincula korter zijn, waardoor de vaatvoorziening relatief groter is dan bij oudere mensen. Daardoor vindt genezing van een peesletsel sneller plaats en zijn adhesies minder uitgebreid dan bij volwassenen (Entin, 1965).

Kelly (1959) constateerde in zijn grote serie patiënten dat 55 % van de goede en voortreffelijke resultaten bij kinderen onder de leeftijd van 10 jaar werd gevonden. Technisch is een peesoperatie bij kinderen moeilijker dan bij volwassenen. Om die reden moeten buigpeesoperaties (zowel de primaire als de secundaire) bij jonge kinderen worden overgelaten aan ervaren handchirurgen (Wakefield, 1964). De kans op een goed functieherstel na een correct uitgevoerde peesoperatie is bij kinderen groot, terwijl bij een onoordeelkundige behandeling de resultaten even teleurstellend zijn als bij volwassenen (Buck-Gramcko, 1978).

Indien mogelijk dient tijdens de eerste operatie een definitief herstel van alle gelaedeerde structuren plaats te vinden. Tijdens de initiële behandeling moet bij gecompliceerder verwondingen al een definitief behandelingsplan worden opgesteld, opdat zo weinig mogelijk operaties noodzakelijk zijn.

Bij gladde snijwonden is primaire (of uitgesteld primaire, zoals Arons, 1974 voorstelt) behandeling van buigpezen en zenuwen de methode der keuze.

Hoewel Lister e.a. (1977 A) ook bij zeer jonge kinderen met succes de " dynamische tractie " hebben toegepast, zijn de meeste auteurs het er over eens dat een goede immobilisatie bij jonge kinderen de voorkeur verdient. Buck-Gramcko (1978) gebruikt de " dynamische spalk " slechts bij kinderen vanaf het achtste levensjaar, omdat in zijn ogen beneden die leeftijd onvoldoende begrip voor de gecontroleerde mobilisatie kan worden verwacht.

Becker (1979) heeft met zijn methode (zie figuur 19.) ook bij baby's goede resultaten verkregen. De verklaring hiervoor is dat zijn direct belastbare peesnaad voor het kind geen enkele belemmering vormt, terwijl de naad door de pijn in de beginperiode onwillekeurig wordt beschermd tegen excessief gebruik.

Een immobilisatie gedurende drie weken in een goed fixerend bovenarmsgips is waarschijnlijk de beste behandeling voor het zeer jonge kind, omdat de methode van Becker , zeker bij korte peesstompen, niet altijd te gebruiken is.

Kinderen zijn in staat de beste immobiliserende verbanden in korte tijd volledig te ruïneren, terwijl zij, ook bij intact blijvende gipsverbanden, de vingers onwillekeurig voortdurend bewegen. Vooral na afloop van de oedeemfase zou een te grote bewegingsmogelijkheid van de vingers het operatieresultaat nadelig kunnen beïnvloeden. Een goed aangelegd, niet te zeer gepolsterd, bovenarmsgipsverband is voor het uiteindelijke functionele resultaat van doorslaggevend belang.

Ook bij de secundaire behandeling van buigpeesletsels is bij kinderen vaak een goed eindresultaat mogelijk. Voorwaarde hiervoor is echter dat bij eerdere operaties niet alle latere reconstructie-mogelijkheden verloren zijn gegaan. Een secundaire operatie na een mislukte primaire tenorrhaphie is ook bij kinderen een gecompliceerde behandeling. Wanneer een peesletsel aanvankelijk over het hoofd is gezien, en primaire behandeling derhalve heeft bestaan uit een eenvoudig wondtoilet en sluiting van de huid, is een secundaire tenorrhaphie dikwijls mogelijk. Dit geldt met name wanneer de passieve beweeglijkheid van de vinger optimaal is en er zich in het peesschedetraject weinig littekenweefsel heeft gevormd.

Bij grote dehiscentie van de peesuiteinden en bij een niet verlittekende peeslog kan in deze categorie vingers (Graad 1 volgens de indeling van Boyes, 1950) met een gerede kans op een goed functieherstel een secundaire peestransplantatie worden uitgevoerd.

Wanneer wel eerder getracht is een primaire tenorrhaphie te verrichten zijn deze criteria doorgaans niet voorhanden. Om die reden adviseren Hunter (1970) en Schweizer e.a. (1978) na elke mislukte primaire tenorrhaphie een peestransplantatie in twee etappen te verrichten (zie paragraaf I,B,3,d.).

Peestransplantaten blijken normaal mee te groeien tijdens de ontwikkeling van de hand van een kind (Posch, 1955; Stelling, 1963; Hage, 1965 A en B), en zijn op latere leeftijd niet te onderscheiden van andere pezen.

Het grootste probleem bij peestransplantaties bij kinderen is het vinden van een geschikte donorpees. De diameter van de gebruikelijke donorpezen (de pees van de M.palmaris longus en die van de M.plantaris) is dikwijls te gering, terwijl de musculotendineuze overgang van de palmaris longus bij kinderen vaak nog ter hoogte van de pols is gelocaliseerd, waardoor deze pees tevens te kort is om als implantaat gebruikt te kunnen worden. Voor lange transplantaten is men dan aangewezen op de lange strekpezen van de derde of vierde teen, terwijl soms de sublimispees gebruikt kan worden als implantaat voor de reconstructie van de profunduspees.

Bij de distale fixatie van het peestransplantaat aan de eindphalanx dient men bij kinderen geen gebruik te maken van een boorgat door de phalanx, omdat hierbij het gevaar bestaat dat de epiphyse blijvend beschadigd wordt.

Bij kinderen behoeft men zich niet te zeer te bekommeren over de vraag of het peestransplantaat te lang of te kort is (hetgeen bij volwassenen vaak een probleem is) omdat kinderen een groot remodelatie- en adaptatievermogen bezitten (Hage, 1965 B; Posch, 1955).

Wanneer een vinger bij de secundaire behandeling niet kan worden gerubriceerd in groep 1 volgens de indeling van Boyes (zie paragraaf I,B,3,d.) dan verdient een peestransplantatie in twee etappen de voorkeur (Hunter en Salisbury, 1970).

De ervaring heeft deze auteurs geleerd dat een vinger, die aanvankelijk in één van de slechtere categorieën van Boyes was ingedeeld, na het inbrengen van een Silastic rod en herstel van de passieve beweeglijkheid, dikwijls zo sterk verbeterde, dat zij bij de tweede operatie in de beste categorie kon worden gerubriceerd.

Volgens Hunter (1970) moet deze methode echter niet worden gebruikt voor kinderen die te jong zijn om coöperatief mee te werken. Het kind speelt zelf namelijk een belangrijke rol in zijn eigen revalidatieprogramma. In die gevallen verdient het aanbeveling enkele jaren met deze procedure te wachten.

Wat betreft de nazorg na een peesoperatie kan worden gesteld, dat het van groot belang is een absolute immobilisatie te handhaven gedurende een periode van drie weken in die gevallen, waarin, doordat het kind te jong is, geen gebruik wordt gemaakt van de " dynamische spalk". Het feit dat sommige publicaties (o.a. White, 1956; McFarlane, 1968) melding maken van goede resultaten bij kinderen tussen het 5-de en het 15-de jaar en aanzienlijk minder gunstige resultaten bij kinderen die jonger zijn dan 5 jaar, kan worden verklaard door aan te nemen dat het bij veel van deze zeer jonge kinderen niet gelukt is de immobilisatie te handhaven. In het algemeen zijn iets oudere kinderen juist geneigd goed mee te werken in het behandelingschema en zij zijn dikwijls coöperatiever dan adolescenten en volwassenen.

Na primaire en secundaire buigpeesoperaties, die op adequate wijze zijn uitgevoerd, is het bij kinderen mogelijk functionele resultaten te verkrijgen die beter zijn dan die bij volwassenen.

" Toch moet er met name bij de behandeling van handverwondingen bij kinderen voor worden gepleit dat dit aan in de handchirurgie ervaren chirurgen wordt overgelaten " (Wakefield, 1964).

E: Over immobilisatie en mobilisatie.

De behandeling van buigpeesletsels is altijd beïnvloed geweest door het dilemma te moeten kiezen tussen immobilisatie en mobilisatie.

Enerzijds wil men aan een pees rust verschaffen om het genezingsproces zo optimaal mogelijk te laten verlopen, anderzijds bestaat de wens, door vroegtijdige oefening, de ontwikkeling van belemmerende adhesies te voorkomen.

Direct na het hechten van een doorgesneden pees is volledige passieve peesexcursie doorgaans mogelijk. Beperking van de peesexcursies ontstaat echter al vrij snel na de operatie. Volgens Lane e.a. (1976) reeds na enkele uren als gevolg

van oedeem, terwijl adhesies zich pas in de loop van de daarop volgende dagen gaan ontwikkelen.

De ernst van de adhesievorming is afhankelijk van de mate van weefselbeschadiging en staat in directe relatie tot de ischaemie van de pees (zie paragraaf I, F). Met de vroegere beperkte operatiefaciliteiten , met de meer traumatiserende hechtmethoden en het sterker reactieve hechtmateriaal (linnen, zijde, catgut etc), was de fibrotische reactie en daarmee samenhangend de mate van adhesievorming in de beginperiode van de peeschirurgie uitgebreider dan tegenwoordig.

Vandaar dat het begrijpelijk is dat destijds werd getracht, door vroegtijdige actieve oefening, de vorming van immobiliserende vergroeiingen te voorkomen (Lexer, 1912). Deze vroege mobilisatie werd echter geleidelijk verlaten doordat het meestal leidde tot een secundaire ruptuur van de peesnaad.

Bunnell (1918) toonde aan dat een periode van drie weken immobilisatie in een " functionele stand ", na een zo atraumatisch mogelijk uitgevoerde operatie, leidde tot een ongestoorde peesgenezing en een beperking van de fibroblastische reactie. Hoewel ook met dit regime adhesies onontkoombaar bleken, kon later door intensieve oefening een zekere mate van functietherstel worden verkregen. En dat was aanmerkelijk meer dan de meeste andere operateurs in de beginperiode van de peeschirurgie hadden bereikt.

Adhesies werden tot voor kort als een elementair onderdeel van de peesgenezing beschouwd. Potenza (1969) beschreef het proces van de peesgenezing als volgt: " Tendons heal by fibroblastic response of surrounding tissue whose own integrity has been violated".

Het principe van de immobilisatie als garantie voor een goede peesgenezing en beperking van de ernst van de adhesievorming bleef lange tijd betrekkelijk onaanastbaar.

Op grond van experimenteel onderzoek toonden Mason en Allen (1941) aan dat rond volledig geïmmobiliseerde buigpezen voortreffelijk uitzijnde nieuwe peesscheden ontstonden, terwijl bij een vroege hervatting van de activiteit in plaats van een verbetering van de glijfunctie een toename van de adhesies werd waargenomen. Toename van de adhesieneiging bij mobilisatie is mede een reactie op de (geleidelijke) dehiscentie van de peesuiteinden, die ontstaat door transmissie van de spiertractie op de peesnaad (Lindsay e.a., 1960 B).

Lindsay toonde experimenteel aan dat de voornaamste oorzaak voor de slechte kli-

nische resultaten moest worden gezocht in de "gap"-formatie tussen de peesuiteinden. Wanneer in zijn dier-experimenten een naaddehiscentie ontstond, was steeds de mate van adhesievorming groot, de effectieve peesamplitude vermindert en het klinische resultaat slecht.

Tot dezelfde conclusies kwamen Greulich e.a. (1977 B).

Bij langer durende immobilisatie bleek dat de dehiscentieneiging verminderde evenals het aantal adhesies. Op grond van deze bevindingen kwamen Lindsay en zijn medewerkers (1960 B) tot de conclusie dat de immobilisatie-termijn diende te worden verlengd tot meer dan drie weken. Hirsch (1974) was zelfs van mening dat actieve oefening moest worden vermeden tot de achtste postoperatieve week. Verlenging van de immobilisatie-duur heeft echter, vooral voor oudere patiënten, grote bezwaren met name doordat er verstijving van de vingergewrichten optreedt en er inactiviteitsatrofie van de betrokken spieren ontstaat.

Kuczynski (1968) is van mening dat immobilisatie van een normaal PIP-gewricht in een flexiestand van 15° of meer, gedurende een periode van drie weken, al resulteert in een permanente flexiecontractuur van dit belangrijke vingergewricht. Bovendien verloopt de genezing van een pees langzamer wanneer de immobilisatieduur wordt verlengd. Birdsell (1966) en Rothman en Slogoff (1967) toonden experimenteel aan dat als gevolg van een verlengde immobilisatie de doorbloeding van het capillaire vaatbed in de pees significant daalde. Dit verklaart in hun ogen de vertraagde genezingstendens.

Munro (1970) beschreef een vermindering van de hoeveelheid glycoproteïnen in het peesweefsel bij verlenging van de immobilisatie-duur. Hierdoor zou het maturatie-proces van de genezende pees worden vertraagd. Mason en Allen (1941) hadden aangetoond dat het rijpingsproces werd versneld en de trekkracht van de pezen toenam wanneer na de derde week werd begonnen met actieve oefeningen. Functionele stimuli zijn van belang voor de oriëntering van de collageenvezels in de trekrichting van de pees (Peacock, 1964). Deze mening werd echter aangevochten door Lindsay e.a. (1959) die, ook bij volledige eliminatie van de proximale spiertractie of bij langdurige immobilisatie, een goede oriëntatie van de collageenvezels in de lengterichting en een progressieve maturatie waarnamen. Deze tegenstrijdige bevindingen onderstrepen duidelijk de bestaande controversen op dit terrein.

Toch hebben met name de bevindingen van Lindsay over de relatie tussen naadde-

hiscentie en adhesievorming velen ertoe gebracht op de één of andere wijze te streven naar de eliminatie van de proximale spiertractie gedurende de genezings-fase van de pees.

Reeds in 1924 beschreef Ruef een methode waarbij, met behulp van een distaal-waarts gerichte tegentactie, de activiteit van de buigspieren werd uitgeschakeld. Blum (1941) verrichtte een partiële myotomie van de betrokken buigspieren om zodoende de contractiekracht tijdelijk te verminderen.

Het zelfde principe als dat van Ruef werd door Bunnell (1944) toegepast met de zogenaamde " pull-out wire ", een aan de huid gefixeerde hechting waarmee de proximale peesstomp naar distaal werd getrokken en waarmee de peesnaad werd ontspannen.

Bsteh (1958) beschreef een vereenvoudigde methode van " transfixatie ". Met behulp van een percutaan geplaatste naald, fixeerte hij de proximale peeshelft op enige afstand van de peesnaad aan de huid. Door de publicaties van Verdan (1960, 1961, 1972 B) heeft deze methode bekendheid gekregen. Inderdaad bleek het mogelijk te zijn, door adequate eliminatie van de " gap"-vorming het aantal belemmerende adhesies te verminderen en daardoor een verbetering van de functionele resultaten te verkrijgen.

Lindsay en zijn medewerkers (1960 B) waren echter van mening dat al deze statische spanning-reducerende maatregelen onvoldoende effectief waren, omdat zij aanleiding bleken te zijn voor een reflexmatige toename van de spieractiviteit. Ontspannings-hechtingen bleken dikwijls plotseling te breken hetgeen resulteerde in een abrupte toename van de spanning op de peesnaad en daardoor tot een secundaire peesruptuur.

Ook immobilisatie met een gipsverband is niet in staat de spanning op de naad volledig te ondervangen (Mason en Allen, 1941; Peacock, 1964). De spieren behouden hun wisselende tonus hetgeen resulteert in een alternerende tractie aan de pees en dus in spanning op de peesnaad. Naast deze onwillekeurige actie van de spierfibrillen zijn ook in de geïmmobiliseerde extremitet willekeurige spierbewegingen in staat periodiek de spanning op de naad te doen toenemen. Immobilisatie in extreme flexie vermindert de contractiekracht van de spieren (Kleinert, 1975 A) maar deze extreme stand bemoeilijkt het functieherstel van de hand na het opheffen van de immobilisatie.

Young en Harmon (1960) kwamen op de gedachte om door een " dynamische " im-

mobilisatie van de vinger in een geforceerde flexiestand de reflexmatige spieractiviteit te ondervangen. Zij verbonden, na hechten van de pezen, de top van de vinger door middel van een rubber-bandje met de onderarm, waardoor de vinger passief werd geflecteerd terwijl toch actieve extensie mogelijk bleef. Bij aanspannen van de extensoren tegen de weerstand in worden reactief de antagonistische buigspieren ontspannen (Lister, 1977 A).

Met deze methode bleek het mogelijk te zijn vroegtijdig met mobilisatie te beginnen, terwijl door de geforceerde flexiestand van de vingers de contractiekracht van de buigspieren verminderde en daardoor spanning op de peesnaad werd voorkomen. Deze techniek kreeg bekendheid door de artikelen van Kleinert (1967, 1973), die de methode al sedert 1954 klinisch toepaste. Deze wijze van vroege mobilisatie is thans over de gehele wereld als "Kleinert's dynamic traction" in gebruik als de voorkeursbehandeling van doorsgesneden buigpezen (Lister, 1977 A; Buck-Gramcko, 1977; Kleinert e.a., 1981).

Bij deze methode worden de hand en de onderarm geïmmobiliseerd met behulp van een dorsale gipsspalk, met de pols in een stand die 20° minder bedraagt dan de maximale palmar-flexie. Na hechten van de pezen, worden de gelaedeerde vingers in een gebogen stand gehouden met behulp van elastiekjes, die verbonden zijn met de onderarm. Deze elastiekjes worden door middel van hechtingen aan de nagels gefixeerd. De spanning van het elastiek moet zodanig zijn dat de vingers in rust volledig geflecteerd zijn (zie figuur 16.).

Direct na de operatie mag de patient de vingers zo ver strekken als de dorsale gipsspalk het toelaat. Hierbij moet vooral de extensie van de interphalangeale gewrichten maximaal zijn (McGrouther, 1981).

Door de vroegtijdige (gedoseerde) mobilisatie wordt de vorming van belemmerende adhesies in aanzienlijke mate gereduceerd (Strickland, 1980), terwijl verstijving van de vingergewrichten en inactiviteitsatrofie van de spieren wordt vermeden.

Dat de spanning ter plaatse van de peesnaad tijdens het oefenen ook inderdaad minimaal is, werd electromyografisch aangetoond door Kleinert en Kutz (1975 A). Bij contractie van de extensor digitorum communis tegen de weerstand van de rubberband in is er geen activiteit in de flexor digitorum profundus aantoonbaar op het E.M.G. Het weer aannemen van de flexiestand vanuit de gestrekte positie van de vinger geschiedt geheel passief door contractie van het elastiek. Tijdens deze

fase zijn de actiepotentialen in de buigspieren minimaal.

Met deze techniek van gecontroleerde mobilisatie wordt actieve buiging vermeden gedurende vier weken, waarna geleidelijk de actieve flexie wordt bevorderd.

Doordat de passieve beweeglijkheid van de vingers, gedurende de genezingsperiode van de pezen blijft bestaan, wordt sneller een volledig functieherstel verkregen. Bovendien is aangetoond (Gelberman e.a., 1981, 1982) dat door vroegtijdige passieve mobilisatie de rijpingsprocessen in de genezende pees worden versneld en daardoor de trekvastheid van de pees wordt vergroot.

Sommige auteurs menen dat ook niet-gedoseerde mobilisatie mogelijk is wanneer de pezen op een zodanige wijze worden gehecht dat een ruptuur van het hechtmateriaal wordt vermeden. Vooral in de beginfase is de stevigheid van de peesnaad volledig afhankelijk van de sterkte van het hechtmateriaal en van de mate van contact tussen de beide peesuiteinden.

Kessler (1969, 1973), Allieu (1977), Emery (1977) en Becker (1977, 1978) hebben methoden ontwikkeld waarmee primaire mobilisatie, ook zonder specifieke protectie, mogelijk is. Becker (1979) vond echter in een na-onderzoek van de eerste 50 op deze wijze behandelde patienten een ruptuur van de peesnaad in 10% der gevallen.

De gedoseerde mobilisatie van de gehechte pees met behulp van de " dynamische spalk " lijkt het passende antwoord op het in het begin van deze paragraaf genoemde dilemma.

F: Over Tenolyse.

Naast de adhesies die optreden bij een tenorrhaphie of een peestransplantatie kunnen adhesies zich in de peesschede ook ontwikkelen zonder dat tevoren een peesletsel heeft plaats gevonden, bijvoorbeeld na een (purulente of catharrhale) tendovaginitis, na een tenosynovitis of na een fractuur van een phalanx.

De adherentie van een pees aan de peesschede aan het periost of aan een fascie functioneert in feite als een nieuwe peesinsertie, waardoor de functie van de meer distaal gelegen gewrichten wordt uitgeschakeld (Weckesser, 1956).

Hoewel adhesies in het gehele verloop van een pees kunnen ontstaan, heeft hun

ontwikkeling de ernstigste consequenties op die plaatsen waar pezen langs immobiele structuren verlopen zoals in de carpal tunnel en binnen de digitale peesscheden (zie figuur 3.).

De chirurgische mobilisatie van adherente buigpezen in de peesschede is een vrij controversiële procedure. De critici baseren hun bezwaren op de onvoorspelbare resultaten, die deels op rekening komen van de neiging van adhesies te recidiveren, deels op het gevaar van een secundaire peesruptuur na een tenolyse.

Dat niettemin de tenolyse een frequent verrichte procedure is om de glijfunctie van een adherente pees te herstellen moge blijken uit het feit dat Bunnell in zijn boek " Surgery of the Hand " (1944) deze ingreep boven aan de lijst plaatste van door hem uitgevoerde secundaire verrichtingen aan de pezen van de hand en de vingers. Hij verrichtte in 41 % der gevallen een tenolyse tegenover een pees-transplantatie in 30 % en een secundaire peesnaad in 18 % der gevallen.

Volgens Verdan (1960) bedraagt het aantal noodzakelijke tenolyses in de vingers na peesletsels 15 tot 35 %. Volgens Fetrow (1967) is dit ongeveer 20 %.

Ook het geschiktste tijdstip voor een tenolyse na een peesnaad of een tenolyse is omstreden. Zo adviseerden Pulvertaft (1958) en Fetrow (1967) om drie maanden te wachten na een primair peesherstel en zes maanden na een peestransplantatie. James (1969) nam voor beide groepen een termijn van zes maanden in acht.

Greulich (1977 A) meende dat (omdat de resultaten duidelijk slechter zijn wanneer te lang wordt gewacht met een tenolyse) de ingreep zo snel mogelijk moet worden verricht, wanneer blijkt dat van een conservatieve behandeling geen verdere verbetering van de functie kan worden verwacht. Rank en Wakefield (1973) daarentegen achtten en afwachtende houding geïndiceerd tot zes à negen maanden na de eerste ingreep. Whitaker e.a. (1977) meenden dat het juiste tijdstip lag na een half jaar bij die patienten waarbij bij herhaalde controles bleek dat er geen merkbare verbetering van de functie meer optrad. Zij baseerden hun mening op de bevindingen van Weeks en Wray (1976), die vonden dat 90 % van het glijvermogen van een peestransplantaat, dat na één jaar werd gevonden, al was bereikt na 22 weken. Experimenteel vonden Wray en Weeks (1978) echter dat (althans bij kippen) het meest geschikte tijdstip lag rond de twaalfde week na de eerste ingreep.

Welk tijdstip ook wordt gekozen, een tenolyse is pas dan geïndiceerd wanneer de passieve beweeglijkheid van de vinger permanent groter blijft dan de actieve func-

tie, en wanneer alle conservatieve pogingen om de actieve functie te verbeteren hebben gefaald (Whitaker , 1977). Alvorens tot een tenolyse wordt besloten dient de passieve functie van de vinger optimaal te zijn. De postoperatieve actieve functie van de vinger kan niet groter worden dan de preoperatief bestaande passieve beweeglijkheid.

