



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Management of (traumatic) anterior shoulder instability: current treatment and future perspectives The open Bankart procedure still state of the art in 2020

Berendes, T.D.

Citation

Berendes, T. D. (2020, September 23). *Management of (traumatic) anterior shoulder instability: current treatment and future perspectives The open Bankart procedure still state of the art in 2020*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/136943>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/136943>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/136943> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Berendes, T.D.

Title: Management of (traumatic) anterior shoulder instability: current treatment and future perspectives The open Bankart procedure still state of the art in 2020

Issue Date: 2020-09-23

9

Chapter 9

Samenvatting
(summary in Dutch)

Doelen proefschrift

1. Anatomische evaluatie van het labrum van de schouder met vergelijken van het labrum van de heup
2. Evaluatie van uitkomst inclusief discussie over Oxford Shoulder Score en Oxford Shoulder Instability Score (addendum)
3. Evaluatie van behandeling van een eerste traumatische anterieure schouder luxatie in Nederland door middel van een schouder vragenlijst (inclusief behandeling van recidiverende schouderluxaties)
4. Midden- en lange termijn klinische en radiologische evaluatie van een cohort patiënten na een open Bankart operatie
5. Evaluatie van een nieuwe 3D-printing techniek om een glenoid defect te augmenteren

1. Inleiding

Het glenohumerale gewricht van het menselijk lichaam is een complex, mobiel, multiaxiaal, kogelgewricht die gecoördineerde bewegingen in de frontale, transversale en sagittale vlakken mogelijk maakt. Bovendien is het gewrichtskapsel relatief laks. Hierdoor bestaat er een verhoogd risico op het uit de kom gaan van de schouder (= luxatie danwel subluxatie). Een schouderluxatie gaat vaak gepaard met structurele schade aan aangrenzende weke delen, zoals het gewrichtskapsel, labrum, glenohumerale ligamenten, spieren en pezen. Hierdoor bestaat een grote recidief kans op (sub-)luxaties, de schouder instabiliteit.

Verschillende classificatiesystemen kunnen worden gebruikt om schouder instabiliteit te beschrijven. Grofweg wordt er onderscheid gemaakt tussen traumatische en atraumatische schouderluxaties. Schouderluxaties komen vooral voor tijdens privé- of sportongevallen.¹ In het algemeen worden er meer mannen dan vrouwen behandeld voor een schouderluxatie.² De meeste patiënten die uiteindelijk operatief worden behandeld voor recidiverende schouderluxaties, zijn jong en actief, vooral mannen tussen 15 en 35 jaar oud en vrouwen in de oudere leeftijdsgroepen.^{1,3} De recidiefkans is beduidend hoger bij de jongere, actieve patiënt. Uitgaande van een jaarlijkse incidentie van schouderluxaties van 30 per 100.000 inwoners, kan men in Nederland met ongeveer 17 miljoen inwoners rekenen op ruim 5000 schouderluxaties per jaar.^{1,4}

2. Chirurgische behandelopties

In het verleden zijn er veel verschillende chirurgische schouder stabiliserende procedures uitgevoerd en beschreven.⁵ De stabiliserende schouder operaties kunnen grofweg worden onderverdeeld in: ingrepen aan de weke delen danwel ingrepen aan het bot. Veel

Tabel 1: Historisch overzicht van chirurgische behandelingen voor schouder instabiliteit

