

Klaringsrapport vedrørende Scaphoideumfrakturer

Fra en arbejdsgruppe under Dansk Selskab for Håndkirurgi
Arbejdsgruppen bestod af:

Marianne Breddam
Michel Boeckstyns
Torben Bæk Hansen
Bo Munk
Peter Jørgsholm
Bent Lange (Formand)
Claus Falck Larsen

Behandling af scaphoideumfrakturer

1. Indledning (Torben Bæk Hansen, Claus Falck Larsen)
2. Epidemiologi (Torben Bæk Hansen)
3. Anatomi (Torben Bæk Hansen)
4. Klassifikationssystemer (Marianne Breddam)
5. Diagnostik

5.1. Klinisk undersøgelse (Peter Jørgsholm).

5.2. Billeddiagnostik (Bo Munk)

6. Behandling af friske frakturer (Bent Lange)

6.1. Konservativ behandling

6.2. Operativ behandling

6.3. Behandling af frakturer hos børn

6.4. Konkurrerende læsioner, komplikationer, rehabilitering

6.5. Minimal invasiv behandling af friske frakturer (Peter Jørgsholm)

7. Behandling af non-unions/pseudoarthroser (Michel Boeckstyns)

7.1. Definitioner og generelle betragtninger

7.2. Pseudartrose, karpal instabilitet og osteoartrose.

7.3. Andre komplikationer

7.4. Behandling

8. Behandling af mal-unions (Marianne Breddam)
9. Evaluering af behandling (Michel Boeckstyns)
10. Fremtidsperspektiver (Claus Falck Larsen)

10.1. Organisation af behandlingen i Danmark

10.2. Landsdækkende klinisk database

10.3. Forsknings- og udviklingsområder

INDLEDNING

1.1 Metode

I 2002 afholdt Dansk Håndkirurgisk Selskab et symposium om behandling af scaphoideumfrakturer, og efterfølgende blev det foreslået, at dette blev starten på arbejdet med en klaringsrapport.

Rapporten er udarbejdet af følgende medlemmer:

<i>Bent Lange,</i>	Ålborg Sygehus Syd (formand)
<i>Claus Falck Larsen,</i>	Rigshospitalet
<i>Marianne Breddam,</i>	Ålborg Sygehus Syd
<i>Bo Munk,</i>	Århus Universitetshospital
<i>Michel Boeckstyns,</i>	Gentofte Amtssygehus
<i>Peter Jørgsholm,</i>	Malmø Universitetshospital
<i>Torben Bæk Hansen,</i>	Holstebro Sygehus

Gruppen har valgt at tage udgangspunkt i Sundhedsstyrelsen vejledning fra 1992: »Referenceprogrammer – en vej til kvalitet« (1). Et referenceprogram er her defineret som »en systematisk beskrivelse af de elementer, som bør indgå i undersøgelse, behandling og pleje af en bestemt sygdom, herunder organisatoriske og sundhedsøkonomiske overvejelser«.

Der er således tale om en gennemgang af den eksisterende litteratur inden for det pågældende område, suppleret med en validering af de indsamlede data. Gruppen har valgt at anvende samme valideringsmåde, som blev anvendt i referenceprogrammet om Hoftebrud og Collesfraktur.

Evidensgraderne bliver herefter:

Niveau Ia: metaanalyse af randomiserede, kontrollerede undersøgelser

Niveau Ib: randomiseret undersøgelse

Niveau IIa: ikke-randomiseret undersøgelse, men kontrolleret

Niveau IIb: ikke-randomiseret og ikke-kontrolleret undersøgelse

Niveau III: epidemiologiske undersøgelser, metode studier, kvalitative undersøgelser

Niveau IV: ekspertudtalelser, konsensusrapporter

Styrken (validiteten) af de forskellige anbefalinger bliver herefter:

A: Mindst én randomiseret undersøgelse (Ia, Ib)

B: Gode kliniske undersøgelser (IIa, IIb, III), evt. med korrelationsundersøgelser

C: Rapporter, ekspertudtalelser (gode kliniske undersøgelser findes ikke) (IV).

Antallet af randomiserede undersøgelser af behandlingen af scaphoideumfrakturer er relativt lille. Dette har medført et forholdsvist stort antal anbefalinger med validitet C, og en række af disse anbefalinger må derfor tages som udtryk for arbejdsgruppens holdninger.

Litteratur

1. *Referenceprogrammer – en vej til kvalitet. Sundhedsstyrelsen 1992. (ISBN 87-503-9724-9).*

1.2 Forord

Scaphoideumfrakturen er den hyppigste i håndroden. Diagnostik og behandling kan være vanskelig. Når scaphoideumfrakturen overses eller behandles utilstrækkeligt, er resultatet ofte non-union. Ubehandlet kan dette medføre artrose i håndledet, der kan give et ikke ubetydeligt mén. Frakturen hyppigst forekommer hos yngre mænd.

2. Epidemiologi

Frakturer af scaphoideum er håndleddets næsthypigste fraktur kun overgået af frakturer i distale radius, og udgør ca. 60 % af frakturerne i håndroden (1). Selvom incidensen varierer mellem de forskellige undersøgelser, og eksempelvis Larsen et al fandt en hyppighed på 2,3/10.000 indbyggere i Odenseområdet (2) mod Hoves 4,3/10.000 indbyggere i Bergen (1), er der ensartede karakteristika i epidemiologien. Mand/kvinde ratioen er 4:1 og gennemsnitsalderen omkring 25 år (1-3). Efter 30-årsalderen falder incidensen hurtigt ligesom frakturer hos børn er sjældne. Umiddelbart synes der ingen oplagt forklaring på den meget væsentlige forskel i hyppighed mellem Odense og Bergen, men forskelle i registrering kunne mistænkes at være en væsentlig årsag.

Frakturerne opstår hyppigst ved fald på udstrakt håndled, og skyldes en kombination af afklemning mod distale radius, ligamentært træk og torsion (4). Frakturerne er oftest lokaliseret i corpus med 65% og sjældnere i distale pol (26%) eller proximale pol (9%) (3).

3. Anatomi

Scaphoideums blodforsyning sker gennem ligamentapparatet, og primært gennem en dorsal og volar gren fra arteria radialis, som løber ind i scaphoideum i den distale pol (5). Den proximale pol er næsten helt dækket af hyalin brusk og kun forbundet med lunatum gennem det radio-scapholo-lunate ligament, som ikke bidrager væsentligt til blodforsyningen. Dette betyder, at den proximale pol er dårligt vaskulariseret, og derfor er specielt udsat for helingsproblemer og avasculær nekrose i forbindelse med fraktur.

Scaphoideum blev tidligt udset til at udgøre en vigtig del i forbindelsen mellem den proximale og den distale række af håndrodsknogler, og uanset om der er tale om søjleteorien beskrevet af Navarro og senere modificeret af Taleisnik (6) eller om ringteorien beskrevet af Lichtman (7) udgør scaphoideum en væsentlig del i håndrodens biomekanik, som kan forklare instabiliteten ved en række af frakturerne, og de komplikationer der kan opstå ved manglende heling eller malunion.

Ved fraktur følger den distale del af scaphoideum således den distale række af håndrodsknogler og den proximale del af scaphoideum følger den proximale række af håndrodsknogler. Dette fører til extension af den proximale del af

scaphoideum, der følger lunatum og triquetrum, og flexion af den distale del af scaphoideum, der følger trapezium og trapeziodeum. Samtidig afvikles mere end halvdelen af kraften i carpus gennem scaphoideum i henholdsvis leddet mellem capitatum, scaphoideum og lunatum distalt, og proximalt i leddet mellem scaphoideum og radius (8).

Litteratur

1. Hove LM. Epidemiology of scaphoid fractures in Bergen, Norway. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 1999; 33(4): 423-6.
2. Larsen CF, Brøndum V, Skov O. Epidemiology of scaphoid fractures in Odense Denmark. Acta Orthop Scand 1992; 2: 216-8.
3. Brøndum V, Larsen CF, Skov O. Scaphoideumfrakturer. Frakturtype og lokalisation. Ugeskr Læger 1994; 156: 6375-7.
4. Weber ER, Chao EY. An experimental approach to the mechanism of scaphoid waist fractures. J Hand Surg 1978; 3: 142-48.
5. Taleisnik J, Kelly PJ. The extraosseous and intraosseous blood supply of the scaphoid bone. J Bone and Joint Surg 1966; 48A: 1125-1137.
6. Taleisnik J. Wrist: Anatomy, function and injury. Instr Course Lect , American Academy of Orthopaedic Surgeons. Vol 27: 61-87. St. Louis, C.V. Mosby 1978.
7. Lichtmann DM, Schneider JR, Swafford AR, Mack GR. Ulnar midcarpal instability – clinical and laboratory analysis. J Hand Surg 1981; 6: 515-23.
8. Garcia-Elias M. Carpal instabilities and dislocations. Green´s operative hand surgery. Fourth Ed., p. 865-928. Churchill Livingstone, Philadelphia, USA, 1998.

4. Klassifikation af scaphoideumfrakturer

I dette afsnit vil de tre hyppigst anvendte klassifikationssystemer blive gennemgået samt deres formål og evt. validitet.

Den første klassifikation blev beskrevet af Russe i 1960 (8). Han inddelte scaphoideumfrakturer i tre forskellige typer, nemlig den horisontalt oblique, den transverse og den vertikalt oblique (se figur 1), og han brugte klassifikationen til at kunne forudsige, hvor længe den enkelte fraktur ville være om at hele, idet han mente, at den horisontalt oblique samt den transverse fraktur var essentielt stabile og forventedes at kunne hele efter 6-12 ugers immobilisering.

Den vertikalt oblique fraktur derimod bedømte han som værende relativt ustabil pga. en lang longitudinal shear komponent, og han mente derfor, at denne frakturtype ville kræve en længere immobiliseringstid for at kunne hele.

Herbert og Fisher beskrev i 1984 (6) et klassifikationssystem, som involverede fire hovedgrupper, type A, B, C og D, hvor type A er akutte stabile frakturer, type B akutte ustabile frakturer, type C frakturer med forsinket heling og type D frakturer med etableret non-union. Typerne blev igen underinddelt, således at han opererer med i alt ti frakturtyper (se figur 2). Dette klassifikationssystem er det hyppigst anvendte i Danmark.

Formålet med klassifikationen var, at man vha. denne skulle kunne forudsige, hvilke frakturer som ville hele med konservativ behandling, og hvilke som krævede osteosyntese. Herbert konkluderede, at frakturtype A skulle behandles konservativt, mens frakturtyperne B og C skulle opereres med volar adgang og indsættelse af en Herbert-skrue, og frakturtype D, dvs. pseudoartrosen skulle opereres på samme vis dog kombineret med knoglegraft.

De første to klassifikationstyper baserer sig på standard scaphoideumrøntgenbilleder, mens den tredje klassifikation, som blev beskrevet af Compson i 1998 (3) er defineret ud fra en tredimensionel model.

Klassifikationen består af tre hovedtyper, nemlig waistfrakturen, den dorsale sulcusfraktur og proksimale pol-frakturen, hvor den dorsale sulcusfraktur yderligere kan underopdeles i tre frakturtyper, således at der i alt er fem frakturtyper (se figur 3). Formålet med denne klassifikation er at belyse vigtigheden af den tredimensionelle opfattelse af frakturen, men forfatteren relaterer ikke umiddelbart de enkelte frakturtyper i forhold til stabilitet og behandlingsforslag.

Foruden de tre beskrevne klassifikationer findes andre klassifikationer, f.eks. Prossers (7), som er en typeinddeling udelukkende af de distale frakturer samt Schernbergs (9). Denne klassifikation er mest benyttet i den franske litteratur og opererer med i alt ni klassifikationer. Mht. valideringen af de tre førstbeskrevne klassifikationssystemer er der et enkelt arbejde, som belyser dette (5)^{III} og her refereres kappa-værdier på mellem 0,25 og 0,44 for samtlige tre klassifikationssystemer, hvor en kappa-værdi under 0,2 indikerer en reproducibilitet, som er "poor", 0,21-0,4 en "fair" reproducibilitet, 0,41-0,60 en "moderate" reproducibilitet, 0,61-0,8 en reproducibilitet som er "good" og 0,81-1,0 en reproducibilitet som defineres som "very good".

Mht. forudsigelighed af frakturheling er der tidligere beskrevet nedsat helingsfrekvens for displacerede frakturer (4, 10)^{IIb}, samt for proksimale pol-frakturer (1, 8)^{IIa}, mens andre ikke har ment, at sandsynligheden for helingen kan vurderes på baggrund af radiologi (2)^{IIa}.

I artiklen, som beskæftigede sig med inter- og intraobservatørvariansen i de tre beskrevne klassifikationssystemer, så man også på, hvorvidt frakturerne opførte sig som forventede, hvad angår heling i forhold til, hvor de bliver placerede i klassifikationssystemerne. Man fandt her, at der ikke var nogen overensstemmelse, idet hovedparten af de frakturer, som blev klassificerede som Herberts type B, dvs. ustabile faktisk helede ved konservativ behandling, og de frakturer, som iht. Russe blev klassificerede som vertikalt oblique og hermed relativt ustabile ikke demonstrerede en lavere helingsfrekvens end de frakturer som i henhold til Russes klassifikation var definerede som stabile.

Hvis et formål med klassifikationssystemer skulle være, at det gav kirurgen mulighed for at selektere, hvilke akutte frakturer, som har en dårlig prognose, hvad angår helingsfrekvens ved konservativ behandling og derfor bør opereres primært i et håb om at forhindre non-union, har dette ikke kunnet opfyldes iht. dette ene arbejde (B).

Anbefalinger

· Udvalget skal anbefale, at Herberts klassifikation anvendes, såfremt det skønnes relevant at anvende et klassifikationssystem (C)

Litteratur

1. Amadio PC, Taleisnik J.

Fractures of the carpal bones. Greens Operative Hand Surgery, 4th. edn. New York, Churchill Livingstone, 1998:809-864.

2. Barton NJ

20 questions about scaphoid fractures. J Hand Surg. 1992;17B:289-310.

3. Compson JP.

The anatomy of acute scaphoid fractures. A 3-dimensional analysis of patterns. J Bone Joint Surg 1998;80-B:218-24.

4. Cooney WP, Dobyns JH, Linsheid RL.

Fractures of the scaphoid: A rational approach to management. Clin Orthop Rel Research. 1980;147:90-97.

5. Desai VV, Davis TRC, Barton NJ.

The prognostic value and reproducibility of the radiological features of the fractured scaphoid. J Hand Surg 1999;24B:586-590.

6. Herbert J, Fisher W.

Management of the fractured scaphoid using a new bonescrew. J Bone Joint Surg 1984;66-B:114-123.

7. Prosser AJ, Brinkl IJ, Irvine GB.

Articular fractures of the distal scaphoid. J Hand Surg 1988;13-B:87-91.

8. Schernberg F, Elzein F.

Fracturetypes and fragmentdislocations of the scapoidbone of the hand. Handchir Mikrochir Plast Chir. 1987;19(2):59-66

9. Thorliefsson R, Carlsson J, Sigurjonsson K.

Fractures of the scaphoidbone. A follow-up study. Arch Orthop Traum Surg. 1984;103:96-99

5. Diagnostik

5.1 Klinisk undersøgelse

De klassiske elementer i den kliniske undersøgelse er anamnese og objektiv fund.

Allerede i anamnesen fås indikatorer for om en fraktur er sandsynlig at forvente. Skademekanismen er vigtig ved mistanke om skafoideumfraktur (1,2^{III}). Den mest almindelige er

vanskelig at fremstille på røntgen (5^{III}). Fleksion som skadesmekanisme er også beskrevet. Især højenergi skader kan give andre samtidige skader så som Collesfraktur, håndfrakturer (6^{III}), perilunær luxation eller ledbåndskader. Ikke sjældent kan en skafoideumfraktur overses ved andre mere åbenbare frakturer på over eller underekstremiteter.

Patientens alder og køn (7,8^{III}) vil kunne fortælle om en skafoideumfraktur eller Collesfraktur vil være den mest sandsynlige skade. Hvorvidt det skadede håndled er dominant, sammenholdt med patientens profession, vil kunne give information om den sociale konsekvens af skaden.

Den objektive undersøgelse ved mistanke om scaphoideumfraktur er vigtig, da denne er afgørende for, om man ordinerer specielle scaphoideumrøntgenoptagelser, som er en nødvendighed for at få en tilstrækkelig høj sensitivitet på røntgenundersøgelsen. Parvizi et al. mener at sensitiviteten ved en grundig klinisk undersøgelse er på 100 % (9^{IIa}). De angiver at det vigtigste objektive fund inden for de første 24 timer er smerte ved aksielt tryk i 1. metacarpalknogle med en sensitivitet på 100 % og en specificitet på 48 %. Ømhed af tuberculum scaphoidei er 100 % sensitiv med en specificitet på 30 % og endelig er ømhed i tabatieren 100 % sensitiv men har kun en specificitet 9 %. Hvis man kombinerer disse tre tests er sensitiviteten stadig 100 % og specificiteten øges til 74 %. I Parvizi's prospektive undersøgelse fra Newcastle af 215 konsekutive patienter var yngste reservelæge på skadestuen oplært i ovenstående teknik. Dette blev kontrolleret af en erfaren overlæge og man observerede ikke nogen indlæringskurve hos dem der arbejdede på skadestuen. Således vil en grundig instruktion i denne teknik formentlig kunne mindske behovet af røntgenundersøgelser og unødvendige gipsimmobiliseringer. Dog er det vigtigt at understrege at dette gælder friske skader og at man ved skader ældre end 24 timer ikke kan stole på testene og derfor må ordinere skafoideumoptagelser om et relevant traume foreligger og patient klager over smerter. Den første skafoideum røntgenundersøgelse vil, hvis den er negativ, automatisk udløse en ny røntgen og klinisk undersøgelse 10-14 dage senere, med mindre man har tilgang til MR.

Collesfrakturen er den hyppigste differentialdiagnose, men også en basal fraktur i første metacarpalknogle vil kunne mistolkes. En skafolunær ligamentruptur vil kunne illudere en skafoideumfraktur og ses sjældent på den akutte røntgenundersøgelse og heller ikke med sikkerhed på MR (10^{III}). Dette skal man tænke på ved efterfølgende kliniske kontroller, hvor der stadig er håndledssmerter, men negativ røntgenundersøgelse. Karpalfrakturer i øvrigt er sjældne (6^{III}), men en trapeziumfraktur vil kunne ligne en skafoideumfraktur klinisk.

Anbefalinger

- Traumemekanismen kortlægges nøje. (Styrken af denne anbefaling er med laveste grad af evidens og støtter sig til ekspert udtalelser, konsensrapporter og betegnes validitet C)
- At alle patienter med adekvat håndledstraume undersøges grundigt for: (Styrken af denne anbefaling er med mellemste grad af evidens som støtter sig til gode kliniske undersøgelser og betegnes validitet B)
 - *Smerter ved aksielt tryk i 1. metacarpalknogles længdeakse* (Undersøgeren griber patientens ekstenderet og let abduceret tommel mellem sin pegefingre og tommel og trykker imod skafoideum).
 - *Ømhed af tuberculum scaphoideii* (Undersøgeren trykker med sin tommel på tuberculum scaphoideii som er prominensen ved distale bøjefure ved det ekstenderede og radialdevieret håndled).
 - *Ømhed i tabatieren* (Undersøgeren trykker med sin tommel i tabatieren som er konkaviteten der er afgrænset af extensor pollicis longus dorsalt og abduktor pollicis longus volart)
- Ny røntgenundersøgelse gentages efter 10-14 dage ved positiv klinik og negativ røntgen. MR kan erstatte røntgen hvis denne kan foretages inden for de første 14 dage.
- Ved fortsatte smerter efter 2 negative røntgenundersøgelser anbefales undersøgelse af ortopæd med større erfaring af håndledstraumer.

Litteratur

1. Weber ER, Chao EY. An experimental approach to the mechanism of scaphoid waist fractures. *J Hand Surg [Am]*. 1978 Mar;3(2):142-8.
2. Mayfield JK. Mechanism of carpal injuries. *Clin Orthop*. 1980 Jun;(149):45-54.
3. Rongieres M, Mansat M, Le Bail B, Samaran P, Leclair O, Bonneville P. Fractures of the proximal pole of the scaphoid bone. Anatomico-clinical and therapeutic entity *Ann Chir Main Memb Super*. 1991;10(2):119-23.
4. Green JR Jr, Rayan GM. Scaphoid fractures in soccer goalkeepers. *J Okla State Med Assoc*. 1997 Feb;90(2):45-7.
5. Langhoff O, Andersen JL. Consequences of late immobilization of scaphoid fractures. *J Hand Surg [Br]*. 1988 Feb;13(1):77-9.
6. Hove LM. Simultaneous scaphoid and distal radial fractures. *J Hand Surg [Br]*. 1994 Jun;19(3):384-8.
7. Larsen CF, Lauritsen J. Epidemiology of acute wrist trauma. *Int J Epidemiol*. 1993 Oct;22(5):911-6.
8. Hove LM. Fractures of the hand. Distribution and relative incidence. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 1993 Dec;27(4): 317-9.
9. Parvizi J, Wayman J, Kelly P, Moran CG. Combining the clinical signs improves diagnosis of scaphoid fractures.

A prospective study with follow-up. J Hand Surg [Br]. 1998 Jun;23(3):324-7.

10. *Morley J, Bidwell J, Bransby-Zachary M. A comparison of the findings of wrist arthroscopy and magnetic resonance imaging in the investigation of wrist pain. J Hand Surg [Br]. 2001 Dec;26(6):544-6.*

5.2 Billeddiagnostik af scaphoideum fraktur og heling.

Hvor simpel spørgsmålet: "brud eller ej" end måtte synes, så har det for scaphoideums vedkommende gennem flere årtier givet anledning til utallige kontroverser og flere hundrede artikler ofte med endnu et bud på "metoden" til besvarelse af spørgsmålet. Ikke alene er diagnosen vanskelig, men en del patienter undlader primært at søge læge, idet skaden tolkes som en håndledsdistorsion. Hvad enten forsinkelsen er iatrogen eller patient relateret, så er en initial korrekt diagnose essentiel for at mindske risikoen for de velkendte komplikationer forsinket heling, avaskulær nekrose, pseudartrose og senere udvikling af håndleds artrose. Frekvensen af scaphoideum pseudartrose opgives med et spænd fra 0 til 22%^{1-8 IIa+IIb} og der er også uenighed når det gælder udvikling af håndledsartrose, men en del artikler understøtter spontanforløbets slutresultat som værende artrose^{9-12 IIb}.

Klinisk kan diagnosen trods diverse håndgreb ikke stilles med blot en tilnærmelsesvis acceptabel specificitet, og således er forholdet mellem klinisk mistænkte og radiologisk påviste frakturer i en større dansk undersøgelse fundet at være 6:1^{13 IIa}. Årsagerne til dette åbenlyse misforhold er dels at finde i den lave specificitet af den kliniske objektive undersøgelse, dels formentlig i angsten for at overse en fraktur og dermed risikere de ovennævnte komplikationer. Ydermere forsynes patienten trods et normalt røntgenbillede med en gips i 10-14 dage, idet talrige undersøgelser har påvist nødvendigheden af en sekundær røntgenundersøgelse^{13-20 IIa+IIb+III+IV}. Den usikre diagnostik betinger således et meget højt antal af muligvis overflødige røntgenbilleder og immobiliseringer. Det er dog aldrig vist om disse primært røntgen negative patienter er i reel risiko for at udvikle komplikationer, og som Barton rammende har udtrykt det: "we overtreat a lot of patients to avoid undertreating a few"^{21 IV}. Behovet for en sikker primær diagnostik er kolossalt, hvilket har medført fremkomsten af de nedennævnte metoder.