Belangrijke criteria voor een goed resultaat van een tenolyse zijn: een goede huidbedekking, een adequate sensibiteit, de afwezigheid van dermatogene contracturen, een goede contractiliteit van de " motor"-spier en vooral een goede coöperatie van de patient. Zo lijkt het twijfelachtig of van een tenolyse veel baat mag worden verwacht bij zeer jonge kinderen (onder het vierde jaar, Verdan, 1979) of bij patienten die, ondanks duidelijke uitleg onvoldoende inzicht blijken te hebben in de problematiek (Egloff, 1979).

Een tenolyse is een "grote" operatie, die met veel zorg moet worden verricht en die in moeilijkheidsgraad en in de duur van de operatietijd niet onder doet voor een peestransplantatie (Pulvertaft, 1969).

De opzet van een tenolyse is een volledige glijfunctie van de pezen te verkrijgen zonder de vascularisatie geheel te laederen. Wray en Weeks (1978) vonden experimenteel dat bij een tenolyse na zes weken de bloedvoorziening ernstig te kort schoot, waardoor in een groot aantal gevallen een secundaire ruptuur van de pezen ontstond. Wanneer de tenolyse echter na twaalf weken werd uitgevoerd trad er een significante vermindering van het aantal rupturen op.

Het is van belang bij een tenolyse alle verlittekende structuren te excideren. Dat houdt in dat niet alleen de belemmerende adhesies moeten worden gerececeerd, maar ook verlittekende peesschede en tunnelligamenten. Wanneer geen pulley's kunnen worden gespaard moeten tenminste twee tunnelligamenten worden gereconstrueerd op de door Kleinert (1978) en Lister (1979) beschreven wijze, om " bow-stringing " van de buigpezen te voorkomen. Bij een tenolyse in de carpale tunnel moet het retinaculum flexorum worden gekliefd en open gelaten.

Ook kan een vroeger doorgesneden zenuw tijdens dezelfde operatie worden hersteld. Vaak is het verstandig eerst de begeleidende afwijkingen (contracturen van de huid, zenuwletsels etc.) te behandelen en pas later een tenolyse te verrichten of tegelijkertijd met de behandeling van de begeleidende afwijkingen de verlittekende pezen te vervangen door een Silastic rod, later gevolgd door een peestransplantatie.

Alle littekenweefsel dient grondig te worden geëxideerd. In dit verband zijn de woorden van Bunnell (1944) veelzeggend : " If a tendon, attached by light adhesions, is freed and motion is commenced early, the tendon will remain mobile. If, however, a tendon is released from cicatrix until it moves freely and is then dropped back again into its cicatricial bed it will, of course, adhere again and in two weeks will be as immobile as ever".

Naar aanleiding van het experimentele onderzoek van Carstam (1953) en Ketchum (1971) naar de effecten van Triamcinolon op de vorming van adhesies rond een peesnaad binnen de peesschede, hebben Whitaker e.a. (1977) routinematig na iedere tenolyse topicaal corticosteroiden in de peesschede achtergelaten.

De ervaringen van deze auteurs bij 77 patienten, die alle op dezelfde wijze waren behandeld, waren positief. Zij vonden in 80 % van de gevallen een verbetering van de functie van de vinger. Slechts in twee gevallen zagen zij een post-operatieve ruptuur van de pees, die optrad na respectievelijk 1 en 2 maanden. Bij beide patienten was het resultaat aanvankelijk uitstekend geweest. Zij deponeerden de Triamcinolon (in een dosering van 1 mg/kg lichaamsgewicht) in de peesschede via een kleine canule, die in de schede was achtergelaten, nadat de huid was gesloten. Hoewel de resultaten van deze auteurs opmerkelijk zijn, zeggen zij dat zij niet wetenschappelijk hebben kunnen bewijzen dat de gunstige resultaten een gevolg zijn van de corticosteroiden en dat de vroege mobilisatie wellicht de voornaamste factor is geweest. Het is zeker dat de resultaten na een tenolyse beter zijn wanneer zo spoedig mogelijk na de operatie met oefenen wordt begonnen. Dit oefenen dient volgens een strak schema te geschieden, waarbij er voor moet worden gewaakt dat er niet té veel van de pezen wordt gevergd. Door de ischaemie van de pezen is het optreden van secundaire rupturen niet denkbeeldig, zeker wanneer na de tenolyse corticosteroiden zijn gebruikt (Verdan, 1979). Het risico van een ruptuur is volgens Whitaker (1977) echter verantwoord, omdat een tenolyse een zogenaamde " salvage-procedure " is, die wordt uitgevoerd bij een vinger die slechts een geringe nuttige bewegingsmogelijkheid heeft.

Weckesser, die al in 1956 een kleine serie tenolyses verrichtte met locale toediening van corticosteroiden in een lagere dosering (25 tot 50 mg Hydrocortison intratheaal) zag goede tot uitstekende resultaten in 52 % der gevallen en enige verbetering bij 32 %. Fetrow (1967) vond bij zijn patienten geen verschil tus-

sen de resultaten van tenolyses met en zonder corticosteroid-toediening. James (1969) constateerde wel een geringe verbetering van de resultaten bij de met Hydrocortison behandelde patienten. Beide auteurs dienden de corticosteroiden gedurende enkele weken intramusculair toe en niet lokaal in de peesschede. Ook zonder corticosteroiden zijn in 50 tot 70 % der gevallen goede tot uitstekende resultaten beschreven na tenolysen (Pulvertaft, 1967; Fetrow, 1967; Greulich, 1977 A; Verdan, 1979).

Het is van belang om tijdens de operatie te kunnen constateren of na de tenolyse de glijfunctie van de pees overeenkomt met de preoperatief bestaande passieve beweeglijkheid van de vinger. Dit kan worden beoordeeld door via een extra incisie in de pols tractie uit te oefenen aan de betreffende buigpezen (Whitaker, 1977). Hunter (persoonlijke mededeling) en Verdan (1979) verrichten een tenolyse bij voorkeur onder intraveneuze regionale anaesthesie in combinatie met met locale anaesthesie ter plaatse van de tenolyse. Na afloop van de tenolyse kan dan de bloedleegte worden opgeheven, waarna de patient wordt gevraagd de betreffende spieren actief aan te spannen, zodat de peesexcursies kunnen worden beoordeeld. Eventueel kan daarna de procedure worden herhaald, wanneer blijkt dat de verkregen excursie-winst onvoldoende is.

Wat de mobilisatie van de pezen na afloop van de tenolyse betreft lijkt er weinig verschil van mening te bestaan. In het algemeen wordt binnen 12 uur na de operatie met actieve oefening onder deskundige leiding begonnen. Een goede pijnbestrijding is daarbij essentieel. Het blijkt dat patienten bij wie tijdens de operatie corticosteroiden zijn toegediend minder pijnklachten hebben en daardoor sneller geneigd zijn mee te werken bij de noodzakelijke mobilisatie. Volgens Sanders (1956) werkt Hydrocortison zelden langer dan twee à drie dagen en treden klachten van zwelling, stijfheid en pijn op zodra de corticosteroiden zijn uitgewerkt. Een goede en langdurige begeleiding van de patient na een tenolyse is bepalend voor het uiteindelijke resultaat, waarbij de medewerking van de patient van doorslaggevende betekenis is (Verdan, 1979).

Hoofdstuk IX : NAONDERZOEK VAN EIGEN PATIENTEN.

Het patientenmateriaal betreft 30 patienten met buigpeesletsels van de hand, die door de auteur in de periode van 1 oktober 1980 tot en met 31 december 1981 zijn behandeld.

Deze groep is "ad random" samengesteld, zonder onderscheid te maken in leeftijd, geslacht, aard van de verwonding, tijdstip van de behandeling of bijkomende verwondingen aan de betreffende hand.

Het betrof 25 mannen en 5 vrouwen, in leeftijd variërend van 4 tot 65 jaar. Meer dan de helft van de patienten (17) werd uitgesteld primair of secundair behandeld, omdat deze patienten pas na enige tijd door de in eerste instantie behandelende arts waren doorgestuurd, ofwel omdat het buigpeesletsel aanvankelijk niet was onderkend.

Er waren 22 patienten met een buigpeesletsel van één vinger, 3 patienten waarbij pezen in 2 vingers waren doorgesneden, 1 waarbij 3 vingers waren betrokken en 4 patienten waarbij multiple buigpezen in de pols waren gelaedeerd. Bij deze laatste 4 patienten waren tevens of de n.Medianus of zowel de n.Medianus als de n.Ulnaris gelaedeerd. Wanneer de 4 patienten met multiple peesletsels buiten beschouwing zouden worden gelaten zijn er 30 vingers bij 26 patienten behandeld.

Bij 17 patienten betrof het de rechter hand, bij 13 patienten de linker hand. Dertien maal was de dominante hand gelaedeerd, terwijl bij de overige 17 patienten het peesletsel plaats had gevonden aan de niet dominante zijde.

Bij 15 vingers vond het peesletsel plaats in Zone I (distaal van het PIP-gewricht of in de duim), 13 maal in Zone II (waarbij steeds beide buigpezen waren gelaedeerd, op één patient na, waarbij slechts de profunduspees was doorgesneden).

Tweemaal waren beide buigpezen gelaedeerd in Zone III (in de handpalm), terwijl bij de 4 patienten, waarbij het letsel in Zone V (in de pols) had plaatsgevonden multiple buigpezen waren gekliefd.

Primaire behandeling vond plaats bij 13 patienten, uitgesteld primaire behandeling bij 8 patienten en bij 9 patienten vond de behandeling pas plaats nadat de oorspronkelijke wond was genezen (secundair).

Bij de primaire en de uitgesteld primaire behandeling was het steeds mogelijk de gelaedeerde pezen te hechten en de peesschede te sluiten, waarna alle patienten

volgens de methode van Kleinert werden nabehandeld met de "dynamische spalk". Bij de secundair behandelde patienten werd viermaal een peesnaad verricht, gevolgd door "dynamische tractie".

Bij de overige 5 secundair behandelde patienten was een peesnaad niet mogelijk door collaps van de peesschede of doordat de proximale peesstomp zich te ver had teruggetrokken. Bij deze patienten werd, na resectie van de distale peesfragmenten, een Silastic rod geïmplantéerd in het bed van de buigpezen, waarna de peescontinuïteit in tweede tempo werd hersteld met behulp van peestransplantaten.

Bij 16 patienten waren alleen buigpezen gelaedeerd.

Bij de overige 14 patienten bestonden de begeleidende verwondingen uit: een doorsnijding van één vaatzenuwbundel bij 7 patienten, van twee vaatzenuwbundels bij 2 patienten, een n.Medianuslaesie bij 3 patienten, zowel een n.Medianus als een n.Ulnarislaesie bij 1 patient, terwijl bij 1 patient tevens een communiteieve gecompliceerde fractuur van de grondphalanx en een doorsnijding van één vaatzenuwbundel had plaatsgevonden.

RESULTATEN:

1 : Evaluatie van de functie.

De resultaten werden geëvalueerd in een naonderzoek, waarbij het interval tussen de behandeling en de uiteindelijke evaluatie uiteen liep van 9 tot 21 maanden. Het is bekend dat de functie van gehechte buigpezen tot één jaar na de operatie geleidelijk toeneemt. Te verwachten is dat de uiteindelijke resultaten, van de minder dan een jaar na de operatie geëvalueerde patienten, nog iets gunstiger zullen zijn dan thans is weergegeven.

Als criterium bij de evaluatie van de functie is de door Kleinert (1981) beschreven methode gebruikt: bij deze methode wordt niet alleen de maximale buiging van de vinger beoordeeld maar tevens de totale strekbeperking (MCP + PIP + DIP-gewricht). Voor de flexie geldt de volgende indeling:

- GRAAD I : Wanneer bij maximale buiging van de vinger de pulpa reikt tot aan de distale palmaire plooï of niet meer dan 1 cm van deze plooï verwijderd blijft.

- GRAAD II : Wanneer de pulpa van de vinger niet meer dan 1.5 cm verwijderd blijft van de distale palmaire plooï.
- GRAAD III: Wanneer de pulpa van de vinger niet meer dan 3.0 cm verwijderd blijft van de distale palmaire plooï.

Voor de extensie geldt de volgende indeling:

- GRAAD I : Wanneer de extensie-beperking van de vinger minder is dan 15° in de 3 gewrichten tezamen.
- GRAAD II : Wanneer de totale extensie-beperking meer is dan 15°, maar minder dan 30°.
- GRAAD III : Wanneer de totale extensie-beperking meer is dan 30°, maar minder dan 50°.

De resultaten worden gerubriceerd als volgt:

- Uitstekend: wanneer voor beide parameters graad I wordt gevonden.
- Goed : wanneer voor beide parameters graad II wordt gevonden.
- Matig : wanneer voor één of beide parameters graad III wordt gevonden.
- Slecht : wanneer één der parameters slechter is dan graad III.

Gebruik makend van deze indeling waren de resultaten van de geopereerde patienten als volgt:

TABEL V :

<u>TABEL V :</u>							<u>Extensie:</u>	<u>Flexie:afstand pulpa tot</u>			
							(MCP+PIP+DIP) distale palmaire plooi				
<u>no.</u>	<u>patient</u>	<u>gesl.</u>	<u>leeft.</u>	<u>hand</u>	<u>vinger</u>	<u>pees zone</u>	<u>strekkep.</u>	<u>graad</u>	<u>(in cm.)</u>	<u>graad</u>	<u>resultaat</u>
1	A.P. M	6	L	II	FP	I	0	I	0	I	uitstekend
2	L.R. M	16	L	V	FP	I	10°	I	0	I	uitstekend
3	H.t.B.M	22	R	III	FP	I	0	I	0	I	uitstekend
4	E.I. M	46	L	II	FP	I	15°	I	0	I	uitstekend
5	R.v.E.M	14	R	IV	FP	I	10°	I	0	I	uitstekend
6	B.A. V	42	L	I	FPL	I	5°	I	0.8	I	uitstekend
7	H.V. M	31	R	I	FPL	I	0	I	0.5	I	uitstekend

Extensie: Flexie:
 (MCP+PIP+DIP) Afstand pulpa tot
 distale palmaire plooi
 (in cm)

no.	patient	gesl.	leeft.	hand	vinger	pees	zone	strekbep.	graad	graad resultaat		
8	W.K.	M	17	R	III	FP	I	10°	I	0	I	uitstekend
9	G.T.	V	65	R	IV	FP	I	30°	II	2.0	III	matig
10	S.T.	M	27	R	III	FP	I	0	I	0	I	uitstekend
11	H.O.	M	44	R	II	FP	I	35°	III	1.0	I	matig
12	J.v.R.	M	18	R	V	FP	I	10°	I	1.5	II	goed
13	Y.E.	V	10	L	IV	FP	I	10°	I	0	I	uitstekend
14	A.v.K.	M	22	R	III	FP	I	0	I	1.5	II	goed
					II	FP+FS	II	0	I	0	I	uitstekend
15	R.T.	M	30	L	II	FP	I	0	I	0.5	I	uitstekend
					III	FP+FS	II	5°	I	1.0	I	uitstekend
					IV	FP+FS	II	10°	I	2.5	III	matig
16	W.V.	M	22	L	III	FP+FS	II	15°	I	0	I	uitstekend
17	M.P.	M	45	L	II	FP+FS	II	10°	I	0.5	I	uitstekend
18	H.C.	M	24	R	V	FP+FS	II	10°	I	0.5	I	uitstekend
19	H.E.	M	35	L	V	FP	II	15°	I	2.5	III	matig
20	S.P.	M	11	R	III	FP+FS	II	0	I	1.0	I	uitstekend
21	R.J.	M	31	R	II	FP+FS	II	20°	II	1.5	II	goed
22	M.v.O.	M	24	L	II	FP+FS	II	0	I	0.5	I	uitstekend
23	J.G.	M	28	R	IV	FP+FS	II	0	I	1.5	II	goed
					V	FP+FS	II	0	I	0	I	uitstekend
24	A.v.L.	M	19	R	II	FP+FS	II	0	I	0	I	uitstekend
25	W.v.H.	V	32	L	V	FP+FS	III	10°	I	0	I	uitstekend
26	G.K.	M	34	R	V	FP+FS	III	0	I	0	I	uitstekend
27	W.O.	M	39	R	Multiple		V	0	I	0	I	uitstekend
28	R.M.	M	4	L	Multiple		V	0	I	0	I	uitstekend
29	S.A.	V	10	R	Multiple		V	0	I	0	I	uitstekend
30	R.N.	M	17	L	I	FPL	V	5°	I	1.5	II	goed

De resultaten van de 15 peesletsels in Zone I waren:

Uitstekend	11 x
Goed	2 x
Matig	2 x
Slecht	0 x

De resultaten van de 13 peesletsels in Zone II waren:

Uitstekend	9 x
Goed	2 x
Matig	2 x
Slecht	0 x

De resultaten van de 2 peesletsels in Zone III waren:

Uitstekend	2 x
Goed	0 x
Matig	0 x
Slecht	0 x

De resultaten van de 4 peesletsels in Zone V waren:

Uitstekend	3 x
Goed	1 x
Matig	0 x
Slecht	0 x

2 : Evaluatie van de sensibiliteit.

De resultaten van de 14 behandelde begeleidend zenuwletsels werden geëvalueerd in hetzelfde naonderzoek.

Bij de beoordeling van de sensibiliteit werd een onderscheid gemaakt tussen de gnostische en de vitale sensibiliteit.

Onder gnostische sensibiliteit wordt de fijne tastzin verstaan, terwijl met vitale sensibiliteit de pijnzin, de temperatuurzin en de grove tastzin wordt aangegeven.

Bij de beoordeling van de reinnervatie van de N. Medianus en/of de N. Ulnaris werd tevens gebruik gemaakt van EMG-onderzoek.

De resultaten werden als volgt ingedeeld:

- volledig sensibiliteitsherstel : wanneer zowel gnostische als vitale zin waren teruggekeerd.
- gedeeltelijk herstel : wanneer één van beide kwaliteiten was teruggekeerd.
- geen herstel : wanneer geen van beide kwaliteiten was teruggekeerd.

Met behulp van deze indeling werden de volgende resultaten gevonden:

<u>Aard van de verwonding</u>	<u>Aantal</u>	<u>Volledig herstel</u>	<u>Gedeeltelijk herstel</u>	<u>Geen herstel</u>
Doorsnijding van 1 vaatzenuwbundel	8	5	3	0
Doorsnijding van 2 vaatzenuwbundels	2	0	2	0
N.Medianuslaesie	4	0	4	0
N.Ulnarislaesie	1	0	1	0

Bij geen der patienten met een laesie van de N.Medianus waren er op het E.M.G. tekenen van sensibele reinnervatie, maar wel tekenen van motorisch herstel. De tijdsduur tussen het trauma en het na-onderzoek bij deze 4 patienten lag tussen 10 en 13 maanden. De patient die tevens een N.Ulnarislaesie had, vertoonde tekenen van zowel motorische als sensibele reinnervatie in het verzorgingsgebied van de N.Ulnaris (EMG onderzoek na 12 maanden).

Alle patienten bij wie één vaatzenuwbundel was gelaedeerd, bleken bij de na-controle anamnestic een protectieve sensibiliteit te bezitten.

De geopereerde vingers werden door alle patienten in de dagelijkse werkzaamheden normaal gebruikt, hetgeen objectief kon worden gedemonstreerd door te observeren hoe tijdens het onderzoek kleine en grote voorwerpen werden gehanteerd. De meeste patienten, bij wie een gedeeltelijk herstel van de sensibiliteit werd geconstateerd, ervoeren paraesthesieën en/of hyperpathie in het verzorgingsgebied van de betreffende zenuwen, hetgeen soms als hinderlijk werd ervaren. Bij geen der geopereerde patienten behoefde een reëxploratie van de eerder gehechte zenuwen te worden verricht.

KORTE PATIENTENBESPREKING:

- 1 : A.P., 6 jaar, rechtshandige kleuter.
Scherpe doorsnijding FP + radiale vaatzenuwbundel dig.II L in Zone I.
Uitgesteld primaire pees-en zenuwnaad 5 dagen na het trauma met sluiten van de peesschede. Reeds twee maanden na de operatie was er een volledige flexie en extensie en een goed sensibiliteitsherstel. Patient gebruikte bij de nacontrole (12 maanden na het trauma) de vinger normaal.
- 2 : L.R., 16 jaar, rechtshandige leerling-kok.
Scherpe laesie FP dig.V L in Zone I.
Uitgesteld primaire reininsertie 14 dagen na het trauma, met sluiten van de peesschede. Twee maanden na de operatie reeds volledige flexie van de vingers bij strekbeperking van 10° in het DIP-gewricht. Bij de nacontrole (20 maanden na het trauma) functie van de vinger onveranderd.
- 3 : H.t.B., 22 jaar, rechtshandige monteur.
Scherpe doorsnijding FP + radiale vaatzenuwbundel dig.III R in Zone I.
Primaire pees-en zenuwnaad verricht, met sluiten van de peesschede.
Vier maanden na de operatie volledige functie en normale sensibiliteit.
Nacontrole na 14 maanden: normale functie.
- 4 : E.I., 46 jaar, rechtshandige instrumentmaker.
Scherpe doorsnijding FP en radiale vaatzenuwbundel van dig.II en III L in Zone I. Secundaire pees-en zenuwnaden 6 weken na het trauma. De peesscheden konden niet worden gesloten. Bij de nacontrole, 13 maanden na de operatie, goede functie dig.II met strekbeperking van 10° in DIP-en 5° in PIP-gewricht; de pulpa van de vinger reikt tot aan de distale palmaire plooï.
Protectieve sensibiliteit. Volledige extensie en flexie van dig.III met normale sensibiliteit.
- 5 : R.v.E., 14 jaar, rechtshandige scholier.
Subcutane ruptuur FP in Zone I dig.IV R. tijdens stoeipartij 2 maanden vóór de operatie. Secundaire reininsertie verricht met verlengingsplastiek in de handpalm. Geen sluiting van de peesschede. Bij de nacontrole, 10 maanden na de operatie, volledige buigfunctie van de vinger met lichte strekbeperking in DIP-gewricht van 10°.
- 6 : B.A., 42 jaar, rechtshandige huisvrouw.
Scherpe doorsnijding FP + radiale vaatzenuwbundel van de rechter duim in Zone I. Uitgesteld primaire pees-en zenuwnaad 3 weken na het trauma, met sluiten van de peesschede. Bij de nacontrole, 9 maanden na de operatie, strekbeperking in het IP-gewricht van 5° met een totale buigfunctie in het MCP-en IP-gewricht van 115°. Protectieve sensibiliteit. De duim wordt normaal gebruikt.
- 7 : H.V., 31 jaar, rechtshandige timmerman.
Scherpe doorsnijding FPL + radiale vaatzenuwbundel van de R.duim in Zone I. Uitgesteld primaire pees-en zenuwnaad 2 weken na het trauma. Bij de nacontrole, 11 maanden na de operatie, volledige extensie van de duim met een totale buigfunctie van MCP-en IP-gewricht van 130°. Er is een protectieve sensibiliteit en de duim wordt normaal gebruikt.