Weke delen procedures	<i>Kapsel procedures</i>	- <i>Injecties met jodium tinctuur/bloed</i>: Genzmer 1882; Mandel/ Kepler 1937 - <i>Inkorten van gewrichtskapsel</i>: Ricard 1894, Gerster 1883, Bardenheuer 1896, Mikulicz 1896, Putti-Platt 1923, inferieure Kapsel plastiek: Neer, Foster 1980 - <i>Gewrichtskapsel versterkingen, gebruik makende van fascie, pees, periost of ander materiaal</i>: Gallie-le Mesurier 1948, Henderson 1943, Nicola 1929 - <i>Open Hill-Sachs “remplissage”</i>: Connolly 1972 - <i>Kapsuloligamentaire “retensioning” ingrepen</i>: Caspari 1987 - <i>Sluiten van het rotator interval</i>: Rowe 1987 - <i>“Suture-only” labrum refixatie</i>: Harryman 1994
	<i>Rotator cuff spier/ pees procedures</i>	- <i>Inkorten van subscapularis</i>: Quervain 1910, Röbbke 1912, Putti 1923, Platt 1925, Matti 1936, Boicev 1938, Magnuson & Stack 1943, Boicev & Osmond-Clarke 1948 - <i>Transpositie deel deltoideusspier</i>: Clairmont-Ehrlich 1909 - <i>Open Hill-Sachs remplissage</i>: Connolly 1972
	<i>Arthroscopische procedures</i>	- <i>Kapsel plastiek middels “stapling techniek”</i>: Johnson 1980 - <i>Labrum refixatie</i>: Morgan 1987 - <i>Labrum refixatie met “suture anchors”</i>: Snyder, Wolf 1990-1991 - <i>Kapsel plastiek</i>: Duncan 1993 - <i>“Laser assisted/thermal capsular shrinkage”</i>: Thabit 1994 - <i>Sluiten van het rotator interval</i>: Field, Treacy 1995-1997 - <i>Revisie Bankart operatie</i>: Kim 2002 - <i>Hill-Sachs remplissage</i>: Wolf 2004, Purchase 2008
Ossale procedures	<i>Glenoid procedures</i>	- <i>Dieper maken van het cavum glenoidalis</i>: Hildebrand 1902 - <i>Ingrepen gericht op de rand van het cavum glenoidalis</i>: Perthes 1906, Bankart 1923 - <i>Bot augmentatie procedures op het glenoid</i>: Eden 1918, Hybbinette 1917&1932, Noordenbos 1938, Leguit 1942 - <i>Coracoid (augmentatie) procedures</i>: Oudard 1924, Noesske 1924, Latarjet 1954, Bristow 1958, Trillat 1954 - <i>Mini-open Bristow-Latarjet procedure</i>: Nourissat 2006
	<i>Humeraal procedures</i>	- <i>Humeruskop resectie</i>: Cramer 1882 - <i>Glenohumeraal arthrodesis</i>: Albert 1888 - <i>Rotatie osteotomie van de humerus</i>: Weber 1969
	<i>Arthroscopische procedures</i>	- <i>Latarjet procedure</i>: Lafosse 2007 - <i>Eden procedure</i>: Taverna, Scheibel 2008 - <i>Augmentatie procedure middels autograft van distale deel clavicula</i>: Tokish 2014 - <i>Latarjet procedure met “guided surgical approach and suture endobutton” fixatie</i>: Boileau 2015 - <i>Dynamische anterieure stabilisatie mbv lange bicepspees icm Bankart procedure</i>: Mehl 2019

van deze ingrepen kunnen zowel via een open procedure danwel via een kijkoperatie (arthroscopisch) worden uitgevoerd.⁶

Voor een nauwkeurig overzicht van de tot nu toe meest bekende chirurgische behandelingen voor schouder instabiliteit wordt verwezen naar Tabel 1.^{7,8}

Ondanks deze vele chirurgische behandelmethodes voor de instabiele schouder, bestaat er nog steeds geen eenduidig beleid en blijft de meest optimale behandeling controversieel, zowel wat conservatief als welk en wanneer welk operatief beleid gedaan moet worden.⁹ Dit komt onder andere door de grote diversiteit aan mogelijke oorzaken van schouder instabiliteit (variërend van functionele, proprioceptieve problemen tot anatomische afwijkingen die hiermee gepaard kunnen gaan).