Konventionelle røntgenbilleder har hidtil og vil formentlig en tid endnu udgøre standard metoden. Trods teknikens udvikling er der fortsat behov for 2 sæt billeder optaget med et par ugers mellemrum, idet mellem 6-16 % af primære optagelser er falsk negative^{13,22 IIa}. Lejlighedsvis kan endog et tredje sæt billeder efter yderligere 14 dage være nødvendigt for at verificere en fraktur^{13 IIa}. Mindst 2 forhold er afgørende for vanskelighederne med at fremstille en fraktur i scaphoideum. Den delikate trabekelstruktur kan skjule en fin frakturlinie selv om man anvender røntgenfilm og folie (forstærknings-skærm) givende en opløselighed > 14 linier/mm^{13, IIa}. Det andet forhold er vanskeligheden ved at opnå den optimale strålegang, idet frakturen bedst fremstilles hvis røntgenstrålerne er parallelle med frakturplanet. Scaphoideum er ved neutral stilling af håndledet kippet 52° volart^{23, III}, hvilket enten kan modgås ved at dorsal flektare håndledet eller kippe røntgenrøret distalt. Imidlertid kan man på grund af overvejning af naboknogler ikke kompensere fuldt ud ved denne

metode, men må supplere med ulnar deviation af håndleddet. Ved maksimal ulnar deviation reduceres scaphoideums volare vinkling til cirka 20°^{24, III}. Et utal af special optagelser er foreslået, men ud over håndledsbilleder (posterior-anterior og lateral optagelse) med systemer, der giver god kontrast og en opløselighed bedre en 14 linier/mm, bør der tages mindst 3 komplementære specialoptagelser fokuseret på scaphoideum^{13,25,26, IIa+IIb}. Det samlede tidsforbrug er cirka 30 minutter, prisen cirka 400 kr og stråle hygiejnisk er der med en patient dosis på kun 0,0003 mSv ikke grund til påholdenhed. Imidlertid er der et helt andet forhold man bør skænke opmærksomhed: digital røntgen (som er/vil blive indført) har en betydelig lavere opløselighed end den konventionelle røntgen teknik, hvorfor man bør bevare denne indtil udviklingen har overvundet problemet.

Den konventionelle røntgen teknik har uden større succes gennem tiderne været søgt bedret ved fokusering på forskellige bløddelsfænomener. "The navicular fat stripe" blev beskrevet af Terry og Ramin i 1975^{27, IIb}, og "soft-tissue changes" af Carver and Barrington i 1985^{28, IIb}, men efterfølgende undersøgelser har ikke kunnet bekræfte de oprindelige lovende resultater. Ligeledes har forventningerne til CT-scanning, som den nye gyldne standard^{29, IIa}, endnu heller ikke kunnet indfries^{30, IIa}. Tiel-van Buul fandt således 21% falsk negative CT-scanninger, hvor frakturerne kunne ses på almindelige røntgenbilleder^{30, IIa}. Derimod er CT-scanning med 3-D rekonstruktion velegnet til fremstilling af fragment displacering ved friske brud og ved forsinket heling/pseudartrose^{31,32, IIb+IIa}.

Knoglescintigrafi har gennem mange år været anvendt når et eller flere sæt røntgen billeder var negative og patienten fortsat havde symptomer. Metoden har en meget høj sensitivitet, men en lav specificitet, er relativt dyr/tidskrævende (2.000 kr, 3 timer), kan først udføres efter 2-3 døgn og er stråle hygiejnisk mindre velegnet med en patient dosis på 8-10 mSv. Såvel konventionel ("3-fase scintigrafi")^{30,33-36, IIa+IIb} som kort tids scintigrafi^{37, IIa} er velundersøgt. Den høje sensitivitet kan udnyttes til at udelukke fraktur. Således anfører Amadio og Taleisnik at en negativ knogle scintigrafi udført indenfor 2 uger efter traumatet sikkert udelukker en fraktur^{38, IV}.

Ultralyd i det terapeutiske område (1-3 MHz, 0,5-3 W/cm²) har været søgt anvendt som diagnostikum indenfor de 2 første posttraumatiske uger, hvor det kan frembringe smerte/snurren. De første resultater var lovende^{39,40, IIa}, men resultaterne kunne ikke reproducere^{41,42, IIa}. Hodgkinson et al.^{43, IIa} anvendte i stedet doppler teknikken 12-72 timer posttraumatisk og fandt en sensitivitet på 100%, hvilket heller ikke har kunnet reproducere^{44, IIa}. Endelig har Munk et al.^{44, IIa} anvendt en 7½ MHz scanner til direkte visualisering af scaphoideum, men med en nøjagtighed på 84% kan vi ikke anbefale metoden.

MR-scanning synes at være "metoden", således har både Fowler et al.^{34, IIa} og Breitseher et al.^{45, IIa} fundet en sensitivitet og specificitet på 100%. MR-scanning kan anvendes umiddelbart posttraumatisk. Mod MR-scanning som den

gyldne standard har været anført lav undersøgelses kapacitet, høj pris/tidsforbrug. Kapacitets spørgsmålet må tiden løse, men økonomi/tidsforbrug indvendingen er ukorrekt, idet Raby^{46, IIa} har fastsat prisen ved lavfelt scanning til 750 kr og Bretlau et al.^{47, IIa} anfører et tidsforbrug på under 10 min. De gode resultater er påvist både med lavfelt scannere^{46-48, IIa} og højfelt scannere^{34,35,49-51, IIa}, hvor frakturen ved T1 vægtede sekvenser fremstår som et mørkt bånd mens den fedtsupprimerende STIR sekvens giver et større lyst område illustrerende væske/ødem. Hertil kommer MR-scanningens store force med fremstilling af eventuelle bløddelsskader. Som det endelige svar (den gyldne standard) har man^{34,35,47, IIa} brugt konventionelle røntgen billeder 6-14 uger posttraumatisk, hvor en fraktur fremstår som en sclerotisk forandring i scaphoideums trabekelstruktur.

Sammenfattende må konventionel røntgenoptagelse med god kontrast og høj opløselighed fastslås som den primære metode til diagnosticering af scaphoideum fraktur. Der bør tages mindst 3 specialoptagelser fokuseret på scaphoideum og disse bør gentages med 2 ugers intervaller til patienten er symptomfri, en fraktur er påvist eller der 6-8 uger posttraumatisk fortsat ikke ses forandringer på røntgenbillederne. MR-scanning er fundet med 100% sensitivitet og specificitet og med en anskaffelses pris omkring 1½-2 mio. kr. for en lavfelt scanner, er der håb om at fremtiden vil give mulighed for umiddelbar adgang, så man på traume dagen kan give patienten den endelige diagnose og behandling.

Anbefalinger med styrke B.

Hvor scaphoideums rumlige orientering og delikate trabekelstruktur betinger vanskeligheder ved den radiologiske diagnostik af den primære fraktur, gør der sig naturligt nok lignende forhold gældende ved bedømmelsen af heling/helingsgrad såvel ved friske frakturer som ved opererede pseudarthroser. Da scaphoideum er overvejende intraarticulær vil der ikke udvikles extraossøs callus og den radiologiske bedømmelse af helingsgraden må derfor baseres på tilstedeværelsen af trabekler der krydser/udfylder frakturspalten eller sclerosering af denne^{52, IV}. Hvis røntgenstrålerne ikke er helt parallelle ned frakturspalten bliver man let snydt, idet de frakturspaltenære dele af knoglen projiceres ind i frakturspalten og fejlagtigt tolkes som bevis for fuldstændig eller delvis heling. Dette forhold forværres yderligere hvis frakturspalten ikke er helt plan. Her kan tomografi eller CT-scanning være værdifuld^{53, IIa}, men CT-scanningens elektroniske bearbejdning af data kan give anledning til falsk positiv heling^{54, IV}. Ved opererede pseudarthroser vil en indsat knoglegraft yderligere accentuere problemet, idet der nu er to ikke nødvendigvis parallelle "frakturspalter" at bedømme. Ved osteosyntese af friske frakturer eller pseudarthroser vil en god kompression umiddelbart postoperativt kunne ses som trabekulær lukning af frakturspalten, men her vil heling skulle afgøres ud fra fortsat fravær af diastase/resorption af knogle/graft.

Det vil således ofte være nemmere at udtale sig om manglende heling end sikkert at fastslå heling. Den manglende heling vil radiologisk afsløre sig som: tiltagende/vedvarende diastase, ændring af knoglefragmenternes/graftens og/eller osteosyntesematerialernes indbyrdes placering, cystedannelse og opklaring omkring osteosyntesemateriale^{52, IV}. Endeligt vil avasculær nekrose af det proximale fragment forhindre/forsinke heling. MR-scanning er velegnet til at diagnosticere avascularitæt af det proximale fragment^{55,56, IIa} og sikkerheden øges til 83% ved anvendelse af gadoliniummarkering^{57, IIa}. MR-scanning kan også anvendes når der er brugt ikke-magnetiserbart osteosyntesemateriale^{58,59, IIb+IIa}.

Litteratur

1. Roolker W, Maas M, Broekhuizen AH. *Diagnosis and treatment of scaphoid fractures, can non-union be prevented?* Arch Orthop Trauma Surg 1999;119:428-431.
2. Morgan DA, Walters JW. *A prospective study of 100 consecutive carpal scaphoid fractures.* Aust N Z J Surg 1984;54:233-241.
3. Larsen CF, Brondum V, Skov O. *Epidemiology of scaphoid fractures in Odense, Denmark.* Acta Orthop Scand 1992;63:216-218.
4. Eddeland A, Eiken O, Hellgren E, Ohlsson NM. *Fractures of the scaphoid.* Scand J Plast Reconstr Surg 1975;9:234-239.
5. Duppe H, Johnell O, Lundborg G, Karlsson M, Redlund-Johnell I. *Long-term results of fracture of the scaphoid. A follow-up study of more than thirty years.* J Bone Joint Surg Am 1994;76:249-252.
6. Raudasoja L, Rawlins M, Kallio P, Vasenius J. *Conservative treatment of scaphoid fractures: a follow up study.* Ann Chir Gynaecol 1999;88:289-293.
7. Dias JJ, Brenkel IJ, Finlay DB. *Patterns of union in fractures of the waist of the scaphoid.* J Bone Joint Surg Br 1989;71:307-310.
8. Khan FA, al Harby S. *Fresh scaphoid fractures (analysis of 45 cases).* Afr J Med Med Sci 1995;24:201-206.
9. Leslie IJ, Dickson RA. *The fractured carpal scaphoid. Natural history and factors influencing outcome.* J Bone Joint Surg Br 1981;63-B:225-230.
10. Mack GR, Bosse MJ, Gelberman RH, Yu E. *The natural history of scaphoid non-union.* J Bone Joint Surg Am 1984;66:504-509.
11. Vender MI, Watson HK, Wiener BD, Black DM. *Degenerative change in symptomatic scaphoid nonunion.* J Hand Surg [Am] 1987;12:514-519.

12. Alnot JY. [Fractures and pseudarthroses of the carpal scaphoid. The various stages of pseudarthrosis]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1988;74:714-717.
13. Munk B, Frokjaer J, Larsen CF, Johannsen HG, Rasmussen LL, Edal A, Rasmussen LD. Diagnosis of scaphoid fractures. A prospective multicenter study of 1,052 patients with 160 fractures. *Acta Orthop Scand* 1995;66:359-360.
14. Schnek F. Zur röntgenologischen diagnose von kahnbeinbrüchen der hand. *Zentralbl Chir* 1933;60:1954-1956.
15. Perschl A. Zur röntgenologischen diagnostik der frischen kahnbeinbrüche der hand. *Röntgen-Praxis* 1938;10:11-16.
16. Lindgren E. Some radiological aspects on the carpal scaphoid and its fractures. *Acta Chir Scand* 1949;98:538-548.
17. Russe O. Fracture of the carpal navicular; diagnosis, non-operative treatment and operative treatment. *J Bone Joint Surg* 1960;42A:759-768.
18. Trojan E. Zur diagnostik des kahnbeinbruches der hand. *Chirurgische Praxis* 1961;3:311-324.
19. Melone CP, Jr. Scaphoid fractures: concepts of management. *Clin Plast Surg* 1981;8:83-94.
20. Waeckerle JF. A prospective study identifying the sensitivity of radiographic findings and the efficacy of clinical findings in carpal navicular fractures. *Ann Emerg Med* 1987;16:733-737.
21. Barton NJ. Twenty questions about scaphoid fractures. *J Hand Surg [Br]* 1992;17:289-310.
22. Hunter JC, Escobedo EM, Wilson AJ, Hanel DP, Zink-Brody GC, Mann FA. MR imaging of clinically suspected scaphoid fractures. *AJR Am J Roentgenol* 1997;168:1287-1293.
23. Larsen CF, Mathiesen FK, Lindequist S. Measurements of carpal bone angles on lateral wrist radiographs. *J Hand Surg [Am]* 1991;16:888-893.
24. Ruby LK, Cooney WP, III, An KN, Linscheid RL, Chao EY. Relative motion of selected carpal bones: a kinematic analysis of the normal wrist. *J Hand Surg [Am]* 1988;13:1-10.
25. Larsen CF, Ipsen T, Merrild U, Elle B. [Radiographic examination of fractures of the carpal scaphoid. The diagnostic value of a modified radiographic examination and suggestions for a simplified radiologic procedure]. *Ugeskr Laeger* 1983;145:3992-3995.
26. Frøkjær J, Munk B, Rasmussen L D. Radiographic examination in the diagnosis of scaphoid fractures. *Acta Orthop Scand* 1990;61 (Suppl 239):16.
27. Terry DW, Jr., Ramin JE. The navicular fat stripe: a useful roentgen feature for evaluating wrist trauma. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1975;124:25-28.

28. Carver RA, Barrington NA. *Soft-tissue Changes Accompanying Recent Scaphoid Injuries. Clin Radiol* 1985;36:423-425.
29. Jonsson K, Jonsson A, Sloth M, Kopylov P, Wingstrand H. *CT of the wrist in suspected scaphoid fracture. Acta Radiol* 1992;33:500-501.
30. Tiel-Van Buul MM, Van Beek EJ, Dijkstra PF, Bakker AJ, Broekhuizen TH, van Royen EA. *Significance of a hot spot on the bone scan after carpal injury--evaluation by computed tomography. Eur J Nucl Med* 1993;20:159-164.
31. Nakamura R, Imaeda T, Horii E, Miura T, Hayakawa N. *Analysis of scaphoid fracture displacement by three-dimensional computed tomography. J Hand Surg [Am]* 1991;16:485-492.
32. Sanders WE. *Evaluation of the humpback scaphoid by computed tomography in the longitudinal axial plane of the scaphoid. J Hand Surg [Am]* 1988;13:182-187.
33. Brown JN. *The suspected scaphoid fracture and isotope bone imaging. Injury* 1995;26:479-482.
34. Fowler C, Sullivan B, Williams LA, McCarthy G, Savage R, Palmer A. *A comparison of bone scintigraphy and MRI in the early diagnosis of the occult scaphoid waist fracture. Skeletal Radiol* 1998;27:683-687.
35. Kitsis C, Taylor M, Chandey J, Smith R, Latham J, Turner S, Wade P. *Imaging the problem scaphoid. Injury* 1998;29:515-520.
36. Waizenegger M, Wastie ML, Barton NJ, Davis TR. *Scintigraphy in the evaluation of the "clinical" scaphoid fracture. J Hand Surg [Br]* 1994;19:750-753.
37. Bayer LR, Widding A, Diemer H. *Fifteen minutes bone scintigraphy in patients with clinically suspected scaphoid fracture and normal x-rays. Injury* 2000;31:243-248.
38. Amadio P C, Taleisnik J. *Fractures of the carpal bones. In: Green D P, Hotchkiss R, Pederson W C, 4th eds. Green's Operative Hand Surgery. Churchill Livingstone; 1998:809-864.*
39. Bedford AF, Glasgow MM, Wilson JN. *Ultrasonic assessment of fractures and its use in the diagnosis of the suspected scaphoid fracture. Injury* 1982;14:180-182.
40. Shenouda NA, England JP. *Ultrasound in the diagnosis of scaphoid fractures. J Hand Surg [Br]* 1987;12:43-45.
41. Christiansen TG, Rude C, Lauridsen KK, Christensen OM. *Diagnostic value of ultrasound in scaphoid fractures. Injury* 1991;22:397-399.
42. DaCruz DJ, Taylor RH, Savage B, Bodiwala GG. *Ultrasound assessment of the suspected scaphoid fracture. Arch Emerg Med* 1988;5:97-100.
43. Hodgkinson DW, Nicholson DA, Stewart G, Sheridan M, Hughes P. *Scaphoid fracture: a new method of assessment. Clin Radiol* 1993;48:398-401.

44. Munk B, Bolvig L, Kroner K, Christiansen T, Borris L, Boe S. Ultrasound for diagnosis of scaphoid fractures. *J Hand Surg [Br]* 2000;25:369-371.
45. Breitseher MJ, Metz VM, Gilula LA, Gaebler C, Kukla C, Fleischmann D, Imhof H, Trattnig S. Radiographically occult scaphoid fractures: value of MR imaging in detection. *Radiology* 1997;203:245-250.
46. Raby N. Magnetic resonance imaging of suspected scaphoid fractures using a low field dedicated extremity MR system. *Clin Radiol* 2001;56:316-320.
47. Bretlau T, Christensen OM, Edstrom P, Thomsen HS, Lausten GS. Diagnosis of scaphoid fracture and dedicated extremity MRI. *Acta Orthop Scand* 1999;70:504-508.
48. Lepisto J, Mattila K, Nieminen S, Sattler B, Korman M. Low field MRI and scaphoid fracture. *J Hand Surg [Br]* 1995;20:539-542.
49. Imaeda T, Nakamura R, Miura T, Makino N. Magnetic resonance imaging in scaphoid fractures. *J Hand Surg [Br]* 1992;17:20-27.
50. Kukla C, Gaebler C, Breitseher MJ, Trattnig S, Vecsei V. Occult fractures of the scaphoid. The diagnostic usefulness and indirect economic repercussions of radiography versus magnetic resonance scanning. *J Hand Surg [Br]* 1997;22:810-813.
51. Lindequist S, Houshian S, Rosbach SB, Riegels-Nielsen P. [MRI scanning in suspected fractures of the scaphoid bone]. *Ugeskr Laeger* 1998;160:7438-7441.
52. Dias JJ. Definition of union after acute fracture and surgery for fracture nonunion of the scaphoid. *J Hand Surg [Br]* 2001;26:321-325.
53. Sim E, Zechner W. [Computerized tomography after surgical management of scaphoid fractures and pseudarthroses with implants in place. Method and results in 15 cases]. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1991;23:67-73.
54. Bain GI. Clinical Utilisation of Computed Tomography of the Scaphoid. *Hand Surg* 1999;4:3-9.
55. Perlik PC, Guilford WB. Magnetic resonance imaging to assess vascularity of scaphoid nonunions. *J Hand Surg [Am]* 1991;16:479-484.
56. Trumble TE. Avascular necrosis after scaphoid fracture: a correlation of magnetic resonance imaging and histology. *J Hand Surg [Am]* 1990;15:557-564.
57. Cerezal L, Abascal F, Canga A, Garcia-Valtuille R, Bustamante M, Del Pinal F. Usefulness of gadolinium-enhanced MR imaging in the evaluation of the vascularity of scaphoid nonunions. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:141-149.
58. Ganapathi M, Savage R, Jones AR. MRI assessment of the proximal pole of the scaphoid after internal fixation with a titanium alloy Herbert screw. *J Hand Surg [Br]* 2001;26:326-329.

59. Lautenbach M, Mochkabadi M, Eisenschenk A. [Follow-up of scaphoid pseudarthroses and scaphoid fractures after Herbert screw implantation in the extremities--MRI (low-field MRI)]. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2000;32:58-64.

6. Behandling af friske frakturer

6.1 Konservativ behandling

6.1.1. Indikationer

Flertallet af patienter med en akut fraktur i os scaphoideum skal stadig behandles konservativt, trods at vi i dag råder over en adskillige osteosynteseteknikker. Der er en tendens til at immobiliseringen skal omfatte færre led end tidligere antaget, men behandlingsperioden er stadig langvarig, med deraf følgende gener for patienten.

Som for mange andre frakturer er stabilitet en forudsætning for behandling med non-invasiv teknik. Der findes ingen sikre objektive kriterier for en bedømmelse af stabiliteten, trods at flere klassifikationssystemer opererer men en sådan terminologi (1)^{IIb}. Den dislokerede fraktur regnes som regel for ustabil, baseret på kliniske erfaringer (26)^{IV}. Et intraartikulært ledspring på mere end 1 mm. kontraindicerer konservativ behandling (diskuteres i et senere afsnit).

6.1.2. Hvilke led skal immobiliseres?

Opfattelsen af hvilke led der bør omfattes af immobiliseringen er grundet på såvel laboratorieundersøgelser som kliniske studier. Resultaterne er divergerende og tillader ikke sikre evidensbaserede rekommandationer.

Albuen:

Med ekstern fiksatoren over håndleddet på et præparat fandt Falkenberg ingen bevægelighed i en scaphoideumosteotomi ved rotation af underarmen (2)^{III}. Kuhlmann kommer til samme resultat ved undersøgelser af præparater. Disse observationer er baseret på en subjektiv radiologisk vurdering af bevægeligheden af indsatte K-tråde (3)^{III}. To andre biomekaniske studier kommer til en modsat konklusion (4)^{III}, (5)^{IV}. Kaneshiro har anvendt high-speed biplan dynamiske røntgenundersøgelser og stereofotogrammetri i sin undersøgelse. Ved 60° pronation fremkom mindst 1 mm. radialforskydning i osteotomien (gennemsnitlig 2.1 mm uden belastning), noget mindre ved supination, med præparatet immobiliseret i en kort scaphoideumgips. Forfatterne skønner at dislokationen vil være mindre end 0,5 mm ved brug af en "høj gips", såfremt denne maksimalt tillader 5° pronation respektive supination.

Flere retrospektive kliniske studier af varierende design har ikke kunnet påvise forskelle mellem de to immobiliseringsmodeller hvad angår risikoen for udvikling af en pseudoartrose i os scaphoideum efter en fraktur (6,7,8, 106)^{lb}, (108)^V.

To randomiserede undersøgelser kommer til modstridende resultater. Begge behandler den ene gruppe af patienter med en høj gips i 6 uger efterfulgt af en kort gips i resten af behandlings-perioden. Gellman er den eneste som sikkert udelukker dislokerede frakturer i sit studie omfattende 51 patienter (9)^{lb}. Ved brug af høj gips findes risikoen for nonunion og forsinket heling signifikant mindre end i gruppen af patienter behandlet med en kort gips. Alho kan derimod ikke påvise forskelle i behandlingsresultatet i sin undersøgelse af 100 patienter (10)^{lb}.

Der er således ikke tilstrækkelig videnskabelig evidens til at tilråde at albuen immobiliseres ved behandling af en udiskokeret scaphoideumfraktur. Nogle forfattere tilråder brug af en høj gips ved frakturer hvor man vælger konservativ behandling trods manglende overbevisning om bruddets stabilitet (13)^{lll}, (16)^{lb}.

Tommelfingeren:

Diskussionen om hvorvidt tommelfingeren skal inkluderes i bandagen domineres af en undersøgelse af Clay og medarbejdere fra 1991 (12)^{lb}. I et randomiseret studie med 292 frakturer i os scaphoideum fulgt i 6 måneder, var forekomsten af nonunion uafhængig af om tommelfingeren var immobiliseret. I begge grupper var håndleddet placeret i 30°'s ekstension. Forfatterne påpeger vigtigheden af hyppige patientkontakter med kontrol af bandagen for at sikre at denne er velmoduleret, og dermed fikserer håndleddet tilfredsstillende. I en anden behandlingsserie, til formål at belyse andre immobiliserings-parametre, var tommelfingeren frit bevægelig med en efterfølgende tilfredsstillende helingsfrekvens på 89 % (15)^{lb}. Böhler anvendte en dorsal skinne med, respektive uden engagement af tommelfingeren (75)^{llb}. Konklusionen var at immobilisering af tommelfingeren forsinkede helingen, specielt ved diastase i frakturen.