- 8 : W.K., 17 jaar, rechtshandige scholier. (zie afb.XVI).
 Scherpe laesie FP in Zone I dig.III R.3 weken vóór de operatie.
 Uitgesteld primaire reininsertie m.b.v. een " pull-out "-hechting.
 Tijdens de nacontrole, 9 maanden na de operatie, volledige flexie van de vinger bij minimale strekbeperking in DIP-gewricht (5°).
- 9 : G.T., 65 jaar, rechtshandige dame, bekend met rheumatoïde arthritis.
 Scherpe doorsnijding FP dig.IV R. in Zone I.
 Uitgesteld primaire reininsertie 5 dagen na het trauma. Drie maanden na de operatie tenolyse verricht i.v.m. onvoldoende flexie van de vinger. Het resultaat na de tenolyse was niet verbeterd. Bij de nacontrole, 20 maanden na het oorspronkelijke trauma, was er slechts een geringe actieve flexie van het eindlid (15 tot 30°) bij een actieve flexie in het PIP-gewricht van 15/90°.
 De totale strekbeperking bedroeg derhalve 30°, terwijl de pulpa bij flexie reikte tot 2.0 cm van de distale palmaire plooï.
- 10 : S.T., 27 jaar, rechtshandige electrotechnicus.
 Scherpe verwonding dig.III distaal van het PIP-gewricht.
 Een peesletsel was aanvankelijk niet gediagnosticeerd. Na één maand, t.g.v. gering extensietrauma, ruptuur FP dig.III (waarschijnlijk aanvankelijk subtotale laesie FP geweest in Zone I). Primaire reininsertie verricht. 3 maanden later volledige extensie bij vrijwel volledige flexie.
- 11 : H.O., 44 jaar, rechtshandige voorwerker.
 Scherpe doorsnijding FP in Zone I + radiale vaatzenwubundel dig.II R. 1 maand vóór de operatie. Bij exploratie bleek de peesschede gecollabeerd en de proximale peesstomp ver te zijn teruggetrokken. Silastic rod geïmplantéerd in het pees-schedetraject. Tien weken later (bij volledige sublimisfunctie en goede passieve functie DIP-gewricht) peestransplantatie verricht. Nabehandeling met een dynamische spalk. Geleidelijk progressieve flexiecontractuur van de vinger ontstaan, bij een goede actieve flexie. Bij de na-controle, 13 maanden na de operatie is er een contractuur van 25° in het PIP-gewricht en van 10° in het DIP-gewricht. Er is een protectieve sensibiteit en patient gebruikt zijn vinger normaal tijdens zijn werk.
- 12 : J.v.R., 18 jaar, rechtshandige soldaat.
 Scherpe doorsnijding FP dig.V.R.in Zone I 8 maanden voor de operatie.
 Sublimisfunctie normaal. Silastic rod geïmplantéerd in bed van profunduspees. Drie maanden later peestransplantatie verricht. Nabehandeling met dynamische tractie. Na een half jaar is er een goed functie-herstel van de vinger.
- 13 : Y.E., 10 jaar, rechtshandige scholiere.
 Laceratie FP dig.IV L.in Zone I, 4 maanden voor de operatie.
 Sublimisfunctie normaal. Silastic rod geïmplantéerd in bed van de profunduspees. Drie maanden later peestransplantatie verricht. Drie maanden na de tweede operatie is er een volledige flexie van de vinger bij minimale strekbeperking van het eindlid (10°).

- 14: A.v.K., 22 jaar, linkshandige student. (zie afb XVII).

Doorsnijding beide buigpezen dig.II in Zone II en van FP dig.III R.in Zone I, 6 weken voor de operatie. Diepe buigpezen gereseceerd en vervangen door Silastic rods. In de handpalm FS van dig.II gehecht aan FP volgens de methode van Paneva Holevich. Zes weken later peestransplantatie verricht in dig.III en peestranspositie volgens Paneva Holevich in dig.II. Bij de nacontrole, 14 maanden na de tweede operatie, is er een volledige extensie van de vingers bij een volledige flexie van dig.II. Het peestransplantaat in dig.III is iets te lang waardoor de middelvinger flecteert tot 1.5 cm van de distale palmaire plooï.

- 15: R.T., 30 jaar, rechtshandige politieman.

Avulsietrauma volaire zijde digiti II, III en IV L.in Zone II $1\frac{1}{2}$ jaar vóór de operatie. FP dig.II was aanvankelijk niet gehecht, buigpezen dig.III en IV waren adherent, waardoor sterk beperkte functie bestond. Bij secundaire operatie reïnsertie FP verricht van dig.II, tenolyse buigpezen dig.III en implantatie Silastic rod dig.IV.

Twee maanden later peestransplantatie verricht in dig.IV. Eindevaluatie 21 maanden na de laatste operatie toont een uitstekende functie van dig.II maar een matige functie van dig.IV als gevolg van het feit dat ook bij deze patient het peestransplantaat te lang is voor een volledige flexie. De pulpa van de vinger reikt tot 2.5 cm van de distale palmaire plooï. De buigfunctie van dig.III is uitstekend.

- 16: W.V., 22 jaar, rechtshandige leerling-fraiser. (zie afb XVIII).

Scherpe doorsnijding FP + FS dig.III L.in Zone II. Primaire naad van beide buigpezen met sluiting van de peesschede. Twee maanden na de operatie volledig functieherstel van de vinger. T.g.v. een nieuw trauma 2 weken later ontstond een subcutane ruptuur van FP dig.III. Reëxploratie de volgende dag bevestigde de diagnose secundaire ruptuur. Opnieuw werd een peesnaad verricht, gevolgd door 2 maanden protectie m.b.v. dynamische tractie. Drie maanden na de tweede operatie volledige flexie van de vinger bij 15° strekbeperking PIP-gewricht. Bij de nacontrole na 17 maanden was er nog steeds een lichte extensiebeperking maar een volledige flexie van de vinger tot aan de distale palmaire plooï.

- 17: M.P., 45 jaar, rechtshandige timmerman.

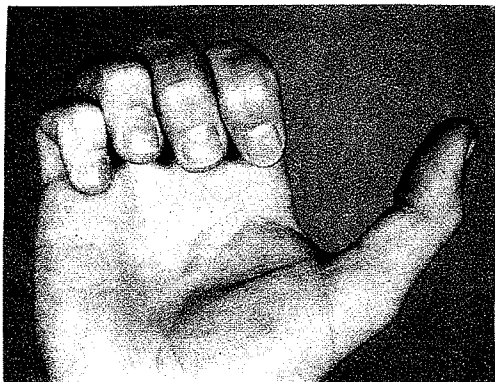
Scherpe doorsnijding FP + FS en radiale vaatzenuwbundel dig.II L.in Zone II. Primaire pees- en zenuwnaad verricht met sluiting van de peesschede. Bij nacontrole, 17 maanden na de operatie, nagenoeg volledige flexie van de vinger bij minimale strekbeperking in PIP-gewricht (10°). De sensibiliteit is normaal.

- 18: H.C., 24 jaar, rechtshandige machinebankwerker. (zie afb. XIX).

Scherpe doorsnijding FP + FS dig.V R.in Zone II. Secundaire peesnaad FP en subtotale resectie FS. Peesschede werd gesloten. Eén dag na verwijderen van de dynamische tractie t.g.v. gering extensie-trauma secundaire ruptuur FP dig.V. Reëxploratie verricht enkele dagen later waarbij transpositie van FS dig.IV naar FP dig.V werd uitgevoerd. Bij de nacontrole, 16 maanden na de tweede operatie, nagenoeg volledige flexie dig.V bij minimale strekbeperking PIP-gewricht. De functie van de ringvinger is niet verminderd.

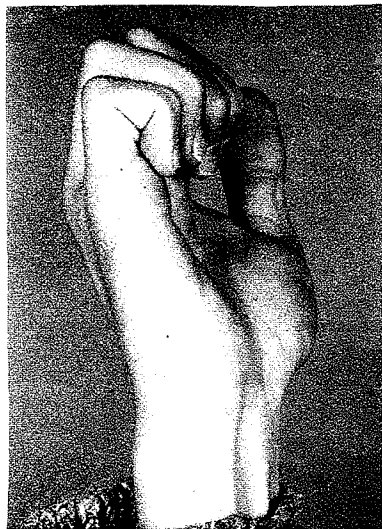
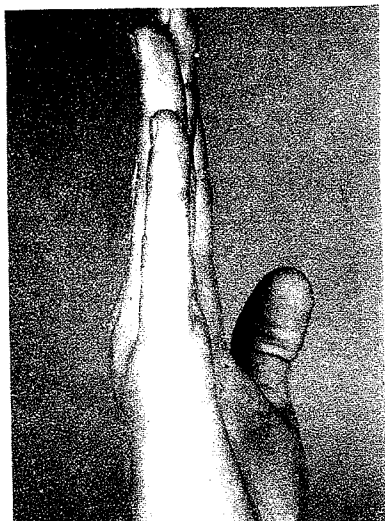
- 19: H.E., 35 jaar, rechtshandige, werkloze gastarbeider.
Scherpe doorsnijding FP + FS dig.V L.in Zone II. Uitgesteld primaire peesnaad van beide buigpezen. Peesschede gesloten. Vijf maanden na de operatie is er een goede flexie van dig.V waarbij de pulpa de handpalm raakt minder dan 3 cm van de distale palmaire plooi. Er is een strekbepierking in het DIP-gewricht van 15°. Patient is sedertdien niet meer voor controle teruggekeerd.
- 20: S.P., 11 jaar, linkshandige scholier.
Cirkelzaagverwonding dig.II en III R.hand in Zone II twee weken vóór de operatie. Traumatische amputatie dig.II door het MCP-gewricht en doorsnijding FP + FS en beide vaatzenuwbundels dig.III. Secundaire handversmalling verricht en hechten van FP en beide vaatzenuwbundels dig.III, waarbij de radiale digitale zenuw van de wijsvinger wordt getransponeerd naar de middelvinger. Vijf maanden na deze operatie tenolyse FP dig.III verricht i.v.m. onvolledige flexie. Hierna is er een goed herstel van de buigfunctie van dig.III bij volledige extensie. Er is een protectieve sensibiliteit en patient heeft een "wijsvingergevoel" in de middelvinger.
- 21: R.J., 31 jaar, rechtshandige monteur. (zie afb.XX).
Crushverwonding dig.II R.met laceratie van beide buigpezen, ulnaire vaatzenuwbundel en gecompliceerde communitieve fractuur van de grondphalanx in Zone II. Primaire osteosynthese verricht m.b.v. cerclages en Kirschnerdraden en herstel van de buigpezen en de ulnaire vaatzenuwbundel. Nabehandeld met dynamische tractie. Bij de nacontrole, 16 maanden na het trauma, redelijke buigfunctie van de vinger, maar aanzienlijke strekbepierking in het PIP-gewricht. Actieve ROM: MCP -15/80° PIP 35/80° DIP 0/60°. De sensibiliteit heeft zich volledig hersteld. Patient is klachtenvrij en heeft zijn werkzaamheden hervat.
- 22: M.v.O., 24 jaar, rechtshandige loodgieter.
Scherpe verwonding beide buigpezen dig.II L.in Zone II. Primaire tenorrhaphie beide buigpezen, peesschede gesloten. Vier maanden na de operatie vrijwel volledige buigfunctie van de vinger bij volledige extensie.
- 23: J.G., 28 jaar, rechtshandige ijzervlechter. (zie afb.XXI).
Scheurwond volaire zijde digiti IV en V R.hand met laceratie beide buigpezen in dig.V in Zone II en complete laceratie FP en subtotale laesie FS dig. IV eveneens in Zone II. Primaire peesnaden. Peesscheden gesloten. Postoperatief wondinfectie dig. IV. Vijf maanden na operatie volledige extensie beide vingers, volledige flexie dig.V en nagenoeg volledige flexie dig.IV. Pulpa reikt tot 1.5 cm van de distale palmaire plooi. Patient gebruikt zijn hand normaal bij zijn werk.
- 24: A.v.L., 19 jaar, rechtshandige student. (zie afb.XXII en XXIII).
Scherpe verwonding FP + FS en radiale vaatzenuwbundel dig.II R.in Zone II. Primaire tenorrhaphie en neurorrhaphie, peesschede gesloten. Drie maanden na de operatie volledige functie dig.II.

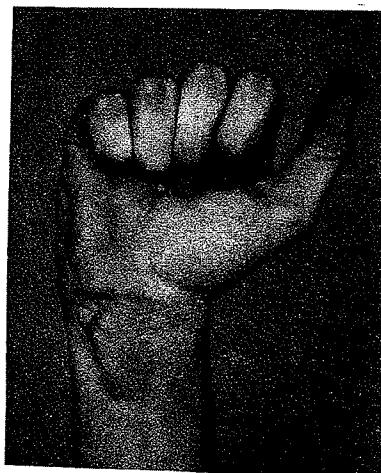
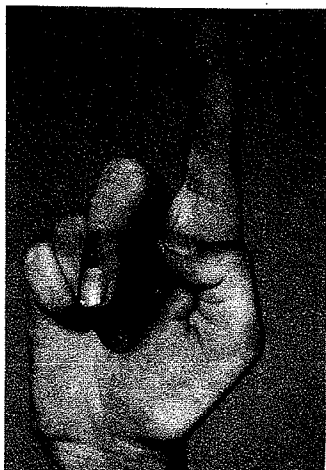
- 25: W.v.H., 32 jaar, rechtshandige huisvrouw.
Scherpe laesie FP + FS dig.V L.in de handpalm in Zone III.
Primaire tenorrhaphie van beide pezen. Reeds twee maanden na operatie nagenoeg volledige extensie (-10°) bij volledige flexie dig.V. Bij nacontrole na 17 maanden, functie onveranderd.
- 26: G.K., 34 jaar, rechtshandige chauffeur. (zie afb.XXIV).
Ringverwonding dig.IV R.1 maand voor de operatie met traumatische amputatie door de grondphalanx. Tijdens handversmallingsoperatie 1 maand na het trauma ontstond een iatrogene doorsnijding van beide buigpezen van dig.V in Zone III. Primaire transpositie van proximale peesstompen FP en FS van dig.IV naar de distale peesstompen van dig.V. Nabehandeling met dynamische spalk. Bij de nacontrole 9 maanden na de operatie is er een volledige buigfunctie en een complete extensie van de pink.
- 27: W.O., 39 jaar, rechtshandige organisatiedeskundige.
Scherpe verwonding N.medianus en nagenoeg alle buigpezen distaal in R. onderarm in Zone V op de overgang van spieren naar pezen.
Primaire tenorrhaphie van alle pezen en primair interfasciculair herstel N.medianus. Drie maanden later was er al een volledige buigfunctie van alle vingers en de duim zonder strekbeperking. Progressieve Tinel distaal van de zenuwnaad. Bij de nacontrole, 10 maanden na het trauma, was er nog geen sensibiliateitsherstel van de vingers opgetreden. De vitale sensibiliateit in de handpalm is normaal. Er zijn tekenen van motorische reinnervatie op het EMG.
- 28: R.M., 4 jaar, rechtshandige kleuter.
Glasverwonding L.pols met volledige doorsnijding N.medianus, N.ulnaris en alle buigpezen, m.u.v. FPL en FP II in Zone V.
Primair herstel van alle gelaedeerde structuren. Bij de nacontrole, 12 maanden na het trauma, was er een volledig functieherstel opgetreden. Patient heeft een protectieve sensibiliateit in alle vingers en gebruikt zijn linker hand normaal. Op het EMG zijn er aanwijzingen voor motorische reinnervatie van zowel de n.Medianus als de n.Ulnaris.
- 29: S.A., 10 jaar, linkshandige scholiere.
Glasverwonding R.pols met doorsnijding N.medianus en multiple buigpezen in Zone V. Primair herstel van 6 buigpezen en de N.medianus.
Bij de nacontrole na 13 maanden blijkt er een volledig herstel van de motorische functie van de N.medianus te zijn opgetreden met een protectieve sensibiliateit in de vingers. Volledig functieherstel van de vingers en de duim.
- 30: R.N., 17 jaar, rechtshandige plafonneur.
Scheurwond L.pols met doorsnijding N.medianus en FPL + PL in Zone V.
Vier dagen later uitgesteld primaire pees- en zenuwnaad verricht.
Bij de nacontrole 12 maanden later is er een goed functieherstel van de duim en op het EMG wel motorische maar geen sensibele reinnervatie. Patient heeft een protectieve sensibiliateit en gebruikt de hand normaal tijdens zijn werk,



Patient no 8.

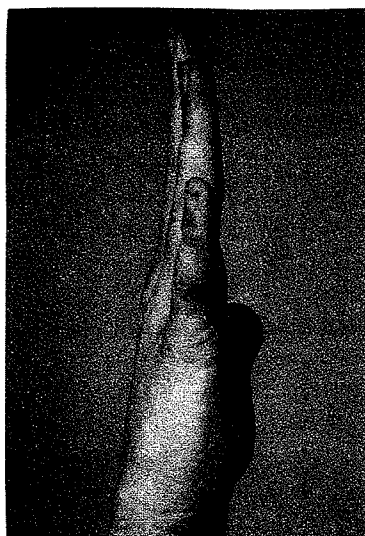
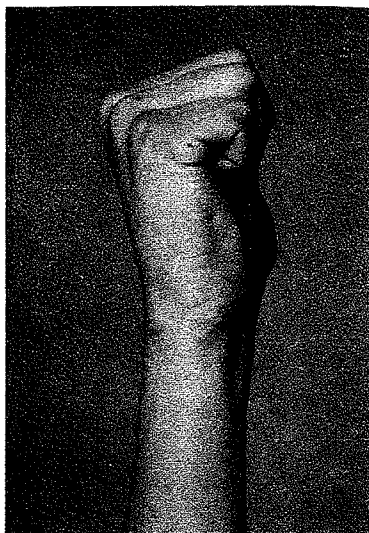
W. K. 17-jarige rechtshandige scholier, die een scherpe doorsnijding van de profunduspees van de rechter middelvinger opliep in zone I, 3 weken vóór de operatie. Uitgesteld primaire reinsertie verricht met behulp van een "pull-out"-hechting. Nabehandeling met de dynamische spalk volgens Kleinert. De foto's tonen de actieve functie 2 maanden na de operatie.

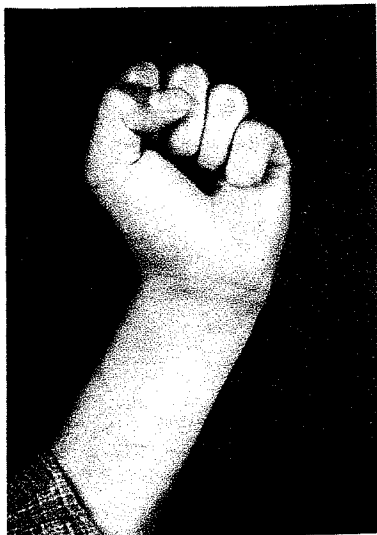
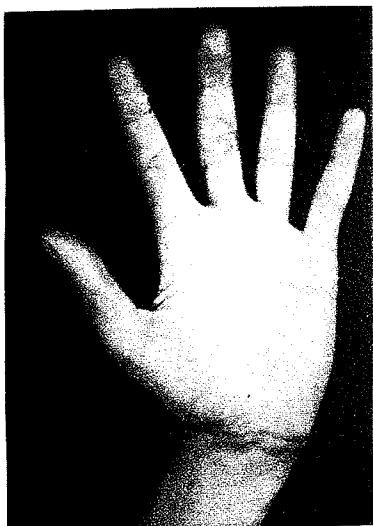




Patient no. 14.

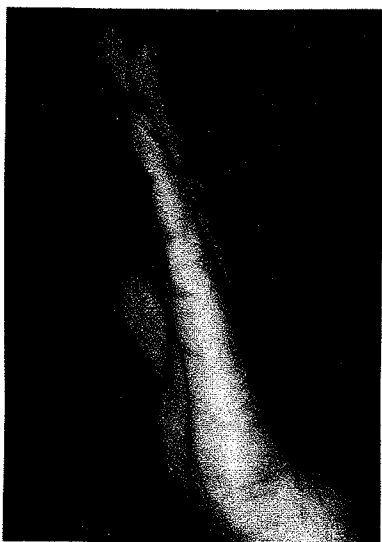
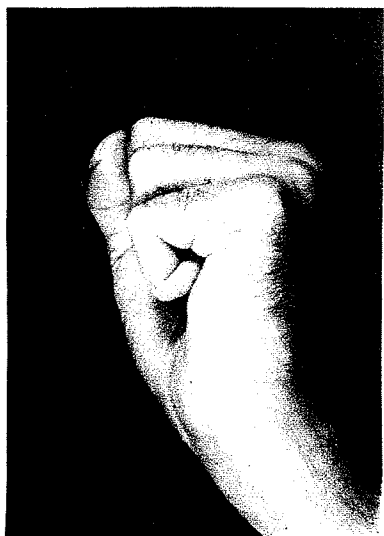
A.v.K. 22-jarige linkshandige student, die 6 weken vóór de operatie een doorsnijding van beide buigpezen van de rechter wijsvinger (in zone II) en van de profunduspees van de middelvinger (in zone I) had opgelopen. De pezen waren aanvankelijk niet gehecht. Er vond een secundaire reconstructie plaats van de profunduspezen in twee etappen met behulp van Silastic rods. In de middelvinger d.m.v. een peestransplantaat en in de wijsvinger volgens de methode van Paneva-Holevich (zie hoofdstuk VIII, B, 3, d,). Nabehandeling van de vingers met behulp van dynamische tractie. De foto's tonen de actieve functie 4 maanden na de tweede operatie. Links-boven de actieve buigfunctie vóór de operatie.

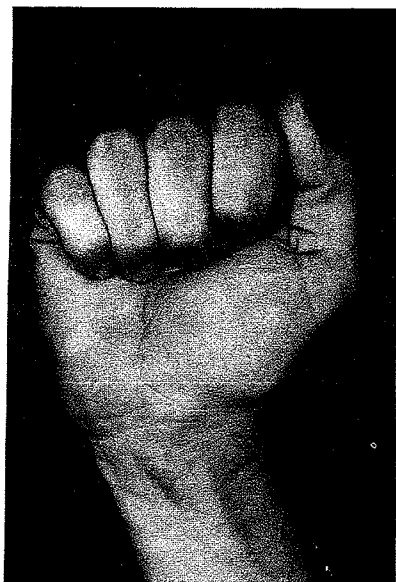
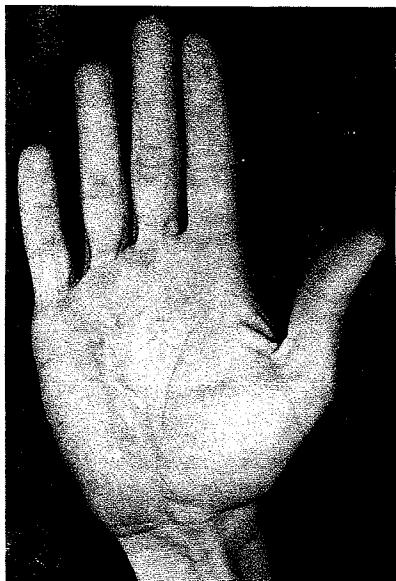




Patient no. 16.

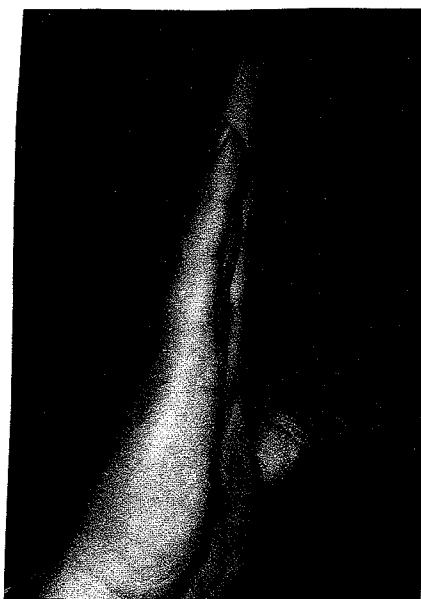
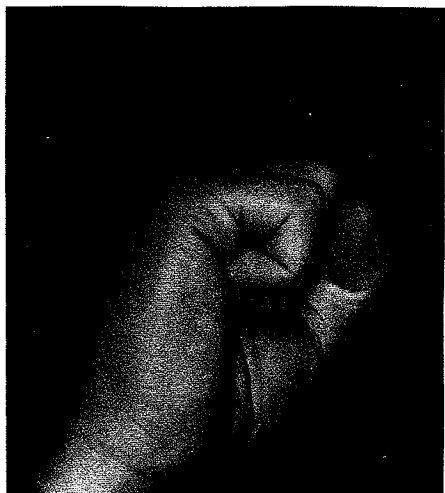
W.V. 22 jarige rechtshandige monteur, die een scherpe doorsnijding van de beide buigpezen van de linker middelvinger opliep in zone II. Er werd een primaire tenorrhaphie verricht volgens de methode van Kleinert. Nabehandeling met dynamische tractie. Ten gevolge van een extensietrauma, 2 weken na het verwijderen van de dynamische tractie ontstond een reruptuur van de profunduspees. Deze pees werd opnieuw gehecht en patient werd gedurende 8 weken behandeld met de dynamische spalk. De foto's tonen de actieve functie een half jaar na de laatste ingreep.