De arthroscopisch uitgevoerde Bankart operatie is in Nederland momenteel de behandeling die het meest frequent wordt gedaan bij patiënten met recidiverende posttraumatische schouderluxaties.¹⁰ De open Bankart operatie, welke initieel werd beschreven door Bankart in 1923, wordt echter steeds minder uitgevoerd. Echter bewijs dat de arthroscopische uitvoering beter is dan de open chirurgische procedure, is er niet.¹¹⁻¹³ Het is zelfs zo, dat de open Bankart operatie waarschijnlijk een betere uitkomst (minder nieuwe luxaties) heeft bij de actieve (high-demanding) patiënt die deelneemt aan contact of racket sport, fysiek veeleisend werk heeft, jonger is dan 25 jaar, of botverlies van het glenoid heeft (< 20%).^{12,14,15}

3. Arthur Sidney Blundell Bankart (1879–1951)

De naam van de Britse orthopedisch chirurg Arthur Sydney Blundell Bankart (Figuur 1) is onherroepelijk verbonden aan (recidiverende) schouder luxaties. De Bankart laesie en Bankart operatie zijn wereldwijd bij vrijwel alle (ook niet schouder) orthopeden van deze tijd bekend. De eerste beschrijvingen van een schouderluxatie zijn afkomstig van een Egyptisch papyrus, van 1522 voor onze jaartelling. De meest gedetailleerde beschrijving is van Hippocrates rond 400 voor Christus, die het branden van de zachte weefsels rond de schouder suggereerde met rood-heet verhit ijzer om op die manier stabiliserende littekens te genereren (vergelijk met de inmiddels obsoleete arthroscopische schouder stabilisatie procedure d.m.v. “Laser assisted/thermal capsular shrinkage” (Thabit 1994).

Bankart letsel

Avulsie letsels van het labrum zijn al meerdere keren in de literatuur beschreven voordat Bankart het belang hiervan benadrukte. In 1887, beschreef Caird dat het anterieure labrum losscheurde na een voorste schouderluxatie, tevens beschreef hij een “defect of deuk” in de humeruskop (= Hill-Sachs lesie) als het resultaat van de botsing van de achterkant van de schouderkop tegen de voorzijde van het anteroinferieure glenoid. In

1890, beschreven Broca en Hartmann deze afscheuring van het voorste labrum samen met een klein botdeel met periost aan de voorrand van het glenoid (=sleeve avulsion/ossale bankart lesie). Hierbij beschreven zij ook de posterolaterale deuk in de humeruskop (= Hill-Sachs lesie). In 1906, adviseerde Perthes het terughechten van het losgekomen labrum met behulp van boorgaten in het glenoid, indien noodzakelijk in combinatie met het repareren van de posterosuperiore rotator cuff. Bankart (1923) benadrukte de relevantie van het los gestripte kapsel en labrum (= Bankart lesie) voor de mate van instabiliteit. Hierop, beschreef Bankart de chirurgische refixatie van het los gestripte kapsel labrum complex als optimale behandeling voor posttraumatische glenohumerale instabiliteit.¹⁶ Tevens beredeneert hij dat het inkorten van het voorste kapsel alleen, zoals tot dan gebruikelijk was, onvoldoende stabiliteit zou geven en ook zou leiden tot meer bewegingsbeperking (exorotatie verlies). Na deze “klassieke” beschrijving van een Bankart lesie, zijn er andere Bankart-achtige letsels beschreven. Hierbij is een grote verscheidenheid aan bot- en weke delen letsels van het labrum, periost, kapsel, glenohumerale ligamenten, (sub)chondrale oppervlak en de fossa glenoidalis beschreven.



Figuur 1: Arthur Sidney Blundell Bankart.