Der er således ikke noget der taler imod at undlade tommelfingeren ved immobilisering af akutte frakturer i os scaphoideum.

Håndleddet:

Biomekaniske undersøgelser af præparater med osteotomier af os scaphoideum viser entydigt at håndleddet skal immobiliseres for at modvirke en displacerende kraftpåvirkning (5)^{lV}, (13,14)^{lll}.

Ved konservativ behandling af frakturer hos aktive idrætsudøvere er der ofte et ønske/krav om tidlig tilbagevenden til sporten. Der er i USA gjort forsøg på at lave specielle sportsskiner som tillader umiddelbar brug af hånden, selv i kontaktsport (37,38)^{llb}. Resultaterne har været lovende.

6.1.3. I hvilken stilling skal leddene immobiliseres?

Eftersom indikationen for konservativ behandling bygger på en formodning om at frakturen er stabil, bør den stilling i hvilken leddene immobiliseres være underordnet hvad angår facilitering af helingen. Såfremt os scaphoideum kun kan

bibeholdes i en normal konfiguration ved hjælp af en stilling der afviger fra neutralstillingen, foreligger der formodentlig operationsindikation.

Romdhane implanterede en trykmåler i en hel os scaphoideum på 10 præparater, og fandt at kraftpåvirkningen var minimal med håndleddet i neutralstilling (fleksion/ekstension) og 15° ulnardeviation (13)^{III}. Hambridge randomiserede patienterne til behandling med håndleddet fikseret i 20° fleksion respektive 20° ekstension med tommelfingeren fri. Håndledets stilling påvirkede ikke helingsfrekvensen, men ekstensionen i leddet var efter 6 mdr. reduceret i gruppen af patienter immobiliseret i fleksion (15)^{IIb}. Andre forfattere har tilrådet immobilisering af håndleddet i ekstension, supination og ulnar deviation (33)^{IIb}, fleksion og radialdeviation (16)^{IIb}, radial deviation og ekstension (5)^{IV} fleksion og ulnar deviation (26)^{IV}, i radial deviation med neutral fleksion/ekstension (32)^{III} eller i neutralstilling (39)^{IV}.

6.1.4. Immobiliseringstid

Principielt bør frakturen immobiliseres til heling foreligger. Det synes at være et gennemgående problem i de fleste studier, at metoderne (standart røntgenundersøgelse) til bestemmelse af hvornår dette indtræffer, ikke er tilstrækkeligt pålidelige. Radiologernes og klinikernes bedømmelser af røntgenbilleder 12 uger posttraumatisk udviste betydelig variation i et studie (17)^{III}. Efter mange ugers immobilisering er den kliniske status mindre anvendelig, trods at Chen angiver at hans kompressionstest bliver negativ når heling foreligger (18)^{IIb}. Med mindre vurderingen af helingen understøttes af en CT-undersøgelse er man således på usikker grund ved stillingtagen til ophør af immobiliseringen. Det er som regel ikke problematisk at opnå god bevægelighed i leddene på længere sigt, trods en lang periode med bandagering (7)^{IIb}, (10)^{IIb}. London har advokeret for det synspunkt, at usikkerheden i bedømmelsen af heling tillader en strategi hvor man holder sig til de immobiliseringstider der er angivet i afdelingens behandlingsbeskrivelse, for siden at behandle de symptomgivende helingsproblemer når de præsenterer sig (19)^{III}. Som regel vil flere parametre indgå i vurderingen af helingsforløbet.

Følgende behandlingsprincipper er baseret på en gennemgang af de refererede artikler, med forbehold for at disse er inhomogene.

Fraktur i tuberculum: Kan behandles symptomatisk med skinne i 2-4 uger eller kompressionsforbinding (30,34,74)^{IIb}.

Distal eller intermedial

fraktur: Radiologisk og klinisk kontrol efter 8 uger. Såfremt der ikke er overbevisende heling forlænges gipstiden yderligere 4 uger (20)^{IV}.

Definitionen af forsinket heling er problematisk og der er betydelige variationer i opfattelsen. Maudsley argumenterer for at begrebet kan anvendes i op til 1 år efter traumet (23)^{lb}, andre at beslutningen om et operativt indgreb bør afklares i løbet af de første 3 til 4 måneder (10)^{lb}, (20)^{IV}.

I en Dansk retrospektiv undersøgelse fandt man at 57 % af frakturerne helede efter 6 ugers immobilisering (21)^{lb}.

Ifølge Russe er prognosen for den horisontale fraktur mere gunstig end for den skråt forløbende fraktur, med deraf varierende behov for immobiliseringstid (39)^{IV}.

Proximal fraktur: I litteraturen angives helingstider fra 9 uger (Gellman, høj gips) til 6 måneder (9)^{lb}.

Alho og Russe fandt helingstider på 10 – 12 uger (10)^{lb}, (39)^{IV}.

Der er enighed om at komplikationsfrekvensen er betydeligt højere ved proximale frakturer end ved øvrige typer. Ifølge Eddeland er non-union dobbelt så hyppigt ved proximal som ved intermediær lokalisation (7)^{lb}.

Clay fandt non-union hos 31 % af patienterne med en proximal fraktur (12)^{lb}. Langhoff præsenterer ligeledes en høj komplikationsfrekvens, men halvdelen blev behandlet mere en 4 uger efter traumet (24)^{lb}.

Dorsale avulsioner: Isolerede dorsale avulsioner fra os scaphoideum foreslås af Compson behandlet med immobilisering i 6 uger (22)^{IV}.

For frakturerne med lang immobiliseringstid anbefales jævnlig kontrol af bandagen (12)^{lb}.

Studier af kraftpåvirkningen over håndledet i forbindelse med aksial belastning viser at bandagen ikke beskytter os scaphoideum tilstrækkeligt ved en sådan aktivitet (11)^{IV}.

6.1.5. Konsekvens af behandlingsdelay

Mack har defineret en subakut scaphoideumfraktur som et brud hvor behandlingen først initieres mellem 4 uger og 6 måneder posttraumatisk (25)^{lb}. 23 patienter indgik i en retrospektiv opgørelse af konsekvenserne efter forsinket diagnostik. 90 % af de stabile intermediære frakturer helede, men først efter en gennemsnitlig immobiliseringsperiode på 19 uger (6 uger i høj gips, resterende i en kort scaphoideumgips). En tilsvarende gruppe af akutte patienter opnåede heling i løbet af 10 uger med samme behandlingsregime. 5 af 6 instabile frakturer krævede 20 ugers behandling. Af de 3 subakutte proximale frakturer udviklede 2 en pseudoartrose. I Eddelands opgørelse udviklede 73 % af patienterne med et behandlingsdelay på 1 – 12 mdr. en pseudoartrose (7)^{lb}. Denne negative indvirkning af sen behandling bekræftes af andre forfattere (24,106)^{lb}.

6.1.6. Stimulering af helingen

Der foreligger ingen rapporter om forsøg på at fremme helingen af friske scaphoideumfrakturer ved hjælp af elektrisk stimulation. Mayr har publiceret et prospektivt, randomiseret studie med behandling af 30 stabile, akutte frakturer (109)

^{IIb}. Den gennemsnitlige helingstid for den traditionelt konservativt behandlede gruppe var 62 dage mod en tilsvarende helingstid på 43 dage i gruppen behandlet med lav-intensiv ultralyd. Helingen blev bedømt med CT-scanning.

6.1.7. Prognose

En Fransk afhandling fra slutningen af 1800-tallet (oversat til Engelsk i 1926) beskriver at ossøs konsolidering mellem fragmenterne i en scaphoideumfraktur er exceptionel sjælden – behandlingen: 10 dages immobilisering.

Ved vurdering af de publicerede resultater må der tages forbehold for de metoder der er anvendt til bedømmelse af helingen. Konventionelle røntgenundersøgelser, om end med specialprojektioner, eller blot en klinisk bedømmelse synes at være standart.

I en undersøgelse af aktive atleter med proximale frakturer heledede kun 33 % efter konservativt behandling (37) ^{IIb}.

London har gennemgået litteraturen fra før 1960 og redegør for resultaterne af 5 opgørelser med over 1000 konservativt behandlede frakturer (19) ^{III}. Der kan forventes heling hos 95 % af patienterne ved behandlingen såfremt denne er påbegyndt inden 4 uger posttraumatisk.

Tabel 1. viser resultatet af en litteratursøgning hvad angår resultaterne efter konservativ behandling:

Forfatter	År	Behandling	% non-union	Antal frakturer	Helingstid
Böhler (75) ^{IIb}	1954	Lav dorsal gipsskinne	4	576	59 dage
Russe (39) ^{IV}	1960	Lav gipsbandage	3	220	6-8 /10-12 uger
London (19) ^{III}	1961	Kort gipsbandage	5	227	2/3 i 8 uger, 1/10 >12
Margo (112) ^{IIb}	1963	Lav gipsbandage	8	63	8 uger
Borgeskov (30) ^{IIb}	1966	Lav gips inkl. dig. I	6	69	8-10 uger
Dunn (108) ^{IV}	1972	Blandet høj/lav gips	9	45	10 uger
Alho (10) ^{IIb}	1975	Høj / Lav gips	8	100	48/49 dage

Eddeland (7) ^{IIb}	1975	Blandet høj/lav gips	5	134	10,5 uger
Bongers (29) ^{IIb}	1980	"Klassisk gips"	2	52	8-9 uger
Cooney (16) ^{IIb}	1980	Høj/ Lav gips	Udiskokeret: 6 Disloceret: 46	45	udisloceret: 9,5 uger disloceret: 16,4 uger
Leslie (26) ^{IV}	1981		5	222	
Thorleifsson (28) ^{IIb}	1984	Lav gipsb. , inkl. dig. I	6,2	112	7,6 uger
Morgan (106) ^{IIb}	1984	Blandet høj/lav gipsb.	4	100	8 uger
Christiansen (21) ^{IIb}	1988	Høj gips	2		47 dage
Langhoff (24) ^{IIb}	1988	Høj gipsbandage	6,4	285	9,3 uger
Terkelsen (8) ^{IIb}	1988	Høj / lav plastortose	15 / 7	92	70 / 73 dage
Gellman (9) ^{IIb}	1989	Lav/høj gips	0 / 9	51	12,7 / 9,5 gips
Dias (27) ^{IIb}	1989		12,3	82	
Lindström (35) ^{IIb}	1990		5	241	
Clay (12) ^{IIb}	1991	Lav gips +/- dig. I	10	292	9,6 / 9 uger
Düppe (31) ^{IIb}	1994	Blandet høj/lav gips	10	52	
Rettig (38) ^{IIb}	1994	Sportsskinne	10	12	12 uger
Hambridge (16)	1999	Colles` gips	11	121	8-12 uger
Inoue (59) ^{IIb}	1997	Lav gipsbandage	3	39	9,7 uger
Raudasoja (36)	1999	Lav gipsbandage	11	63	8 uger

llb					
Adolfsson (50)	2001	Lav gips	0	26 (B1+B2)	10 uger
Saedén (40) ^{llb}	2001	Lav gipsbandage	7	26	12 uger
Bond (47) ^{llb}	2001	6 uger høj, derefter lav	0	14 (B1+B2)	12 uger

Visse oplysninger er ikke tilgængelige. Frakturtyperne varierer. Opgørelserne af resultater er foretaget på forskellige tidspunkter, fra 3 mdr. posttraumatisk til flere år efter. En del resultater inkluderer såvel akutte frakturer (type B) som frakturer med forsinket heling (type C), men med forskellige opfattelser af definitionen på forsinket heling. Ligeledes er bestemmelse af heling baseret på forskellige metoder.

Tabel 1. Resultater af konservativ behandling af akutte scaphoideumfrakturer.

Prognosen på længere sigt er opgjort i flere undersøgelser. Smerter ved forceret håndledsextension er ikke usædvanlige efter en scaphoideumfraktur, som det fremgår af tabel 2 (30,35)^{llb}. Der er ingen entydig korrelation mellem de påviste radiologiske forandringer og de subjektive patientklager(36)^{llb}.

Forfatter	Opfølgningstid	Subjektive restsymptomer	Radiologiske forandringer
Borgeskov (30) ^{llb}	8 år	3/69: Nedsat arbejdsevne 21/69: Belastningssmerter	"Forandringer" hos halvdelen af patienterne med symptomer
Duppe (31) ^{llb}	36 år		2 % (1/47): Manifest artrose 12 %: Tidlig artrose#
Lindström (35) ^{llb}	7 år	10,5 %: Vedvarende gener fra håndleddet	5,2 % (12/229): Radiocarpal artrose§
Raudasoja (36) ^{llb}	4½ år	34%: Vedvarende gener fra håndleddet af lettere karakter	32 % (20/63): Artroseforandringer i håndledsregionen
Saedén (40) ^{llb}	12 år	31%: Subjektive gener	25 % (4/16): Carpal artrose φ 31 %: Radiocarpal artrose φ

#: 7 % af alle patienterne havde tilsvarende forandringer på den friske side

§: formodentlig grundet malunion af os scaphoideum

φ: undersøgt med CT-scanning.

Tabel 2. Resultater af langtidsopfølgninger efter konservativ behandling af akutte frakturer i os scaphoideum

6.2 Operativ behandling

6.2.1. Indikationer

Resultaterne af konservativ behandling af frakturer med ≥ 1 mm diastase er som regel skuffende, med helingsfrekvenser på under 33 % (62)^{IV}. Eddeland fandt en pseudoartrose hos 92 % af de konservativt behandlede patienter med ≥ 1 mm diastase (blandet lav og høj gips)(7)^{IIb}. I Langhoff's materiale var der en tredobling af non-unionfrekvensen, og en forlænget helingstid ved konservativ behandling hos patienter med en disloceret intermediær fraktur (24)^{IIb}.

Den relativt høje forekomst af carpal instabilitet ved scaphoideumpseudoartroser er af flere tolket som tegn på ligamentære skader som en af årsagerne til den manglende heling (35,41)^{IIb}, (107)^{IV}. Primær åben reposition og osteosyntese anses derfor ikke kun indiceret ved åbenbart instabile frakturer, men også ved frakturer med en betydelig fejlvinkling og kompression. Herved kan ligamentlæsionen behandles primært. En scapholunær vinkel på mere end 60° eller en radiolunær vinkel større end 15° er ligeledes blevet betragtet som operationsindikation (2)^{III}.

Herbert anser at en fraktur der ved en røntgenundersøgelse engagerer corticalis på begge sider er ustabil, trods mangel på dislokation. Han mener, uden at dokumenterer det, at frekvensen af non-union er 50 % ved konservativ behandling af scaphoideumfrakturer (1)^{IIb}.

Foruden instabilitet kan osteosyntese være aktuel hos patienter der ikke kan, eller vil acceptere en langvarig immobiliseringsperiode. Sportsudøvere har ofte et ønske om tidlig tilbagevenden til aktiv træning. I flere artikler refereres resultaterne af operativ behandling med efterfølgende deltagelse i sport få uger postoperativt (68)^{IV}, (69,87)^{IIb}.

Behandlingen af en manifest pseudoartrose er mere omfattende end en tidlig operation af proksimale frakturer. Dette har ledt til overvejelser om værdien af primær osteosyntese af proksimale frakturer som et behandlingstilbud for at reducere immobiliseringstiden og nedsætte komplikationsfrekvensen. Litteraturen giver ikke mulighed for entydige rekkommendationer hvad dette angår.

Endelig kan forekomst af konkurrerende skader indicere en operativ stabilisering – eksempelvis åbne læsioner, distale radiusfrakturer og transscaphoideal perilunær dislokation (61)^{IV}.

6.2.2. Osteosyntesemetoder

K-tråde

K-tråde er relativt lette af at indsætte, men giver ikke mulighed for at opnå kompression over frakturen, og den opnåede stabiliteten tillader ikke umiddelbar postoperativ mobilisering (42)^{IIb}.

Såfremt K-trådene kombineres med skrueosteosyntese kan man sikre rotations-stabiliteten (73,74)^{IIb}. Trådene skal som regel fjernes ved en sekundær operation.

Rettig har anvendt multiple K-tråde til stabilisering af dislocerede scaphoideumfrakturer hos 6 patienter (70)^{IIb}. Den gennemsnitlige helingstid med postoperativ immobilisering var 11,5 uger. En enkelt ældre patient udviklede en pseudoartrose.

Herbert / Herbert-Wipple skruer

McLaughlin beskrev i 1954 i J. Bone. Surg. brugen af skruer til osteosyntese af scaphoideumfrakturer. Timothy Herbert udviklede en skrue uden hoved, som første gang blev implanteret i 1977 og markedsført i 1981 (44)^{IV}.

Brugen af Herbertskruen eller den kanylerede variant, Herbert-Whipple skruen er veldokumenteret. Denne og lignende skruer giver en vis, men sufficient kompression og behøver ikke fjernes grundet designet uden et skruehoved (78,79)^{III}. Operationen kræver en betydelig mobilisering af scaphotrapeziodal-leddet såfremt skrueguiden anvendes.

Filan og Herbert argumenterer for at skrueosteosyntesen tillader umiddelbar mobilisering efter operationen, at metoden ikke disponerer til artroseudvikling eller carpal instabilitet, samt at komplikationsfrekvensen er lav såfremt kirurgen er tilstrækkelig erfaren (46)^{IIb}. Det postuleres at "helingen er bedre", frem for alt baseret på den antagelse at man i andre undersøgelser ikke har bedømt røntgenbillederne korrekt. Konklusionerne bygger på en gennemgang af 56 patienter med akutte frakturer (Type: B1,B2,B3), opereret af Herbert. Et af argumenterne for den aggressive behandlingstaktik bygger på den peroperative observation at 1/3 af patienterne havde interposition af bløddede i frakturen, selv ved ringe dislokation. Herbert anser at der er overbevisende evidens for at osteosyntesen er den konservative behandling overlegen, hvad angår resultater og komplikationer (86)^{IV}. Ved proximale frakturer opnår Herbert en helingsfrekvens på 85 %.

Risikoen på længere sigt for udvikling af artrose i leddet mellem scaphoideum og trapezium synes at være minimal (40)^{IB},(52)^{IIb},(57)^{IV}. Applikation af Herbertskruen betragtes af de fleste forfattere som teknisk krævende (42,45,48, 51)^{IIb},(49,50)^{IV}. I en audit på 4 hospitaler i London gennemgik man 69 patienter behandlet med indsættelse af en Herbert skrue (84)^{IIb}. Placeringen af 39 skruer levede ikke op til kriterierne om god standart.

Inoue gav patienterne tilbuddet at vælge mellem konservativ og operativ behandling (59)^{IIb}. 38/39 af de konservativt behandlede frakturer (A, B1, B2) helede efter 9,7 uger i en lav gips. Alle 40 percutane frihånds-osteosynteser (samme frakturtyper) med en Herbert skrue helede uden komplikationer på 6 uger - de fleste uden immobilisering. I en 12 års

opfølgning publiceret af Sandèn, sammenlignes osteosyntese med en Herbertskruer (25 patienter - 2 uger i gips – 1 nonunion) og konservativ behandling. (26 patienter – 12 uger i gips – 2 nonunions) (40)^b.

Herbert pointerer at instrumentariet som sikrer kompression over frakturen er en vigtig del af konceptet, hvorfor behandlingens kvaliteter ikke blot kan sammenlignes med de øvrige osteosyntesemetoder i biomekanisk henseende (50)^{IV}.

Ved frakturer i den proksimal pol kan Herbertskruen appliceres med retrograd teknik, uden brug af kompressionsinstrumentariet (42,53,71)^{IIb},(59)^{IIb}. Den dorsale adgang med indsætning af skruen i distal til proksimal retning kan bruges uden risiko for kompromittering af blodforsyningen (66)^{IIb},(67)^{III}. Percutan teknik, med eller uden brug af artroskopi, er beskrevet af flere mens den laterale adgang alene synes at have historisk interesse (59)^{IIb},(60)^{IIb},(82)^{III},(83,85)^{IV}.

Forfatter	År	Efterbehandling	% non-union	Antal frakturer	Helingstid
Herbert (1) ^{IIb}	1984	Evt. gips i 4 uger	0	43 (B,C)	I arbejde efter 6 uger
O`Brian (56) ^{IIb}	1985	Ingen immobilisering	3	30 (B)	I arbejde efter 3,7 uger
Bunker (48) ^{IIb}	1987	Gips i 3 uger eller mere	8	11 (B)	6 uger
Ford (113) ^{IV}	1987	3 - 4 uger	0	11 (B,C)	I arbejde efter 8 uger
Adams (42) ^{IIb}	1988	Gips i mindst 3 uger	33	9*	
Moran (65) ^{IIb}	1988	2-6 uger i gips	8	12 (B,C)	I arbejde efter 3,7 uger
Smith (105) ^{IIb}	1991	2 uger i skinne	0	33 (B,C)	
dos Reis (66) ^{IIb}	1993	5 uger	0	10 (B)	6 uger
Ledoux (55) ^{IIb}	1995	16 dage i gips	0	19 (B)	I arbejde efter 7 uger
Filan (45) ^{IIb}	1996	Ingen	12	82 (B)	I arbejde efter

		immobilisering			3,8 uger
Inoue (59) ^{lb}	1997	Ingen immobilisering	0	40 (A2,B1,B2)	6,5 uger
Rettig (71) ^{llb}	1999	Immobilisering til heling	0	17 (B3)	10 uger (proksimale)
Trumble (73) ^{llb}	2000	Gips i 6 til 8 uger	0	16 (B)	4 måneder
Rettig (70) ^{llb}	2001	Gips til heling	7	14 (B2)	11,5 uger
Saedén (40) ^{lb}	2001	2 uger i gips	4	25 (B)	I arbejde efter 6 uger

* luksationsfrakturer eller åbne frakturer

Tabel 3.: Osteosyntese af akutte scaphoideumfrakturer med Herbert/Herbert-Wipple skruen.

Andre skruer

Acutrak[®] er en kanyleret skrue med fuldt gevind og uden hoved hvorved skruen kan forsænkes i knoglen på samme vis som Herbert skruen. Designet af gevindet sikrer en komprimerende effekt (77,80)^{lll}. Skrueerne giver en rigid osteosyntese som tillader tidlig mobilisering.

Acutrak skruen, brugt til behandling af udislocerede intermediære frakturer, er sammenlignet med konservativ behandling (kort gips i 10 uger, 6/26 patienter dog op til 24 uger) i et prospektivt studie (43)^{lb}. Skruen blev isat percutant med efterfølgende 3 ugers immobilisering. Der var ingen forskel i helingstid eller helingsfrekvens. Den opererede gruppe havde efter en kort observationstid på 16 uger en bedre bevægelighed i håndleddet. Man kommer til divergerende resultater i et tilsvarende prospektivt studie med undersøgelse af behandling med samme skrue, versus konservativ behandling af udislocerede frakturer (47)^{lb}. Den opererede gruppe af patienter havde dog en aflastende skinne frem til heling. Alle helede på 7 uger i den osteosynterede gruppe, mod 12 uger i den konservativt behandlede gruppe. Tilsvarende tider for tilbagevenden til arbejdet var 8 uger, respektive 15 uger. Bevægelighed og kraftudvikling var identisk i de to grupper.

Forfatter	År	Efterbehandling	% non-union	Antal frakturer	Helingstid
-----------	----	-----------------	-------------	-----------------	------------

Haddad (54) ^{lb}	1998	Ingen immobilisering	0	15 (B1,B2)	I arbejde efter 4-37 dage
Adolfsson (43) ^{lb}	2001	Gips i 3 uger	4	23 (B1,B2)	10 uger, 2 pat. efter 16 uger
Bond (47) ^{lb}	2001	Skinne til heling	0	11 (B1,B2)	7 uger

Tabel 4: Osteosyntese af akutte scaphoideumfrakturer med Acutrak skruen

I en Dansk undersøgelse fra 1985 er 25 frakturer osteosynteret med en 3,5 mm AO-spongiosaskrue, uanset frakturtype og lokalisation (46)^{lb}. Såfremt der ikke var konkurrerende læsioner blev patienterne mobiliseret umiddelbart postoperativt. Forfatterne rapporterer om betydelige tekniske problemer med peroperativ dislokation (4 pat.), øget diastase (1 pat.) og suboptimal skrueplacering (9 pat.). 2 patienter udviklede pseudoartrose og 11 patienter fik fjernet skruen ved endnu et indgreb.