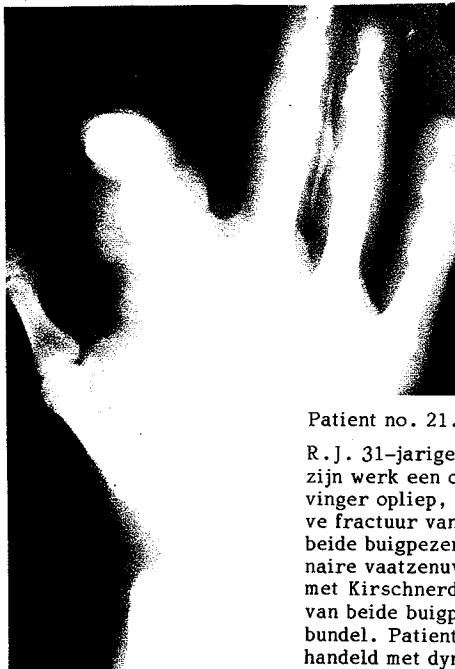


Patient no. 18.

H.C. 24-jarige rechtshandige machinebankwerker met een laesie van beide buigpezen van de rechter pink in zone II, 6 weken vóór de operatie. Secundaire tenorrhaphie verricht van de profunduspees. Nabehandeling met dynamische spalk. Eén dag na het verwijderen van de dynamische tractie kwam hij ten val waarbij door extensie van de vinger een ruptuur van de eerder gehechte pees optrad. Bij reëxploratie bleek een nieuwe peesnaad niet mogelijk. Er werd een transpositie van de sublimispees van de ringvinger naar de distale stomp van de profunduspees van de pink verricht. Nabehandeling met dynamische tractie. De foto's tonen het resultaat ten tijde van het na-onderzoek 16 maanden later.

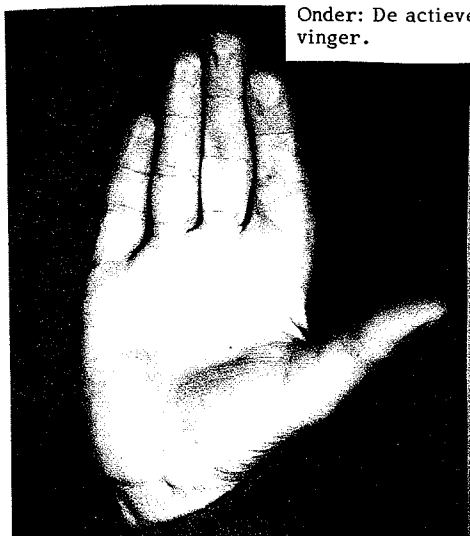


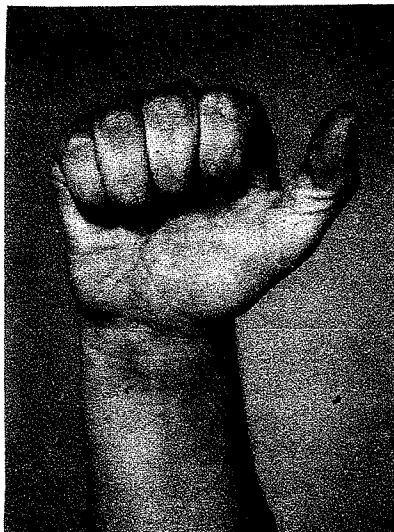
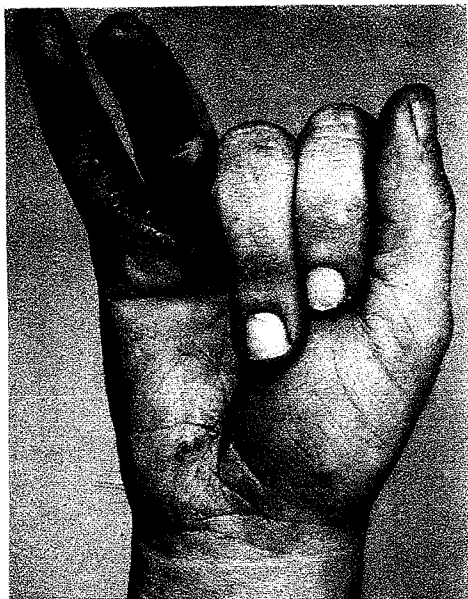
afb. XIX.



Patient no. 21.

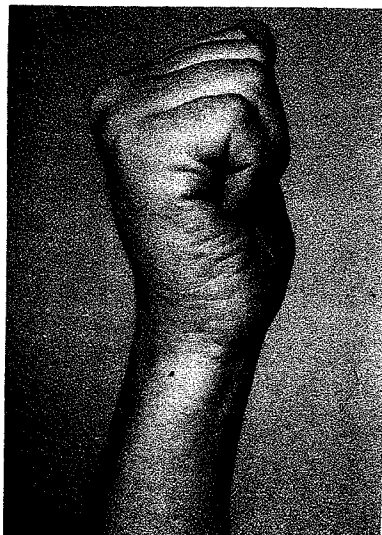
R.J. 31-jarige rechtshandige monteur, die tijdens zijn werk een crushverwonding van de rechter wijsvinger opliep, met een gecompliceerde comminutieve fractuur van de grondphalanx, een laceratie van beide buigpezen in zone II en een laesie van de ulnaire vaatzenuwbundel. Primaire osteosynthese met Kirschnerdraden en cerclages, tenorrhaphie van beide buigpezen en herstel van de vaatzenuwbundel. Patient werd direct postoperatief nabehandeld met dynamische tractie vlg. Kleinert. Bij de nacontrole, 16 maanden na het trauma, was er een goede buigfunctie van de vinger, maar een strekbeperking van 35° in het PIP-gewricht. De sensibiliteit was normaal. Patient had na een half jaar zijn werkzaamheden volledig hervat. Linksboven: de preoperatieve röntgenopname. Rechtsboven: de foto's tijdens het naonderzoek. Onder: De actieve buig- en strekfunctie van de vinger.



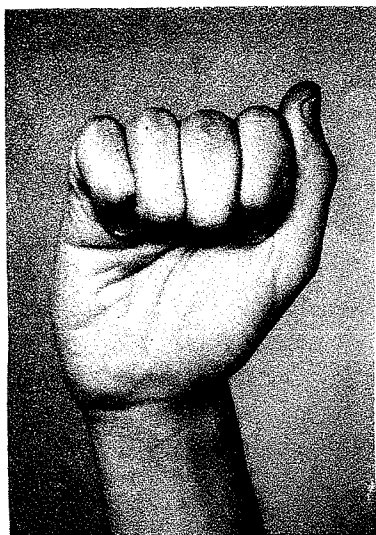
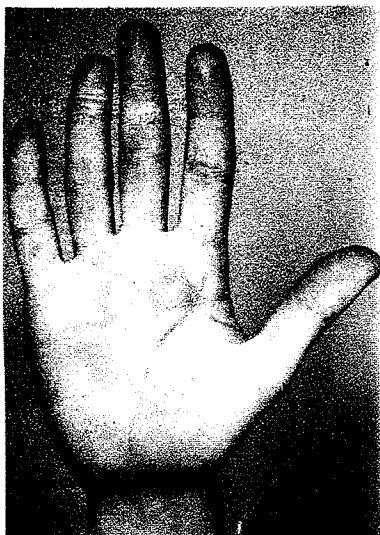


Patient no. 23.

J.G. 28-jarige rechtshandige ijzervlechter, die een scherpe doorsnijding van beide buigpezen van de rechter pinken ringvinger opliep (beide in zone II). De sublimispees van de ringvinger was partieel doorgesneden. Er werd een primaire peesnaad verricht van alle doorgesneden pezen volgens Kleinert. De pees-scheden werden gesloten. Nabehandeling met de dynamische spalk. Ondanks een wondinfectie in de ringvinger was het eindresultaat van deze vinger goed. De functie van de pink herstelde zich geheel. De foto's tonen de actieve functie een half jaar na het trauma. Linksboven: de preoperatieve buigfunctie.



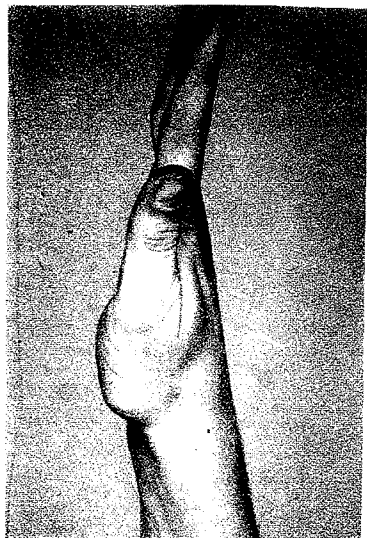
afb. XXI.



Patient no 24.

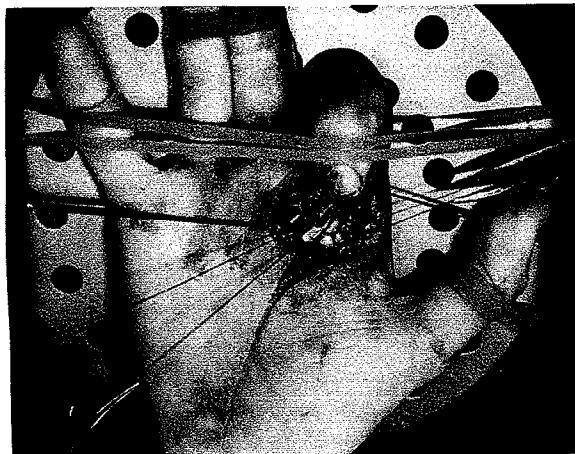
A.v.L. 19-jarige rechtshandige student, die na een scherpe verwonding met doorsnijding van beide buigpezen van de rechter wijsvinger (zone II) primair werd geopereerd. Beide pezen werden gehecht en de peesschede werd gesloten. Nabehandeling met de dynamische spalk.

Er trad een volledig functieherstel op binnen 3 maanden na de operatie. afb. XXIII. toont het beeld tijdens de operatie van deze patient.



afb. XXII.

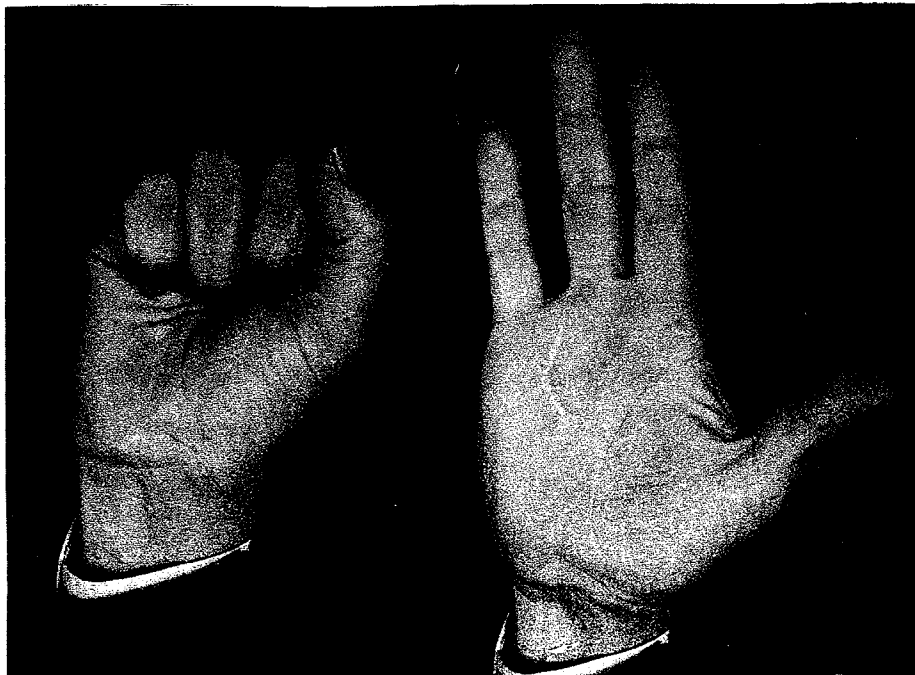
afb. XXIII.



Afbeelding van de operatie van patient no. 24. (zie afbeelding XXII).

Patient no. 26.

G.K. 34-jarige rechtshandige chauffeur, die 1 maand vóór de operatie een ringverwonding van dig IV van de rechter hand opliep met een amputatie door de basis van de grondphalanx. Tijdens de handversmallings-operatie 1 maand later, ontstond een iatrogene laesie van beide buigpezen van de pink in zone III. Er werd een primaire transpositie verricht van de proximale peesstompen van de ringvinger naar de distale peesstompen van de pink. Patient werd nabehandeld met dynamische tractie. De foto's tonen de actieve functie tijdens het naonderzoek, 9 maanden na de operatie.



afb. XXIV.

HOOFDSTUK X : DISCUSSIE.

Uit het literatuuronderzoek over de klinische behandeling van buigpeesletsels is duidelijk gebleken dat de kansen op een succesvol herstel van de functie van vingers waarin de buigpezen zijn gelaedeerd het grootst zijn wanneer vroegtijdig wordt begonnen met geprotecteerde mobilisatie.

De door Kleinert reeds sinds 1954 gepropageerde behandelingsmethode geeft in handen van ervaren operateurs de beste kans op een goed functieherstel.

In Zone II, zoals bekend de moeilijkste Zone van alle buigpeesletsels, vermeldt Kleinert (1981) 80% of meer goede resultaten bij niet geselecteerde patienten.

In ons patientenmateriaal zijn alle operaties op de door Kleinert aangegeven wijze uitgevoerd. Dat betekent, dat bij alle primaire behandelingen, indien dat mogelijk was, beide buigpezen werden gehecht, de peesscheden werden gesloten en alle begeleidende verwondingen (zoals zenuwletsels en fracturen) primair werden behandeld.

Na alle primair en uitgesteld primaire tenorrhaphieën werden de gelaedeerde vingers nabehandeld met de zogenaamde dynamische spalk (zie figuur 16 en Hoofdstuk VIII, B, 1, a).

Op deze wijze kan direct na de operatie met geprotecteerde mobilisatie van de geopereerde vingers worden begonnen. Hierdoor worden (eventueel) zich ontwikkelende adhesies vanaf het eerste moment geëlongeerd (Duran, 1975) zodat, na beëindiging van de periode van protectie, de glijfunctie van de gehechte pezen minder belemmerd wordt. Dat deze behandelingsmethode in het merendeel van de operaties tot succesvolle resultaten leidt, blijkt uit het grote aantal goede en uitstekende resultaten in deze serie, die uit niet-geselecteerde patienten bestaat. De medewerking van de patient is hierbij van groot belang. Essentieel is dat de patient inzicht wordt gegeven in de ernst van de verwonding, in de manier waarop de genezing van de pees (binnen de peesschede) plaats heeft en in het belang van de vroege mobilisatie van de vingers voor het uiteindelijk te verwachten functionele resultaat. Al de door ons behandelde patienten zijn intensief begeleid en gestimuleerd bij het oefenen met de dynamische spalk. Als richtlijn kreeg de patient de instructie mee zelf ieder uur van de dag gedurende een periode van vijf minuten de betreffende vingers actief te strekken tegen de weerstand van

het elastiek. In de beginperiode, waarin het oefenen met pijn gepaard ging, werd voldoende pijnbestrijdende medicatie gegeven om de patient te stimuleren in ieder geval met de oefeningen door te gaan.

In het algemeen was een volledige extensie van de vingers in de interphalangeale gewrichten reeds mogelijk vóórdat de "dynamische tractie" werd verwijderd.

De dorsale gipsspalk werd na 3 tot 4 weken verwijderd, waarna de elastiekjes nog gedurende twee weken met de pols verbonden bleven.

Zodoende werden de vingers gedurende een periode van vijf tot zes weken in een dynamische flexiestand gefixeerd gehouden om daarmee de contractiekracht van de buigspieren, zolang als noodzakelijk werd geacht, te beperken.

Na het verwijderen van de elastische tractie mochten de patienten hun vingers normaal gaan gebruiken, waarbij echter werd gewaarschuwd tegen geforceerde passieve extensie gedurende nog twee weken.

Met dit regime was het mogelijk vrijwel alle patienten vijf of zes weken na de operatie hun normale werkzaamheden te laten hervatten.

Uit de literatuur over de peesgenezing (zie hoofdstuk II, F) was gebleken, dat herhating van de functie van gehechte buigpezen na de genezingsperiode bijdraagt aan een progressieve toename van de trekkracht van die pezen.

Herstel van de mobiliteit leidt er toe dat de pezen snel sterker worden, zodat de kans op een secundaire ruptuur afneemt.

Toch trad bij twee primair behandelde patienten (no.16 en no.18) een secundaire ruptuur van de eerder gehechte pezen op, als gevolg van een extensietrauma tijdens de reconvalescentieperiode, die volgde op verwijdering van de dynamische spalk.

Beide patienten werden direct na de secundaire ruptuur opnieuw geopereerd en gedurende een langere periode nabehandeld met dynamische tractie.

In beide gevallen was het uiteindelijke functionele resultaat uitstekend.

Bij geen der behandelde patienten was het resultaat van de operatie slecht.

Viermaal was het resultaat matig.

De eerste patiente (no.9) was een 65-jarige dame met een geïsoleerd profunduspeesletsel in de ringvinger, dat uitgesteld primair werd behandeld. Het resultaat van de ingreep werd beïnvloed, doordat patiente leed aan rheumatoïde arthritis, waardoor de functie van de vinger reeds vóór de operatie beperkt was.

Onlangs een later verrichte tenolyse verbeterde de buigfunctie van de ringvinger

niet.

De tweede patient met een matige functie (no.19) was een 35-jarige buitenlandse arbeider, die een snijwond van de pink opliep, die primair werd behandeld.

Deze patient onttrok zich aan verdere controle, zodat het uiteindelijke resultaat niet verder kon worden geëvalueerd. Bij het laatste bezoek aan de polikliniek (5 maanden na de operatie) raakte de top van de vinger weliswaar de hypothenar-eminentie, maar bleef 2,5 cm van de distale palmaire plooï verwijderd.

De twee andere matige resultaten werden gevonden bij patienten (no 11 en no 15), waarbij een peestransplantatie in twee etappen werd verricht, in verband met een oud profunduspeesletsel van de vinger.

Bij de ene patient (no.11) was er aanvankelijk een goed functioneel resultaat verkregen, maar in de loop van het jaar volgend op de peestransplantatie trad een geleidelijke progressieve flexiecontractuur van de vinger op. Dit werd waarschijnlijk veroorzaakt door contractie van de pseudopeesschede, zoals eerder is beschreven door van der Meulen (1977).

Bij de andere patient (no.15) was het matige resultaat een gevolg van het feit, dat het peestransplantaat te lang was voor een optimale buigfunctie.

De overige patienten hadden een goede of uitstekende functie van de vingers gekregen, die dikwijls reeds na enkele maanden was bereikt.

Alle behandelde patienten gebruikten hun geopereerde vingers bij de normale dagelijkse werkzaamheden en in het werk. De cijfers ondersteunen de bevindingen van Kleinert e.a. (1981), dat de beschreven behandelingsmethoden kunnen leiden tot een goed herstel van de functie in meer dan 80% der gevallen van buigpeesletsels in de hand, zelfs in de vroeger als "no man's land" betitelde zone.

Uit het naonderzoek bleek dat de beste resultaten werden gevonden bij die patienten, bij wie de peesschede primair was gesloten.

Dit ondersteunt de bevindingen van het experimentele onderzoek. Sluiting van de peesschede heeft een gunstig effect op de vorming van belemmerende adhesies.

Het verdient dan ook aanbeveling bij iedere primaire of uitgesteld primaire tenorrhaphie de peesschede te herstellen.

Naar aanleiding van het experimentele onderzoek van Eiken (1977, 1978, 1980), die peesscheden reconstrueerde met behulp van vrije transplantaten van het synoviale deel van de peesscheden van andere vingers, is de auteur er toe overgegaan deze

methode ook klinisch toe te passen in die gevallen, waarbij primaire sluiting van de peeskoker niet mogelijk is.

Het vrije synoviale peesschede-transplantaat slaat op dezelfde wijze aan als een vrij huidtransplantaat. Dit transplantaat wordt in enkele dagen gerevasculariseerd en de op deze wijze overgebrachte synoviaalcellen behouden hun secernerend vermogen (Eiken, 1980).

De resultaten bij de tot dusverre behandelde klinische patienten zijn hoopgevend. Deze methode is bij de in dit proefschrift beschreven patienten echter nog niet toegepast.

Ook verlittekende en gedeeltelijk geobliteerde peesscheden kunnen op deze wijze worden gereconstrueerd. De donorplaats (een vinger van dezelfde hand of een grote teen) heeft van het partieel recereren van de peesschede geen nadelige gevolgen, wanneer men er althans voor zorg draagt de buigpezen niet te beschadigen. Rond een normale buigpees, die niet wordt geïmmobiliseerd, vormt zich in de loop van enkele weken een nieuwe peesschede ter plaatse van het door de resectie veroorzaakte defect.

Uit het experimentele onderzoek is gebleken hoe belangrijk het is de buigpezen te omhullen met een zo normaal mogelijke peesschede.

De vascularisatie van de peesstompen is iets wat men in de traumatologie niet in de hand heeft (vincula zijn door het trauma of door de zich terugtrekkende buigpezen dikwijls beschadigd), maar herstel van de peesschede moet altijd worden nagestreefd, ten behoeve van een optimaal eindresultaat.

De bij het experimentele onderzoek gevonden relatie tussen het herstel van de peeskoker en de mate van adhesievorming speelt bij deze overweging een grote rol.

SAMENVATTING.

De belangstelling in de chirurgische wereld voor de behandeling van peesletsels is lange tijd gering geweest. Dat vond zijn oorzaak in de doorgaans teleurstellende resultaten van de operatieve behandeling van met name de buigpeesletsels van de vingers.

Vooral het gebied dat is gelegen tussen de distale plooï van de handpalm en de middelste volaire vingerplooï is berucht om het grote aantal mislukkingen van primaire en secundaire operatieve ingrepen.

Om die reden is destijds door Bunnell (1944) de term "no man's land" geïntroduceerd, hetgeen inhoudt dat men zich dient te onthouden van primaire operatieve behandeling van de buigpezen in dit gebied.

De oorzaak van de slechte resultaten in deze zone is het feit dat zich hier twee buigpezen in een nauwe fibrosynoviale tunnel bevinden. Een verwonding in dit gebied leidt gemakkelijk tot uitgebreide vergroeiingen tussen de pezen en de rigide omgevende structuren, terwijl het extra trauma van de operatie, zeker wanneer die is uitgevoerd door iemand die niet ervaren is in de handchirurgie, de neiging tot adhesievorming nog vergroot. Foss Hauge (1955) heeft in een onderzoek van de resultaten van honderden peesletsels, die operatief waren behandeld door chirurgen zonder specifieke handchirurgische ervaring, aangetoond dat deze resultaten in meer dan 95% slecht waren.