Klassieke Bankart operatieprocedure

Bij de “klassiek” uitgevoerde Bankart operatie wordt het geruptureerde anteroinferieure kapsel, met of zonder het bijbehorende labrum, gerefixeerd door middel van hechtingen door het bot (transossale hechtingen). Deze hechtingen worden geplaatst door boortunnels aan de voorzijde van de schouderkom (het glenoid). Hiervoor wordt een benadering tussen de spieren door (deltopectorale benadering) geadviseerd in combinatie met het doorzagen van het ravenbekuitsteeksel van de schouder (coracoid osteotomie) om zodoende een beter overzicht te krijgen over het voorste gedeelte van het schoudergewricht. Na de eerste beschrijving, zijn verschillende modificaties aangebracht zoals het gebruik van botankers in plaats van boortunnels alsook het achterwege laten van de coracoid osteotomie.

Onze huidige open “gemodificeerde versie” van de Bankart operatie

De patiënt bevindt zich onder algehele anesthesie in de strandstoel positie. Incisie in de voorste okselplooi (anterieure axillaire incisie), waarbij het interval tussen de spieren (deltopectorale interval) wordt opgezocht. De vena cephalica wordt hierbij zijwaarts (naar lateraal) beschermd weggehouden. Vervolgens wordt de clavipectorale fascia ingesneden en wordt de conjoined tendon naar mediaal getrokken en de subscapularis pees geïdentificeerd. De subscapularis pees wordt vanaf boven (craniaal), verticaal ingesneden, ongeveer 1,5 cm mediaal ten opzichte van de insertie, waarbij het inferieure deel intact blijft. Het gewrichtskapsel wordt aan de kant van de schouderkop (humeraal zijde) verticaal ingesneden. Een T-vormige kapselincisie wordt gemaakt, waardoor er een bovenste (superieure) en een onderste (inferieure) kapsel flap wordt gevormd. De corticale laag van het glenoïd aan de voorrand wordt opgeruwd met een osteotoom om bloedend bot te creëren. Drie tot vier gaten voor botankers worden gemaakt op de rand van het glenoïd. Het labrum (of zijn overblijfselen) en de mediale kapsel flap worden dan opnieuw bevestigd aan het glenoïd. De twee kapsel flappen worden vervolgens revend gesloten, waarbij de bovenste superieure flap naar onderen inferieur en de onderste inferieure kapsel flap naar boven superieur wordt gebracht, zodat het voorste anterieure schouderkapsel voldoende strak is. De arm wordt tijdens deze manoeuvre in neutrale rotatie en abductie van ongeveer 30° gehouden. Ten slotte worden twee extra hechtingen geplaatst tussen de twee kapsel flappen om de horizontale T-insnijding van de reparatie te sluiten. De subscapularisspier wordt anatomisch gerefixeerd aan het restante deel ervan. Uiteindelijk wordt het rotatorinterval spanningsvrij gesloten. Postoperatief wordt de arm gedurende zes weken in een schouder immobilizer geplaatst.

4. Botverlies

Met een goed uitgevoerde Bankart repair kan je veel instabiliteit problemen voorkomen. Echter, schouder instabiliteit gaat vaak gepaard met botverlies. De identificatie van aan- of afwezigheid van botverlies wordt tegenwoordig steeds meer benadrukt in de optimale behandeling bij schouder instabiliteit, zowel voor maar zeker na een “gefaalde” initiële stabiliserende schouder operatie.^{17–20} Ter plaatse van het glenoïd (anteroinferior) wordt tot wel 20% botverlies beschreven na een eerste traumatische anterieure schouder luxatie, wat kan toenemen tot maximaal 90% in situaties van recidiverende anteroinferieure schouder luxaties.^{17,19} Dit is een van de redenen dat sommige chirurgen een operatieve behandeling adviseren na een eerste traumatische anterieure schouderluxatie bij de jonge actieve (mannelijke) patiënt.^{21,22} Hoe groter het glenoïd botdefect, hoe minder het stabiliserende effect van de Bankart operatie zal zijn.²³ In een kadaver studie van Itoi werd een afkapwaarde van 20–21% botverlies gemeld voor de Bankart operatie.²³ De Latarjet procedure wordt om die reden vaak uitgevoerd wanneer het glenoïd botdefect groter is dan 20% of wanneer het risico op recidief luxaties groter is zoals bij mannelijke contact-of racket