Der var ingen udvikling af artrose efter en gennemsnitlig observationstid på 38 måneder. Andre undersøgelser har ligeledes vist behov for fjernelse af skruen ved et sekundært indgreb grundet protusion af skruehovedet (29)^{lb}. Den anvendte 3,5 mm skrue, solid eller kanyleret, sikre en udmærket kompression over frakturen (78,79)^{lll}.

Wozasek brugte en kanyleret skrue til percutan osteosyntese af akutte scaphoideumfrakturer, af varierende typer (58)^{lb}. 89 % var helede ved efterundersøgelsen. Trumble har retrospektivt opgjort resultaterne af primær osteosyntese med AO-skrue respektive Herbert-Whipple skruen på instabile B2 frakturer (73)^{lb}. I førstnævnte gruppe var den gennemsnitlige helingstid 4,2 måneder i den anden gruppe 4 måneder. Alle frakturer helede uden forskel hvad angår bevægelighed eller styrke. Gode resultater efter osteosyntese med en konventionel skrue er ligeledes rapporteret af andre forfattere (Maudsley 19/22 (23)^{lb}, Bongers 17/18) (23,29)^{lb}.

Kramper (stabels) kan bruges til stabilisering af akutte frakturer men har ikke vundet videre udbredelse (62)^{IV}, (63)^{lb}. Endelig er ekstern fiksering med instrumentariet placeret i trapezium og lunatum testet såvel eksperimentelt som klinisk (110)^{lb}.

6.3 Behandling af frakturer hos børn

Børnefrakturerne er regelmæssigt distale, udislocerede og ofte ukomplette (24,34,89,90,91)^{lb}, (89)^{lll}. 38 % - 52 % af de distale frakturer er avulsioner. Prognosen ved konservativ behandling er udmærket. I materialet præsenteret af Christodoulou (63 patienter) udviklede et enkelt barn med en ustabil fraktur en non-union (91)^{lb}. Helingstiden i en kort

gips var gennemsnitlig 3,2 uger for tuberculumfrakturerne og 5,6 uger for brud i den intermediære del af os scaphoideum. 12,5 % af frakturerne blev først radiologisk synlige efter 1–2 uger. Vahavnen opnåede heling hos alle 108 patienter (90)^{IIb}. I dette studie tilrådes 3 – 4 uger immobilisering for avulsioner og fissurer, mens transverselle brud blev gipsbehandlet 4 – 8 uger (høj gips). Langhoff fandt heling hos alle børn i sin efterundersøgelse. Helingstiden for intermediære frakturer var 6,7 uger efter behandling i en høj gips (24)^{IIb}.

Blodforsyningsmønster ændre sig ikke betydeligt under opvæksten hvorfor den lave incidens af non-union må tilskrives overvægten af distale frakturer. Frakturer hos børn under 5 år, det vil sige inden ossifikationscentret bliver synligt, kan muligvis forekomme. Forekomsten af "bipartite scaphoid" er sjælden. Det er blevet foreslået at fænomenet kan skyldes en udiagnosticeret fraktur tidligt i ossifikationsforløbet (92)^{IV}.

6.4 Konkurrerende læsioner, komplikationer, rehabilitering

6.4.1. Konkurrerende læsioner

Frakturer i andre knogler kan optræde simultant med en scaphoideumfraktur. Frekvensen af kombinationsfrakturer er angivet til mellem 5 og 10 % (100)^{IV}, (101)^{III}. Bilaterale scaphoideumfrakturer behandles bedst med osteosyntese for at sikre en kortere immobiliseringsperiode og dermed et bedre funktionsniveau (98)^{IV}.

En samtidig distal radiusfraktur er mindre hyppig, men er beskrevet hos voksne såvel som hos børn (90,91)^{IIb}, (93,94,95,96)^{IV}, (101)^{III}. Hoves retrospektive opgørelse af et stort patientmateriale med Colles- respektive scaphoideumfrakturer, støtter hypotesen at den distale radiusfraktur er den læsion, som bestemmer udfaldet af behandlingen (101)^{III}, (102)^{IIb}. Ved en samtidig komminut Collesfraktur og scaphoideumfraktur hos yngre patienter, kan begge med fordel stabiliseres operativt med ekstern fikstion respektive en skrue, for at tillade tidligere mobilisering af håndleddet (97)^{IV}. Såfremt håndleddet immobiliseres med et ekstern fikstionsinstrumentarium, må man være opmærksom på at den langvarige distraktion kan disponere til udvikling af en pseudoartrose i scaphoideum, såfremt denne ikke osteosynteres (111)^{IIb}.

Scaphoideumfraktur i kombination med fraktur af andre knogler, f.eks. øvrige carpalknogler, os metacarpale I og caput radii er beskrevet (30)^{IIb}, (96,99,100,103)^{IV}. Scapholunære ligamentlæsioner og den transscaphoidale perilunære luksation er alvorlige skader som ofte kræver operativ intervention (104)^{IIb}.

For alle skadekombinationer gælder, at såvel den primære behandling som immobiliseringstiden kan varieres læsionerne imellem. Primær osteosyntese af en scaphoideumfraktur giver en større frihedsgrad hvad angår efterbehandlingen, grundet det reducerede behov for hensyntagen til frakturstabiliteten.

6.4.2. Komplikationer

Non-union

Se senere kapitel.

Avaskulær nekrose

Ifølge Filan og Herbert er avaskulær nekrose en velkendt komplikation i relation til non-union af os scaphoideum, men sjældent i forløbet efter en helet akut fraktur (88)^{IV}. De radiologiske stigmata inkluderer tab af volumen, deformitet af den proximale pol samt cystiske og sclerotiske forandringer med tab af trabekulering. Behandlingen følger samme principper som når fænomenet opstår i forbindelse med non-union.

Gellmann fandt i sit materiale af konservativt behandlede frakturer tegn på udvikling af avaskulær nekrose hos 2 ud af 5 proximale frakturer, og hos 12,5 % af patienterne med intermediære frakturer (9)^{lb}. Disse forandringer findes inden frakturen er helet og betingede en forlænget immobiliseringsperiode (15,3 uger), uafhængig af gipstypen.

Røntgenundersøgelserne er foretaget med 4 eller 6 projektioner, men kriterierne for diagnosen er ikke angivet. Kun en af de 7 patienter skulle behandles for en non-union. Forekomsten af avaskulær nekrose varierer betydeligt hos Cooney, Margan og Dunn (1/7, 3/100, 4/41) men alle frakturerne heledes på konservativ behandling (16,106)^{llb}, (108)^{IV}.

Komplikationer til osteosyntese

Den hyppigste komplikation i Filan og Herberts materiale er ømhed svarende til et hypertrofisk ar (13 %) efter åben volar adgang (45)^{llb}. Iatrogene læsioner af n. radialisgrene, infektioner, carpaltunnelsyndromer og refleksdystrofi synes ikke at forekomme mere hyppigt end ved andre håndkirurgiske indgreb. Såfremt de hovedløse skruer ikke er placeret tilstrækkelig dybt i knoglen kan en protusion betinge en senere fjernelse af skruen.

En ny fraktur kan opstå ved spidsen af Herbertskruen såfremt denne ikke er sat tilstrækkelig dybt i knoglen (72)^{IV}.

6.4.3. Rehabilitering

En umiddelbar sammenligning af resultaterne hvad angår funktionsniveau efter behandlingen er ikke mulig grundet betydelige forskelle i opfølgningstid og metode (73)^{llb}. Der angives funktionelle slutresultater, hvad angår bevægelsesudslag i håndleddet, og kraftudvikling på 97-100 % af hvad man finder på den kontralaterale side (Tabel 5). Ifølge Düppe og Böhler vil kun få patienter få bevægelsesindskrænkning af betydning efter konservativ behandling (31,75)^{llb}. Hambridge angiver dog at immobilisering i fleksion giver nedsat ekstension i håndleddet ved opfølgningen efter 6 måneder (15)^{lb}.

Forfatter	K/O*	Bevægelighed i håndleddet	% af normal kraftudvikling
-----------	------	---------------------------	----------------------------

Adams (42) ^{llb}	O	67 % af normal fleksion./ekstension. (svære frakturer) (6-72 mdr.)	Pinch: 83 % - Greb: 78 % (6-72 mdr.)
Bond (47) ^{lb}	K/O	86 % af normal fleksion/ekstension. (24 mdr.)	Greb: 84 % (24 mdr.)
Haddad (54) ^{llb}	O	Som på den kontralaterale side. (3 mdr.)	Pinch: 100 % - Greb: 98 % (12mdr.)
Raudasoja (36) ^{llb}	K	15 % havde tab af ekstension, 12 % tab af fleksion (5°-25°). (21-82 mdr.)	79 % (21-82 mdr.)
Rettig (70) ^{llb}	O	57° ekstension, 52° fleksion. (4-48 mdr.)	Greb: 85 % (4-48 mdr.)
Saedén (40) ^{lb}	K	98 % af normal bevægelighed. (12 år)	Greb: 88 % (12 år)
Saedén (40) ^{lb}	O	96 % af normal bevægelighed. (12 år)	Greb: 95 % (12 år)
Smith (105) ^{llb}	O	Flektion/ekstension: 82 % af normale. Deviation: 84 % af normale. (6-36 mdr.)	Pinch: 95 % - Greb: 90 % (6-36 mdr.)
Trumble (73) ^{llb}	O	86% af normal fleksion/ekstension og deviation. (24-40 mdr.)	Greb: 79/80 % (24-40 mdr.)

* K = konservativ behandling, O = operativ behandling.

Tabel 5: Funktionsniveau efter behandling af scaphoideumfrakturer med forskellige metoder.

Anbefalinger

- Ved en akut fraktur i tuberculum behandles symptomatisk med skinne i 2-4 uger eller med kompressionsforbinding.
- (B)

· Akutte distale eller intermediære frakturer med mindre end 1mm dislokation behandles konservativt med immobilisering af håndleddet i neutral- eller funktionsstilling. Radiologisk og klinisk kontrol efter 8 uger. Såfremt der ikke er overbevisende healing forlænges bandageringstiden yderligere 4 uger. Der synes at være dokumentation for at tommelfingeren ikke behøver inkluderes i bandagen. (B)

· En fraktur i proximale del af os scaphoideum kan behandles konservativt som ovenfor nævnt. Flere forhold taler for at osteosyntese er af værdi ved proximale frakturer. Ved små proximale fragmenter bør tidlig osteosyntese overvejes. (B)

· Isolerede dorsale avulsioner fra os scaphoideum behandles med immobilisering i 6 uger. (C)

· Ved mere end 1 mm diastase i frakturen, en scapholunær vinkel på mere end 60° eller en radiolunær vinkel større end 15° skal frakturen osteosynteres. Osteosyntese kan ligeledes være et alternativ ved tilstedeværelse af konkurrerende læsioner og hos patienter hvor langvarig immobilisering er problematisk. (B)

- Ved børnefrakturer tilrådes 3 – 4 uger immobilisering for avulsioner og fissurer, mens transverselle brud immobiliseres i 6 uger. (B)

Litteratur

1. Herbert TJ, Fisher WE. Management of the fractured scaphoid using a new bone screw. J Bone Joint Surg Br 1984;66(1):114-23.

2. Falkenberg P. An experimental study of instability during supination and pronation of the fractured scaphoid. J Hand Surg [Br] 1985;10(2):211-3.

3. Kuhlmann JN, Boabighi A, Kirsch JM, Mimoun M, Baux S. Etude experimentale de la contention plâtrée des fractures du scaphoïde carpien. Deductions cliniques. [Experimental study on a plaster cast in fractures of the carpal scaphoid. Clinical deductions]. Rev.Chir.Orthop Reparatrice.Appar.Mot. 1987;73(1):49-56.

4. Kaneshiro SA, Failla JM, Tashman S. Scaphoid fracture displacement with forearm rotation in a short-arm thumb spica cast. J Hand Surg [Am] 1999;24(5):984-91.

5. Thomaidis VT. Elbow-wrist-thumb immobilisation in the treatment of fractures of the carpal scaphoid. Acta Orthop Scand. 1973;44(6):679-89.

6. Goldman S, Lipscomb PR, Taylor WF. Immobilization for acute carpal scaphoid fractures. *Surg Gynecol.Obstet.* 1969;129(2):281-4.
7. Eddeland A, Eiken O, Hellgren E, Ohlsson NM. Fractures of the scaphoid. *Scand.J Plast Reconstr Surg* 1975;9(3):234-9.
8. Terkelsen CJ, Jepsen JM. Treatment of scaphoid fractures with a removable cast. *Acta Orthop Scand.* 1988;59(4):452-3.
9. Gellman H, Caputo RJ, Carter V, Aboulafia A, McKay M. Comparison of short and long thumb-spica casts for non-displaced fractures of the carpal scaphoid. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71(3):354-7.
10. Alho A, Kankaanpaa. Management of fractured scaphoid bone. A prospective study of 100 fractures. *Acta Orthop Scand.* 1975;46(5):737-43.
11. Burge P. Closed cast treatment of scaphoid fractures. *Hand Clin* 2001;17(4):541-52.
12. Clay NR, Dias JJ, Costigan PS, et al. Need the thumb be immobilised in scaphoid fractures? A randomised prospective trial. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73B:828-32.
13. Romdhane L, Chidgey L, Miller G. Experimental investigation of the scaphoid strain during wrist motion. *J.Biomech* 1990;23(12):1277-84.
14. Smith DK, Cooney WP, An KN, Linscheid RL, Chao EY. The effects of simulated unstable scaphoid fractures on carpal motion. *J Hand Surg [Am]* 1989;14(2 Pt 1):283-91.
15. Hambidge JE, Desai VV, Schranz PJ, Compson JP, Davis TR, Barton NJ. Acute fractures of the scaphoid. Treatment by cast immobilisation with the wrist in flexion or extension? *J Bone Joint Surg Br* 1999;81(1):91-2.
16. Cooney WP, Dobyns JH, Linscheid RL. Fractures of the scaphoid: a rational approach to management. *Clin Orthop* 1980;(149):90-7.
17. Dias JJ, Taylor M, Thompson J, Brenkel IJ, Gregg PJ. Radiographic signs of union of scaphoid fractures. An analysis of inter-observer agreement and reproducibility. *J Bone Joint Surg Br* 1988;70(2):299-301.
18. Chen SC. The scaphoid compression test. *J Hand Surg [Br]* 1989;14(3):323-5.
19. London PS. The broken scaphoid bone. The case against pessimism. *J Bone Joint Surg* 1961;42:237-44.
20. Barton NJ. Twenty questions about scaphoid fractures. *J Hand Surg [Br]* 1992;17(3):289-310.
21. Christiansen TG, Nielsen R, Christensen OM. Helingstid for osscaphoideum manus fraktur. *Ugeskr.Laeger* 1988;150(9):538-9.

22. Compson JP, Waterman JK, Spencer JD. Dorsal avulsion fractures of the scaphoid: diagnostic implications and applied anatomy. *J Hand Surg [Br]* 1993;18(1):58-61.
23. Maudsley RH, Ascot, Chen SC. Screw fixation in the management of the fractured carpal scaphoid. *J Bone Joint Surg Br* 1972;54(3):432-41.
24. Langhoff O, Andersen JL. Consequences of late immobilization of scaphoid fractures. *J Hand Surg [Br]* 1988;13:77-9.
25. Mack GR, Wilckens JH, McPherson SA. Subacute scaphoid fractures. A closer look at closed treatment. *Am J Sports Med* 1998;26:56-8.
26. Leslie IJ, Dickson RA. The fractured carpal scaphoid. Natural history and factors influencing outcome. *J Bone Joint Surg Br* 1981;63-B(2):225-30.
27. Dias JJ, Brenkel IJ, Finlay DB. Patterns of union in fractures of the waist of the scaphoid. *J Bone Joint Surg Br* 1989;71(2):307-10.
28. Thorleifsson R, Karlsson J, Sigurjonsson K. Fractures of the scaphoid bone. A follow-up study. *Arch.Orthop Trauma Surg* 1984;103(2):96-9.
29. Bongers KJ, Ponsen RJ. Operative and nonoperative management of fractures of the carpal scaphoid: five years' experience. *Neth.J Surg* 1980;32(4):142-5.
30. Borgeskov S, Christiansen B, Balslev I, Kjaer A. Naviculare-fraktur. Efterundersogelse af friske, konservativt behandlede frakturer i os naviculare manus. [Fracture of the scaphoid bone. Follow-up study of recent conservatively treated fractures of the scaphoid bone of the hand]. *Ugeskr.Laeger* 1966;128(8):236-40.
31. Duppe H, Johnell O, Lundborg G, Karlsson M, Redlund-Johnell I. Long-term results of fracture of the scaphoid. A follow-up study of more than thirty years. *J Bone Joint Surg Am* 1994;76(2):249-52.
32. Fortis AP, Panagiotopoulos E, Kostopoulos V, Tsantzalis S, Boudouris T. Strain development in carpal scaphoid for various wrist positions: a cadaveric study using strain gauges. *Injury*. 2000;31(7):529-35.
33. King RJ, Mackenney RP, Elnur S. Suggested method for closed treatment of fractures of the carpal scaphoid: hypothesis supported by dissection and clinical practice. *J R Soc.Med* 1982;75(11):860-7.
34. Langhoff O, Andersen JL, Grøn P. Frakturer i distale trediedel af os scaphoideum. *Ugeskr.Laeger* 1987;149(45):3041-2.
35. Lindström G, Nyström A. Incidens of posttraumatic arthrosis after primary healing of scaphoid fractures: A clinical and radiological study. *J Hand Surg [Br]* 1990;15B:11-3.
36. Raudasoja L, Rawlins M, Kallio P, Vasenius J. Conservative treatment of scaphoid fractures: a follow up study. *Ann Chir.Gynaecol.* 1999;88(4):289-93.

37. Riester JN, Baker BE, Mosher JF, Lowe D. A review of scaphoid fracture healing in competitive athletes. *Am J Sports Med* 1985;13(3):159-61.
38. Rettig AC, Weidenbener EJ, Gloyeske R. Alternative management of midthird scaphoid fractures in the athlete. *Am J Sports Med* 1994;22(5):711-4.
39. Russe O. Fracture of the carpal navicular. *J Bone Joint Surg* 1960;42A(5):759-69.
40. Saeden B, Tornkvist H, Ponzer S, Hoglund M. Fracture of the carpal scaphoid. A prospective, randomised 12-year follow-up comparing operative and conservative treatment. *J Bone Joint Surg Br* 2001;83(2):230-4.
41. Monsivais JJ, Nitz PA, Scully TJ. The role of carpal stability in scaphoid nonunion: casual or causal? *J Hand Surg [Br]* 1986;11(2):201-6.
42. Adams BD, Blair WF, Reagan DS, Grundberg AB. Technical factors related to Herbert screw fixation. *J Hand Surg [Am]* 1988;13(6):893-9.
43. Adolfsson L, Lindau T, Arner M. Acutrak screw fixation versus cast immobilisation for undisplaced scaphoid waist fractures. *J Hand Surg [Br]* 2001;26(3):192-5.
44. Barton NJ. The Herbert screw for fractures of the scaphoid. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78(4):517-8.
45. Filan SL, Herbert TJ. Herbert screw fixation of scaphoid fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78(4):519-29.
46. Boeckstyns ME, Kjaer LU. Primaer osteosyntese af os scaphoideum frakturer. [Primary osteosynthesis of scaphoid bone fractures]. *Ugeskr.Laeger* 1985;147(25):1993-4.
47. Bond CD, Shin AY, McBride MT, Dao KD. Percutaneous screw fixation or cast immobilization for nondisplaced scaphoid fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83-A(4):483-8.
48. Bunker TD, McNamee PB, Scott TD. The Herbert screw for scaphoid fractures. A multicentre study. *J Bone Joint Surg Br* 1987;69(4):631-4.
49. Chun S, Wicks BP, Meyerdirks E, Werner F, Mosher JF. Two modifications for insertion of the Herbert screw in the fractured scaphoid. *J Hand Surg [Am]* 1990;15(4):669-71.
50. Herbert TJ, Fisher WE, Leicester AW. The Herbert bone screw: a ten year perspective. *J Hand Surg [Br]* 1992;17(4):415-9.
51. Pring DJ, Hartley EB, Williams DJ. Scaphoid osteosynthesis: early experience with the Herbert bone screw. *J Hand Surg [Br]* 1987;12(1):46-9.
52. Callanan I, Lahoti O, McElwain JP. Herbert screw insertion in the scaphotrapezium joint. A cause of degenerative change? *J Hand Surg [Br]* 1996;21(6):775-7.

53. DeMaagd RL, Engber WD. Retrograde Herbert screw fixation for treatment of proximal pole scaphoid nonunions. *J Hand Surg [Am]* 1989;14(6):996-1003.
54. Haddad FS, Goddard NJ. Acute percutaneous scaphoid fixation using a cannulated screw. *Chir.Main.* 1998;17(2):119-26.
55. Ledoux P, Chahidi N, Moermans JP, Kinnen L. Osteosynthese percutanee du scaphoide par vis de Herbert. [Percutaneous Herbert screw osteosynthesis of the scaphoid bone]. *Acta Orthop Belg.* 1995;61(1):43-7.
56. O'Brien L, Herbert T. Internal fixation of acute scaphoid fractures: a new approach to treatment. *Aust.N.Z.J Surg* 1985;55(4):387-9.
57. Lange RH, Vanderby R Jr, Engber WD, Glad RW, Purnell ML. Biomechanical and histological evaluation of the Herbert screw. *J Orthop Trauma* 1990;4:275-82.
58. Wozasek GE, Moser KD. Percutaneous screw fixation for fractures of the scaphoid. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73(1):138-42.
59. Inoue G, Shionoya K. Herbert screw fixation by limited access for acute fractures of the scaphoid. *J Bone Joint Surg Br* 1997;79(3):418-21.
60. Inoue G, Tamura Y. Closed technique for the Herbert screw insertion in an undisplaced fracture of the scaphoid. *J Orthop Surg Tec* 1991;6:1-7.
61. Kozin SH. Internal fixation of scaphoid fractures. *Hand Clin* 1997;13(4):573-86.
62. Szabo RM, Manske D. Displaced fractures of the scaphoid. *Clin Orthop* 1988;(230):30-8.
63. Korkala OL, Kuokkanen HO, Eerola MS. Compression-staple fixation for fractures, non-unions, and delayed unions of the carpal scaphoid. *J Bone Joint Surg Am* 1992;74(3):423-6.
64. Shapiro JS. Power stabel fixation in hand and wrist surgery: New application of an old fixation device. *J Hand Surg [Am]* 1987;12:218-27.
65. Moran R, Curtin J. Scaphoid fractures treated by Herbert screw fixation. *J Hand Surg [Br]* 1988;13(4):453-5.
66. dos-Reis FB, Koeberle G, Leite NM, Katchburian MV. Internal fixation of scaphoid injuries using the Herbert screw through a dorsal approach. *J Hand Surg [Am]* 1993;18(5):792-7.
67. Botte MJ, Mortensen WW, Gelberman RH, Rhoades CE, Gellman H. Internal vascularity of the scaphoid in cadavers after insertion of the Herbert screw. *J Hand Surg [Am]* 1988;13(2):216-20.
68. Rettig AC. Management of acute scaphoid fractures. *Hand Clin* 2000;16(3):381-95.