Sinds de introductie van de term "no man's land" was het een algemeen aanvaard beleid om bij buigpeesletsels in deze zone de definitieve behandeling uit te stellen tot dat de wond was genezen.

Daarna werd, als een electieve procedure, een secundaire peestransplantatie verricht door een op dit terrein bedreven chirurg.

Hiermee verbeterden de resultaten aanzienlijk. Toch was deze uitgestelde procedure een weinig bevredigende oplossing, omdat hiermee veel tijd verloren ging.

Met de nieuwere inzichten in de peesgenezingsprocessen, met de toenemende belangstelling voor de handchirurgie, met de verfijndere operatiemethoden en met de verbetering van het hechtmateriaal zijn veel handchirurgen er geleidelijk toe overgegaan ook in deze zone primaire tenorrhaphieën te verrichten.

Het bleek dat hiermee resultaten konden worden bereikt die niet onder deden voor of zelfs beter waren dan de klassieke secundaire peestransplantatie, terwijl de morbiditeitsduur voor de patient aanzienlijk werd bekort.

Op deze wijze werd het begrip "no-man's land" geleidelijk obsoleet.

Een overzicht van deze ontwikkelingen wordt gegeven in Hoofdstuk VIII.

Toch blijft het probleem van de adhesievorming een onderwerp van controversen.

Er zijn twee meningen die lijnrecht tegenover elkaar staan.

Aan de ene kant zijn er de onderzoekers die geloven dat peesweefsel niet de potentie bezit een verbroken continuïteit zelfstandig te kunnen herstellen. Volgens hen kan een peesletsel uitsluitend genezen dank zij de ingroei van vaatrijke adhesies vanuit de omgeving. De adhesievorming is volgens deze theorie een essentieel onderdeel van het peesgenezingsproces en alle maatregelen die er op gericht zijn deze adhesievorming te voorkomen, zullen ertoe leiden dat de peesgenezing wordt vertraagd of zelfs geheel onmogelijk wordt. De voorstanders van deze visie worden in hun overtuiging gesteund door talrijke klinische en dier-experimentele onderzoeken waaruit moge blijken dat adhesies onontkoombaar zijn (zie Hoofdstuk I, F.).

Aan de andere kant zijn er vooral de laatste tijd in toenemende mate aanduidingen die erop wijzen dat onder bepaalde omstandigheden peesgenezing mogelijk is onafhankelijk van vasculaire adhesies (zie Hoofdstuk I, E.).

Zo toonden Matthews en Richards (1975, 1976 C) in een belangwekkend onderzoek aan dat partiële peeslaesies, toegebracht aan de buigpezen van een konijn, binnen een intacte peesschede kunnen genezen zonder een spoor van adhesies. Lundborg e.a. (1976, 1977 C, 1978, 1980 A) toonden aan dat een geheel van zijn bloedvoorziening verstoken peesfragment zijn vitaliteit kan behouden wanneer het omspoeld blijft door synoviale vloeistof.

Manske (1978 A, B; 1979) demonstreerde dat de synoviale vloeistof de belangrijkste voedingsbron is voor pezen waar die gelegen zijn binnen synoviale peesscheden.

Umeda (1976, 1978) demonstreerde bij kippen van dag tot dag de processen die leiden tot genezing van een peesdefect binnen het peesschede-traject. Ook zijn conclusies wijzen in de richting van het bestaan van een intrinsieke genezingspotentie van het peesweefsel zelf. Dit houdt in dat, wanneer een pees zelf in staat is genezing tot stand te brengen, adhesies in feite onnodig zijn.

Het voornaamste probleem is echter om de factoren die verantwoordelijk zijn voor de adhesievorming te elimineren.

De vraag die bij het begin van het experimentele onderzoek is gesteld, luidde:

"Is door eliminatie van deze factoren een peesgenezing zonder adhesies ook binnen het peesschede-traject van de vinger mogelijk, en kan het normale glijvermogen van de buigpezen worden hersteld?"

Voor het experimentele onderzoek is gebruik gemaakt van een diersoort, die qua anatomie van het buigpees-schede-complex een grote gelijkenis vertoont met de mens in het gebied dat bekend is als "no-man's land" (zie figuur 1.).

Er is gekozen voor de aap als proefdier op grond van een vergelijkend onderzoek zoals dat beschreven is in hoofdstuk III.

De factoren die verantwoordelijk zijn voor de vorming van adhesies kunnen als volgt worden samengevat:

- 1: De te verwachten proliferatieve reactie is direct evenredig met de mate van weefselbeschadiging (Potenza, 1964).
- 2: Strangulatie van peesweefsel door het ingebrachte hechtmateriaal leidt tot vermindering van de microcirculatie in de pees, hetgeen resulteert in ischaemie en/of necrose van het peesweefsel (Bergljung, 1968).
- 3: Ischaemie induceert de vorming van vaatrijke adhesies om tegemoet te komen aan de grotere metabole behoefte van de weefsels (Ellis, 1962).
- 4: Excisie van een deel van de normale peesschede om voldoende ruimte te krijgen voor de gehechte pees, verstoort het normale synoviale milieu van de peesschede en vergroot de kans op de vorming van adhesies (Matthews, 1979).
- 5: Verlies van de integriteit van de peeskoker berooft de pees van de voedende rol van de synoviale vloeistof en brengt de beschadigde pees in direct contact met de proliferatieve cellen in het subcutane wondgebied (Lundborg, 1980 B).
- 6: De willekeurige en onwillekeurige proximale spiertractie wordt via de pees overgebracht op de peesnaad waardoor, bij niet voldoende betrouwbare immobilisatie, dehiscentie van de naad zal optreden (Lindsay, 1959).
- 7: De mate van naaddehiscentie ("gap"-vorming) is direct evenredig met de ernst van de zich ontwikkelende adhesies (Lindsay, 1960 B).

Bij de experimenten is getracht deze oorzakelijke factoren zoveel mogelijk te elimineren. De methode van het experimentele onderzoek wordt beschreven in Hoofdstuk IV.

Ondanks de aanvankelijke moeilijkheden met het vinden van de juiste techniek en met name met de immobilisatie van de extremiteten van de apen, is het bij 19 vingers gelukt peesgenezing zonder adhesievorming te demonstreren.

Macroscopisch bleken de gehechte pezen geheel vrij binnen de peeskokers te liggen. De pezen waren omgeven door synoviale vloeistof en de wand van de peesscheden was glad. De glijfunctie van de buigpezen werd niet belemmerd en de excursies van de pezen binnen het peesschede-traject vertoonden een normale amplitude.

Histologisch bleek de voornaamste proliferatieve activiteit gelocaliseerd te zijn in de perivasculaire gebieden van het endotenon. Fibroblasten migreerden vanuit deze gebieden naar de peesnaad en vormden daar een granulatieweefsel, waarin, door de vorming van nieuwe collageenvezels en grondsubstantie, het karakter van normaal peesweefsel werd hersteld. Voorafgaand aan de migratie van deze fibroblasten ontwikkelden zich capillaire uitlopers vanuit de bestaande vaten in de beide peesstompen in de richting van de peesnaad.

Door oriëntering van de cellen en de collageenbundels in longitudinale richting ontstond een trekvast verbinding tussen de beide peesstompen.

Een goede appositie van de peesuiteinden kon gedurende het gehele genezingsproces gehandhaafd worden, door volledige eliminatie van de centipetale spiertractie.

Omdat de gehechte pezen onspoeld bleven door de synoviale vloeistof, doordat de integriteit van de peesscheden was hersteld, werd voorkomen dat de wond in de pees in contact kwam met de extrasynoviale gebieden.

Door het synoviaalvocht wordt een barrière gevormd, die samengaan van de genezingsprocessen in de beide wondgebieden bemoeilijkt.

Door gebruik te maken van zo weinig mogelijk hechtmateriaal als nodig was om (bij uitschakeling van de tractie door de buigspieren) appositie van de peesuiteinden te handhaven, bleef het intratendineuze vaatsysteem grotendeels intact. Hierdoor werd ischaemie van de behandelde pezen tot een minimum beperkt.

Met behulp van Microfil^R, een medium waarmee de fijnste capillairen zichtbaar

kunnen worden gemaakt, kon worden aangetoond dat de microcirculatie in de pezen gedurende het genezingsproces vrijwel niet was verstoord. Bij een aantal proefdieren is met behulp van Micropaque^R röntgenologisch het herstel van de "intrinsieke" circulatie ter plaatse van de naad gedemonstreerd.

Deze experimenten tonen aan dat, door eliminatie van alle adhesiebevorderende factoren, ook bij primaten peesgenezing zonder adhesievorming mogelijk is binnen de peeskoker van de vinger.

Deze bevindingen ondersteunen de theorie dat peesweefsel een intrinsieke potentie bezit tot herstel en regeneratie.

Onder ideale omstandigheden zijn adhesies voor het peesgenezingsproces niet noodzakelijk.

Dat het in de klinische praktijk doorgaans niet mogelijk is de ideale omstandigheden van het experimentele model na te bootsen ligt voor de hand.

Toch kunnen de verkregen resultaten zoals die zijn weergegeven in hoofdstuk V bijdragen tot een beter begrip voor gelaedeerde buigpezen en hun klinische behandeling.

In hoofdstuk VIII wordt aan de hand van de literatuur een beschrijving gegeven van de thans geldende opvattingen over de behandeling van buigpeesletsels in de hand. Hierin worden de peesletsels per zone besproken omdat iedere zone (zie figuur 14.) haar eigen problemen kent.

In het bijzonder wordt aandacht besteed aan de behandeling van buigpeesletsels in zone II (het vroegere " no-man's land"), omdat de behandeling in dit gebied technisch het moeilijkst is.

Kleinert (1967, 1981) heeft een methode beschreven waarmee ook in deze zone in meer dan 80 % der gevallen goede resultaten verkregen kunnen worden, mits voldaan wordt aan een uiterst zorgvuldige techniek en gezorgd wordt voor een vroegtijdige gedoseerde mobilisatie van de betreffende vingers met behulp van de zogenaamde " dynamische tractie ".

Dit proefschrift wordt beëindigd met een beschrijving van 30 niet geselecteerde patiënten met buigpeesletsels in de hand, die door de auteur in een periode van 15 maanden zijn behandeld. De resultaten komen overeen met het door Kleinert vermelde percentage.

Buigpeesletsels in de hand blijven verwondingen die een gespecialiseerde behandeling verdienen.

Mits op de juiste wijze behandeld, behoeven zij in het merendeel der gevallen niet meer te leiden tot ernstige functiebeperking en is met de beschreven operatiemethoden in vele gevallen een volledig functieherstel mogelijk.

SUMMARY

Until recently surgery has enjoyed a limited place in the treatment of tendon injuries. Results were, in general, disappointing, and those of the flexor tendons of the hand especially so. The highest failure rate occurred in the treatment of injuries situated between the distal palmar crease and the PIP joint. Indeed, the results were so poor that Sterling Bunnell (1944) was moved to term this area "No Man's Land", meaning that No Man should attempt a primary repair of lacerated tendons in this part of the finger.

The cause of the high failure rate was the formation of adhesions. In the area in question two flexor tendons glide mutually within a tight synovial sheath. Trauma was invariably followed by massive adhesions, resulting in immobilisation of the tendons by fibrous bands binding them to the surrounding tissues. The additional trauma of surgery, especially when performed by someone not particularly familiar with the hand, only aggravated the situation. Foss Hauge (1955) in a retrospective study of several hundred flexor tendon injuries operated upon by surgeons without specialised experience in hand surgery demonstrated that in 95% of cases the results were poor.

In the years following Bunnell's coining of the phrase "No Man's Land" the generally accepted treatment was to postpone operation until the wound was healed completely, and then perform an elective secondary tendon transplant. In the hands of experienced surgeons this regime led to a significant improvement in results. Nevertheless, patients were inevitably subjected to long periods of incapacity. From the 1950's onwards, new insights into the healing phenomena of tendons, the development of better suture material, improved operative techniques, and increasing interest in traumatology in general and hand surgery in particular, led hand surgeons to return to primary suture of flexor tendons even in this precarious area. It became clear that, in selected cases, the results were equal to or even better than those achieved by the classical method of secondary tendon transplant, while the period of morbidity was significantly reduced. Thus the term "No Man's Land" gradually became obsolete. A summary of these developments is given in Chapter VIII.

Nevertheless, the aetiology of adhesion formation remained a subject of dispute. Two diametrically opposed schools of thought emerged. One maintained that tendon tissue was incapable of intrinsic regeneration, and that healing could only take place after the site of trauma had been revascularised from the surrounding tissues. Adhesion formation, according to this theory, was, therefore, essential to the healing process and any attempt to prevent it would only result in delay in or failure of healing. Many studies, both clinical and in experimental animals would seem to support this view (See Chapter I F).

Recent evidence has led to other school of thought to the view that primary healing of tendons does occur even in the absence of vascular adhesions. (Chapter I E). Matthews and Richards (1975, 1976 C) for instance, demonstrated in a study in rabbits that partial tendon lesions within the intact synovial sheath healed without trace of adhesions. Lundborg et al (1976, 1977 C, 1978, 1980 A) showed that an isolated and avascular section of a flexor tendon would remain vital provided it was maintained in a synovial fluid environment. Manske et al (1978 A and B, 1979) demonstrated that synovial fluid was the principal source of nutrition for tendons in those areas where they were normally located within a synovial sheath. Umeda (1976, 1978) described the day to day process of healing of flexor tendon defects in the domestic fowl. His conclusions also suggested an intrinsic capacity for healing on the part of tendon tissue.

If this is so then vascular adhesions are not a *conditio sine qua non* for the healing of tendons, and the problem then resolves itself into the elimination of the factors tending to adhesion formation.

The present experimental study was designed to answer the question: "Is it possible to demonstrate healing of primarily sutured tendons in the absence of adhesion formation in primates, and if so, will this result in the return of normal function?" It was essential for the purposes of the study to select a species whose flexor tendons correspond anatomically and functionally as closely as possible to those of humans in "No Man's Land".

For this reason the work was carried out in monkeys (Chapter III, A).

Factors influencing the development of adhesions in the area of the sheath may be summarised as follows:

1. The expected proliferation reaction is directly related to the amount of tissue damage. (Potenza,1964).
2. Strangulation of tendon tissue as a result of the introduction of suture material leads to diminution of the microcirculation in the tendon itself which will result in ischaemia and/or necrosis of parts of the tendon. (Bergljung,1968).
3. Ischaemia induces the formation of vascular adhesions in order to satisfy the increased metabolic demand. (Ellis,1962).
4. Excision of parts of the normal tendon sheath, in order to obtain sufficient space for the repaired tendons disturbs the normal synovial milieu of the tendon sheath and augments the tendency to form adhesions (Matthews,1979).
5. Loss of the integrity of the tendon sheath deprives the tendons of the nutritional function of the synovial fluid and exposes the damaged tendon to direct contact with the proliferative cells in the subcutaneous wound (Lundborg,1980,B).
6. Voluntary and involuntary action of muscles proximal to the injury is transmitted via the tendon to the site of trauma and may lead to its disruption unless adequate immobilisation is assured. (Lindsay,1959).
7. The degree of displacement of the adjacent tendon fragments (gap formation) is directly related to the extent of eventual adhesion formation. (Lindsay,1960 B).

In the present work an attempt was made to eliminate these causitive factors as far as possible. An account of materials and methods is given in Chapter IV. Despite initial difficulties in evolving satisfactory techniques, particularly of immobilising the severed portions, it was possible to demonstrate healing of flexor tendons without formation of adhesions in 19 monkey fingers.

Macroscopically, these sutured tendons were found to lie within their sheaths surrounded by synovial fluid and completely free of adhesions. The walls of

their sheaths were smooth, there was no interference with movement, and their excursions within the sheaths were of normal amplitude.

Histologically, the principal proliferative activity was located in the perivascular areas of the endotendon. Fibroblasts were seen to migrate from these perivascular areas towards the suture line, where they formed a granulation tissue in which, by means of new collagen fibres and ground substance, the normal characteristics of tendon tissue were restored. Prior to the migration of fibroblasts, capillary buds developed from pre-existing vessels in both tendon stumps in the direction of their junction. Longitudinal orientation of fibroblasts and collagen fibres resulted in restoration of continuity of the two stumps by means of normal tendon tissue.

Good apposition of the stumps was achieved by the complete elimination of muscle traction during the period of regeneration. Restoration of the integrity of the tendon sheath ensured that the suture lines were bathed in their own synovial fluid and all contact with surrounding tissue was avoided. The synovial fluid acts as a barrier, thus avoiding "spot-welding" between the two wound-areas.

It was essential to use the minimum of suture material to secure adequate apposition of the tendon stumps, and to ensure this suture material interfered as little as possible with the intratendinous vascular system, thus reducing ischaemia to a minimum.

Using Microfill^R, a medium which allows the fine capillary vessels to be visualised, it was possible to demonstrate that during the healing period the circulation was hardly impaired at all. In a number of animals, radiography following the injection of Micropaque^R demonstrated the restoration of the intrinsic circulation at the junction of the stumps.

The experiments described in the present study show that, provided all factors which tend to promote their formation are eliminated primary healing of tendons within the fibrosynovial sheath will take place in the absence of adhesions in primates. These findings tend to support the view that tendon tissue possesses an intrinsic regenerative potential, and that under ideal conditions adhesions are

not essential to the healing process. Clearly such ideal conditions are seldom if ever existant in the clinical situation. However, it is hoped that the results of this study (as described in Chapter V) will lead to a better understanding of the behaviour of the injured tendon and its clinical treatment.

Chapter VIII consists of a review of the current status of treatment of flexor tendon injuries as described in the literature. The flexor tendons of the hand are subdivided into zones (see fig. 14), each zone having its own special therapeutic problems. Particular attention is devoted to zone II, as this is technically the most difficult to treat. Kleinert (1967, 1973, 1981) has described a method whereby an over 80% success rate can be achieved even in Zone II. It consists of a combination of scrupulous surgical technique and early mobilisation of the treated fingers by means of so-called "dynamic traction".

The present author has treated flexor tendon injuries of the hand in 30 non-selected patients over a period of 15 months. These patients are described in Chapter IX. The success rate achieved was of the same order as that claimed by Kleinert.

However, it must be emphasised that flexor tendon injuries in the hand require specialised treatment. Given this treatment, the majority of such lesions need no longer lead to serious functional impairment; indeed in many cases treated surgically by the methods described, complete recovery will result.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR.

- Adamson, J.E., Wilson, J.N.: The History of Flexor Tendon Grafting. J. Bone & Joint Surg, 43A; 709-716, 1961.
- Allieu, Y. : L'Utilization du barb-wire de Jennings en chirurgie de la main. Ann. Chir., 31; 359-361, 1977.
- Alnot, J.Y., Duparc, J. : Plaies récentes des deux tendons fléchisseurs au doigt. Rev. Clin. Orth. 60; 531-547, 1974.
- Apfelberg, D.B., Maser, M.R., Lash, H., Keoshian, L.: "IP-flexor lag" after thumb flexor reconstruction. Causes and solution. Hand, 12; 167-172, 1980.
- Armenta, E., Lehrman, A.: The vincula to the flexor tendons of the hand. J. Hand Surg. 5; 127-134, 1980.
- Arons, M.S. : Purposeful delay of the primary repair of cut flexor tendons in "some-man's land" in children. P.R.S. 53; 638-642, 1974.
- Ashley, F.L., Stone, R.S., Alonso-Artieda, M.e.a. : Experimental and Clinical studies of the application of monomolecular cellulose-filter tubes to create artificial tendon sheaths in digits. P.R.S. 23; 526-534, 1959.
- Ahsley, F.L., McConnell, D.V., Polak, T., Stone, R.S. and Marmor, L.: An evaluation of the healing process in avian digital flexor tendons and grafts following the application of an artificial tendon sheath. P.R.S. 33; 411-421, 1964.A.
- Ashley, F.L., McConnell, D.V., Polak, T., Stone, R.S. and Marmor, L.: Further studies on the use of irradiated homografts and artificial sheaths in avian and mammalian tendon injuries. P.R.S. 33; 522-531, 1964 B.
- Austin, R.T., Walker, F. : Flexor tendon healing and adhesion formation after Sterispon wrapping. A study in the rabbit. Injury, 10; 211-216, 1979.
- Backhouse, K.M. : The dynamics of digital movement. Proc. Second Hand Club. ; 299-300, 1965.
- Bang Rasmussen, K. : Profundus grafts in the presence of an intact sublimis. Proc. Second Hand Club. ; 106-110, 1961.
- Bang Rasmussen, K. : Median nerve used as tendon graft. Proc. Second Hand Club. ; 363-364, 1965.
- Banfred, T. : Histology of the rat achilles tendon before and after tendon rupture. Acta Path. Microbiol. Scand. Section A 79; 287-292, 1971.
- Barton, N.J. : Experimental study of optimal location of flexor tendon pulleys. P.R.S. 43; 125-129, 1969.
- Bassett, C.A.L., Carroll, R.E.: Formation of tendon sheath by Silicone-rod implants. J. Bone & Joint Surg. 45A; 884-885, 1963.

- Bäuerle, E., Reill, P.: Ergebnisse und Erfahrungen nach 100 Beugesehnen-transplantationen unter Verwendung des Silastikstabs. Unfallheilk. 79; 513-521, 1976.
- Beasley, R.W.: Principles of Managing Acute Hand Injuries. In Converse's Reconstructive Plastic Surgery. Sec. ed. W.B.Saunders Co, Philadelphia, pp. 3060-3078, 1977.
- Becker, H., Davidoff, M.: Eliminating the gap in flexor tendon surgery. A new method of suture. Hand 9; 306-311, 1977.
- Becker, H.: Primary repair of flexor tendons in the hand without immobilization. Preliminary report. Hand 10; 37-47, 1978.
- Becker, H., Orak, F., Duponselle, E.: Early active motion following a beveled technique of flexor tendon repair. Report on fifty cases. J. Hand Surg. 4; 454-460, 1979.
- Becker, H., Graham, M.F., Cohen, I.K., Diegelmann, R.F.: Intrinsic tendon cell proliferation in tissue culture. J. Hand Surg. 6; 616-619, 1981.
- Bell, J.C., Mason, M.L., Koch, S.L., Stromberg, W.B.: Injuries to flexor tendons of the hand in children. J. Bone & Joint Surg. 40A; 1220-1230, 1958.
- Berger, A., Deisenhammer, W.: Erfahrungen mit der zweizeitigen Beugesehnen-transplantation. Handchirurgie 10; 223-225, 1978.
- Bergljung, L.: Vascular reactions after tendon suture and tendon transplantation. A stereo-microangiographic study on the calcaneal tendon of the rabbit. Scand. J. Plast. Rec. Surg. Suppl. 4; 1-62, 1968.
- Bergljung, L.: Vascular reactions in tendon healing. Stereomicroangiographic studies of tendon suturing techniques and tendon transplantation. Angiology 21; 375-384, 1970.
- Bilos, Z.J., Hui, P.W.T., Stamelos, S.: Trigger finger following partial flexor tendon laceration. Hand 9; 232-233, 1977.
- Birdsell, D.C., Tustanoff, E.R., Lindsay, W.K.: Collagen production in regenerating tendon. P.R.S. 37; 504-511, 1966.
- Bishop, W.J.: The early history of Surgery. Edit. Robert Hale Ltd. London, 1960.
- Blanton, P.L., Biggs, N.L.: Ultimate tensile strength of fetal and adult human tendons. J. Biomechanics 3; 181-189, 1970.
- Blum, L.: Partial myotomy in the treatment of divided flexor tendons of the hand. A report of two cases. Ann. Surg. 113; 460-463, 1941.
- Boer, A.de, Robinson, P.H., Huffstadt, A.J.C.: Veranderde inzichten over buigpeesletsels in duim en vingers. N.T.v.G. 126; 361-365, 1982.
- Bolton, H.: Primary tendon repair. Hand 2; 56-57, 1970.
- Bolton, H.: Primary tendon repair. Proc. Second Hand Club 23, 1958.