sporters of in (revisie-) gevallen waarbij er een deficiënt kapsel/labrum overblijft, soms als gevolg van eerdere operaties ter plaatse.^{9,24-28} Bij een Latarjet operatie wordt het coracoid waaraan de coracobrachialis- en korte bicepspees (= conjoined tendon) vastzit, aan de basis afgezaagd om vervolgens verplaatst te kunnen worden naar de voorrand van het glenoid. De gemeenschappelijke pees (conjoined tendon) wordt hierbij door de subscapularispees getunneld waardoor er een zogenaamd extra “sling-effect” optreedt wat de anterieure stabiliteit van de schouder extra ten goede komt.²⁹ De Latarjet procedure geeft het laagste recidief luxatie percentage, maar heeft ook het hoogste complicatie risico.³⁰ Hoewel het “sling-effect” bij deze Latarjet ingreep de dynamische stabiliteit van de schouder ten goede komt, zal het mogelijk de functionaliteit van deze belangrijke subscapularisspier verminderen en mogelijk zelfs pijnklachten veroorzaken bij de patiënt. Een eventueel aanwezig begeleidend humeraal botdefect van de schouderkop (= Hill-Sachs laesie) moet ook worden beoordeeld om een optimale inschatting te maken van het instabiliteit probleem. Bij aanwezigheid van bipolaire laesies (= glenoid + humeraal botverlies), wordt vaak het “glenoid-track” concept gebruikt om tot een optimale behandeling te komen.^{20,26,31} Het percentage botverlies kan vrij goed worden ingeschat door middel van aanvullende röntgen opnames: “West Point radiographic view” (=soort axiale opname zonder overlap van het coracoid met het glenoid), danwel via 3D CT- of 3D MRI-scans.^{32,33} Andere reeds bekende “bone block” augmentatie operatietechnieken zijn: de Bristow procedure; reconstructies waarbij gebruik wordt gemaakt van een botspaan uit de bekkenkam en augmentaties met allograft bot van heupkoppen of autograft van het distale deel van het scheenbeen (tibia) of sleutelbeen (clavicula).³⁴⁻⁴⁰ Al deze augmentatie procedures kunnen gepaard gaan met donor-site problematiek, zowel op korte als lange termijn. Maar ook op de acceptor plaats tpv het glenoid, zoals osteosynthese problemen na remodellering en/of resorptie van het geaugmenteerde glenoid bot, maar ook afname van het sling-effect door atrofie danwel volledig verdwijnen (ruptuur) van de conjoined tendon.

5. Samenvatting resultaten manuscript

Hoofdstuk 2 vermeldt evolutionaire veranderingen van de schouder, voortkomend uit het feit dat mensen zich hebben ontwikkeld om rechtop te lopen (zoals bv homo erectus, homo neanderthalensis, homo sapiens). Een van de voordelen van dit bipedalisme is het hebben van vrije handen, gepaard gaande met nieuwe eisen voor de schouder zoals toegenomen functie & mobiliteit. De overeenkomsten en verschillen van het labrum van schouder en heupgewricht worden geanalyseerd met speciale aandacht voor anatomie, pathologie (labrum laesies, gevoel van instabiliteit en degeneratieve afwijkingen zoals artrose) en therapeutische behandelopties hiervan.