69. Rettig AC, Kollias SC. Internal fixation of acute stable scaphoid fractures in the athlete. *Am J Sports Med* 1996;24(2):182-6.
70. Rettig ME, Kozin SH, Cooney WP. Open reduction and internal fixation of acute displaced scaphoid waist fractures. *J Hand Surg [Am]* 2001;26(2):271-6.
71. Rettig ME, Raskin KB. Retrograde compression screw fixation of acute proximal pole scaphoid fractures. *J Hand Surg [Am]* 1999;24(6):1206-10.
72. Stothard J, Kumar A. Scaphoid fracture at the tip of a Herbert screw. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75(6):974-5.
73. Trumble TE, Gilbert M, Murray LW, Smith J, Rafijah G, McCallister WV. Displaced scaphoid fractures treated with open reduction and internal fixation with a cannulated screw. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82(5):633-41.
74. Manske PR, McCarthy JA, Strecker WB. Use of the Herbert bone screw for scaphoid nonunions. *Orthopedics*. 1988;11(12):1653-61.
75. Böhler VL, Trojan E, Jahna H. Behandlungsergebnisse von 734 frischen einjachen Brüchen des Kahnbeinkörpers der Hand. *Reconstr Surg Traumatol* 1954;II:86-111.
76. Shubert HE. Scaphoid fracture. Review of diagnostic tests and treatment. *Can Fam Physician* 2000;46:1825-32.
77. Wheeler DL, McLoughlin, SW. Biomechanical assessment of compression screws. *Clin Orthop* 1998;350:237-45.
78. Newport ML, Williams CD, Bradley WD. Mechanical strength of scaphoid fixation. *J Hand Surg [Br]* 1996;21(1):99-102.
79. Shaw JA. A biomechanical comparison of scaphoid screws. *J Hand Surg [Am]* 1987;12(3):347-53.
80. Toby EB, Butler TE, McCormack TJ, Jayaraman G. A comparison of fixation screws for the scaphoid during application of cyclical bending loads. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79(8):1190-7.
81. Martini AK. Erfahrungen mit der Herbert-Schraube. [Experiences with the Herbert screw]. *Handchir.Mikrochir.Plast Chir.* 1993;25(4):211-6.
82. Kamineni S, Lavy CB. Percutaneous fixation of scaphoid fractures. An anatomical study. *J Hand Surg [Br]* 1999;24(1):85-8.
83. Bond CD, Shin AY. Percutaneous cannulated screw fixation of acute scaphoid fractures. *Tech in Hand and upper extr surg* 2000;4(2):81-7.
84. Compson JP, Heatley F.W. Imaging the position of a screw within the scaphoid. *J Hand Surg [Br]* 1993;18B:716-24.

85. Slade J.F., Jaskwhich D. Percutaneous fixation of scaphoid fractures. *Hand Clin* 2001;17(4):553-74.
86. Herbert T.J. Open volar repair of acute scaphoid fractures. *Hand Clin* 2001;17(4):589-99.
87. Huene D.R. Primary internal fixation of carpal navicular fractures in the athlete. *Am J Sports Med* 1979;7(3):175-7.
88. Filan SL, Herbert TJ. Avascular necrosis of the proximal scaphoid after fracture union. *J Hand Surg [Br]* 1995;20(4):551-6.
89. Brondum V, Larsen CF, Skov O. Scaphoideumfraktur. Frakturtyper og knoglelokalisering. [Scaphoid fractures. Fracture types and localization]. *Ugeskr.Laeger* 1994;156(43):6375-7.
90. Vahvanen V, Westerlund M. Fracture of the carpal scaphoid in children. A clinical and roentgenological study of 108 cases. *Acta Orthop Scand.* 1980;51(6):909-13.
91. Christodoulou AG, Colton CL. Scaphoid fractures in children. *J Pediatr.Orthop* 1986;6(1):37-9.
92. Larson B, Light TR, Ogden JA. Fracture and ischemic necrosis of the immature scaphoid. *J Hand Surg [Am]* 1987;12(1):122-7.
93. Greene WB, Anderson WJ. Simultaneous fracture of the scaphoid and radius in a child. *J Pediatr.Orthop* 1982;2(2):191-4.
94. Kristiansen B. Samtidig Colles' og scaphoideum fraktur. [Simultaneous Colle's fracture and fracture of the carpal scaphoid]. *Ugeskr.Laeger* 1982;144(11):799
95. Stother IG. A report of 3 cases of simultaneous Colles' and scaphoid fractures. *Injury.* 1976;7(3):185-8.
96. Moller BN. Simultaneous fracture of the carpal scaphoid and adjacent bones. *Hand* 1983;15(3):258-61.
97. Jenkins NH, Jones DG. Simultaneous Colles' and scaphoid fractures: treatment by combined internal and external fixation. *Am J Emerg.Med* 1986;4(3):229-30.
98. Fritsche EA, Hort C, Noever G. Simultaneous fractures of the waist and tuberosity of the scaphoid. *J Hand Surg [Br]* 1997;22(6):814-6.
99. Agoropoulos Z, Papachristou G, Gavras M, Hartofilakidis G. Carpal scaphoid fracture associated with fracture of the radial head. *Injury.* 1973;5(1):84-6.
100. Wildin CJ, Bhowal B, Dias JJ. The incidence of simultaneous fractures of the scaphoid and radial head. *J Hand Surg [Br]* 2001;26(1):25-7.
101. Hove LM. Simultaneous scaphoid and distal radial fractures. *J Hand Surg [Br]* 1994;19(3):384-8.
102. Tountas AA, Waddell JP. Simultaneous fractures of the distal radius and scaphoid. *J Orthop Trauma* 1987;1(4):312-7.

103. Hodgkinson JP, Parkinson RW, Davies DR. Simultaneous fracture of the carpal scaphoid and trapezium--a very unusual combination of fractures. *J Hand Surg [Br]* 1985;10(3):393-4.
104. Adkison JW, Chapman MW. Treatment of acute lunate and perilunate dislocations. *Clin Orthop* 1982;(164):199-207.
105. Smith K, Helm R, Tonkin MA. The Herbert screw for the treatment of scaphoid fractures. *Ann Chir.Main.Memb.Super.* 1991;10(6):556-63.
106. Morgan DAF, Walters JW. A prospective study of 100 consecutive carpal scaphoid fractures. *Aust.N.Z.J Surg* 1984;54:233-41.
107. Fisk GR. The Wrist. *J Bone Joint Surg Br* 1984;66B(3):396-407.
108. Dunn AW. Fractures and dislocations of the carpus. *Surg Clin North Am* 1972;52(6):1513-38.
109. Mayr E, Rudzki MM, Rudzki M, Borchardt B, Hausser H, Ruter A. Beschleunigt niedrig intensiver, gepulster Ultraschall die Heilung von Skaphoidfrakturen? [Does low intensity, pulsed ultrasound speed healing of scaphoid fractures?]. *Handchir.Mikrochir.Plast Chir.* 2000;32(2):115-22.
110. Gunal I, Oztuna V, Seber S. Trapezio-lunate external fixation for scaphoid fractures. An experimental and clinical study. *J Hand Surg [Br]* 1994;19(6):759-62.
111. Trumble TE, Benirschke SK, Vedder NB. Ipsilateral fractures of the scaphoid and radius. *J Hand Surg [Am]* 1993;18(1):8-14.
112. Margo MK, Seely JA. A statistical review of 100 cases of fracture of the carpal navicular bone. *Clin Orthop* 1963;31:102-5.
113. Ford DJ, Khoury G, el-Hadidi S, Lunn PG, Burke FD. The Herbert screw for fractures of the scaphoid. A review of results and technical difficulties. *J Bone Joint Surg Br* 1987;69(1):124-7.

6.5 Minimal invasiv behandling af friske frakturer

Kravet fra især professionelle idrætsfolk i USA (1)^{III}, som ved en langvarig immobilisering, og med en ikke uanselig risiko for pseudoartrose kan se frem til et stort indkomstbortfald og måske afslutning på en givende idrætskarriere, har yderligere presset udviklingen for at kunne tilbyde denne gruppe et minimalt invasivt indgreb, som kan tillade en tidlig mobilisering. På denne baggrund blev en kanuleret Herbert skrue udviklet af Terry Whipple til artroskopisk assisteret perkutan fixering af scaphoideumfrakturer (2)^{III}. Fordelen ved at introducerer et artroskop er at man får et tredimensionelt billede af frakturen og derfor kan reponerer dislocerede frakturer eksakt under skruefixeringen (3,4)^{III}. Desuden kan man diagnosticerer og behandle samtidige ligamentskader (5)^{III} som normalt ikke ses på røntgen(6)^{III}.

Parallelt hermed er der udviklet en ren perkutan røntgen vejledt teknik (7)^{lb} hovedsageligt med brug af Acutrak® skruen som er en konisk variant på Herbert-Whipple TM skruen. Disse nye teknikker er lovende og har udvidet indikationerne for operativ behandling, så den nu i stigende grad kan tilbydes individer med behov for tidlig mobilisering ved selv udislocerede skaffrakturer. Der findes kommersielt 8-10 forskellige kanulerede skrue til brug ved skafoideumfrakturer. Flere kliniske studier viser sikker heling ved anvendelse af skruefixering selv ved frakturer med dårlig prognose (8)^{lll}. På det sidste er der kommet flere prospektiv radomiserede pilotstudier (9,10)^{lb}, hvor minimal invasiv skruefixering sammenlignes med gipsbehandling ved akutte udislocerede corpusfrakturer. Endnu findes ingen studier som er tilstrækkelig store til at vise en signifikant forskel i helingsfrekvensen, men der er en klar hurtigere rehabilitering i de skruefixerede patienter. I en nyligt publiceret costbenefit analyse (11)^{lla} af netop operativt og nonoperativt behandlede udislocerede scaphoideumfrakturer tyder det på, at der for samfundet er en gevinst at hente ved at behandle med skruefixering, idet sygefraværet er mindre i den operativt behandlede gruppe.

Således er der en udvikling mod en mere aktiv behandling af scaphoideumfrakturer i første omgang til patientgrupper, som har et specielt behov for tidlig mobilisering. Minimalt invasiv teknik kræver en speciel operativ kunnen og det må derfor anbefales at metoden samles i centre med relevant håndkirurgisk ekspertise.

Anbefalinger

- Røntgenvejledt perkutan skruefixering er en metode som kan overvejes ved udislocerede frakturer ved patienter med specielt behov af tidlig mobilisering efter passende uddannelse i teknikken.(A)
- Proximale scaphoideumfrakturer anbefales opereret røntgenvejledt med minimal dorsal artrotomi og kanuleret skrue af så lille diameter som muligt.(B)
- Dislocerede frakturer anbefales det at man opererer åbent med kanuleret kompressionsskrue efter passende uddannelse i teknikken. (C)
- Artroskopisk assisteret skruefixering af scaphoideumfrakturer er endnu på experimentalstadiet og kan ikke anbefales som en rutinemetode.(C)

Litteratur

1. Whipple TL. Arthroscopic management of the athlete: Internal fixation of scaphoid fractures J Hand Therapy. 1991 April-june: 57-60.
2. Whipple TL. Stabilization of the fractured scaphoid under arthroscopic control. Orthop Clin North Am. 1995 Oct;26(4):749-54
3. Toh S, Nagao A, Harata S. Severely displaced scaphoid fracture treated by arthroscopic assisted reduction and

osteosynthesis. J Orthop Trauma. 2000 May;14(4):299-302.

4. Slade JF 3rd, Grauer JN, Mahoney JD. Arthroscopic reduction and percutaneous fixation of scaphoid fractures with a novel dorsal technique. Orthop Clin North Am. 2001 Apr;32(2):247-61
5. Geissler WB, Hammit MD. Arthroscopic aided fixation of scaphoid fractures. Hand Clin. 2001 Nov;17(4):575-88, viii.
6. Adolfsson L, Povlsen B. Arthroscopic findings in the subacute stage in patients with normal standard radiographs after wrist trauma. Proceeding at: The international wrist instability meeting, Aarhus, may 16-7, 2002.
7. Haddad FS, Goddard NJ. Acute percutaneous scaphoid fixation using a cannulated screw. Chir Main. 1998;17(2)
:119-26.
8. Jørgsholm P Arthroscopically-assisted treatment of scaphoid fractures: Outcome of 15 unstable treated fractures. Poster at the 6th FESSH congress, 21-24 June 2000, Barcelona.
9. Bond CD, Shin AY, McBride MT, Dao KD. Percutaneous screw fixation or cast immobilization for nondisplaced scaphoid fractures. J Bone Joint Surg Am. 2001 Apr;83-A(4):483-8.
10. Adolfsson L, Lindau T, Arner M. Acutrak screw fixation versus cast immobilisation for undisplaced scaphoid waist fractures. J Hand Surg [Br]. 2001 Jun;26(3):192-5.
11. Whipple TL. Stabilization of the fractured scaphoid under arthroscopic control. Orthop Clin North Am. 1995 Oct;26(4):749-54 Niveau III
12. Toh S, Nagao A, Harata S. Severely displaced scaphoid fracture treated by arthroscopic assisted reduction and osteosynthesis. J Orthop Trauma. 2000 May;14(4):299-302. Niveau III

13. Slade JF 3rd, Grauer JN, Mahoney JD. Arthroscopic reduction and percutaneous fixation of scaphoid fractures with a novel dorsal technique. *Orthop Clin North Am.* 2001 Apr;32(2):247-61 Niveau III
14. Geissler WB, Hammit MD. Arthroscopic aided fixation of scaphoid fractures. *Hand Clin.* 2001 Nov;17(4):575-88, viii. Niveau III
15. Adolfsson L, Povlsen B. Arthroscopic findings in the subacute stage in patients with normal standard radiographs after wrist trauma. Proceeding at: The international wrist instability meeting, Aarhus, may 16-7, 2002. Niveau III
16. Haddad FS, Goddard NJ. Acute percutaneous scaphoid fixation using a cannulated screw. *Chir Main.* 1998;17(2):119-26. Niveau Ib
17. Jørgsholm P Arthroscopically-assisted treatment of scaphoid fractures: Outcome of 15 unstable treated fractures. Poster at the 6th FESSH congress, 21-24 June 2000, Barcelona. Niveau III
18. Bond CD, Shin AY, McBride MT, Dao KD. Percutaneous screw fixation or cast immobilization for nondisplaced scaphoid fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2001 Apr;83-A(4):483-8. Niveau Ib
19. Adolfsson L, Lindau T, Arner M. Acutrak screw fixation versus cast immobilisation for undisplaced scaphoid waist fractures. *J Hand Surg [Br].* 2001 Jun;26(3):192-5. Niveau Ib
20. Papaloizos MY, Fusetti C, Christen T, Nagy L, Wasserfallen JB. Minimally invasive fixation versus conservative treatment of undisplaced scaphoid fractures: a cost-effectiveness study. *J Hand Surg [Br].* 2004 Apr;29(2):116-9. Niveau IIa

7. FORSINKET HELING OG PSEUDARTOSE.

Forsinket heling foreligger, når helingsprocessen er mindre fremskreden end forventet på et givet tidspunkt. Man taler om *pseudartrose*, når der foreligger en situation, hvor heling ikke kan forventes, ifølge Herbert 6 måneder eller mere efter skaden (1) ^{lb}. Pseudartroseudvikling er yderst sjælden ved fraktur i tuberositas ossis scaphoidei (2) ^{lb} og hos børn (3,4,5,6,7,8,9,10,11) ^{lb} og hyppigere ved fraktur gennem knoglens proximale 1/3 (se afsnit 6).

I praksis vil problemstillingen oftest være: Hvornår og under hvilke omstændigheder, er der grund til at ændre en igangværende behandlingsstrategi. Som regel vil beslutningen om strateg ændring baseres på billeddiagnostiske tegn på et ugunstigt helingsforløb: tiltagende/vedvarende diastase, ændring af knoglefragmenternes og/eller implantaternes indbyrdes placering, tiltagende resorbtion af frakturflader eller isatte knogletransplantater, cystedannelse, opklaring omkring implantater etc. De fleste vil formentlig være enige med Herbert i, at der foreligger en pseudartrose, som kun kan hele takket være en aktiv behandlingsindsats, hvis en skafoideumfraktur udviser tegn på manglende heling et halvt år efter frakturs opståen. Men mange vil allerede skride til operation, hvis der er tegn på dårlig heling efter 12-16 ugers gipsbehandling. Er der tvivl om helingen på almindelige røntgenoptagelser, er CT-scanning som regel værdifuld, selv når der er isat metalliske implantater (12) ^{lb}. CT-scanning kan dog give et falsk indtryk af delvis heling, når der i virkeligheden foreligger manglende heling, p.g.a. den elektroniske databearbejdelse (13) ^{lll}. Også MR er anvendelig, muligvis endog bedre end CT, i særdeleshed når vaskulariteten af fragmenterne skal bedømmes, se nedenfor.

Indimellem vil man ved operation finde en tilsyneladende helet fraktur, hvor billeddiagnostik viser manglende eller tvivlsom heling. Barton (14) ^{lb} beskriver 10 sådanne tilfælde. Fem af disse viste sig til sidst, ikke at være helet. Det anbefales i en sådan situation, at man undersøger knoglen nærmere med en nål eller, ved at udføre en lille vindueosteotomi.

7.2. Pseudartrose, karpal instabilitet og osteoartrose (OA).

Karpal instabilitet (dorsal intercalated segment instability, DISI-deformitet), hvor carpus' højde er mindsket og os lunatum er dorsalflektet, forekommer i 25 til 57 % af pseudartroserne (15,16,17,18) ^{lla+llb}. DISI skyldes sjældent ruptur af det scapholunære ligament (17) ^{lla}, men derimod destabilisering af carpus' ossøse struktur. Den ses fortrinsvis ved relativt distale pseudartroser, hvortil distale fragment roterer palmar. Derimod er den sjældent ses ved proximale pseudartroser.

Der foreligger betydelige indicier for, at ubehandlede pseudartroser med tiden vil udvikle OA i carpus (15,18,20,21,22,23,24) ^{llb}. OA viser sig sent (efter mindst 5-10 år) og først i det radioskafoide led (mellem radius og scaphoideums distale fragment), senere også i midtkarpalledet (25,15,18) ^{llb} og endnu senere som panartrose. Karpalkollaps med panartrose som følge af en skafoideumpseudartrose betegnes i den engelsprogede litteratur som SNAC (scaphoid nonunion advanced collapse). I Martini og Schiltens materialer (21) ^{llb} havde 49/49 patienter OA efter 10 år. I de andre nævnte materialer var forekomsten på højde hermed eller en smule lavere. Kerluke & McCabe (26) ^{lll} anfægter værdien af disse iagttagelser, idet de anfører, at der er tale om materialer, der må være selekterede derved, at tilfældene i et eller andet omfang er kommet frem på grund af smerter eller andre symptomer på OA.

Udvikling af OA ses også efter vellykket pseudartroseoperation og spørgsmålet om man skal operere en asymptomatisk pseudartrose for at undgå OA er derfor ikke umiddelbart let at besvare: I en efterundersøgelse 7-17 år efter knogletransplantation a.m. Matti-Russe, publiceret af Stark et al. (27)^{IIb}, havde 18/27 patienter OA på efterundersøgelsestidspunktet, mod 8 før operation. Det må dog siges, at 4 af disse pseudartroser ikke var helede. Hooning van Duyvenbode et al. (28)^{IIb} og Martini (20)^{IIb} har gjort lignende iagttagelser. Alligevel viser de tilgængelige data, at OA-problemet sandsynligvis er mere udtalte i ikke-behandlede eller i ikke tilhelede tilfælde efter behandling, og at problemerne øges med stigende observationstid: Eksempelvis viste Martinis & Ottos materiale (20)^{IIb}, at 69 % af patienterne havde OA gennemsnitligt 10,7 år efter knogletransplantation a.m. Matti-Russe, mens en kontrolgruppe af ikke-behandlede pseudartroser havde OA i 95% af tilfældene. OA-udviklingen behøver ikke at have sammenhæng med forekomsten af DISI (15,18)^{IIb}.

7.3. Andre komplikationer.

7.3.1. Avaskularitet af det proximale fragment.

Avaskularitet af det proximale fragment er en frakturkomplikation som især optræder efter proximale frakturer (se "komplikationer" i afsnit 6). Diagnosen er let at stille ved almindelig røntgenundersøgelse, såfremt der foreligger egentlig osteonekrose med fragmentering af det proximale fragment, men osteonekrose som følge af fraktur skal ikke forveksles med den sjældne spontane aseptiske osteonekrose af os scaphoideum: Preisers sygdom (29)^{IIb}, som fragmenterer knoglen mere diffust.

MR-scanning har i flere undersøgelser vist sig at være røntgenundersøgelse overlegen (30,31)^{III}. Som facitliste anvendtes histologisk undersøgelse af peroperativt udtagne biopsier i disse to arbejder, som viste perfekt overensstemmelse mellem MR-fundet og det histologiske fund. Andre har anvendt en peroperativ vurdering af knoglen som facitliste: Punktat blødning fra knoglen efter løsning af blodtomheden, og ikke fundet nær så overbevisende overensstemmelse (32,33)^{III}. Cerezal og medarbejdere (33)^{III} fandt dog, at gadolinummarkering øgede overensstemmelsen fra 68 til 83 %. Selv ved indsatte implantater kan MR anvendes, da de fleste implantater, herunder Herbertskruen, er fremstillet af ikke-magnetiserbart metal: titanium (34,35)^{III}. Påvist nedsat eller manglende vaskularitet af det proximale fragment forringer prognosen (34,36)^{III} men *udelukker* dog ikke, at pseudartrose kan hele efter (avaskulær) knogletransplantation. Således helede 3 af 6 pseudartroser i Trumbles serie, hvor avaskularitetsdiagnosen var stillet såvel med MR som med biopsi (30)^{III}. I Gunals serie helede 12 af 13 pseudartroser, som udviste 1 af 2 avaskularitetstegn: manglende punktad blødning peroperativt eller avaskularitet ved MR (32)^{III}.

7.3.2. Senerupturer.

Seneruptur forårsaget af langvarig, ubehandlet skaphoideumpseudartrose er en yderst sjælden komplikation, som kun er kasuistisk beskrevet. Det drejer sig oftest om isoleret flexor pollicis longusseneruptur (37,38,39)^{IIb} eller ruptur af både

flexor pollicis longussenen og fleksorsenerne til pegefingern (40,41) ^{llb}. Et enkelt tilfælde af ruptur af pegefingerns ekstensorsener er også beskrevet (42) ^{llb}.

Et tilfælde af ruptur af flexor pollicis longussenen er beskrevet som følge af disloceret knogletransplantat efter Matti-Russes operation og efter intern fiksatoren af en pseudartrose med skinne og skrue (43) ^{llb}.

7.4. Behandling.

7.4.1. Transplantation af ikke-vaskulariseret knogle uden anvendelse af intern fiksatoren.

Russe publicerede i 1960 en metode, hvor den ikke-tilhelede os scaphoideum blev næsten fuldstændigt rømmet for spongios knogle ved palmar adgang og udfyldt med kortikospongios knoglebjælker fra crista iliaca henover pseudartrosespalten, suppleret med chips i resterende defekter (44) ^{llb}. Russes metoden (i Europa oftest kaldet Matti-Russes metode) er en videreudvikling af Mattis knogletransplantationsprincip og erstattede stort set Murrays tidligere metode med dorsal adgang og knogletransplantation med knogletappe gennem borehuller (45) ^{llb}. Tabel 1 viser helingsresultaterne i et bredt udvalg af publicerede materialer.

Tabel 1.

Helingsfrekvens efter pseudartroseoperation a.m. Matti-Russe.