- Bora, F.W., Lane, J.M., Prockop, D.J.: Inhibitors of collagen biosynthesis as a means of controlling scar formation in tendon injury. *J. Bone and Joint Surg.* 54 A; 1501-1508, 1972.
- Boyes, J.H.: Problems of tendon grafts in the finger and thumb: an evaluation of end results. *J. Bone and Joint Surg.* 32 A; 489-499, 1950.
- Boyes, J.H.: Why tendon repair? Editorial. *J. Bone and Joint Surg.* 41 A; 577-579, 1959.
- Boyes, J.H., Wilson, J.N., Smith, J.W.: Flexor tendon ruptures in the forearm and hand. *J. Bone and Joint Surg.* 42 A; 637-645, 1960.
- Boyes, J.H.: Problems of tendon surgery. *Am. J. Surg.* 109; 269-271, 1965.
- Boyes, J.H. and Stark, H.H.: Flexor tendon grafts in the finger and thumb. *J. Bone and Joint Surg.* 53 A; 1332-1342, 1971.
- Boyes, J.H.: Tribute, Sterling Bunnell, 1882-1957. *J. Hand Surg.* 6; 217-220, 1982.
- Braithwaite, F.: The vascularisation of a tendon graft. *Brit. J. Plast. Surg.* 4; 130-135, 1951.
- Brand, P.W.: Tendon grafting. Illustrated by a new operation for intrinsic paralysis of the finger. *J. Bone and Joint Surgery* 43 B; 444-453, 1961.
- Brockis, J.G.: The blood supply of the flexor and extensor tendons of the fingers in man. *J. Bone and Joint Surg.* 35B; 131-138, 1953.
- Bruchle, H.: Experimental study on tendon grafting and conservation of tendons. *Proc. Second Hand Club* 500, 1967.
- Brug, E., Stedtfeld, H.W.: Experience with a two staged pedicled Flexor Tendon Graft. *Hand*, 11; 198-205, 1979.
- Brummer, H.: The effect of growth and thyreotropic hormones on tendon healing. *Proc. of Second Hand Club* 108, 1961.
- Brunelli, G., Morelli, E., Salvi, V.: Traumatic lesions of tendons and ligaments of the proximal interphalangeal joint. *Hand* 7; 43-45, 1975.
- Bruner, J.M.: Surgical exposure of the flexor pollicis longus tendon. *The Hand* 7; 241-245, 1975.
- Bsteh, O.: Sehnentransfixation bei Sehnendurchtrennungen. *Chir. Praxis* 3; 317-320, 1958.
- Buck-Gramcko, D., Dietrich, F.E., Gögge, S.: Bewertungskriterien bei Nachuntersuchungen von Beugesehnenwiederherstellungen. *Handchirurgie* 8; 65-69, 1976.
- Buck-Gramcko, D.: Erstbehandlung von Beugesehnenwunddurchtrennungen an den Hand. *Unfallheilkunde* 80; 57-60, 1977.

- Buck-Gramcko, D.: Behandlung von Weichteilverletzungen der kindlichen Hand. Handchirurgie 10; 185-196, 1978.
- Buckman, R.F., Hufnagel, H.V., Olivier, G., Buckman, P.D., Zuidema, G.D.: Some effects of Bunnell suture on otherwise uninjured tendon in subhuman primates. Surgery 82; 660-666, 1977 A.
- Buckman, R.F., Woods, M., Bell, W.R., Buckman, P.D., Zuidema, G.D.: Modification of postoperative tendon adhesions by anicrod defibrinogenation. Surgery 82; 721-726, 1977 B.
- Buncke, H.J.: Mobilization of the injured hand. P.R.S. 44; 89-90, 1969.
- Bunnell, S.: Repair of tendons in the fingers and description of two new instruments. Surg. Gyn. Obst. 26; 103-110, 1918.
- Bunnell, S.: Surgery of the Hand. J.B. Lippincott Company, Philadelphia, pp. 381-466 en 619-630, 1944.
- Calderwood, J.W., Dickie, W.R.: Tourniquet paresthesia complicating tendon grafting. Hand 4; 53-55, 1972.
- Cameron, R.W., Conrad, R.N., Sell, K.W., Latham, W.D.: Freeze-dried composite tendon allografts: An experimental study. P.R.S. 47; 39-46, 1971.
- Campbell Reid, D.A.: Some problems of flexor tendon surgery. Proc. Second Hand Club 500-501, 1967.
- Campbell Reid, D.A.: The isolated flexor digitorum profundus lesion. Hand 1; 115-117, 1969.
- Caplan, H.S., Hunter, J.M., Merklin, R.J.: Intrinsic vascularisation of flexor tendons. A.A.O.S. Symposium on tendon surgery in the hand. 48-58, 1972.
- Carstam, N.: The effect of cortisone on the formation of tendon adhesions and on tendon healing. Acta Chir. Scand. Suppl. 82; 1-111, 1953.
- Chacha, P.: Free autologous composite tendon grafts for division of both flexor tendons within the digital theca of the hand. J. Bone and Joint Surg. 56 A; 960-978, 1974.
- Chamay, A., Gabbiani, G.: Digital contracture deformity after implantation of a Silicone prosthesis; Light and electron microscopic study. J. Hand Surg. 3; 266-270, 1978.
- Chang, W.H.J., Thoms, O.J., White, W.L.: Avulsion injury of the long flexor tendons. P.R.S. 50; 260-264, 1972.
- Chaplin, D.M.: The vascular anatomy within normal tendons, divided tendons, free tendon grafts and pedicle tendon grafts in rabbits. A microradio-angiographic study. J. Bone and Joint Surg. 55 B; 369-389, 1973.
- Chase, R.: Muscle tendon kinetics. Am. J. Surg. 109; 277-282, 1965.

- Chong, J.K., Cramer, L.M., Culf, N.K.: Combined two-stage tenoplasty with silicone rods for multiple flexor tendon injuries in "no-man's-land". *J. Trauma* 12; 104-121, 1972.
- Chuinard, R.G., Dabezies, E.J., Mathews, R.E.: Two staged superficialis tendon reconstruction in severely damaged fingers. *J. Hand Surg.* 5; 135-143, 1980.
- Chunprapaph, B., Ray, R.D.: Telescoping Suture. *Hand*, 13; 120-128, 1981.
- Colville, J., Callison, J.R., White, W.L.: Role of mesotenon in tendon blood-supply. *P.R.S.* 43; 53-60, 1969 A.
- Colville, J., and Dickie, W.R.: Tendon graft length. *Brit. J. Plast. Surg.* 22; 37-40, 1969 B.
- Colville, J.: Tendon graft function. *Hand* 5; 152-154, 1973.
- Conway, H., Smith, J.W., Elliott, M.P.: Studies on the revascularisation of tendons grafted by silicone rod technique. *P.R.S.* 46; 582-586, 1970.
- Cooper, R.R.: Alterations during immobilisation and regeneration of skeletal muscle in cats. *J. Bone and Joint Surg.* 54 A; 919-953, 1972.
- Crabbe, W.A.: Some experiences with artificial tendons. *Proc. of Second Hand Club* 247-248, 1963.
- Craver, J.M., Madden, J.W., Peacock, E.E.: The effect of sutures, immobilisation and tenolysis on healing of tendons: A method for measuring work of digital flexion in a chicken's foot. *Surgery* 64; 437-442, 1968.
- Crawford, G.N.C.: The growth of striated muscle immobilized in extension. *J. Anat.* 114; 165-183, 1973.
- Crawford, G.N.C.: The growth of muscle following tenotomy. *J. Anat.* 120; 581-593, 1975.
- Crawford, G.C.N.: Some effects of tenotomy on adult striated muscles. *J. Anat.* 123; 389-396, 1977.
- Criete, G.L.: De peeshechting in de hand. *Universitair proefschrift*, 1946.
- Daben, D., Engelhardt, G.H., Struck, H.: Wundheilung und Kollagenstoffwechsel. *Res. Exp. Med.* 157; 242-244, 1972.
- De Reuck, J., van der Eecken, H.: Biometrical and histochemical comparison between extra- and intrafusal muscle fibres following tenotomy. *Path. Europ.* 1; 281-284, 1976.
- Dümmler, B., Köhmlin, H.E., Jung, P.: Tierexperimentelle Ergebnisse zum alloplastischen Sehnenersatz mit der Bader-Sehnen Prothese. *Handchirurgie*, 9; 11-13, 1977.
- Duran, R.J.: Controlled passive motion following flexor tendon repair in zones 2 and 3. *A.A.O.S. Symp. on tendon Surg. in the Hand*. pp 105 e.v., C.V. Mosby Co., St. Louis Mo, 1975.

- Eccles, J.C.: Investigations on muscle atrophies arising from disuse and tenotomy. *J. Physiol.* 103; 253-266, 1944.
- Edwards, D.A.W.: The blood supply and lymphatic drainage of tendons. *J. Anat.* 80; 147-152, 1946.
- Edwards, L.C., Dunphy, J.E.: Wound healing. 1. Injuring and normal repair. *New England J. Med.* 259; 224-233, 1958.
- Edwards, E.A.: Organisation of the small arteries of the hand and digits. *Am. J. Surg.* 99; 837-846, 1960.
- Egloff, D.V., Verdan, C.: Valeur des Ténolyses des Tendons Fléchisseurs. *Ann. Chir.* 33; 663-667, 1979.
- Eiken, O., Rank, F.: Experimental restoration of the digital synovial sheath. *Scand. J. Plast. Reconst. Surg.* 11; 213-218, 1977.
- Eiken, O., Hagberg, L., Rank, F.: The healing process of transplanted digital tendon sheath synovium. Experimental autoradiographic studies in chickens. *Scand. J. Plast. Surg.* 12; 225-230, 1978.
- Eiken, O., Holmberg, J., Ekerot, L., Sälgeback, S.: Restoration of the digital tendon sheath. A new concept of tendon grafting. *Scand. J. Plast. Rec. Surg.* 14; 89-97, 1980.
- Ejeskär, A.: Flexor Tendon Repair in "No man's land". A follow-up study on Primary Tendon Repair ad modum Verdan. *Scand. J. Plast. Rec. Surg.* 14; 273-277, 1980.
- Ejeskär, A., Ortengren, R.: Isolated finger flexion force-A methodological study. *Hand*, 13; 223-230, 1981.
- Ejeskär, A.: Finger flexion force and hand grip strength after tendon repair. *J. Hand Surg.* 6; 61-65, 1982.
- Ellis, H.: The ethiology of post-operative abdominal adhesions. *Br. J. Plast. Surg.* 50; 10 e.v., 1962.
- Emery, F.E.: Immediate mobilisation following flexor tendon repair. A preliminary report. *J. Trauma* 17; 1-7, 1977.
- Enna, C.D., Dyer, R.F.: Tendon plasticity- a property applicable to reconstructive surgery of the hand 8; 118-124, 1976.
- Entin, M.A.: Philosophy of tendon and grafting in children. *Am. J. Surg.* 109; 287-293, 1965.
- Entin, M.A.: Philosophy of tendon repair. *Orth. Clin. N. Americ.* 4; 859-864, 1973.
- Eskeland, G., Eskeland, T., Hovig, T., Teigland, J.: The ultrastructure of normal digital flexor tendon sheath and of the tissue formed around silicone and polythylene implants in man. *J. Bone and Joint Surg.* 59 B; 206-212, 1977.
- Evans, D.M.: A troublesome flexor tendon anomaly. *Hand*, 14; 51-52, 1982.

- Farkas, L.G., McCain, W.G., Sweemey, P., Wilson, W., Hurst, L.N., Lindsay, W.A.: An experimental study on the changes following silastic rod preparation of a new tendon sheath and subsequent tendon grafting. *J. Bone and Joint Surg.* 55 A; 1149-1158, 1973.
- Farkas, L.G., Thomson, H.G., Martin, R.: Some practical notes on the anatomy of the chicken toe for surgeon investigators. *P.R.S.* 54; 452-458, 1974.
- Farkas, L.G.: Use of interposed flap of tendon sheath to prevent adhesion after the repair of cut flexor profundus tendon. Experimental study in chickens. *P.R.S.* 62; 404-406, 1978.
- Farkas, L.G., Lindsay, W.K.: Functional return of tendon grafts protected entirely by pseudosheath. Experimental study. *P.R.S.* 65; 188-194, 1980.
- Fetrow, K.O.: Tenolysis in the hand and wrist. A clinical evaluation of two hundred and twenty flexor and extensor tenolyses. *J. Bone and Joint Surg.* 49 A; 667-685, 1967.
- Fisk, G.R.: Flexor reflections or "where do we go from here?". *Proc. of Second Hand Club* 206-209, 1962.
- Fisk, G.R.: Flexor tendon repair by advancement in the forearm. *Proc. of Second Hand Club* 244-247, 1963.
- Flynn, J.E.: Problems with trauma to the hand. *J. Bone and Joint Surg.* 35 A; 132-140 + 171, 1953.
- Flynn, J.E., Graham, J.H.: Healing of tendon wounds. *Am. J. Surg.* 109; 315-324, 1965.
- Forgon, M., Biro, V.: Reconstruction of the digital tendon sheath in "no man's land" with autologous transplanted vein graft. *Hand* 10; 28-35, 1978.
- Foss Hauge, M.: The results of tendon suture of the hand. A review of 500 patients. *Acta Orthop. Scand.* 24; 258-270, 1955.
- Foucher, G., Prévost, P., Merle, M., Sibilly, A., Michon, J., Fixation "en rappel" du tendon fléchisseur profond en zone I. *Ann. Chir.* 32; 613-614, 1978.
- Fowler, S.B.: The management of tendon injuries. Editorial. *J. Bone and Joint Surg.* 41 A: 579-580, 1959.
- Furlow, L.T.: Homologous flexor mechanism replacement in four fingers of one hand. Case report. *P.R.S.* 43; 531-535, 1969.
- Furlow jr, L.T.: The role of tendon tissues in tendon healing. *P.R.S.* 57; 39-49, 1976.
- Gaisford, J.C.: Tendon grafting: a suggested technique. *P.R.S.* 38; 302-308, 1966.
- Garlock, J.H.: The repair processes in wounds of tendons and in tendon grafts. *Ann. Surg.* 85; 92-103, 1927.

- Gelberman, R.H., Amiel, D., Gonsalves, M., Woo, S., Akesson, W.H.: The influence of protected passive mobilisation on the healing of flexor tendons. *Hand*. 13; 120-128, 1981.
- Gelberman, R.H., Woo, S.L-Y, Lothringer, K., Akesson, W.H., Amiel, D.: Effects of early intermittent passive mobilisation on healing Canine flexor tendons. *J. Hand Surg.* 6; 170-175, 1982.
- Geldmacher, J.: Die zweizeitige freie Beugesehnentransplantation. *Handchirurgie* 3; 109-120, 1969.
- Geldmacher, J., König, D.U.: Tierexperimentelle Untersuchungen zur profylaxe postoperative Adhäsionen bei freien Beugesehnentransplantationen. *Handchirurgie*, 4; 143-148, 1971.
- Gillies, H., Chalmers, J.: The management of Fresh Ruptures of the Tendo Achillis. *J. Bone & Joint Surg.* 52 A; 337-343, 1970.
- Giersberg, O., Reichmann, W.: Funktionelle Ergebnisse der freien Beugesehnentransplantationen. *Chir. Plast. et Reconst.* Band 6, 50-53, 1969.
- Goldner, J.L., Coonrad, R.W.: Tendon grafting of the flexor sublimis. *J. Bone and Joint Surg.* 51 A; 527-532, 1969.
- Gonzales, R.I.: Experimental tendon repair within the flexor tunnels. The use of hydrocortisone without improvement of function in dogs. *J. Bone and Joint Surg.* 35 A; 991-993, 1953.
- Gonzales, R.I.: Experimental use of teflon in tendon surgery. *P.R.S.* 23; 535-539, 1959.
- Goshgarian, G.G.: Retrieving the proximal end of a severed flexor tendon. *P.R.S.* 62; 108, 1978.
- Grant, G.: The effect of cortisone on healing of tendons in rabbits. *J. Bone and Joint Surg.* 35 A; 525, 1953.
- Grau, H.R.: The artificial tendon: an experimental study. *P.R.S.* 22; 562-566, 1958.
- Gray's Anatomy 35th ed. Longman, Edinburgh. pp.36-41;542-559;651-656, 1973.
- Green, W.L., Niebauer, J.J.: Results of primary and secondary flexor tendon repair in "no man's land". *J. Bone and Joint Surg.* 56 A; 1216-1222, 1974.
- Greulich, M., Wilhelm, K., Nelizing, Ch.: Die tenolyse. *Chir. Praxis* 22; 77-85, 1977 A.
- Greulich, M., Lanz, U., Glöckner, J.: Sehnennaht im Bereich der Sehnenscheide; Experimentelle Untersuchungen. *Handchirurgie* 9; 113-118, 1977 B.
- Grewal, R.S., Mittal, V.K.: Repair of tendons with cutis grafts. *Int. Surg.* 54; 115-118, 1970.
- Grillo, H.C., Gross, J.: Collagenolytic Activity during mammalian wound repair. *Developmental Biology* 15; 300-317, 1967.
- Guekdjian, S.A.: A new method of canalizing tendon sutures with vein grafts. *Arch. Surg.* 73; 1018-1021, 1956.

- Gurlt, E.: Geschichte der Chirurgie. Georg Olms Verlagsbuchhandlung, Hildesheim, 1964.
- Haas, W.H.D., de: Synovialis. N.T.v.G. 105; 1751-1756, 1961.
- Hage, J., Dupuis, C.C.: The intriguing fate of tendon grafts in small children's hands and their results. Brit. J. Plast. Surg. 18; 341-349, 1965 A.
- Hage, J.: Problemen en resultaten bij het gebruik van peesenten in vingers van kinderen. N.T.v.G. 11; 1514, 1965 B.
- Hage, J., Tjoa, T.: Functional results after digital flexor tendon grafting. Arch. Clin. Neerl. 19; 57, 1967.
- Hansson, H.-A., Lundborg, G., Rydevik, B.: Restoration of superficially damaged flexor tendons in synovial environment. Scand. J. Plast. Rec. Surg. 14; 109-114, 1980.
- Harper, G.E., Lowery, S., Wray, J.B.: Histochemical studies of tendon healing. Surg. Forum 21; 460-462, 1970.
- Harrison, S.H.: Primary flexor tendon grafts. Brit. J. Plast. Surg. 11; 106-110, 1958.
- Harrison, S.: One hundred flexor tendon repairs. Proc. of Second Hand Club 87-88, 1960.
- Harrison, S.H.: Repair of digital flexor tendon injuries in the hand. Brit. J. Plast. Surg. 14; 211-230, 1961.
- Harrison, S.H.: Swan's neck deformity of the fingers. Brit. J. Plast. Surg. 18; 79-87, 1965.
- Harrison, S.H.: Delayed primary flexor tendon grafts. Hand. 1; 106-107, 1969.
- Hartman and Straus: The muscular system; muscles of the upper extremity. Anatomy of the rhesus monkey, pp. 127-149. 1960.
- Hauck, G.: Über Sehnenverletzungen, Sehnenregeneration und Sehnennaht. Archiv. fr. Klin. Chir. 128; 568-585, 1924.
- Hausmann, P.: Verschleppte Perforation eines Kunststoffplatzhalters nach Beugesehnenverletzung. Handchirurgie 10; 237-238, 1978.
- Helal, B.: Silastics in tendon surgery. The hand 1; 120-121, 1969.
- Helal, B.: The use of silicone rubber spacers in flexor tendon surgery. The Hand 5; 85-90, 1973.
- Hernandez, A., Velasco, F., Rivas, A., Preciado, A.: Preliminary report on early mobilisation for the rehabilitation of flexor tendon. P.R.S. 40, 354-358, 1967.
- Hirsch, G.: Tensile properties during tendon healing. A comparative study of intact and sutured rabbit peroneus tendons. Acta Orthop. Scand. Supp. 153; 7-81, 1974.
- Hofer, H., Schultz, A.H., Starck, D.: Primatologia. Handbuch der Primatenkunde. Lieferung 3. II, Teil 1, pp. 192-201. Karger Verlag, Basel. 1961.

- Holle, J., Freilinger, G., Mandl, H.: Die zweizeitige Beugesehnentransplantation in der Replantationschirurgie. Handchirurgie 10; 233-236, 1978.
- Holm, C.L., Embick, R.P.: Anatomical considerations in the primary treatment of tendon injuries of the hand. J. Bone and Joint Surg. 41 A; 599-608, 1959.
- Holmes, I.: Variations in tendon cell morphology with animal, site and age. J. Anat. 108; 305-309, 1971.
- Holms, W.: Primary suture of flexor tendons in the danger zone. The Hand 6; 17-20, 1974.
- Honig, C.A.: Behandeling van letsels van buigpezen in de hand in hun loop door peesscheden. N.T.v.G. 14; 1037, 1956.
- Honner, R.: The late management of the isolated lesion of the flexor digitorum profundus tendon. Hand 7; 171-174, 1975.
- Honner, R., Meares, A.: A review of 100 flexor tendon reconstructions with prothesis. Hand 9; 226-231, 1977.
- Howard, L.D., Bunnell, S., Pratt, D.R.: The use of compound F. Hydrocortone in operative and non operative conditions of the hand. J. Bone and Joint Surg. 35 A; 526, 1953.
- Hueck, H.: Über Sehnenregeneration innerhalb echter Sehnenscheiden. Archiv. f. Klin. Chir. 127; 137-164, 1923.
- Hueston, J.T., Hubble, B., Rigg, B.R.: Homografts of the digital flexor tendon system. Austr. and New Zeal. J. of Surg. 36; 269-274, 1967.
- Hueston, J.T., Wilson, W.F.: Flexor fibre protrusion through the digital fibrous flexor sheath. The Hand 5; 39-42, 1973.
- Huffstadt, A.J.C.: Vrije peestransplantatie bij de behandeling van buigpeesletsels aan duim en vingers. Thesis, 1958.
- Hunter, J.: Artificial tendons. Early development and application. Am. J. Surg. 109; 325-338, 1965.
- Hunter, J.M., Salisbury, R.E.: Use of gliding artificial implants to produce tendon sheaths. Techniques and results in children. P.R.S. 45; 564-572, 1970.
- Hunter, J.M., Salisbury, R.E.: Flexor tendon reconstruction in severely damaged hands. J. Bone and Joint Surg. 53 A; 829-858, 1971.
- Hunter, J.M., Rob & Smith: Two-stage tendon reconstruction using gliding implants. Operative Surgery The Hand. Butterworths. 134-149, 1977.
- Hurst, L.N., McCain, W.G., Lindsay, W.K.: Results of tenolysis. A controlled evaluation in chickens. Plast. Rec.Surg. 52; 171-173, 1973.