In **hoofdstuk 3** van dit proefschrift presenteren we onze Nederlandse vertaling van de “Oxford Shoulder Score” (OSS), een internationaal veel gebruikte patiënt-reported-

outcome-measurement (PROM's) voor schouder pathologie, inclusief een discussie over de Oxford Shoulder Score en Oxford Shoulder Instability Score (addendum). De OSS-vragenlijst beoordeelt de pijn en het activiteitsniveau van de aangedane schouder in het dagelijks leven (33% en 66% respectievelijk). Oorspronkelijk werd de score gebruikt voor het beoordelen van 111 patiënten die een schouderoperatie hadden ondergaan vanwege chronische schouderklachten, waarbij operaties voor instabiliteit werden uitgesloten.⁴¹ Later werd de OSS nog getest bij patiënten na rotator cuff chirurgie (operatie voor een scheur in een of meerdere pezen van de 4 spieren rond de schouder) en bij patiënten met een frozen shoulder (stijf schouderkapsel) welke werden doorbewogen onder narcose.^{42,43} Onze studie geeft aan dat het meetinstrument na vertaling in het Nederlands valide en begrijpelijk bleek waarbij een vergelijking werd gemaakt met bestaande klinisch gevalideerde schouder vragenlijsten (te weten: de Nederlandse simpele schouder test en Constant-Murley score) en de generieke PROM SF-36 (Short Form 36 health survey) bij schouder patiënten in het Reinier de Graaf gasthuis ziekenhuis te Delft.

Hoofdstuk 4 evalueert hoe orthopedisch chirurgen in Nederland eerste acute anterieure schouderluxaties (AFASD) behandelen. Ten tweede wordt geëvalueerd of dit volgens de (toen geldende) CBO-richtlijn wordt gedaan.⁴⁴ Het effect van de invoering van de nationale (CBO en Nederlandse Orthopedische Vereniging (NOV)) richtlijn “acute primaire schouderluxaties” in 2005 op de algemene praktijkvoering werd eveneens geëvalueerd.⁴ Als laatste werd gevraagd hoe orthopedisch chirurgen recidiverende (traumatische) anterieure schouderluxatie(s) behandelen. De opvang en behandeling van (eerste) acute anterieure schouderluxaties (AFASD) op de spoedeisende hulp liet evenals de uiteindelijke chirurgische behandeling van recidiverende instabiliteit na AFASD grote verschillen zien. De overgrote meerderheid (93%) gebruikt bij een operatieve behandeling voor schouderinstabiliteit een arthroscopische operatietechniek, de rest een “open” operatietechniek. Wanneer er een open stabiliserende operatie werd uitgevoerd, was de open (gemodificeerde) Bankart repair de meest gebruikte techniek (54%). De Putti-Platt operatie werd in 16% van de gevallen toegepast evenals de Latarjet procedure.^{29,45} Een enquête in 2003, voorafgaand aan de introductie van de bovengenoemde CBO-richtlijn “acute primaire schouderluxaties” (2005), toonde aan dat 65% van de beoordeelde Nederlandse ziekenhuizen een “eigen” ziekenhuis protocol had voor de behandeling van schouderluxaties (responspercentage 73%, van 74 Nederlandse ziekenhuizen).⁴⁶ De uitkomst van onze studie liet zien dat er na de invoering van de richtlijn, slechts een beperkte toename was van ziekenhuis protocollen voor de behandeling van schouderluxaties (75%). Slechts 29% van de respondenten gaf aan dat het bestaande ziekenhuis protocol was aangepast naar aanleiding van de toen nieuw geïntroduceerde richtlijn.

Hoofdstuk 5 beschrijft de middellange klinische en radiologische resultaten met een gemiddelde follow-up van 11 jaar (10–15 jaar) van een cohort van 31 patiënten die een gemodificeerde open Bankart operatie hebben ondergaan. We rapporteren de

belangrijkste stappen tijdens deze operatieprocedure. 26 patiënten (84%) gaven aan een goed tot zeer goed eindresultaat te hebben. De recidief luxatie kans varieerde tussen 7% en 10% afhankelijk van de definitie van “recidief luxatie”. Bij 2 patiënten trad een recidief luxatie op ten gevolge van een nieuw adequaat trauma 1 en 9 jaar na operatie. Het totale instabiliteit risico (= subluxatie gevoel en/of dislocaties) varieerde tussen 13% en 23%. 32% van de schouders liet ten tijde van follow-up tekenen van artrose zien op de röntgenfoto, waarvan 3% ernstig (Samilson-Prieto graad 3). De gemiddelde Rowe score was 90 punten (66–98) en Constant score 96 punten (85–100). Er waren geen andere complicaties, zoals wondinfecties.