Forfatter	Årstal	Antal patienter	Helingsfrekvens i %
Russe (44) ^{llb}	1960	22	90
Mulder (46) ^{llb}	1968	100	97
Dooley (47) ^{llb}	1968	23	87
Unger & Stryker (48) ^{llb}	1969	42	79
Glass & Hochberg (49) ^{llb}	1978	24	96
Cooney et al. (50)	1980	44	86
Schneider & Aulcino (51) ^{llb}	1982	31	87

Boeckstyns et al. (52) IIb	1984	28	86
Andrews et al. (53) ^{IIb}	1985	6	67
Green (54) ^{IIb}	1985	45	0-92 ¹
Pechlaner et al. (55) IIb	1987	29/83	54/86 ²
Warren-Smith & Barton (56) ^{IIb}	1988	17/28	60
Stark et al. (27) ^{IIb}	1987	22	81
Buchholz et al. (57) ^{IIb}	1992	215	95
Jiranek et al. (58) ^{IIb}	1992	26	81
Groner & Zellner (59) IIb	1995	60	85
Petcu (60) ^{IIb}	1998	45	92
Sauerbier et al. (61) IIb	1999	32	81

¹ Helingsfrekvens 92 % ved god vaskularitet af det proksimale fragment (bedømt peroperativt), 71 % ved dårlig vaskularitet, og 0 % ved manglende vaskularitet..

² Helingsfrekvens 86 %, hvis rekonstruktion udført indenfor 2 år efter skaden, og 54 % hvis udført senere end 4 år efter skaden.

Helingsfrekvensen angives i de fleste materialer at ligge mellem 80 og 97 %. Hvis intervallet mellem traumet og pseudartroseoperationen er langt større end 4-5 år forringes helingsprognosen (62,63) ^{IIb+IIa}. Det samme gælder, når der er tale om et lille, muligvis avaskulært proksimalt fragment (51,54) ^{IIb}. Som en undtagelse rapporterer Sauerbier dog en helingsfrekvens på 81 % i 32 tilfælde med proksimal pseudartrose (61) ^{IIb}. I stedet for forsøg på at opnå tilheling af et lille proksimalt fragment, har man også benyttet sig af ekscision af fragmentet og anbringelse af et frit stykke kortikospongiøst crista iliaca-transplantat i dets sted, fikseret ved, at en tildanne en lille tap i transplantatet, som bankes ind i et borehul i det distale fragment (Russe II-operation) (64) ^{IV}.

Matti-Russes metode anvender ikke intern fiksation (undtagelsesvis dog K-tråd), og dens største ulempe er derfor den nødvendige langvarige gibsbandageringstid: standard 4 måneder (46)^{llb}, ofte 6 måneder og helt op til 9 (56) eller 12 måneder (47)^{llb}. Metoden kan medføre blivende *humpback deformity* (palmarfleksionsdeformitet af os scaphoideum, se afsnit 8) (58)^{llb}.

Enkelte arbejder tiltrækker sig særlig interesse:

1. Mulders (46)^{llb} udmærker sig ved at være det første større materiale (100 tilfælde) og ved at der er foretaget en efterfølgende langtidsgenundersøgelse af 77 af patienterne med en observationstid på 22 til 34,8 år (28)^{llb}. Forekomsten af OA var betydeligt større ved efterundersøgelsen en før operation og betydeligt større i de opererede håndled end i de kontralaterale. Dette indikerer, at de udførte og i øvrigt vellykkede rekonstruktioner ikke forhindrede udvikling af OA, men forfatterne angiver, at graden af OA var mere udtalt i de 5 tilfælde, hvor healing ikke var opnået, eller hvor pseudartrosen var brudt op igen. Der var ikke korrelation mellem forekomsten af OA på den ene side og fejlstilling (*malalignment af fragmenterne*) eller DISI på den anden side. Skafolunær diastase sås ikke. Denne øgede forekomst af OA på lang sigt fandtes også ved en langtidsefterundersøgelse (7 til 17 år) af 27 patienter i et andet arbejde (27)^{llb}.

2. I Groner og Zellners efterundersøgelse af 60 patienter (59)^{llb} fandtes at håndledsfunktion med tiden blev ringere (observationstid > 9 år).

3. Endelig tyder et arbejde på, at anvendelse af ikke-vaskulariseret knogletransplantat fra distale radius giver samme helingsresultater som anvendelse af cristaknogle (53)^{llb}.

7.4.2. Ikke-vaskulariseret knogletransplantat med intern fiksation.

Tidlige forsøg med intern fiksation ved hjælp af konventionel kompressionsskrue gav efter litteraturen at dømme usikre resultater (52)^{llb}, men Fisk (65)^{llb} argumenterede for intern fiksation kombineret med et kileformet palmart knogletransplantat til korrektion af palmarfleksionsdeformiteten og dermed af DISI-defomiteten. Herbert begyndte at anvende sin skrue i 1977 til fiksation af frakturer og pseudartroser (1)^{llb}. Skruen tillader kompression uden prominens af skruehovedet og er velegnet til fiksation af en palmart kileformet knoglespange. Et sigteapparat kan anvendes til skrueisætningen og til udmålingen af skruelængden. Fiksation tillader som regel umiddelbar mobilisering.

Talrige arbejder har redegjort for resultaterne efter pseudartroseoperation med anvendelse af Herbertskruen og ikke-vaskulariserede knogletransplantater. Et bredt udsnit af litteraturen vises i tabel 2.

Tabel 2. Helingsfrekvens efter pseudartroseoperation a.m. Herbert.

Forfatter	Årstal	Antal patienter	Helingsfrekvens i %
-----------	--------	-----------------	---------------------

Bunker et al. (66) ^{lib}	1987	33	82-88 ¹
Cooney et al. (67) ^{lib}	1988	21	71
Warren-Smith & Barton (56) ^{lib}	1988	18	82
Manske et al. (68) ^{lib}	1988	22	73 ²
DeMaagd & Engber (69) ^{lib}	1989	9	89 ³
Massart et al. (70) ^{lib}	1990	25	88
Radford et al. (71) ^{lib}	1990	50	86
Inoue & Miura (72) ^{lib}	1991	70	90
Richards & Regan (73) ^{lib}	1991	10	90
Martini (74) ^{lib}	1993	34	94
Nakamura et al. (75) ^{lib}	1993	50	94
Schaller et al. (76) ^{lib}	1993	11	64
Robbins et al. (77) ^{lib}	1995	17	53 ⁴
Daly et al. (78) ^{lib}	1996	26	95
Inoue et al. (79) ^{lib}	1997	160	90
Inoue et al. (80) ^{lib}	1997	16	81 ³
Preisser et al. (81) ^{lib}	1998	131	71
Shah & Jones (82) ^{lib}	1998	50	80
Herbert & Final (83) ^{lib}	1999	102	50 ³
Krimmer et al. (84) ^{lib}	1999	23	74 ³
Rajagopalan et al. (85) ^{lib}	1999	21	86
Maruthainar et al.	2000	20	60

(86) ^{llb}

Tomaino et al. (87) ^{llb}	2000	6	100
Küntscher et al. (88) ^{llb}	2001	32	84 ³
Del Pinal (89) ^{llb}	2001	7	100 ³

¹ Heling afhængig af, om der var tale om "fibrøs" eller "sklerotisk" pseudartrose.

² Særligt vanskelige tilfælde: avaskularitet, proksimal fraktur, fejlstilling,....

³ Proksimal pseudartrose, skrue indført fra dorsalsiden i distal retning.

⁴ Proksimal pseudartrose, avaskulært proksimal fragment og skrue indført fra palmarsiden i proksimal retning.

Mange af forfatterne angiver, at Herberts procedure er forbundet med tekniske vanskeligheder og at disse kan være årsag til mislykkede operationer (66,67,76,78,81,71,90,91) ^{llb}. Tallene i tabel 2 indikerer, at helingsfrekvenserne i al almindelighed ikke er højere end efter Matti-Russes procedure (Warren-Smith og Bartons sammenlignende arbejde er dog en undtagelse (56) ^{llb}). Der ser ud til at være helingsproblemer ved proksimale pseudartroser, selvom indførelse af skruen fra dorsalsiden i distal retning mindsker de tekniske problemer. Ifølge Shah og Jones, synes en lang latenstid fra traume til operation at være et dårligt prognostikum, i særdeleshed ved dårlig vaskularisering af det proksimale fragment (82) ^{llb}.

En grundig analyse af 36 engelsksprogede publikationer, vedrørende behandling af pseudartroser (*established nonunions*), med en dokumenteret observationstid på mindst 1 år for de enkelte patienter og mindst 2 år for de enkelte serier, er publiceret i 2002 (92) ^{lll}. Ingen af studierne, der indgik i analysen, var randomiserede og ingen efterundersøgelser var udført blindet, således er der ikke tale om en egentlig metaanalyse, og resultaterne bør derfor vurderes på baggrund af de metodologiske svagheder i de originale serier. Ifølge denne analyse var helingsresultaterne klart bedre efter kileformet knogletransplantat med skruefiksektion (94 % heling) end efter kileformet knogletransplantat med K-trådsfiksektion (77% heling). Der var ingen forskel i helingsfrekvens efter skruefiksektion, hvadenten der blev gipsimmobiliseret i ≥ 6 uger eller der slet ikke blev gipset. Proksimale pseudartroser havde dårligere helingstendens (67%) end pseudartroser gennem midten af knoglen (85%), mens alle pseudartroser i den distale del af knoglen helede. Pseudartroser, der var mindre end et år gamle, helede i 90 % af tilfældene, mens ældre pseudartroser helede i 79-80 % af tilfældene, uanset deres alder.

Palmarfleksionsdeformiteten (*humpback-deformity*) med DISI kan rettes peroperativt . En midlertidig K-tråd gennem distale radius og lunatum, efter reposition af denne, og herefter anbringelse af den palmare knoglespange i scaphoideum, kan lette proceduren (87) ^{llb} . Efterundersøgelser med meget lange observationstider, der kunne belyse en evt. udvikling af OA efter rekonstruktion med kileformet transplantat og skruefikskation, foreligger ikke (93) ^{llb} .

Udover Herbertskrue kan andre interne fikskationsmetoder anvendes: Acutrakskruen, AO-specialskrue, eller konventionel AO-lagscrew (94,95,96,97) ^{llb} , skinne-skrue(r) (98,99,100,101) ^{llb} , eller kramper (102) ^{llb} . Det ser ud til, at de tekniske vanskeligheder i forbindelse med korrekt anbringelse af den konventionelle Herbertskrue kan formindskes, ved anvendelse af kanylerede skrue(r) (103) ^{llb} . Endelig skal det ikke glemmes, at K-trådsfikskation stadig er en mulighed i kombination med knogletransplantat, om end kravet til supplerende fikskation ved bandagering er større (104,105,106,107,108) ^{llb} .

7.4.3. Vaskulariserede knogletransplantater.

Eksperimentelle undersøgelser på dyr, har dels vist, at det er muligt at revaskularisere nekrotisk knogle, dels at vaskulariserede knogletransplantater giver bedre helingsmuligheder end ikke-vaskulariserede (109) ^{lll} . I klinisk sammenhæng er der beskrevet flere donormuligheder for vaskulariseret knogle:

1. Frit vaskulariseret knogle med mikroanastomose til radialiskarrene. En gruppe i Universitetsklinikken i Innsbruck har anvendt crista iliaca som donorsted (55,110,111,112) ^{llb} . De opnåede en helingsfrekvens på 92% i problemtilfælde: pseudartroser af mere end 4 års varighed, med avaskulær proksimal pol eller hvor tidligere pseudartroseoperation var mislykket (112) ^{llb} . I deres materiale kun bestående af tilfælde med avaskulært proksimalt fragment opnåedes heling i 85% (110) ^{llb} . Andre har anvendt knogle fra femurs suprakondylære område med heling i 10/10 (113) ^{llb} .
2. Stillet vaskulariseret knoglespange fra distale radius. Donorstedet kan ligge dorsalt og være stillet på en rekurrent gren fra a. radialis (114,115,116,117,118) ^{llb} , eller palmart, stillet på den palmare forgrening af a. radialis (119,120) ^{llb} . Materialerne er små men helingsprocenterne meget høje selv i ugunstige situationer, som ovenfor beskrevet. Undtagelse er Boyers materiale (116) ^{llb} , hvor heling kun opnåedes i 6/10 tilfælde med avaskulært proksimalt fragment. Knogle stillet på m. pronator quadratus (121) ^{llb} synes ikke at have fundet større anvendelse. Andre mulige donorsteder er caput af 2. metakarp (122) ^{llb} , basis af 1. metakarp (123) ^{llb} , distale ulna (124) ^{llb} .

Således er der indici for, at vaskulariserede transplantater med fordel kan benyttes i tilfælde, hvor helingschancerne ellers anses for at være små, herunder når første forsøg på operativt at opnå heling er mislykket. Dette fremgår også af Merells litteraturlanalyse (92) ^{lll} : Helingsfrekvensen ved avaskulær nekrose af det proksimale fragment, bedømt ved intraoperativ fravær af blødningspunkter, var signifikant større, hvis der blev anvendt et vaskulariseret knogletransplantat: 88% heling, mod 47% ved ikke-vaskulariseret transplantat. Men egentlige kontrollerede, endelige randomiserede undersøgelser foreligger ikke og ikke-vaskulariserede transplantater kan også medføre heling i andet rekonstruktionsforsøg (125,126,127,80) ^{llb} , om end formentligt med mindre sikkerhed for succes (92) ^{lll} . Fernandez og Egli (128) ^{llb} har publiceret en serie, hvor tilheling blev opnået af et proksimalt fragment, der var avaskulært, både

radiologisk og bedømt ved manglende blødning peroperativt, ved anvendelse af et ikke-vaskulariseret transplantat og anbringelse af en karstilk igennem et borehul i transplantatet (Horis metode, (109)^{III}): Heling opnåedes i 10/11 patienter.

7.4.4. Andre alternativer.

1. Elektrisk stimulation ved manglende heling. Resultaterne heraf er dårlige eller i bedste fald ikke-overbevisende (129,130,131,125,132)^{IIb}.
2. Ultralyd (133)^{IIb}. Effekten kan ikke siges at være dokumenteret med nogen overbevisning.
3. Fibrinklæber som adjuvans til knogletransplantat. Samme bemærkning som i 2.
4. Interposition af dorsal kapsel i pseudartrosespalten (Bentzons procedure). God effekt med lang observationstid er dokumenteret (18,52)^{IIb}. På lang sigt er der en tendens til udvikling af fremadskridende OA.
5. Resektionsprocedurer. Resektion af proksimale pol: kan være en løsning (134)^{IIb}. Selv resektion af den distale del af scaphoideum synes at være blevet anvendt med held (135)^{IIb}. Et eksideret proksimalt fragment kan evt. erstattes af et tendinøst interponat (136,137)^{IIb} eller interponeret fascia lata (138)^{IIb}.
6. Alloplastik. Siliconespacere til erstatning af hele scaphoideum eller af den proksimale pol er prøvet (139,140,141,142,143,144,145,146)^{IIb+III}. Ved totalalloplastik er der hyppige luksationsproblemer og lav patienttilfredshed (143,146)^{IIb+III}. Ved langtids *follow-up* kan siliconesynovitis forekomme allerede efter 2 år (141,142)^{IIb} og OA (SNAC) efter 4-5 år (142)^{IIb}. I en efterundersøgelse af 7 patienter med 4,5 til 18 års observationstid, fandt Ashcroft og medarbejdere (145)^{IIb} på den anden side ingen fragmentering af eller reaktion omkring protesen. Nyere materialer, såsom pyrocarbon, er afprøvet (147)^{IIb}, men kan ikke siges at være tilstrækkeligt dokumenteret endnu.
7. Allograft. Implantation af frosset/optøet donorskafoideum er afprøvet men har ikke fundet større anvendelse (148)^{IIb}.
8. Osteotomi af distale radius. Kileosteotomi er afprøvet men overbevisende dokumentation af dens værdi foreligger ikke (149)^{IIb}. Det samme gælder ekscision af skafoideum med forlængelsesosteotomi af processus styloideus radii (150)^{IIb}. Resektionsosteotomi af processus styloideus radii ("styloidektomi") kan anvendes alene eller i kombination med andre procedurer (55,52)^{IIb}.

7.4.6. Behandling af pseudartroser hos børn.

Flere forfattere angiver, at man med held kan forsøge konservativ behandling af forsinket heling og egentlige pseudartroser (9,7,3)^{IIb}. Operativ behandling som hos voksne, f.eks. Herbertskrue med ikke-vaskulariseret knogletransplantat, kan anvendes (6)^{IIb}.

7.4.7. Behandling ved symptomgivende OA eller SNAC.

1. Ekscision af proksimale karpalknoglerække, PRC (*proximal row carpectomy*). Da OA i tidlige stadier er begrænset til ledafsnittet mellem radius og skafoideums distale fragment og da brusken i de andre ledafsnit er nogenlunde bevaret, er det muligt at skabe et velfungerende led mellem capitatum og radius ved hjælp af PRC. Smertelindring er oftest effektiv (151,152,153,154)^{llb+lll}. Selv ved OA i ledafsnittet mellem radius og lunatum eller mellem lunatum og capitatum, kan gode resultater opnås, hvis man supplerer med resktion af capitatums proximale pol og interposition af dorsal håndledskapsel (155)^{llb}. Som regel bedres bevægeligheden i forhold til den præoperative og andrager i snit 74-94 gr. i total fleksion-ekstension (153,155)^{llb}.
2. Partiel håndledsartrodese, PWF (*partial wrist fusion*). Selv i tilfælde med midtkarpal OA kan bevægelighed bevares ved ekscision af skafoideum og udførelse af en artrodese mellem capitatum, lunatum, hamatum og trikvetrum (midtkarpal artrodese eller *four corner fusion*). Dette forudsætter bevaret brusk mellem lunatum og radius. Gennemgående er resultater efter midtkarpalartrodese gode (156,157,158,159,160)^{llb}. Manglende heling forekommer i 3-10% og kan nødvendiggøre total artrodese (157,159)^{llb}. Andre muligheder for partiel artrodese er: dese mellem kapitatum og lunatum eller mellem kapitatum, lunatum og proksimale skafoideum. Disse alternativer refereres også med tilfredsstillende resultater (161,162,163,164,165)^{llb}. Enkelte studier har sammenlignet PRC med PWF, men retrospektivt og uden randomisering (166,167)^{llb}, og endelige konklusioner kan ikke drages ud fra disse arbejder.
3. Total artrodese. Ved fremskreden håndleds-OA er totalartrodese den mest oplagte løsning. En række arbejder dokumenterer dog, at fuldstændig smertefrihed langt fra altid opnås. Nagy & Büchler (168)^{llb} finder, at kun 56 % af ikke-reumatiske patienter bliver helt fri for smerter efter totalartrodese. I Kalb og medarbejderes serie opnås fuldstændig smertefrihed i 3/35 håndled, mens 9/35 vedvarende er plaget af hvilesmerter (169)^{llb}. Hos Sauerbier og medarbejdere (170)^{llb} opnås fuldstændig smertefrihed i 2/35 mens hhv. 9/35 og 5/35 er uændret eller forværret. Smertelindringen er således ikke bedre end efter PWF eller PRC, hvorfor disse indgreb som regel må fortrækkes når de anatomiske og andre forhold ellers tillader det (168,171)^{llb}. Ifølge Krimmer og medarbejderes sammenligning af partiel og total artrodese (ikke-randomiseret, retrospektiv sammenligning), gav partiel artrodese bedre resultater, både vurderet ved hjælp af et traditionelt scoringssystem (modificeret Mayo Wrist Score) og ved hjælp af et patientorienteret spørgeskema: DASH-questionnaire.
4. Andre, sjældnere anvendte muligheder. Total denervning af håndleddet gav i Foucher og medarbejderes serie på 50 tilfælde 71 % smertereduktion, men uden signifikant ændring af kraften eller bevægeligheden (172)^{llb}. Pechlaner (55)^{llb} angiver smertereduktion efter denervning a.m. Wilhelm, af samme størrelsesorden som ved andre *salvage procedures*. Total håndledsalloplastik er endnu ikke afprøvet i tilstrækkeligt omfang i denne patientgruppe til at kunne bedømme dens anvendelighed.

Anbefalinger

· Ved tegn på forsinket heling 12-16 uger efter påbegyndt bandagebehandling af en skafoideumfraktur, bør man som hovedregel udføre stabil intern fiksatation, evt. med ikke-vaskulariseret knogletransplantation, med det formål at undgå en uoverskuelig bandageringsperiode. (B)

· Ved manglende heling 6 måneder eller mere efter en skafoideumfraktur, bør operativ pseudartrosebehandling som hovedregel iværksættes, såfremt der ikke er tegn på osteoartrose (OA): Det er sandsynligt, om end ikke sikkert bevist, at udviklingen af OA vil blivemindre udtalt, såfremt heling af pseudartrosen opnås. Som første valg anbefales en rekonstruktion med ikke-vaskulariseret knoglespange, korrektion af en evt. deformitet og stabil fiksatation med Herbertskrue eller lignende. Indgrebet er forbundet med tekniske vanskeligheder og kræver større håndkirurgisk erfaring. Som alternativ kan metoder af typen Matti-Russe anvendes, men disse kræver lige så megen ekspertise, er mindre sikre ved rekonstruktion af fejlstillinger og kræver betydelig længere bandageringstid. (B)

· Ved sikre tegn på avaskularitet af det proximale fragment i en pseudartrose eller ved manglende heling efter 1. forsøg på pseudartroseoperation, kan vaskulariseret knogletransplantation anvendes. Sikkert bevis for, at vaskulariseret transplantat giver bedre resultater end ikke-vaskulariseret transplantat, foreligger dog ikke. Hvis der er tale om et meget lille nekrotisk fragment, kan en af de nævnte resektions-/interpositionsteknikker anvendes. (B)

· Ved symptomgivende OA efter en pseudartrose, bør man først overveje behandlingsmetoder, der giver mulighed for at bevare håndledsbevægelighed: ekscision af proximale håndrodsknoglerække eller partiel artrodese, f.eks. midtkarpalartrodese med samtidig ekscision af skafoideum. Total håndledsartrodese kommer på tale, hvis en varig løsning ønskes, med minimal risiko for fornyet operation i fremtiden, samt i tilfælde med fremskreden OA, hvor førstnævnte indgreb ikke længere er mulige. (B)

Litteratur

1. Herbert TJ, Fischer WE. Management of the fractured scaphoid using a new bone screw . J Bone Joint Surg 1984; 66B: 114-123.
2. Mody BS, Belliappa PP, Dias JJ, Barton NJ. Nonunion of fractures of the scaphoid tuberosity . J Bone Joint Surg 1993; 75B: 423-425.
3. Fabre O, De Boeck H, Haentjens P. Fractures and nonunions of the carpal scaphoid in children . Acta Orthop Belg 2001; 67: 121-125.
4. Caputo AE, Watson HK, Nissen C. Scaphoid nonunion in a child: a case report . J Hand Surg [A] 1995; 20A: 243-245.

5. Wulff RN, Schmidt TL. Carpal fractures in children . J Pediatr Orthop 1998; 18: 462-465.
6. Mintzer CM, Waters PM, Simmons BP. Nonunion of the scaphoid in children treated by Herbert screw fixation and bone grafting. A report of five cases . J Bone Joint Surg [B] 1995; 77B: 98-100.
7. De Boeck H, Van Wellen P, Haentjens P. Nonunion of a carpal scaphoid fracture in a child . J Orthop Trauma 1991; 5: 370-372.
8. Razemon JP. Fractures and pseudarthroses of the carpal scaphoid in children . Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 1988; 74: 744-746.
9. Wilson-MacDonald J. Delayed union of the distal scaphoid in a child . J Hand Surg 1987; 12A: 520-522.
10. Larson B, Light TR, Ogden JA. Fracture and ischemic necrosis of the immature scaphoid . J Hand Surg [A] 1987; 12A: 122-127.
11. Christodoulou AG, Colton CL. Scaphoid fractures in children . J Pediatr Orthop 1986; 6: 37-39.
12. Sim E, Zechner W. Computerized tomography after surgical management of scaphoid fractures and pseudarthroses with implants in place. Method and results in 15 cases . Handchir Mikrochir Plast Chir 1991; 23: 67-73.
13. Bain GL. Clinical utilisation of computed tomography of the scaphoid . Hand Surg 1999; 4: 3-9.
14. Barton NJ. Apparent and partial non-union of the scaphoid . J Hand Surg [B] 1996; 21B: 496-500.
15. Milliez PY, Courandier JM, Thomine JM, Biga N. The natural history of scaphoid nonunion. A review of fifty-two cases . Ann Chir Main 1987; 195-202.
16. Weisser C, Lanz U. Pseudarthrosis of the scaphoid bone and carpal instability. Correlations-development-consequences. Handchir Mikrochir Plast Chir 1987; 19: 31-34.
17. Nakamura R, Imaeda T, Tsuge S, Watanabe K. Scaphoid non-union with D.I.S.I. deformity. A survey of clinical cases with special reference to ligamentous injury . J Hand Surg 1991; 16B: 156-161.
18. Boeckstyns MEH, Kjaer L, Busch P, Holst-Nielsen F. Soft tissue interposition arthroplasty for scaphoid nonunion . J Hand Surg 1985; 10A: 109-114.
19. Moritomo H, Viegas SF, Elder KW, Nakamura K, Dasilva MF, Boyd NL, Patterson RM. Scaphoid nonunions: a 3-dimensional analysis of patterns of deformity . J Hand Surg [A] 2000; 25A: 520-528.
20. Martini A.K., Otto H. Long-term outcome of Matti-Russe-plasty with a special reference to late arthrotic damage of the wrist joint . Handchir Mikrochir Plast Chir 1995; 27: 208-213.
21. Martini A.K., Schiltewolf M. Changes in the wrist joint in spontaneous course of scaphoid pseudarthrosis . Handchir Mikrochir Plast Chir 1995; 27: 201-207.