- Hyvärinen, J. e.a.: Use of monkeys as experimental animals. Report of a ten-year experience in a Nordic Country. *V.Medica*, 172 e.v., Helsinki, 1978.
- Inglis, A.E., Scott, W.N., Sculco, T.P., Patterson, A.H.: Ruptures of the Tendo Achillis. An objective Assessment of Surgical and non-Surgical Treatment. *J. Bone & Joint Surg.* 58-A; 990-993, 1976.
- Inoue, H., Takasugi, H., Akahori, O.: Surface study of tenosynovium in hens and humans by electron microscopy. *Hand* 8; 221-227, 1976.
- Iselin, M.: *Lésions des tendons*, pp. 200-265. *Chirurgie de la Main; Livre du chirurgien*. Masson et Cie, Ed., Paris, 1955.
- Iselin, M.: "Delayed Emergency" in fresh wounds of the hand. *Proc. Royal Soc. Med.* 51; 27-28, 1958.
- Iselin, M., Plaza, R.de la, Flous, A.: Surgical use of homologous tendon grafts preserved in Cialit. *P.R.S.* 32; 410-413, 1963.
- Jaffe, S., Weckesser, E.: Profundus tendon grafting with the sublimis intact. *J. Bone and Joint Surg.* 49 A; 1298-1308, 1967.
- James, J.I.P.: Cortisone in tenolysis. *Proc. of Second Hand Club* 55-65, 1960.
- James, J.I.P.: The value of tenolysis. *The Hand* 1; 118-119, 1969.
- James, J.I.P.: Editorial; suture or tendon graft? *J. Bone and Joint Surg.* 52 B; 203-204, 1970.
- Janssen de Limpens, A.M.P.: The treatment of tendon and nerve lesions in the hand. *Arch. Chir. Neerl.* 21; 17-29, 1969.
- Jenkins, D.H.R., McKibbin, B.: The role of flexible Carbon-fibre implants as tendon and ligament substitutes in clinical Practice. A preliminary Report. *J. Bone & Joint Surg.* 62 B; 497-499, 1980.
- Jensen, E.G., Weilby, A.: Primary tendon suture in the thumb and fingers. *The Hand* 6; 297-303, 1974.
- Joseph, K.N., Kalus, A.M., Sutherland, A.B.: Glass injuries of the Hand in Children. *Hand* 13; 129-141, 1981.
- Just, E.: Über die funktionelle Prognose der Sehnenbehandlung. *Arch. für Klin. Chir.* 124; 165-177, 1923.
- Kahn, S.: A dynamic tenodesis of the distal interphalangeal joint, for use after severance of the profundus alone. *P.R.S.* 51; 536-540, 1973.
- Kaplan, E.B.: *Functional and surgical anatomy of the hand*. J.B. Lippincott Company, Philadelphia, 1953.
- Kaplan, E.B.: *Functional and surgical anatomy of the hand*. Second edition. J.B. Lippincott Company, London, 1965.
- Kelly, A.P.: Primary tendon repairs. A study of 789 consecutive tendon severances. *J. Bone and Joint Surg.* 41 A; 581-598, 1959.

- Kessler, I., Nissim, F.: Primary repair without immobilisation of flexor tendon division within the digital sheath. An experimental and clinical study. *Acta orthop. Scand* 40; 587-601, 1969.
- Kessler, F.B.: Use of a pedicled tendon transfer with a silicone rod in complicated secondary flexor tendon repairs. *P.R.S.* 49; 439-443, 1972.
- Kessler, I.: The "grasping" technique for tendon repair. *Hand* 5; 253-255, 1973.
- Ketchum, L.D.: Effects of triamcinolone on tendon healing and function. *P.R.S.* 47; 471-482, 1971.
- Ketchum, L.D., Martin, N.L., Kappel, D.A.: Experimental evaluation of factors affecting the strength of tendon repairs. *P.R.S.* 59; 708-719, 1977 A.
- Ketchum, L.D.: Primary tendon healing: A review. *J. Hand Surg.* 2; 428-435, 1977 B.
- Kilgore, E.S. et al.: The dubiousness of grafting the dispensable flexor pollicis longus. *Am. J. Surg.* 132; 292, 1976.
- Kilgore, E.S., Graham, W.P.: The Hand, surgical and non-surgical management. Lea & Febiger, Philadelphia, pp 162-210, 1977.
- Klein, L., Lunseth, P.A., Aadalen, R.J.: Comparison of functional and non-functional tendon grafts. *J. Bone and Joint Surg.* 54 A; 1745-1753, 1972.
- Kleinert, H.E., Kutz, J.E., Ashbell, T.S., Martinez, E.: Primary repair of lacerated flexor tendon in "no man's land". *J. Bone and Joint Surg.* 49 A, 577, 1967.
- Kleinert, H.E., Kutz, J.E., Atasoy, E., Storma, A.: Primary repair of flexor tendons. *Orth. Clin. N. Americ.* 4; 865-876, 1973.
- Kleinert, H.E., Meares, A.: In quest of the Solution to Severed Flexor Tendons. *Clin. Orthopaedics*, vol. 104; 23-29, 1974.
- Kleinert, H.E., Kutz, J.E., Cohen, M.J.: Primary Repair of Zone II flexor tendon lacerations, A.A.O.S. Symposium on tendon Surgery in the hand. pp. 91-104, C.V. Mosby Co. St. Louis, Mo, 1975 A.
- Kleinert, H.E., Forshe, F.C., Cohen, M.J.: Repair of Zone I flexor tendon injuries A.A.O.S. Symp. on Tendon Surgery in the hand. pp. 115-122, C.V. Mosby Co St. Louis, Mo. 1975 B.
- Kleinert, H.E.: Should an incompletely severed tendon be sutured? Commentary. *Plast. Rec. Surg.* 57: 236, 1976.
- Kleinert, H.E., Bennett, J.B.: Digital pulley reconstruction employing the always present rim of the previous pulley. *J. Hand Surg.* 3; 297-298, 1978.
- Kleinert, H.E., Schepel, S.J., Gill, T.: Flexor Tendon Injuries. *Surg. Clinics of North America* 61, 267-286, 1981.
- Koch, S.L.: Commentaar op artikel Flynn. *J. Bone and Joint Surg.* 35 A; 171, 1953.

- Koth, D.R., Sewell, W.H.: Freeze-dried arteries used as tendon sheath. Surg. Gyn. Obst. 615-620, 1955.
- Kuczynski, K.: The proximal interphalangeal joint. Anatomy and Causes of Stiffness in the Fingers. J. Bone and Joint Surg. 50 B; 656-663, 1968.
- Lang, J.: Über das Gleitgewebe der Sehnen, Muskeln, Fascien und Gefäße. Ztschr. für Anatomie und Entw.gesch. 122; 197-231, 1960.
- Lane, J.M., Black, J., Bora, F.W.: Gliding function following flexor-tendon injury. J. Bone and Joint Surg. 58 A; 985-990, 1976.
- Lane, C.S.: Reconstruction of the unstable proximal interphalangeal joint: The double superficialis tenodesis. J. Hand Surg. 3; 368-370, 1978.
- Lanz, V., Greulich, M., Kron, W., Weiland, W.: Zu direkten Beugeschnennaht im Sehnncheidenbereich den Finger. Handchirurgie 11; 55-60, 1979.
- Lea, R.B., Smith, L.: Non Surgical treatment of tendo achili rupture. J. Bone and Joint Surg. 54 A; 1398-1497, 1972.
- Leffert, R.D., Weiss, C., Athanasoulis, C.A.: The vincula. J. Bone and Joint Surg. 56 A; 1191-1198, 1974.
- Leistikow, P.A.: Healing of tendon autografts and preserved tendon allografts in induced tendon sheaths. Thesis pp. 220, 1975.
- Lexer, E.: Verwerthung der freien Sehnentransplantation. Arch. Klin. Chir. 98; 818, 1912.
- Lindsay, W.K., Thomson, H.G.: Digital flexor tendons: An experimental study, part. I. The significance of each component of the flexor mechanism in tendon healing. Brit. J. Plast. Surg. 12; 289-316, 1959.
- Lindsay, W.K., McDougall, E.P.: Digital flexor tendons: An experimental study. The fate of autogenous digital flexor tendon grafts. Part III. Brit. J. Plast. Surg. 13; 293-304, 1960 A.
- Lindsay, W.K., Thomson, H.G., Walker, F.G.: Digital flexor tendons: An experimental study. Part II. The significance of a gap occuring at the line of suture. Brit. J. Plast. Surg. 13; 1-9, 1960 B.
- Lindsay, W.K., McDougall, E.P.: Direct digital flexor tendon repair. P.R.S. 26; 613, 1960 C.
- Lindsay, W.K.: The current status of digital flexor tendon surgery research. Proc. Second Hand Club 289-290, 1964 A.
- Lindsay, W.K., Birch, J.R.: The fibroblast in flexor tendon healing. P.R.S. 34; 223-232, 1964 B.
- Linnartz, M.: Wie lässt sich die Spannung der Sehnenstümpfe bei der Naht alter Sehnenverletzungen ausschalten?. Zentralbl. fr. Chir. 7; 225-226, 1921 A.

- Linnartz, M.: Zur technik der Naht gescheideten Sehnen. Zentralbl.f. Chir. 10; 338-339, 1921 B.
- Lipscomb, P.R., Walum, K.G.: Regeneration of severed tendons: An experimental study. Proc. of Staff meeting of Mayo Clinic. 36; 273-282, 1961.
- Lister, G.D., Kleinert, H.E., Kutz, J.E., Atasoy, E.: Primary flexor tendon repair followed by immediate controlled mobilisation. J. Hand Surg. 2; 441-451, 1977 A.
- Lister, G.D.: The hand: Diagnosis and Indications. pp. 187. Churchill Livingstone Edinburgh, London, New York, 1977 B.
- Lister, G.D.: Reconstruction of pulleys employing extensor retinaculum. J. Hand Surg. 4; 461-464, 1979.
- Littler, J.W.: The severed flexor tendon. Surg. Clin. N. Amer. 39; 435-447, 1959.
- Lundborg, G.: The microcirculation in rabbit tendon; in vivo studies after mobilisation and transection. Hand 7; 1-10, 1975.
- Lundborg, G.: Experimental flexor tendon healing without adhesion formation a new concept of tendon nutrition and healing mechanisms. A preliminary report. Hand 8, 235-238, 1976.
- Lundborg, G., Myrhage, R.: The vascularisation and structure of the human digital tendon sheath as related to flexor tendon function. An angiographic and histological study. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. 11; 195-204, 1977 A.
- Lundborg, G., Myrhage, R., Rydevik, B.: The vascularisation of human flexor tendon within the digital synovial sheath region-structural and functional aspects. J. Hand Surg. 417-427, 1977 B.
- Lundborg, G., Eiken, O., Rank, F.: Synovium as a nutritional medium in tendon grafting. Handchirurgie 9; 107-111, 1977 C.
- Lundborg, G., Rank, F.: Experimental intrinsic healing of flexor tendons based upon synovial fluid nutrition. J. Hand Surg. 3; 21-31, 1978.
- Lundborg, G., Rank, F.: Experimental studies on cellular mechanisms involved in healing of animal and human flexor tendons in synovial environment. Hand 12; 3-11, 1980 A.
- Lundborg, G., Holm, S., Myrhage, R.: The role of the synovial fluid and tendon sheath for flexor tendon nutrition. An experimental tracer study on diffusional pathways in dogs. Scand J Plast. Rec. Surg. 14; 99-107, 1980 B.
- Lundborg, G., Hansson, H.A., Rank, F., Rydevik, B.: Superficial Repair of severed flexor tendons in synovial environment. An experimental ultrastructural study on cellular mechanisms. J. Hand Surg. 5; 451-461, 1980 C.

- Madsen, E.: Primary tendon suture with delayed emergency operation. Proc. of Second Hand Club 213-214, 1963.
- Madsen, E.: Delayed primary suture of flexor tendons cut in the digital sheath. J. Bone and Joint Surg. 52 B; 264-267, 1970.
- Mangus, D.J., Brown, F., Byrnes, W., Habal, A.: Tendon repairs with nylon and a modified pullout technique. P.R.S. 48; 32-35, 1971.
- Manske, P.R., Lesker, P.A.: Strength of Human Pulleys. Hand 9; 147-152, 1977.
- Manske, P.R., Whiteside, L.A., Lesker, P.A.: Nutrient pathways to flexor tendons using hydrogen washout technique. J. Hand Surg. 3; 32-36, 1978 A.
- Manske, P.R., Bridwell, K., Lesker, P.A.: Nutrient pathways to flexor tendons of chickens using tritiated proline. J. Hand Surg. 3; 352-357, 1978 B.
- Manske, P.R., Bridwell, K., Whiteside, L.A., Lesker, P.A.: Nutrition of flexor tendons in monkeys. Clin. Orthopedics and Related Research, 136; 294-298, 1978 C.
- Manske, P.R., Lesker, P.A., Bridwell, K.: Experimental studies in chickens on the initial nutrition of tendon grafts. J. Hand Surg. 4; 565-579, 1979.
- Martini, A., Kunert, P.: Spätergebnisse nach Beugesehnenverletzungen. Handchirurgie 7; 143-147, 1975.
- Mason, M.L., Shearon, C.G.: The process of tendon repair. An experimental study of tendon suture and tendon graft. Archives of Surgery 25; 615-692, 1932.
- Mason, M.L.: Primary and secondary tendon suture. A discussion of the significance of the technique in tendon surgery. Surg. Gyn. Obst. 70; 392-402, 1940.
- Mason, M.L., Allen, H.S.: The rate of healing of tendons. An experimental study of tensile strength. Am. J. Surg. 113; 424-459, 1941.
- Mason, M.L.: Primary tendon repair. Editorial. J. Bone and Joint Surg. 41 A; 575-577, 1959.
- Matev, I.: Flexor tendon grafting with utilisation of long grafts from the wrist to the end phalanx. Proc. Second Hand Club 377378, 1966.
- Matev, I.: Beugesehnenwiederherstellung an den Fingern durch lange Sehnen-transplantation. Handchirurgie 2; 226-227, 1970.
- Matev, I., Karagancheva, S., Trichkova, P., Tsekov, P.: Delayed primary suture of flexor tendons cut in the digital theca. Hand 12; 158-162, 1980.
- Matthews, P., Richards, H.: The repair potential of digital flexor tendons. An experimental study. J. Bone and Joint Surg. 56 B; 618-625, 1974.

- Matthews, P., Richards, H.: The repair reaction of flexor tendon within the digital sheath. *Hand* 7; 27-29, 1975.
- Matthews, P.: The fate of isolated segments of flexor tendons within the digital sheath; a study in synovial nutrition. *Brit. J. Plast. Surg.* 29;216-224, 1976 A.
- Matthews, P.: Vascular changes in flexor tendon after injury and repair. An experimental study. *J. Bone and Joint Surg.* 58 B; 130, 1976 B.
- Matthews, P., Richards, H.J.: Factors in the adherence of flexor tendon after repair. An experimental study in the rabbit. *J. Bone and Joint Surg.* 58 B; 230-236, 1976 C.
- Matthews, P.: The pathology of flexor tendon repair. *Hand* 11; 233-242, 1979.
- Mayer, L.: The physiological method of tendon transplantation. Experimental and clinical experience. *Surg. Gyn. Obst.* 22; 472-481, 1916 A.
- Mayer, L.: The physiological method of tendon transplantation. II operative technique. *Surg. Gyn. Obst.* 22;298-306, 1916 B.
- Mayer, L.: The physiological method of tendon transplantation. I Historical: anatomy and physiology of tendons. *Surg. Gyn. and Obst.* 22; 306-312, 1916 C.
- Mayer, L., Ransohoff, N.: Reconstruction of the digital tendon sheath. A contribution to the physiological method of repair of damaged finger tendons. *J. Bone and Joint Surg.* 18; 607-616, 1936.
- Mayer, L.: Editorial Suture on tendon graft? An addendum to editorial of Professor J.I.P. James in the may 1970 issue of this journal. *J. Bone and Joint Surg.* 53 B; 1-2, 1971.
- Mayou, B.J., Harrison, S.H.: The length of flexor tendon graft. *Hand* 10; 48-51, 1978.
- McCash, C.R.: Experimental use of polyethylene. *Proc. of Second Hand Club* 107-108, 1961 A.
- McCash, C.R.: The immediate repair of flexor tendons. *Brit. J. Plast. Surg.* 27; 155-164, 1961 B.
- McCash, C.R.: General principles in the repair and care of tendon injuries in the hand. *Proc. of Second Hand Club* 250-253, 1963.
- McClinton, M.A., Curtis, R.M., Wilgis, E.F.S.: One hundred tendon grafts for isolated flexor digitorum profundus injuries. *J. Hand Surg.* 6; 224-229, 1982.
- McDowell, C.L., Snyder, D.M.: Tendon healing: Experimental model in the dog. *J. Hand Surg.* 2;122-126, 1977.
- McFarlane, R.M., Lamon, R., Jarvis, G.: Flexor tendon injuries within the finger. A study of the results of tendon suture and tendon grafts. *J. Trauma* 8, 987-1003, 1968.
- McGregor, I.: A curious case of cut tendons. *Proc. of Second Hand Club* 75-76, 1960.

- McGrouther, D.A., Ahmed, M.R.: Flexor tendon excursions in "no-man's land". Hand, 13; 129-141, 1981.
- McKee, G.K.: Metal anastomosis tubes in tendon suture. Lancet 659-660, 1945.
- McKenzie, A.R.: An experimental multiple barbed suture for the long flexor tendons of the palm and finger. Preliminary report. J. Bone and Joint Surg. 49 B; 440-447, 1967 A.
- McKenzie, A.R.: Function after reconstruction of severed long tendons of the hand. A review of 297 tendons. J. Bone and Joint Surg. 49 B; 424-439, 1967 B.
- Meulen, J.C. van der: Healing and repair of tendons. Hand 1; 79-82, 1969 A.
- Meulen, J.C. van der: Healing of tendons/Cicatrisation des tendons. Ann. Chir. Plast., XIV; 168-175, 1969 B.
- Meulen, J.C. van der: Silastic spacers in tendon grafting. Brit. J. Plast. Surg. 24; 166-173, 1971 A.
- Meulen, J.C. van der: Recent advances in flexor tendon repair. Arch. Chir. Neerl. 23; 129-149, 1971 B.
- Meulen, J.C. van der: Letters to the editor. Regarding the role of tendon tissues in tendon healing. P.R.S. 58; 364, 1976.
- Meulen, J.C. van der, Leistikow, P.A.: Tendon healing. Clinics Plast. Surg. 4; 439-458, 1977.
- Michon, J., Vilain, R.: Lesions traumatiques des tendons de la main. pp.43-93, Massons et Cie, Paris, 1968.
- Millar, R., Dickie, W.R., Colville, J.: The results of long-delayed flexor tendon grafting. Hand 4; 261-262, 1972.
- Miller, R.C.: Flexor tendon repair over the proximal phalanx. Am. J. Surg. 122; 319-324, 1971.
- Minor Nichols, H.: The dilemma of the intact superficialis tendon. Hand 7; 85-86, 1975.
- Miyakawa, G.: Pinch-grafted skin used to replace missing tendons. Am. J. Surg. 88; 667-669, 1954.
- Moberg, E.: Akute Handchirurgie, pp. 36-44. Uitg. C.W.K. Gleerup. Lund, 1953.
- Moberg, E.: Tendon grafting and tendon suture in rheumatoid arthritis. Am. J. Surg. 109; 375-376, 1965.
- Morley, G.H.: Flexor tendon injuries: A review of results. Brit. J. Plast. Surg. 8; 300-311, 1955.
- Moscona, A.R., Sekel, R., Owen, E.R.: Flexor tendon repair in "no man's land". An experimental study. Hand 9; 143-146, 1977.

- Munro, I.R., Lindsay, W.K., Jackson, S.H.: A synchronous study of collagen and mucopolysaccharide in healing flexor tendons of chickens. *P.R.S.* 45; 493-501, 1970.
- Murray, J.F., Lindsay, W.K.: Flexor tendon injuries within the digital theca. An appraisal of treatment and results. *Proc. Second Hand Club*, 291-293, 1964.
- Närvi, E.J.: Beiträge zur Kenntnis der Sehnenregeneration und Behandlung der Sehnenrupturen, insbesondere im Gebiete der Synovialen Scheiden. *Acta Chir. Scand.* 60; 1-54, 1926.
- Nicolle, F.V.: A silastic tendon prosthesis as an adjunct to flexor tendon grafting: an experimental and clinical evaluation. *Brit. J. Plast. Surg.* 22; 224-226, 1969.
- Nigst, H.: Chirurgie der Beugesehnen. I. Basler Handchirurgische Arbeitstagung, 25-26 Juni 1976. *Handchirurgie* 8; 225-236, 1976.
- North, E.R., Littler, J.W., Transferring the flexor superficialis tendon: Technical considerations in the prevention of proximal interphalangeal joint disability. *J. Hand Surg.* 5; 498-501, 1980.
- Ochiai, N., Matsin, T., Miyaji, N., Merklin, R.J., Hunter, J.M.: Vascular anatomy of flexor tendons. I. Vincular system and blood supply of the profundus tendon in the digital sheath. *J. Hand Surg.* 4; 321-330, 1979.
- Ollinger, H., Wray, R.C., Weeks, P.M.: Effects of suture on tensile strength gain of partially and completely severed tendons. *Surg. Forum* 26; 63-64, 1975.
- Osborne, G.: Sublimis grafting for flexor tendon injuries. *Proc. Second Hand Club* 55-56, 1960 A.
- Osborne, G.: The sublimis tendon replacement technique in tendon injuries. *J. Bone and Joint Surg.* 42 B; 647, 1960 B.
- Osborne, G.: Redemption operations for flexor tendon injuries. *Proc. Second Hand Club* 248-250, 1963.
- Paneva-Holevich, E.: Two-stage plasty in flexor tendon injuries of the fingers within the digital sheath. *Acta Chir. Plast.* 7; 112, 1965.
- Paneva-Holevich, E.: The results of two-stage tendon plasty in 100 cases. *Orthop. Traum.* 7; 185, 1970.
- Parkes, A.: The "lumbrical plus" finger. *Hand* 2; 164-165, 1970.
- Peacock jr. E.E.: A study of the circulation in normal tendons and healing grafts. *Ann. Surg.* 149; 415-428, 1959 A.
- Peacock, jr. E.E., Hill, C.: Some problems in flexor tendon healing. *Surgery* 45; 415-423, 1959 B.
- Peacock jr. E.E.: Fundamental aspects of wound healing relating to the restoration of gliding function after tendon repair. *Surg. Gyn. Obst.* 119; 241-250, 1964.

- Peacock jr. E.E.: Physiology of tendon repair. *Am. J. Surg.* 109; 283-286, 1965 A.
- Peacock jr. E.E.: Biological principles in the healing of long tendons. *Surg. Clin. N. Am.* 45; 461-576, 1965 B.
- Peacock jr. E.E.: Biology of tendon repair. Current concept. *New Engl. J. Med.* 276; 680-683, 1967 A.
- Peacock jr. E.E.: Current concepts; biology of tendon repair. *New Engl. J. Med.* 276; 680-683, 1967 B.
- Peacock jr. E.E., Madden, J.W.: Human composite flexor tendon allografts. *Ann. Surg.* 166; 624-629, 1967 C.
- Pennington, D.G.: Atraumatic retrieval of the proximal end of a severed digital flexor tendon. *P.R.S.* 60; 468-469, 1977.
- Pennington, D.G.: The locking loop tendon suture. *P.R.S.* 63; 648-652, 1979 A.
- Pennington, D.G.: The influence of tendon sheath integrity and vincular blood supply on adhesion formation following tendon repair in hens. *Brit. J. Plast. Surg.* 32; 302-306, 1979 B.
- Pe Khin, : Tendon junction: a new technique. *Hand* 9; 31-33, 1977.
- Pho, R.W.H., Sanquin, R., Checka, P.B.: Primary repair of flexor tendons within the digital theca of the hand. *Hand* 10; 154-160, 1978.
- Piaggi, V., Mingione, A.: A study of tendon blood flow using $^{133}\text{Xenon-V}$. *Hand*, 13; 48-50, 1981.
- Pinkerton, M.C.: Amnioplastin for adherent digital flexor tendons. *Lancet* 70-72, 1942.
- Pollen, A.G.: Acute infection of the tendon sheath. *The Hand* 6 ; 21-25, 1974.
- Porat, S., Rouso, M., Shoshan, S.: Improvement of gliding function of flexor tendons by topically applied enriched collagen solution. *J. Bone and Joint Surg.* 62 B; 208-213, 1980.
- Posch, J.L.: Injuries to the hand in children. *Am. J. Surg.* 89; 784-794, 1955.
- Posch, J.L.: Primary tenorrhaphies and tendon grafting procedures in hand injuries. *Arch. Surg.* 73; 609-624, 1956.
- Potenza, A.D.: Tendon healing within the flexor digital sheath in the dog. *J. Bone and Joint Surg.* 44 A; 49-64, 1962.
- Potenza, A.D.: Critical evaluation of flexor tendon healing and adhesion formation within artificial digital sheath. An experimental study. *J. Bone and Joint Surg.* 45 A; 1217-1233, 1963.
- Potenza, A.D.: Prevention of adhesions to healing digital flexor tendons. *J.A.M.A.* 187; 99-103, 1964.
- Potenza, A.D.: Mechanisms of healing of digital flexor tendons. *The Hand* 1; 40-41, 1969.