In **hoofdstuk 6** werden de klinische en radiologische resultaten van een cohort van 39 patiënten na een gemodificeerde versie van de “open Bankart operatie” geëvalueerd na een gemiddelde follow-up van 21 jaar (16–26 jaar). De recidief luxatiekans was 10%, het totale instabiliteit risico (= subluxatie gevoel en/of dislocaties) 23%. 20 schouders (51%) hadden radiologisch tekenen van artrose ten tijde van follow-up, waarvan 10% matig (Samilson-Prieto graad 2) en 3% ernstig (Samilson-Prieto graad 3). De gemiddelde Rowe score was 85 punten (25–100) en Constant score 92 punten (70–100).

Hoofdstuk 7 evalueert of een glenoid defect te augmenteren is met een 3D geprinte scaffold. In een biomechanische kadaverstudie werden verschillende situaties nagebootst om de stabiliteit van de schouder te testen.^{17,19} In tien fresh-frozen kadaver schouders werd een defect gemaakt aan de voorzijde van het glenoid, waarna een 3D-patiënt specifiek titanium implantaat (scaffold) werd geplaatst. Alle schouders zijn zowel voor als na de ingreep gescand volgens een 3D CT-protocol (250 mAs, 120 kV, 0.9 mm coupes). Hierna werd met behulp van een imaging softwarepakket (Mimics Medical 20.0, Materialise, Leuven, Belgium) een 3D-patiënt specifiek titanium implantaat geprint (SLM-titanium printer, ProX DMP320, 3D systems, Leuven, Belgium) waarvoor een Freeform Plus softwarepakket (Geomagic, 3D systems, Leuven, Belgium) werd gebruikt. Fixatie van de scaffold werd gedaan door twee hoekstabiele schroeven, waarbij ook de schroefgat positie werd geoptimaliseerd d.m.v. het Freeform Plus softwarepakket. De 3D implantaten zijn gemaakt van “medisch” titanium (Ti6Al4v ELI grade 23). De kracht die nodig is om de humeruskop 10mm naar voren (anterieur) te transleren t.o.v. het glenoid, werd gemeten onder 5 verschillende condities: (1) de “normale” ongeschonden situatie, (2) na het maken van een gecontroleerd anterieur botdefect in het glenoid, (3) na plaatsing van een 3D Titanium patiënt-specifiek implantaat, (4) na een Latarjet procedure met en (5) zonder 10N sling-effect van de conjoined tendon. De kracht die nodig was om de humeruskop 10 mm naar anterieur te transleren na creatie van het glenoid botdefect was tot 70% afgenomen ten opzichte van het intacte glenoid. Na augmentatie van het botdefect door middel van het 3D specifiek implantaat, danwel middels een Latarjet procedure, normaliseerde de kracht om de humeruskop te luxeren naar respectievelijk $119\% \pm 16\%$ ($p < 0,01$) en $121\% \pm 48\%$ ($p = 0,02$) vergeleken met het intacte glenoid.