22. Lindström G, Nyström A. Natural history of scaphoid non-union, with special reference to "asymptomatic" cases . J Hand Surg [B] 1992; 17B: 697-700.
23. Mack GR, Bosse MJ, Gelberman RH, Yu E. The natural history of scaphoid non-union . J Bone Joint Surg [A] 1984; 66A: 504-509.
24. Ruby LK, Stinson J, Belsky MR. The natural history of scaphoid non-union . J Bone Joint Surg [A] 1985; 67A: 428-432.
25. Vender MI, Watson HK, Wiener BD, Black DM. Degenerative changes in symptomatic scaphoid nonunion . J Hand Surg [A] 1987; 12A: 514-519.
26. Kerluke L, McCabe SJ. Nonunion of the scaphoid: a critical analysis of recent natural history studies . J Hand Surg [A] 1993; 18A: 1-3.
27. Stark A, Broström LA, Svartengren G. Scaphoid nonunion treated with the Matti-Russe Technique. Long-term results . Clin Orthop 1987; 214: 175-180.
28. Hooning van Duyvebode JF, Keijser LC, Hauet EJ, Oberman WR, Roozing PM. Pseudarthrosis of the scaphoid treated by the Matti-Russe operation. A long-term review of 77 cases . J Bone Joint Surg [B] 1991; 73B: 603-606.
29. Helbig B, Almeling M. Long-term results of treatment of rare aseptic necrosis of the scaphoid bone (Preiser disease) with the Swansson implant . Handchir Mikrochir Plast Chir 1989; 21: 178-181.
30. Trumble TE. Avascular necrosis after scaphoid fracture: A correlation of magnetic resonance imaging and histology . J Hand Surg [A] 1990; 15A: 557-564.
31. Perlik PC, Guilford WB. Magnetic resonance imaging to assess vascularity of scaphoid nonunions . J Hand Surg [A] 1991; 16A: 479-484.
32. Gunal I, Ozelik A, Gokturk E, Ada S, Demirtas M. Correlation of magnetic resonance imaging and intraoperative punctate bleeding to assess the vascularity of scaphoid nonunion . Arch Orthop Trauma Surg 1999; 119: 285-287.
33. Cerezal L, Abascal F, Canga A, et al. Usefulness of gadolinium enhanced MR imaging in the evaluation of the vascularity of scaphoid nonunions . Am J Roentg 2000; 174: 141-149.
34. Lautenbach M, Mochkabadi M, Eisenschenck A. Follow-up of scaphoid pseudarthroses and scaphoid fractures after Herbert screw implantation in the extremities - MRI (low-field MRI) . Handchir Mikrochir Plast Chir 2000; 32: 58-64.
35. Ganapathi M, Savage R, Jones AR. MRI assessment of the proximal pole of the scaphoid after internal fixation with a titanium alloy Herbert screw . J Hand Surg [B] 2001; 26B: 326-329.

36. Morgan WJ, Breen TF, Coumas JM, Schultz LA. Role of magnetic resonance imaging in assessing factors affecting healing in scaphoid nonunions . Clin Orthop 1997; 336: 240-246.
37. Saitoh S, Hata Y, Murakami N, Nakatsuchi Y, Seki H, Takaoka K. Scaphoid nonunion and flexor pollicis longus tendon rupture . J Hand Surg [A] 1999; 24A: 1211-1219.
38. Zachee B, De Smet L, Fabry G. Flexor pollicis longus rupture with scaphoid nonunion. A case report and literature study . Acta Orthop Belg 1991; 57: 456-458.
39. Graf P, Dorn W. Acute carpal tunnel syndrome and tendon rupture of the long flexor muscle of the thumb as a rare complication of a scaphoid pseudarthrosis. Case report. Handchir Mikrochir Plast Chir 1990; 22: 261-263.
40. Wacker J, Mckie S, MacLean JG. Delayed sequential ruptures of the index and thumb flexor tendons due to an occult scaphoid nonunion . J Hand Surg [B] 1999; 24B: 741-743.
41. McLain RF, Steyers CM. Tendon ruptures with scaphoid nonunion . Clin Orthop 1990; 255: 117-120.
42. Harvvey FJ, Harvey PM. Three rare causes of extensor tendon rupture . J Hand Surg [A] 1989; 14A: 957-962.
43. Braun C, Bauer C, Buhren V. Rupture of the tendon of the m. flexor pollicis longus - a rare complication after surgery on the scaphoid bone . Handchir Mikrochir Plast Chir 1991; 23: 157-159.
44. Russe O. Fracture of the carpal navicular. Diagnosis, non-operative treatment, and operative treatment . J Bone Joint Surg [A] 1960; 42A: 759-768.
45. Murray G. Bone-graft for non-union of the carpal scaphoid . Br J Surg 1934; 22: 63-68.
46. Mulder JD. The result of 100 cases of pseudarthrosis in the scaphoid bone treated by the Matti-Russe operation . J Bone Joint Surg [B] 1968; 50B: 110-115.
47. Dooley BJ. Inlay bone grafting for non-union of the scaphoid bone by the anterior approach . J Bone Joint Surg [B] 1968; 50B: 102-109.
48. Unger HS, Stryker WC. Nonunion of the carpal navicular . South Med J 1969; 62: 620-622.
49. Glass KS, Hochberg F. Nonunion of carpal navicular bone:comparison of two methods of treatment . Bull NY Acad Med 1978; 54: 865-868.
50. Cooney WP3, Dobyns JH, Linscheid RL. Nonunion of the scaphoid: analysis of the results from bone grafting . J Bone Joint Surg [A] 1980; 5A: 343-354.
51. Schneider LH, Aulicino P. Nonunion of the carpal scaphoid: the Russe procedure. J Trauma 1982; 22: 315-319.

52. Boeckstyns MEH, Busch P. Surgical treatment of scaphoid pseudarthrosis: evaluation of the results after soft tissue arthroplasty and inlay bone grafting . J Hand Surg [A] 1984; 9A: 378-382.
53. Andrews J, Miller G, Haddad R. Treatment of scaphoid nonunion by volar inlay distal radius bone graft . J Hand Surg [B] 1985; 10B: 214-216.
54. Green DP. The effect of avascular necrosis on the Russe bone grafting for scaphoid nonunion . J Hand Surg 1985; 10A: 597-605.
55. Pechlaner S., Hussl H., Kunzel K.H. Alternative surgical methods in pseudarthroses of the scaphoid bone. Prospective study . Handchir Mikrochir Plast Chir 1987; 19: 302-305.
56. Warren-Smith CD, Barton NJ. Non-union of the scaphoid: Russe graft vs Herbert screw . J Hand Surg [B] 1988; 13B: 83-86.
57. Buchholz J, Knopp W, Russe O, Muhr G. Complications after surgical management of scaphoid pseudarthroses . Handchir Mikrochir Plast Chir 1992; 24: 131-135.
58. Jiranek WA, Ruby LK, Millender LB, Bankoff MS, Newberg AH. Long-term results after Russe bone-grafting: the effect of malunion of the scaphoid . J Bone Joint Surg [A] 1992; 74A: 1217-1228.
59. Groner R, Zellner RP. Results of follow-up of Matti-Russe surgical treatment of scaphoid pseudarthroses . Handchir Mikrochir Plast Chir 1995; 27: 43-45.
60. Petcu I. Treatment of scaphoid nonunions by Russe bone grafting - a retrospective analysis . Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi 1998; 102: 105-114.
61. Sauerbier M, Gunther C, Bickert B, Pelzer M, Germann G. Long-term outcome of reconstruction of proximal scaphoid pseudarthroses with Matti-Russe-plasty . Handchir Mikrochir Plast Chir 1999; 31: 182-186.
62. Pechlaner S, Lohmann H, Buck-Gramko D, Martin L. On the problems of the non-union of the scaphoid. Experience in 240 cases . Handchir Mikrochir Plast Chir 1987; 19: 306-309.
63. Schuind F, Haentjens P, Van Innis F, Vander Maren C, Garci-Elias M, Sennwald G. Prognostic factors in the treatment of carpal scaphoid nonunions . J Hand Surg [A] 1999; 24A: 761-776.
64. Beck E. Surgical treatment for scaphoid nonunion - Russe I and Russe II . Handchir Mikrochir Plast Chir 1992; 24: 59-61.
65. Fisk GR. Volar wedge grafting of the carpal scaphoid in non-union associated with dorsal instability patterns (discussion) . J Bone Joint Surg [B] 1982; 64B: 633-
66. Bunker TD, McNamee PB, Scott TD. The Herbert screw for scaphoid fractures . J Bone Joint Surg [B] 1987; 69B: 631-634.

67. Cooney WP, Linscheid RL, Dobyns JH, Wood MB. Scaphoid nonunion: role of anterior interpositional bone grafts . J Hand Surg [A] 1988; 13A: 635-650.
68. Manske PR, McCarthy JA, Strecker WB. Use of the Herbert bone screw for scaphoid nonunions . Orthop 1988; 11: 1653-1661.
69. DeMaagd RL, Engber WD. Retrograde Herbert screw fixation for treatment of proximal pole scaphoid nonunions . J Hand Surg [A] 1989; 14A: 996-1003.
70. Massart P, Tazi F, Finet P, Bezes H. The Herbert screw in pseudarthrosis of the carpal scaphoid . Ann Chir Main Memb Super 1990; 9: 276-281.
71. Radford PJ, Matthewson MH, Megitt BF. The Herbert screw for delayed and non-union of scaphoid fractures: a review of fifty cases . J Hand Surg [B] 1990; 15B: 455-459.
72. Inoue G, Miura T. Treatment of ununited fractures of the carpal scaphoid by iliac bone grafts and Herbert screw fixation . Int Orthop 1991; 15: 279-282.
73. Richards RR, Regan WD. Treatment of scaphoid nonunion by radical curettage, trapezoidal iliac crest bone graft, and internal fixation with a Herbert screw . Clin Orthop 1991; 262: 148-158.
74. Martini AK. Experiences with the Herbert screw . Handchir Mikrochir Plast Chir 1993; 25: 211-216.
75. Nakamura R., Horii E., Watanabe K., Tsunoda K., Miura T. Scaphoid non-union: factors affecting the functional outcome of open reduction and wedge grafting with Herbert screw fixation . J Hand Surg [B] 1993; 18B: 219-224.
76. Schaller E, Lassner F, Pallua N, Schneider W, Berger A. A comparison of different treatment methods of pseudarthroses and recurrent pseudarthroses of the scaphoid . Handchir Mikrochir Plast Chir 1993; 25: 204-210.
77. Robbins RR, Ridge O, Carter PR. Iliac crest bone grafting and Herbert screw fixation of nonunions of the scaphoid with avascular proximal poles . J Hand Surg [A] 1995; 20A: 818-831.
78. Daly K, Gill P, Magnussen PA, Simonis RB. Established nonunion of the scaphoid treated by volar wedge grafting and Herbert screw fixation . J Bone Joint Surg [B] 1996; 78B: 530-534.
79. Inoue G, Shionoya K, Kuwahata Y. Herbert screw fixation for scaphoid nonunions. An analysis of factors influencing outcome . Clin Orthop 1997; 343: 99-106.
80. Inoue G, Shionoya K, Kuwahata Y. Ununited proximal pole scaphoid fractures, Treatment with a Herbert screw in 16 cases followed for 0.5-8 years . Acta Orthop Scand 1997; 68: 124-127.
81. Preisser P, Rudolf KD, Partecke BD. Surgical treatment of scaphoid pseudarthrosis - long term outcome with the Herbert screws . Handchir Mikrochir Plast Chir 1998; 30: 45-51.

82. Shah J, Jones WA. Factors affecting the outcome in 50 cases of scaphoid nonunion treated with Herbert screw fixation . J Hand Surg [B] 1998; 23B: 680-685.
83. Herbert T.J., Filan S.L. Proximal scaphoid nonunion-osteosynthesis . Handchir Mikrochir Plast Chir 1999; 31: 169-173.
84. Krimmer H, Kremling E, van Schoonhoven J, Pommersberger KJ, Hahn P. Proximal scaphoid pseudarthrosis-reconstruction by dorsal bone screw and spongiosa transplantation . Handchir Mikrochir Plast Chir 1999; 31: 174-177.
85. Rajagopalan BM, Squire DS, Samuels LO. Results of Herbert-screw fixation with bone-grafting for the treatment of nonunion of the scaphoid . J Bone Joint Surg [A] 1999; 81A: 48-52.
86. Maruthainar N, Rasquinha VJ, Gallagher P. The treatment of scaphoid nonunion. A review of a novel technique using precision bone grafting compared with Herbert screw fixation and bone graft . J Hand Surg [B] 2000; 25B: 427-430.
87. Tomaino MM, King J, Pizillo M. Correction of lunate malalignment when bone grafting scaphoid nonunion with humpback deformity: rationale and results of a technique revisited . J Hand Surg [A] 2000; 25A: 322-329.
88. Küntscher M, Trankle M, Sauerbier M, Germann G, Bickert B. Management of proximal scaphoid bone pseudarthroses and fractures with the mini-Herbert screw via a dorsal approach . Unfallchirurg 2001; 104: 813-819.
89. del Pinal F. Treatment of nonunion of the scaphoid by a limited combined approach . J Bone Joint Surg [B] 2001; 83B: 78-82.
90. Ford DJ, Khoury G, El-Hadidi S, Lunn PG, Burke FD. The Herbert screw for fractures of the scaphoid . J Bone Joint Surg [B] 1987; 69B: 124-127.
91. Adams BD, Blair WF, Reagan DS, Grundberg AB. Technical factors related to Herbert screw fixation . J Hand Surg 1988; 13: 893-899.
92. Merrell GA, Wolfe SW, Slade III JF. Treatment of scaphoid nonunions: quantitative meta-analysis of the literature . J Hand Surg [A] 2002; 27A: 685-691.
93. Tsuyuguchi Y, Murase T, Hidaka N, Ohno H, Kawai H. Anterior wedge-shaped bone graft for old scaphoid fractures or non-unions . J Hand Surg [B] 1995; 20B: 194-200.
94. Bickert B, Baumeister S, Sauerbier M, Germann G. Use of a cannulated 3.0 mm AO screw with an intraosseous support washer in osteosynthesis of the scaphoid: results and analysis of problems in 28 cases . Handchir Mikrochir Plast Chir 2000; 32: 277-282.
95. Sukul DM, Johannes EJ, Marti RK. Corticocancellous grafting and an AO/ASIF lag screw for nonunion of the scaphoid. A retrospective analysis . J Bone Joint Surg [B] 1990; 72B: 835-838.

96. Leyshon A, Ireland J, Trickey EL. The treatment of delayed union and non-union of the carpal scaphoid by screw fixation . J Bone Joint Surg [B] 1984; 66B: 124-127.
97. Spier W, Deigentesch N, Schulte J. Results of screw fixation of the scaphoid pseudarthrosis . Handchirurgie 1979; 11: 227-232.
98. Geisl H, Puhringer A. Chronic fractures and pseudarthroses of the scaphoid bone of the hand. Experiences with the Ender scaphoid bone plate . Aktuelle Traumatol 1986; 16: 149-152.
99. Huene DR, Huene DS. Treatment of nonunions of the scaphoid with the Ender compression blade plate system . J Hand Surg [A] 1991; 16A: 913-922.
100. Braun C, Gross G, Buhren V. Osteosynthesis using a buttress plate - a new principle for stabilizing scaphoid pseudarthroses . Unfallchirurg 1993; 96: 9-11.
101. Stankovic P, Burchhardt H. Experience with the Ender hooked plate in the management of 42 scaphoid pseudarthroses . Handchir Mikrochir Plast Chir 1993; 25: 217-222.
102. Carpentier E, Sartorius C, Roth H. Scaphoid nonunion: treatment by open reduction, bone graft, and staple fixation . J Hand Surg [A] 1995; 20A: 235-240.
103. Trumble TE, Clarke t, Kreder HJ. Non-union of the scaphoid. Treatment with cannulated screws compared with treatment with Herbert screws . J Bone Joint Surg [A] 1996; 78A: 1829-1837.
104. Chen CY, Chao EK, Lee SS, Ueng SW. Osteosynthesis of carpal scaphoid nonunion with interpositional bone graft and Kirschner wires: a 3- to 6-year follow-up . J Trauma 1999; 47: 558-563.
105. Fernandez DL. A technique for anterior wedge-shaped grafts for scaphoid nonunions with carpal instability . J Hand Surg 1984; 9: 733-777.
106. Ritter K, Giachino AA. The treatment of pseudarthrosis of the scaphoid by bone grafting and three methods of internal fixation . Can J Surg 2000; 43: 118-124.
107. Takami H, Takahashi S, Ando M. Scaphoid nonunion treated by open reduction, anterior inlay bone grafting, and Kirschner-wire fixation . Arch Orthop Trauma Surg 2000; 120: 134-138.
108. Watson HK, Pitts EC, Ashmead D4, Makhlouf MV, Kauer J. Dorsal approach to scaphoid nonunion . J Hand Surg [A] 1993; 18A: 359-365.
109. Hori Y, Tamai S, Okuda H, Sakamoto H, Takita T, Masuhara K. Blood vessel transplantation to bone . J Hand Surg 1979; 4: 23-30.
110. Gabl M, Reinhart C, Pechlaner S, Hussl H. Proximal scaphoid pseudarthrosis with avascular pole fragment: long-term outcome after reconstruction with microvascular pedicled iliac crest bone graft . Handchir Mikrochir Plast Chir 1999; 31: 196-199.

111. Gabl M, Reinhart C, Lutz M, Bodner G, Rudisch A, Hussl H, Pechlaner S. Vascularized bone graft from the iliac crest for the treatment of nonunion of the proximal part of the scaphoid with an avascular fragment . J Bone Joint Surg [A] 1999; 81A: 1414-1428.
112. Harpf C, Gabl M, Reinhart C, Schöller T, Bodner G, Pechlaner S, Piza-Katzer H, Hussl H. Small free vascularized iliac crest bone grafts in reconstruction of the scaphoid bone: a retrospective study in 60 cases . Plast Reconstr Surg 2001; 108: 664-674.
113. Doi K, Oda T, Soo-Heong T, Nanda V. Free vascularized bone graft for nonunion of the scaphoid . J Hand Surg [A] 2000; 25A: 507-519.
114. Malizos KN, Dailiana ZH, Kirou M, Vragalas V, Xenakis TA, Soucacos PN. Longstanding nonunions of scaphoid fractures with bone loss: successful reconstruction with vascularized bone grafts. J Hand Surg [B] 2001; 26B: 330-334.
115. Zaidenberg C, Siebert JW, Angrigiani C. A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion . J Bone Joint Surg [A] 1991; 16A: 474-478.
116. Boyer MI, von Schroeder HP, Axelrod TS. Scaphoid nonunion with avascular necrosis of the proximal pole. Treatment with a vascularized bone graft from the dorsum of the distal radius . J Hand Surg [B] 1998; 23B: 686-690.
117. Uerpaiojkit C, Leechavengvongs S, Witoonchart K. Primary vascularized distal radius bone graft for nonunion of the scaphoid . J Hand Surg [B] 2000; 25B: 266-270.
118. Sunagawa T, Bishop AT, Muramatsu K. Primary vascularized distal radius bone graft for nonunion of the scaphoid . J Hand Surg [B] 2001; 26B: 273-274.
119. Kuhlmann JN, Mimoun M, Boabighi A, Baux S. Vascularized bone graft pedicled on the volar carpal artery for non-union of the scaphoid . J Hand Surg [B] 1987; 12B: 203-210.
120. Mathoulin C, Haerle M. Vascularized bone graft from the palmar carpal artery for treatment of scaphoid nonunion . J Hand Surg [B] 1998; 23B: 318-323.
121. Kawai H, Yamamoto K. Pronator quadratus pedicled bone graft for old scaphoid fractures . J Bone Joint Surg [B] 1988; 70B: 829-831.
122. Mathoulin C, Brunelli F. Further experience with the index metacarpal vascularized bone graft . J Hand Surg [B] 1998; 23B: 311-317.
123. Yuceturk A, Isilkar ZU, Tuncay C, Tandogan R. Treatment of scaphoid nonunions with a vascularized bone graft based on the first dorsal metacarpal artery . J Hand Surg [B] 1997; 22B: 425-427.

124. Guimberteau JC, Panconi B. Recalcitrant non-union of the scaphoid treated with a vascularized bone graft based on the ulnar artery . J Bone Joint Surg [A] 1990; 72A: 88-97.
125. Carozzella JC, Stern PJ, Murdock PA. The fate of failed bone graft surgery for scaphoid nonunions . J Hand Surg [A] 1989; 14A: 800-806.
126. Smith BS, Cooney WP. Revision of failed bone grafting for nonunion of the scaphoid . Clin Orthop 1996; 327: 98-109.
127. Preisser P, Rudolf KD, Partecke BD. Persistent scaphoid pseudarthrosis after surgical treatment: results of repeated bone transplantation . Handchir Mikrochir Plast Chir 1999; 31: 187-195.
128. Fernandez DL, Egli S. Non-union of the scaphoid. Revascularization of the proximal pole with implantation of a vascular bundle and bone-grafting . J Bone Joint Surg [A] 1995; 77A: 413-418.
129. Bora FWJr, Osterman AL, Brighton CT. The electrical treatment of scaphoid nonunion . Clin Orthop 1981; 161: 33-38.
130. Bora FWJr, Osterman AL, Woodbury DF, Brighton CT. Treatment of nonunion of the scaphoid by direct current . Orthop Clin North Am 1984; 15: 107-112.
131. Ahl T, Andersson G, Herberts P, Kalen R. Electrical treatment of non-united fractures . Acta Orthop Scand 1984; 55: 585-588.
132. Adams BD, Frykman GK, Taleisnik J. Treatment of scaphoid nonunion with casting and pulsed electromagnetic fields: a study continuation . J Hand Surg [A] 1992; 17A: 910-914.
133. Nolte PA, van der Krans A, Patka P, Janssen IM, Ryaby JP, Albers GH. Low-intensity pulsed ultrasound in the treatment of nonunions . J Trauma 2001; 693-702.
134. Schmitt E, Hassinger M, Schmitt O, Mittelmeier H. Treatment of irreparable scaphoid bone pseudarthrosis and necrosis by partial resection of the scaphoid . Handchir Mikrochir Plast Chir 1983; 15: 185-190.
135. Malerich MM, Clifford J, Eaton B, Eaton R, Littler JW. Distal scaphoid resection arthroplasty for the treatment of degenerative arthritis secondary to scaphoid nonunion . J Hand Surg [A] 1999; 24A: 1196-1205.
136. Partecke BD, Buck-Gramko D. Technique and results of tendon interposition arthroplasty of the lunate and scaphoid bones . Handchir Mikrochir Plast Chir 1985; 211-218.
137. Wilhelm K, Feldmeier C. The tendon interposition plastic with partly necrosised scaphoid pseudarthrosis . Arch Orthop Unfallchir 1975; 83: 63-65.
138. Eaton RG, Akelman E, Eaton BH. Fascial implant arthroplasty for treatment of radioscaphoid degenerative disease . J Hand Surg [A] 1989; 14A: 766-774.