- Potenza, A.D., Melone, C.: Evaluation of freeze-dried flexor tendon grafts in the dog. *J. Hand Surg.* 3; 157-162, 1978.
- Potenza, A.D., Herte, M.C.: The synovial cavity as a "tissue culture in situ". Science or nonsense? *J. Hand Surg.* 6; 196-199, 1982.
- Price, E.: Cut flexor tendons treated conservatively. *Proc. Second Hand Club* 360, 1965.
- Pulvertaft, R.G.: Tendon grafts for flexor tendon injuries in the fingers and thumb. A study of technique and results. *J. Bone and Joint Surg.* 38 B; 175-194, 1956.
- Pulvertaft, R.G.: Flexor tendon grafting. *Proc. Second Hand Club* 31-33, 1958.
- Pulvertaft, R.G.: The treatment of profundus division by free tendon graft. *J. Bone and Joint Surg.* 42 A; 1363-1371, 1960.
- Pulvertaft, R.G.: Profundus graft in the presence of normal sublimis. *Proc. Second Hand Club* 106-107, 1961 A.
- Pulvertaft, R.G.: The treatment of flexor tendon injuries after long delay. *Proc. Second Hand Club* 105-106, 1961 B.
- Pulvertaft, R.G.: Suture materials and tendon junctures. *Am. J. Surg.* 109; 346-352, 1965 A.
- Pulvertaft, R.G.: Tendon surgery of the future. *Am. J. Surg.* 109; 377-380, 1965 B.
- Pulvertaft, R.G.: Technique of tendon suture. *Proc. Second Hand Club* 507-519, 1967.
- Pulvertaft, R.G.: Editorial. *Hand* 1; 1969.
- Rank, B.K., Wakefield, A.R.: The repair of flexor tendons in the hand. *Brit. J. Plast. Surg.* 4; 244-253, 1951.
- Rank, B.K., Wakefield, A.R., Hueston, J.T.: Surgery of repair as applied to hand injuries. Fourth edition, pp. 380. Churchill Livingstone, Edinburgh & London. 1973.
- Rank, F., Eiken, O., Bergenholz, A., Lundborg, G., Erkel, L.J.: Flexor tendon Specimens in Organ Cultures. *Scand. J. Plast. Rec. Surg.* 14; 179-183, 1980.
- Ramney, D.A.: A useful profundus tendon retractor. *Hand* 7; 73, 1975.
- Ramney, D.A.: The superficialis minus deformity and its operative treatment. *Hand* 3; 209-214, 1976.
- Rehn, E.: Zur Frage des Ersatzes grosser Sehrendefecte. *Archiv. f. Klin. Chir.* 114; 253-262, 1920.
- Reill, P.: Die zweizeitige Beugesehnen transplantation. *Handchirurgie* 10; 215-221, 1978.
- Reis, N.D.: Experimental tendon repair. Modification of natural healing by silicone rubber sheath. *Brit. J. Plast. Surg.* 134-142, 1969.

- Reis, N.D.: Dynamic profundus splint for flexor profundus repair. *Hand* 9; 265-267, 1977.
- Reynolds, B., Wray, R.C., Weeks, P.M.: Should an incompletely severed tendon be sutured? *Plast. Rec. Surg.* 57; 36-38, 1976.
- Richard, J.C., Rengeval, J.P., Saffar, Ph.: La Réparation primaire des plaies des tendons fléchisseurs. A propos de 153 cas. *Ann. Chir.* 32; 537-542, 1978.
- Richards, H.J.: Primary and delayed primary repair of the flexor tendons in the fingers. *Proc. Second Hand Club* 242-244, 1963.
- Richards, H.J.: Repair of digital flexor tendons. *J. Bone and Joint Surg.* 58 B; 130, 1976.
- Richards, H.J.: Digital flexor tendon repair and return of function. *Ann. Royal Coll. Surg. Eng.* 59; 25-32, 1977.
- Rigg, B.M.: A simple tendon transfer for the isolated division of the flexor digitorum profundus. *Hand* 7; 246-249, 1975.
- Rob & Smith: Operations for individual tendon injuries. *Operative Surgery. The Hand*, Butterworths, 1977.
- Robb, J.E.: The termination of flexor tendon sheath. *Hand*, 11; 17-21, 1979.
- Roberts, M., Rutherford, J.H., Harris, D.: The effect of ultrasound on flexor tendon repairs in the rabbit. *Hand*, 14; 17-20, 1982.
- Ross, R.: The fibroblast and wound repair. *Biol. Rev.* 43; 51-96, 1968 A.
- Ross, R., Odland, G.: Human wound repair. II. Inflammatory cells, epithelial-mesenchymal interrelations and fibrogenesis. *J. Cell. Biol.* 39; 152-168, 1968 B.
- Rothman, R.H., Slogoff, S.: The effect of immobilisation on the vascular bed of tendon. *Surg. Gyn. Obst.* 124; 1064-1066, 1967.
- Ruef, H.: Eine neue Methode zur Verbesserung der Sehnennaht nach Zerreissung von Beugesehnen. *Archiv. f. Klin. Chir.* 130; 757-762, 1924.
- Salamon, J., Hanori, J., Deák, G., Mayer, F., Temes, G.: Submicroscopische Untersuchungen an Sehnentransplantaten. *Handchirurgie* 5; 211-221, 1973.
- Salomon, A.: Untersuchungen über die Transplantation verschiedenartiger Gewebe in Sehnendefekte. *Archiv. f. Klin. Chir.* 114; 532-538, 1920.
- Salomon, A.: Über Sehnenersatz ohne Muskel, ein Beitrag zur Lehre von den funktionellen Reizen. *Arch. f. Klin. Chir.* 119; 608-642, 1922.
- Salomon, A.: Klinische und experimentelle Untersuchungen-über Heilung von Sehnenverletzungen, insbesondere innerhalb der Sehnenscheiden. *Archiv. f. Klin. Chir.* 129; 397-430, 1924.
- Salvi, V.: Delayed primary suture in flexor tendon division. *The Hand* 3; 181-183, 1971.

- Sanders, B.: Commentaar op artikel van E.C.Weckesser.
Am.J.Surg. 91; 687, 1956.
- Sarkin, T.L.: The plastic replacement of severed flexor tendon of the fingers.
Brit. J. Surg. 44; 232-240, 1956.
- Scharizer, E.: Ergebnisse nach 367 Operationen an den Beugesehnen der Hand.
Chir. Plast. et Reconstr. Band 6; 47-49, 1969.
- Schatzker, J., Bränemark, P.I.: Intravital observation on the microvascular anatomy and microcirculation of the tendon. Acta Orth. Scand. Supp. 126; 3-40, 1969.
- Schlenker, J.D.: Infection following pulp pull-through technique of flexor tendon grafting. J. Hand Surg. 6; 550-552, 1981.
- Schmitz, P.W., Stromberg, W.B.: Two-stage flexor tendon reconstruction in the hand. Clin. Orthop. and Related Research. 131; 185-190, 1978.
- Schneider, L.H., Hunter, J.M., Norris, T.R.: Delayed flexor tendon repair in "no man's land". J. Hand Surg. 2; 452-455, 1977.
- Schokkenbroek, J.H.M.: On treatment of flexor tendon lesions in the hand.
Thesis, Groningen, pp. 168, 1971.
- Schweizer, P., Haupt, V.P., Veikermann, D.: Beugesehnnennaht und Beugesehnnenersatz im Niemandsland beim Kind. Chirurg. 49; 219-222, 1978.
- Seiffert, K.E.: Biologische Grundlagen der homologen Transplantation konserverter Bindegewebe. Hefte Unfallheilk. 93; 1-42, 1967.
- Shaw, P.C.: A method of flexor tendon suture. J. Bone and Joint Surg. 50 B; 578-587, 1968.
- Shrewsbury, M.M., Kuczynski, K.: Flexor digitorum superficialis tendon in the finger of the human hand. Hand 7; 121-133, 1974.
- Skoog, T., Persson, B.H.: An experimental study of the early healing of tendons. P.R.S. 13; 384-399, 1954.
- Smith, J.W.: Dynamics of tendon gliding in normal and transplanted tendons.
Proc. Second Hand Club 360-361, 1965 A.
- Smith, J.W.: Blood supply of tendons. Am. J. Surg. 109; 272-276, 1965 B.
- Snow, J.W.: Ulnar half of extensor digiti quinti proprius tendon for flexor grafts.
P.R.S. 42; 603-604, 1968.
- Snow, J.W.: Reconstruction of distal interphalangeal joint flexion by tenodesis.
P.R.S. 43; 541-543, 1969.
- Snow, J.W., Littler, J.W.: A non-suture distal fixation technique for tendon grafts. P.R.S. 47; 91-92, 1971.
- Spak, I.: Tenodesis of the distal finger joint- a method of repair by loss of the flexor profundus function. Acta Chir. Scand. 110; 338-346, 1955.

- Spalteholz, W.: Handatlas des Anatomie des Menschen. Zweiter Band, pp. 307-324, Verlag von S. Hirzel, Leipzig. 1907.
- Srugi, S., Adamson, J.E.: A comparative study of tendon suture materials in dogs. P.R.S. 50; 31-35, 1972.
- Stack, G.: The functions of the lumbrical muscles. Proc. Second Hand Club 69-71, 1960.
- Stack, G.: The anatomy of the muscles and tendons of the hand. Proc. Second Hand Club 93-98, 1961.
- Stack, G.: Tension in the lumbrical muscle. Hand 2; 166-167, 1970.
- Stallings, J.O., Lines, J.: Relatively atraumatic tendon forceps. Hand 7; 74, 1975.
- Stark, H.H., Zemel, N.P., Boyes, J.H., Ashworth, C.R.: Flexor tendon graft through intact superficialis tendon. J. Hand Surg. 2: 456-461, 1977 A.
- Stark, H.H., Boyes, J.H., Johnson, L., Ashworth, C.R.: The use of paratenon polyethylene film, or silastic sheeting to prevent restricting adhesions to tendons in the hand. J. Bone and Joint Surg. 59 A; 908-913, 1977 B.
- Stelling, F.H.: Surgery of the hand in the child. J. Bone and Joint Surg. 45 A; 623-635, 1963.
- Stenström, S.: Functional determination of the graft length in flexor tendon grafting. Proc. Second Hand Club 424-425, 1967.
- Stenström, S.: Functional determination of the flexor tendon graft length P.R.S. 43; 633-634, 1969.
- Strickland, J.W., Glogovac, S.V.: Digital function following flexor tendon repair in Zone II; A comparison of immobilisation and controlled passive motion techniques. J. Hand Surg. 5; 537-543, 1980.
- Stryzewski, H.: Multiple injuries to flexor tendons and nerves above the wrist. The Hand 4; 178-183, 1972.
- Suzuki, K.: Delayed flexor tendon repair in the digital sheath with end-to-end suture and fascial graft. Hand 8; 141-144, 1976.
- Tabary, J.C., Tabary, C., Tardieu, C., Tardieu, G., Goldspink, G.: Physiological and structural changes in the soleus muscle due to immobilisation at different length by plaster casts. J. Physiol. 224; 231-244, 1972.
- Takasugi, H., Inoue, H., Akahori, O.: Scanning electron microscopy of repaired tendon and pseudosheath. Hand 8; 228-234, 1976.
- Takasugi, H., Akahori, O., Nishihara, K., Tada, K.: Three dimensional architecture of blood vessels demonstrated by corrosion casts. Hand 10; 9-15, 1978.
- Tetering, J.P.B.van.: De primaire en uitgesteld primaire buigpeeshechting. N.T.v.G. 125; 1039-1041, 1981.

- Thompson, R.V., An evaluation of flexor tendon grafting. *Brit. J. Plast. Surg.* 20; 21-44, 1967.
- Thomson, H.G., Hampole, M.K.: Primary flexor tendon repair after proximal tension release. An experimental study in the monkey hand. *P.R.S.* 42; 297-302, 1968.
- Tobias, M., Seiffert, K.E.: Collagen metabolism in iso- and homografts of tendons. *Brit. J. Plast. Surg.* 25; 83-92, 1972.
- Tsuge, K., Ikuta, Y., Matsuishi, Y.: Intra-tendinous tendon suture in the hand. A new technique. *Hand* 7; 250-255, 1975.
- Tsuge, K., Ikuta, Y., Matsuishi, Y.: Repair of flexor tendons by intra-tendinous tendon suture. *J. Hand Surg.* 2; 436-440, 1977.
- Tubiana, R.: The surgical approach to the tendons of the hand. *Proc. Second Hand Club* 108-109, 1961.
- Tubiana, R.: Grafts of the flexor tendons of the fingers. *Proc. Second Hand Club* 179-181, 1962.
- Tubiana, R.: Grafts of the flexor tendons of the fingers. *Proc. Second Hand Club* 226-228, 1963.
- Tubiana, R.: Incisions and technics in tendon grafting. *Am. J. Surg.* 109; 339-345, 1965.
- Tubiana, R.: Technique of flexor tendon grafts. *Hand* 1; 108-114, 1969.
- Tubiana, R.: Results and complications of flexor tendon grafting. *Orth. Clin. N. Americ.* 4; 877-883, 1973.
- Tubiana, R.: Post-operative care following flexor tendon grafts. *Hand* 6; 152-154, 1974.
- Tubiana, R.: Les réparations des tendons fléchisseurs dans la zone 2. *Ann. Chir.* 32; 619-626, 1978.
- Tubiana, R., McMeniman, P., Gordon, S.: Evaluation des résultats après réparation des tendons longs fléchisseurs des doigts. *Ann. Chir.* 33; 659-662, 1979.
- Umeda, H.T., Ishii, H., Minami, M. et al.: Studies on the adhesion of the digital flexor tendons. III. Tendon healing and adhesion releasing process from its surrounding tissues. *J. Jap. Orthop. Ass.* 50; 391-400, 1976.
- Umeda, H.T.: An experimental study on the intrinsic healing mechanism of digital flexor tendons. *J. Jap. Orthop. Ass.* 52; 917-929, 1978.
- Urbaniak, J.R., Goldner, J.L.: Laceration of the flexor pollicis longus tendon: Delayed repair by advancement, free graft or direct suture. A clinical and experimental study. *J. Bone and Joint Surg.* 55 A; 1123-1148, 1973.
- Urbaniak, J.R., Bright, D.S., Grill, L.H., Goldner, J.L.: Vascularisation and the gliding mechanism of free-tendon grafts inserted by the silicone rod method. *J. Bone and Joint Surg.* 56 A; 473-482, 1972.

- Vaughan-Jackson, O.J.: Tendon ruptures in the hand. *The Hand* 1; 122-124, 1969.
- Verdan, C.E.: Primary repair of flexor tendons. *J. Bone and Joint Surg.* 42 A; 647-657, 1960.
- Verdan, C.: Tendon suture in "no man's land". *Proc. Second Hand Club* 104-105, 1961 A.
- Verdan, C.E., Michon, J.: Le traitement des plaies des tendons fléchisseurs des doigts. *Rev. Chir. Orth.* 47; 285, 1961 B.
- Verdan, C.: in: *Die Operationen an den Extremitäten. Teil III.* Herausgegeben von W. Wachsmuth und A. Wilhelm. 17. Die Eingriffe an Muskeln, Sehnen und Sehnenscheiden. pp. 286-351. Springer Verlag, Berlin, 1972 A.
- Verdan, C.E.: Half a century of flexor-tendon surgery. *J. Bone and Joint Surg.* 54 A; 472-491, 1972 B.
- Verdan, C.E.: *Tendon Surgery of the Hand.* G.E.M. Monograph 4. Churchill Livingstone Edinburgh, London, New York, 1979.
- Versaci, A.D.: Secondary tendon grafting for isolated flexor digitorum injury. *P.R.S.* 46; 57-60, 1970.
- Wakefield, A.R.: Hand injuries in children. *J. Bone and Joint Surg.* 46 A; 1226-1234, 1964.
- Watson, M.: The determinants of flexor tendon fibrosis following trauma: an experimental study in rabbits. *Hand* 10; 150-153, 1978.
- Weber, E.: Tendon nutrition. Niet gepubliceerd. Voordracht gehouden op het 1^e Wereld congres van de Nationale Verenigingen voor Handchirurgie, Rotterdam, 1 juni 1980.
- Weckesser, E.C.: Tendolysis within the digit using hydrocortisone locally and early postoperative motion. *Am. J. Surg.* 91; 682-688, 1956.
- Weeks, P.M., Wray, R.C.: Rate and extent of functional recovery after flexor tendon grafting with and without silicone rod preparation. *J. Hand Surg.* 1; 174, 1976.
- Weiner, L.J., Peacock, E.E. jr.: Biologic principles affecting repair of flexor tendons. *Adv. Surg.* 5; 145, 1971.
- Whitaker, J.H., Strickland, J.W., Ellis, R.K.: The role of flexor tendolysis in the palm and digits. *J. Hand Surg.* 2; 462-470, 1977.
- White, W.L.: Secondary restoration of finger flexion by digital tendon grafts. *Am. J. Surg.* 91; 662-668, 1956.
- White, N.B., Ter-Pogossian, M.M., Stein, A.H.: A method to determine the rate of blood flow in long bones and selected soft tissues. *Surg. Gyn. Obst.* 535-540, 1964.
- Wilhelm, K., Hauer, G., Feldmeier, C.: Die zweizeitige Beugesehnentransplantation-Nachuntersuchungsergebnisse. *Handchirurgie* 10; 227-231, 1978.

- Williams, S.B.: New dynamic concepts in the grafting of flexor tendons. P.R.S. 36; 337-419, 1965.
- Wilson, W.F., Hueston, J.T.: The intratendinous architecture of the tendons of flexor digitorum profundus and flexor pollicis longus. The Hand 5; 33-38, 1973 A.
- Wilson, W.F., Hueston, J.T.: A surface phenomenon on tendons. Hand 5; 155-156, 1973 B.
- Wilson, R.L., Canter, M.S., Holdeman, V.A., Lovett, W.L.: Flexor profundus injuries treated with delayed two-staged tendon grafting. J. Hand Surg. 5; 74-78, 1980.
- Winspur, I., Phelps, D.B., Boswick, J.A.: Staged reconstruction of flexor tendons with a silicone rod and a "pedicled" sublimis transfer. P.R.S. 61; 756-761, 1978.
- Winston, M.E.: The results of treatment of injuries to the flexor tendons. Hand 4; 45-52, 1972.
- Winter, J.S.: Late free tendon grafting using different donors. Proc. Second Hand Club 367-368, 1966.
- Wintzer, G., Pütz, J., Reichmann, W.: Funktionsergebnisse nach Wiederherstellung verletzter Beugesehnen durch freie Beugesehnenplastik. Handchirurgie 11; 49-54, 1979.
- Wood, G.C., Keeck, M.K.: The formation of fibrils from collagen solutions. Biochem. J. 75; 588-612, 1960.
- Wray, R.C., Ollinger, H., Weeks, P.M.: Effect of mobilisation on tensile strength of partial tendon lacerations. Surg. Forum 26; 557-558, 1975.
- Wray, R.C., Holtmann, B., Weeks, P.M.: Clinical treatment of partial tendon lacerations without suturing and with early motion. P.R.S. 59; 231-234, 1977.
- Wray, R.C., Moucharafiek, B., Weeks, P.M.: Experimental study of the optimal time for tenolysis. P.R.S. 61; 184-189, 1978.
- Wray, R.C., Weeks, P.M.: Experimental comparison technics of tendon repair. J. Hand Surg. 5; 144-148, 1980 A.
- Wray jr., R.C., Weeks, P.M.: Treatment of partial Tendon Lacerations. Hand 12; 163-166, 1980 B.
- Wrenn, R.N., Goldner, J.L., Markee, J.L.: An experimental study of the effect of cortisone on the healing process and tensile strength of tendons. J. Bone and Joint Surg. 36 A; 588-601, 1954.
- Young, L., Weeks, P.M.: Profundus tendon blood supply within the digital sheath. Forum 21; 504-506, 1971.
- Young, R.E.S., Harmon, J.M.: Repair of tendon injuries of the hand. Ann. Surg. 151; 562-566, 1960.

- Zbrodowski, A., Gajisin, S., Grodecki, J.: Mesotendons of digital flexor muscles and their vasculature. *Hand* 13; 231-238, 1981.
- Zdravic, F.: Some of the problems in tendon surgery: the use of fascia as replacement for extensor tendons. *Proc. Second Hand Club* 425-426, 1967.
- Zrubecky, G.: Ergebnisse von 82 plastischen Beugesehnen-operationen nach einer Durchtrennung im "Niemandsländ".
Arch. Orthop. Unfall Chir. 53; 93-109, 1961.
- Zrubecky, G.: Probleme bei der Wiederherstellung durchtrennter Beugesehnen im Niemandsländ der Finger.
Wiederherstell. Traum. 9; 26-57, 1967.

CURRICULUM VITAE.

De auteur werd op 22 december 1945 te Hilversum geboren.

Na de lagere school doorliep hij het Gymnasium Felisenum te Velsen, waar hij in 1964 het diploma Gymnasium- β behaalde.

Hij studeerde medicijnen aan de Rijks-Universiteit te Utrecht en deed artsexamen in 1971.

Na de militaire dienst vervuld te hebben bij de Koninklijke Luchtmacht werd hij assistent op de afdeling Chirurgie-A van het Wilhelmina Gasthuis te Amsterdam, eerst onder Prof. Dr. I. Boerema en later onder Prof. Dr. R.J.A.M. van Dongen. Van 1974 tot 1976 was hij assistent op de afdeling Heelkunde van het Gemeente Ziekenhuis te Arnhem (hoofd: Dr. M.N. van der Heyde).

In 1976 begon hij zijn specialisatie in de plastische chirurgie op de afdeling Plastische en Reconstructieve Chirurgie van het Academisch Ziekenhuis Dijkzigt te Rotterdam onder Prof. Dr. J.C. van der Meulen.

Tijdens deze periode werd het experimentele werk verricht dat de grondslag vormde voor dit proefschrift. Het onderzoek werd uitgevoerd in het Laboratorium voor Experimentele Chirurgie van de Erasmus Universiteit te Rotterdam (hoofd: Prof. Dr. D.L. Westbroek).

Na voltooiing van de opleiding tot plastisch chirurg in 1979 was hij werkzaam als Honorary Fellow bij the Hand Surgery Associates in Louisville, Kentucky, U.S.A. (hoofd: Prof. H.E. Kleinert M.D.).

Door de samenwerking met Prof. Kleinert en zijn medewerkers werd bij de auteur de reeds in Rotterdam gewekte belangstelling voor de hand-chirurgie vergroot. Sedert oktober 1980 is hij in samenwerking met H.G. Boom, als plastisch chirurg werkzaam in Twente en als zodanig verbonden aan de ziekenhuizen "de Stadsmaten" en "Ziekenzorg" te Enschede.