139. Swansson AB. Silicone rubber implants for the replacement of the carpal scaphoid and lunate bones . *Orhtop Clin North Am* 1970; 1: 299-309.
140. Hausmann P. Alloplastic partial replacement of the scaphoid bone . *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1983; 15: 182-184.
141. Beutel FK, Welk E, Martini AK. Long-term outcome of partial prosthesis management of proximal scaphoid pseudarthroses with a comparison of different follow-up protocols . *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999; 31: 162-166.
142. Hausmann P. Long-term outcome of partial alloplastic replacement of the scaphoid bone . *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999; 31: 200-206.
143. Björnsson HA, Gestsson J, Ekelund L, Haffajee D. Silastic scaphoid implants in osteoarthritis of the radioscapoid joint . *J Hand Surg [B]* 1984; 9B: 177-180.
144. Jones KG. Replacement of the proximal portion of the scaphoid with spherical implant for posttraumatic carporadial arthritis . *J Hand Surg [B]* 1985; 10B: 217-226.
145. Ashcroft GP, D'Netto DC, Alsindi Z. Silicone replacement for non-union of the scaphoid. 7 cases followed for 9 (5-18) years . *Acta Orthop Scand* 1993; 64: 472-474.
146. Gadzaly D. Defects in the wrist and carpal bones. Prosthetic replacement and alternative procedures . *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1985; 17: 203-210.
147. Pequignot JP, Lussiez B, Allieu Y. An adaptive proximal scaphoid implant . *Chir Main* 2000; 19: 276-285.
148. Carter PR, Malinin TI, Abbey PA, Sommerkamp TG. The scaphoid allograft: a new operation for treatment of the very proximal scaphoid nonunion or for the necrotic, fragmented proximal pole . *J Hand Surg [A]* 1989; 14A: 1-12.
149. Giannikas AC, Papachristou G. Wedge osteotomy of the lower end of the radius in the treatment of painful pseudarthrosis of the carpal scaphoid bone . *Clin Orthop* 1989; 246: 16-21.
150. Günal I, Öztuna V, Köse N, Seber S. Avascular necrosis of the scaphoid treated by total excision and radial advancement osteotomy . *J Hand Surg [B]* 1995; 20B: 736-740.
151. Imbriglia JE, Broudy AS, Hagberg WC, McKernan D. Proximal row carpectomy: clinical evaluation . *J Hand Surg [A]* 1990; 15A: 426-430.
152. Alnot JY, Bleton R. Resection of the proximal carpal bones in the sequelae of scaphoid fractures . *Ann Chir Main Memb Super* 1992; 11: 269-275.

153. Tomaino MM, Delsignore J, Burton RI. Long-term results following proximal row carpectomy . J Hand Surg [A] 1994; 19A: 694-703.
154. Culp RW, Williams CS. Proximal row carpectomy for the treatment of scaphoid nonunion . Hand Clin 2001; 17: 663-669.
155. Salomon GD, Eaton RG. Proximal row carpectomy with partial capitate resection . J Hand Surg [A] 1996; 21A: 2-8.
156. Krimmer H, Sauerbier M, Vispo-Seara JL, Schindler G, Lanz U. Advanced carpal collapse (SLAC-wrist) in scaphoid pseudarthrosis . Handchir Mikrochir Plast Chir 1992; 24: 191-198.
157. Ashmead D4, Watson HK, Damon C, Herbert S, Paly W. Scapholunate advanced collapse wrist salvage . J Hand Surg [A] 1994; 19A: 741-750.
158. Giunta RE, Krapohl B, Krimmer H, Treutlein G, Lanz U, Müller-Gerbl M. Morphological aspects of load bearing of the wrist joint after midcarpal partial arthrodesis . Handchir Mikrochir Plast Chir 1999; 31: 274-278.
159. Sauerbier M, Bickert B, Trankle M, Kluge S, Pelzer M, Germann G. Surgical treatment possibilities of advanced carpal collapse (SNAC/SLAC wrist) . Unfallchirurg 2000; 103: 564-571.
160. Tomaino MM. Intercarpal fusion for the treatment of scaphoid nonunion . Hand Clin 2001; 17: 671-686.
161. Calandruccio JH, Gelberman RH, Duncan SF, Goldfarb CA, Pae R, Gramig W. Capitulate arthrodesis with scaphoid and triquetrum excision . J Hand Surg [A] 2000; 25A: 824-832.
162. Rotman MB, Manske PR, Priutt DL, Szerzinski J. Scaphocapitulate arthrodesis . J Hand Surg [A] 1993; 18A: 26-33.
163. Simmen BR, Bloch HR. Partial arthrodesis of the carpal bones in advanced carpal collapse in chronic scapho-lunar instability and following scaphoid pseudarthrosis . Orthopäde 1993; 22: 79-85.
164. Viegas SF. Limited arthrodesis for scaphoid nonunion . J Hand Surg [A] 1994; 19A: 127-133.
165. Kirschenbaum D, Schneider LH, Kirkpatrick WH, Adams DC, Cody RP. Scaphoid excision and capitulate arthrodesis for radioscaphoid arthritis . J Hand Surg [A] 1993; 18A: 780-785.
166. Tomaino MM, Miller RJ, Cole I, Burton RI. Scapholunate advanced collapse wrist: proximal row carpectomy or limited wrist arthrodesis with scaphoid excision? J Hand Surg [A] 1994; 19A: 134-142.
167. Krakauer JD, Bishop AT, Cooney WP. Surgical treatment of scapholunate advanced collapse . J Hand Surg [A] 1994; 751-759.
168. Nagy L, Büchler U. Is panarthrodesis the gold standard in wrist salvage? Handchir Mikrochir Plast Chir 1998; 30: 291-297.

169. Kalb K, Ludwig A, Tauscher A, Landsleitner B, Wiemer P, Krimmer H. Clinical outcome following total wrist fusion . Handchir Mikrochir Plast Chir 1999; 31: 253-259.

170. Sauerbier M, Kania NM, Kluge S, Bickert B, Germann G. Preliminary results with the new AO-wrist arthrodesis plate . Handchir Mikrochir Plast Chir 1999; 31: 260-265.

171. Krimmer H, Wiemer P, Kalb K. A comparison of functional outcome following limited and total fusion of the wrist . Handchir Mikrochir Plast Chir 2000; 32: 369-374.

172. Foucher G, Da Silva JB, Ferreres A. Total denervation of the wrist.A propos of 50 cases . Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 1992; 78: 186-190.

8. Malunion

Definition

Håndrodsknoglerne relaterer sig til hinanden i sideplanet, således at der ved karpal alignment kan trækkes en lige linje gennem distale radius, lunatum og capitatum, som det fremgår af fig.1 (20), og vinklen mellem disse tre knogler i sideplanet er stort set 0. Scaphoideum, som danner bro mellem proksimale og distale karpalrække, ses i sideplanet at vinkle, således at den skafolunære vinkel er 40-60°, idet scaphoideum balanceres af relationen til lunatum via det skafolunære ligament, som tenderer til at dorsalflektere scaphoideum og distalt af flekterende kræfter gennem artikulationen til trapezium/trapezoideum (12,14,17)^{III}.

Når scaphoideum frakturerer over det volare ligament, ligamentum radioscapnocapitate, mister det proksimale og det distale fragment relationen til hinanden. Det proksimale fragment roterer dorsalt sammen med lunatum og skaber en såkaldt Disi-konfiguration med en radiolunær vinkel over 10°, mens det distale fragment, udsat for flekterende kræfter, vinkler volart og samtidig migrerer capitatum proksimalt (11)^{III} (se figur 2).

Dette vil være tilfældet ved de centrale og de distale frakturer, mens der ved de helt proksimale frakturer ikke vil fremkomme en Disi-konfiguration, idet frakturen her ligger proksimalt for tilhæftningen af det skafolunære ligament, således at frakturen ikke er destabiliseret (19,20)^{III}.

Definitionen af en scaphoideum malunion, en såkaldt humpback-deformitet, hvor scaphoideum mister sin normal peanut-form og udvikler en dorsal humpback er en lateral intraskafoid vinkel på over 45° (1)^{III}.

Denne definition har senere været udsat for kritik (3)^{IIa} pga. vanskeligheder med udmåling af den intraskafoide vinkel (se figur 3) og i stedet har været foreslået en height-to-length ratio (se figur 4). Denne height to length ratio har også vist sig at have en bedre intra- og interobservatørvariabilitet (3)^{IIa}, men den har endnu ikke vundet indpas i litteraturen.

Udmålingen af den laterale infraskafoide vinkel som beskrevet er foretaget på baggrund af almindelige røntgenundersøgelser i sideplan samt tomografi, men CT-scanning og MR-scanning er også beskrevet (22, 4, 24)^{III}.

Klinik

Patienter med symptomgivende malunion klager over nedsat dorsal fleksion, dorsale håndledssmerter samt nedsat kræfter (1, 18, 7, 21, 8, 10)^{III} og i et eksperimentielt studie af Burgess (6)^{III} er det vist, at nedsættelsen i dorsal fleksion er proportionel med den angulære deformitet, således at 5° vinkelfejlstilling resulterede i 24% ekstensionstab, mens 15° fejlstilling resulterede i fuldstændig ophævelse af ekstensionen i radiokarpallemet.

Senfølger

Da geometrien i carpus ændres som følge af en malunion opstår der kollisionspunkter mellem scaphoideum's distale pol og radius, scaphoideum's proximale pol og capitatum samt capitatum og lunatum, hvilket beskrives at øge risikoen for posttraumatisk artroseudvikling (16, 5, 18, 21)^{III}, og i et arbejde af Amadio (1)^{IIa} er der undersøgt i alt 46 scaphoideumfrakturer, hvor der hos de patienter, som havde en lateral intraskafoid vinkel på under 35°, var et tilfredsstillende klinisk resultat hos 83% og posttraumatisk artrose hos 22%, mens patientgruppen, hvis scaphoideumfraktur var helet med en intraskafoid vinkel på over 45°, oplevede et tilfredsstillende klinisk resultat hos 27% og udvikling af posttraumatisk artrose hos 54%.

Imod dette taler et arbejde fra Jiranek (15)^{IIb}, som ikke har kunnet vise, at malunion gør nogen forskel, hverken hvad angår det kliniske resultat eller udviklingen af posttraumatisk artrose.

Behandling

I tilfælde af operativ behandling anbefales volar adgang, osteotomi med volar open wedge, knoglegraftning og skrueosteosyntese som beskrevet af Fisk (10) og modificeret af Fernandez (7) efter samme retningslinjer som ved operation for pseudoartrose som beskrevet andetsteds (se figur 5).

Resultater

I den litteratur er indtil nu beskrevet i alt 20 operationer for symptomgivende scaphoideum malunion beskrevet i fem arbejder (18, 20, 10, 5, 13)^{III}. Der er beskrevet gode resultater i forhold til patienternes oplevelse af smerte, deres bevægelighed, gribestyrke og radiologiske forhold hos 17 af de 18 patienter, men i Lynch's arbejde fra 1997 (18)^{III} er de fem patienter fulgt 9 år postoperativt og her har fire ud af fem udviklet radiologisk artrose.

Konklusion

Scaphoideum malunion er en veldefineret tilstand med en lateral intraskafoid vinkel på over 45°. Der foreligger ikke nogen tal på, hvor mange patienter der har en asymptomatisk malunion, men det er veldokumenteret, at generne hos patienterne med en symptomatisk malunion består af nedsat dorsal fleksion, dorsale håndledssmerter og nedsat kraft.

Anbefalinger

- Resultaterne efter operation for scaphoideum malunion er lovende for så vidt de beskrevne resultater er gode, men serierne er meget små og med et samlet antal osteotomier beskrevet i litteraturen på 20 er der ikke for nuværende i litteraturen belæg for generelt at anbefale operation (B).

Litteratur

1. Amadio PC, Berquist TH, Schmidt DK et al. Scaphoid malunion. J Hand Surg Am. 1989;14:679-687.
2. Baczkowski B, Mechlinska-Baczkowski J. Osteotomy of the navicular bone in scaphoid malunion
ChirNarzadov Ruchu Ortop Pol. 2002;67 (3:295-300)
3. Bain GI, Bennett JD, MacDermin JC et al. Measurement of the scaphoid humpback deformity using longitudinal computed tomography: Intra- and interobserver variability using various measurement techniques. J Hand Surg Am. 1998;23(1):76-81.
4. Belsole RJ, Hilbelink DR, Llewellyn JA et al. Computed analysis of the patomechanisms of scaphoid waist non-unions. J Hand Surg Am. 1991;16:899-906.
5. Birchard D, Pichora D. Experimental corrective scaphoid osteotomy for scaphoid malunion with abnormal wrist mechanics J Hand Surg 1990;15A:863-868.
6. Burgess RC. The effect of simulated scaphoid malunion on wristmotion. J Hand Surg 1987;12:774-776.
7. Condamaine JL, Lebourg M, Raimbeau G. Psedoarthrosis du scaphoide carpein et intervention de Matti Russe. Annales orthop de L'quest. 1986;18:23-31.

8. Fernandez DL. A technic for anterior wedge bone grafts for scaphoid non-unions with carpal instability J Hand Surg Am. 1984;9:733-737.
9. Fernandez DL. Anterior bonegrafting and conventional lag-screw fixation to treat scaphoid non-unions. J Hand Surg Am. 1990;15:140-147.
10. Fernandez DL, Martins CJ, Gonzales del Pino J, Scaphoid malunion. The significance of rotational malalignment. J Hand Surg.1998;23(B):771-775.
11. Fisk GR. Non-union of the carpal scaphoid treated by wedge grafting.J Bone Joint Surg Br.1984;66:277-280
12. Giluda LA,Weeks PM. Post-traumatisk instability of the wrist.Radiology.1978;129:641-651.
13. Herbert TJ. The fractured scaphoid. St. Louis. Quality medical publishing, 1990.
14. Hockley BJ. Carpal instability and carpal injuries.Aust Radiol.1979;23:158-169.
15. Jiranek WA, Ruby LK, Milender LB et al. Long term results after Russe bonegrafting: The effect of malunion of the scaphoid. J Bone Joint Surg 1992; 74A:1217-1228.
16. Lindstrøm G, Nystrøm A. Incidence of posttraumatic arthrosis after primary healing of scaphoid fractures: A clinical and radiological study. J Hand Surg 1990;15B:11-13
17. Linscheid RL, Dobyns JH, Beabout JW,Bryan RS. Traumatic instability of the wrist: Diagnosis, classifications and patomechanics.J Bone Joint Surg.1972;54(A):1612-1632.
18. Lynch M, Linscheid MD, Rochester MN. Corrective osteotomy for scaphoid malunion: Technique and long-term follow up evaluation. J Hand Surg 1997; 22A:35-43

19. Moritomo H, Viegas SF, Elder KW et al. Scaphoid non-unions: A 3-dimensional analysis of patterns of deformity. J Hand Surg Am 2000;25:520-528.
20. Nakamura R, Imaeda T, Horie E et al.: Analysis of scaphoid fracture displacement by 3-dimensional computered tomography. J Hand Surg Am 1991;16:485-492.
21. Nakamura P, Imaeda T, Miurat K. Scaphoid malunion. J Bone Joint Surg 1991;73(1):134-137.
22. Sanders WE. Evaluation of the humpback scaphoid by computered tomography in the long axial plane of the scaphoid. J Hand Surg Am 1988;13:182-187.
23. Taleisnik J. The Wrist. Churchill Livingstone, New York, 1985.
24. Tupper SM. Magnetic resonans imagine of the humpback scaphoid: The technic and a mathematical performance evaluation. Am J Orthop 1999;28(11):639-43.

9. Evaluering af behandling

9.1.1. Scoringssystemer

Typisk for denne type evalueringsmetoder, og formentlig mest udbredt i forbindelse med scaphoideumfrakturer, er **Mayo Wrist Score** (MWS) (1). MWS er samtidigt et klassisk eksempel på, hvilke svagheder denne type evalueringsmetoder har. Systemet bygger på en summering af delscoringer, som tildeles på basis af smertegrad, bevægelighed, funktionsniveau (i relation til erhvervsstatus) og håndtrykkraft. Det er fuldstændigt arbitrært sammensat (25 point til hver delscoring, 100 point i alt), og den interne validitet (*construct validity*), som ifølge skalateori er nødvendig for at der kan være tale om en gyldigt måleinstrument, er tvivlsom og ikke dokumenteret: Der er i princippet tale om summering af ikke-kommensurable størrelser. Generelt kan brugen af denne type scoringssystemer ikke anbefales. Det er under alle forhold sikrere, at vurdere de enkelte parametre enkeltvis, såvel i sammenlignede som i ikke-sammenlignende studier. Et eksempel på denne fremgangsmåde findes i denne rapports afsnit om behandling af akutte frakturer, tabel 5.

9.1.2. Spørgeskemaer

I de senere år har man i tiltagende grad fokuseret på subjektive data, indsamlet ved spørgeskemaer. Dette af flere grunde: Dels har man erkendt, at såkaldte objektive mål ikke er så pålidelige endda, da klinikere – og endog måleapparater – er under indflydelse af *bias* og målingerne under alle omstændigheder forbundet med en fejlmargen (2). Endvidere vejer til syvende og sidst patientens behandlingsmæssige gevinst relativt tung. Endelig er de praktiske fordele ved spørgeskemaer store: Kan ordnes med et minimum af tidsforbrug fra klinikerens side, evt. pr. post.

Ulempen er, at besvarelsene er afhængige af patienternes motivation og ærlighed i en given situation.

DASH-spørgeskemaet (*Disabilities of the Arm, Shoulder and Head*) har uden sammenligning vundet størst udbredelse. Spørgeskemaet omfatter en blanding af funktion og livskvalitet (3) og består af 37 delspørgsmål, relateret til overekstremitetsfunktion. Dens validitet er indirekte evalueret ved sammenligning med det velvaliderede livskvalitetsspørgeskema SF-36 og man har fundet en moderat korrelation mellem DASH og SF-36 (4). Denne undersøgelse tydede på en lav *patient compliance* ved brug af DASH. DASH er også i flere tyske artikler anvendt til evaluering af netop behandlingsresultater af scaphoideumfrakturer og – pseudartoser (5, 6, 7,) og efter alt at dømme fundet praktisk anvendelige. I et arbejde vedrørende håndledsartodeser, har man fundet god korrelation mellem en modificeret MWS og DASH (8).

DASH anbefales af bla. AAOS og AAHS. En valideret oversættelse til dansk er tilgængelig og kan rekvireres fra forfatteren eller fra Dansk Selskab for Håndkirurgi.

Et andet eksempel er **Michigan Hand (Outcomes) Questionnaire** (MHQ) (9). Spørgeskemaet er meget specifikt relateret til håndfunktion, - smerte og - kosmese. Dens interne validitet synes at være veletableret (9), men dens anvendelse ike særligt udbredt. En valideret dansk oversættelse er tilgængelig.

Litteratur

1. Cooney WP, Bussey R, Dobyns JH, Linscheid RL. Difficult wrist fractures. Perilunate fracture-dislocations of the wrist. Clin Orthop 1987; 213: 136-147.
2. Amadio PC. Outcomes assessment in hand surgery. What's new? Clinics in plastic surgery 1997; 24: 191-194.

3. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C and the Upper Extremity Collaborative Group. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand). *Am J Industrial Med* 1996; 29: 602-608.
4. SooHoo N, McDonald AP, Seiler III JG, McGillivray GR. Evaluation of the construct validity of the DASH questionnaire by correlation to the SF-36. *J Hand Surg* 2002; 27A: 537-541.
5. Krimmer H, Kremling E, van Schoonhoven J, Pommersberger KJ, Hahn P. Proximal scaphoid pseudarthrosis reconstruction by dorsal bone screw and spongiosa transplantation. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999; 31: 174-7.
6. Sauerbier M, Gunther C, Bickert B, Pelzer M, Germann G. Long-term outcome of reconstruction of proximal scaphoid pseudarthroses with Matti-Russe plasty. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999; 31: 182-6.
7. Sauerbier M, Bickert B, Trankle M, Kluge S, Pelzer M, Germann G. Surgical treatment possibilities of advanced carpal collapse (SNAC/SLAC wrist). *Unfallchirurg* 2000; 103: 564-571.
8. Krimmer H, Wiener P, Kalb K. Comparative outcome assessment of the wrist joint – mediocarpal partial arthrodesis and total arthrodesis. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2000; 32: 369-74.
9. Chung KC, Pillsbury MS, Walters MR, Hayward RA, Arbor A. Reliability and validity testing of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire. *J Hand Surg* 1998; 23A: 575-587.

10. Fremtidsperspektiver

Af denne klaringsrapport omhandlende behandling af scaphoideumfrakturer fremgår det, at vi endnu er langt fra evidensbaseret diagnostik og behandling. Der er imidlertid meget at opnå ved en bedre diagnostik og behandling af scaphoideum frakturen.

10.1 Organisation af behandlingen i Danmark

Behandling af den akutte primært diagnosticerede udislocerede fraktur af scaphoideum kan varetages af enhver ortopædkirurgisk afdeling. Såfremt der er dislokation eller vinkling i frakturen, bør patienten henvises til vurdering på en ortopædkirurgisk afdeling med håndkirurgisk enhed. Anvendelse af akut perkutan og/eller artroskopisk assisteret akut skrue osteosyntese bør indtil videre anses for en specialistopgave. I betragtning af den sjældenhed med hvilken non-unions/pseudartroser og malunions optræder, bør ansvaret for behandlingen påhvile de højt specialiserede håndkirurgiske centre.

10.2 Landsdækkende klinisk database

En landsdækkende klinisk database til registrering af scaphoideumfrakturer foreslås etableret som en del af en håndkirurgisk klinisk database med de hyppigst forekommende håndkirurgiske lidelser. Databasen skal sikre konsistent dataindsamling til brug for videnskabeligt arbejde.

10.3 Forsknings- og udviklingsområder

Udviklingen går klart i retning af en mere aggressiv billeddiagnostik og primær ambulant perkutan osteosyntese af scaphoideumfrakturer. Den tid hvor MR anvendes rutinemæssigt i udredningen af det akutte håndledstraume og størstedelen af scaphoideumfrakturer osteosynteres er ikke langt væk. Inden for en overskuelig fremtid vil det være muligt ved den primære behandling at anvende vækst faktorer for at bedre helingspotentialet, lige som der udvikles nye osteosyntese materialer – specielt med fokus på et endnu mere avanceret skruedesign.

Fremtiden for behandling af scaphoideumfrakturer anses af mange for at være udviklingen af et knoglesubstitut, der kan injiceres i frakturen og formes til at sikre en øjeblikkelig integritet af knoglen. Dette vil gøre akut fiksatoren og immobilisation overflødig. Den anvendte knoglesubstitut vil skulle blive in situ til den har opnået styrke som den normale knoglestruktur ved substitution af knogle.

Alligevel vil der fortsat være frakturer, der ikke heler, har forsinket heling eller udvikler pseudartrose. Allerede nu er der vel gennemprøvede teknikker til behandling af scaphoideum pseudartrose. Hertil kommer mulighed for anvendelse af artroskopisk knoglegrafting og nye typer vaskulære "bioengineered scaphoid" i udvalgte tilfælde. Stamcelle- og computer forskningen vil med stor sandsynlighed sætte os i stand til på sigt at erstatte scaphoideum med ny eksakt designet knogle de tilfælde, hvor der ikke i dag er mulighed for behandling.