6. Toekomst

Het begrip schouderinstabiliteit heeft behoefte aan een duidelijker definitie, die internationaal geaccepteerd is, alleen dan is het mogelijk vergelijkende (inter-) nationale studies uit te voeren m.b.t. interventies (zowel conservatief als operatief). In de aanwezigheid van een groot ossaal defect, ontstaan er vrijwel altijd instabiliteit problemen. In die situaties is het verrichten van een stabiliserende schouder operatie in engere zin noodzakelijk. Indien het botverlies meer dan 20% is, wordt vooralsnog een Latarjet ingreep uitgevoerd, die niet alleen een hoog complicatie risico heeft maar ook de functie van een van de prime movers van de schouder, de musculus subscapularis, compromitteert. Het gebruik van 3D printing technieken compromitteert in ieder geval niet in die mate de belangrijke subscapularis spier. Maar “no surgical innovation without evaluation”. De ontwikkeling van een nieuwe chirurgische techniek behoort idealiter verschillende stadia te doorlopen. Deze stadia worden beschreven door McCulloch, in zijn zogenaamde IDEAL-model. (IDEAL consortium, Lancet zie Figuur 2) Dit model geeft een aantal makkelijk te implementeren aanbevelingen voor de beoordeling en implementatie van nieuwe chirurgische ingrepen/technieken.^{47,48} Nadien is het IDEAL-D-model geïntroduceerd ter evaluatie en regulatie van het gebruik van medische apparaten en implantaten in een implantaat register (zoals bv de LROI, www.LROI.nl).^{47,51}

Eerder hebben we gezien dat implementatie van richtlijnen maar ook nieuwe chirurgische inzichten, complex kan zijn, zoals bijvoorbeeld bleek uit de implementatie van een nieuwe richtlijn met betrekking tot bloed management rondom heup- en kniearthroplastieken.^{49,50} In ontwikkeling stadium 1, ookwel het preklinische stadium wordt er ex-vitro bewijs geleverd dat veiligheid en betrouwbaarheid zijn gewaarborgd, zoals bij onze kadaverstudie (hoofdstuk 7). In dit stadium moet de chirurg bewijzen dat het concept werkt (= Proof of concept) en zijn er maar een paar orthopedisch chirurgen bij betrokken. In stadium 2a wordt de nieuwe procedure verder ontwikkeld vanwege de behoefte aan een nieuwe oplossing voor een klinisch probleem (hier: schouderinstabiliteit met > 20% botverlies). De resultaten hiervan moeten gedetailleerd worden beschreven. Stadium 2b is de verkenning- en leerfase, waarbij de operatieprocedure bij een grotere groep patiënten wordt toegepast om ervaring met het eerste gebruik te krijgen en om de precieze techniek of het implantaat te verfijnen. Stadium 3 is de beoordelingsfase. In deze fase is het doel de effectiviteit van de procedure te beoordelen in vergelijking met andere procedures. Stadium 4 is de laatste fase, waarna de procedure wereldwijd kan worden gebruikt. De resultaten dienen ook op lange termijn te worden gecontroleerd: blijft het implantaat goed gefixeerd in het botdefect zitten? Voor deze laatste evaluatie zijn microbewegingsmetingen nodig tussen implantaat en bot (zoals met RSA of CT) om late complicaties zoals loslating van het implantaat te voorspellen.^{52,53}

Naar mijn mening biedt 3D technologie mogelijkheden voor de orthopedie, zoals onze studie (hoofdstuk 7) bij instabiliteit klachten van de schouder ten gevolge van

	1 Idea	2a Development	2b Exploration	3 Assessment	4 Long-term study
Purpose	Proof of concept	Development	Learning	Assessment	Surveillance
Number and types of patients	Single digit; highly selected	Few; selected	Many; may expand to mixed; broadening indication	Many; expanded indications (well defined)	All eligible
Number and types of surgeons	Very few; innovators	Few; innovators and some early adopters	Many; innovators, early adopters, early majority	Many; early majority	All eligible
Output	Description	Description	Measurement; comparison	Comparison; complete information for non-RCT participants	Description; audit, regional variation; quality assurance; risk adjustment
Intervention	Evolving; procedure inception	Evolving; procedure development	Evolving; procedure refinement; community learning	Stable	Stable
Method	Structured case reports	Prospective development studies	Research database; explanatory or feasibility RCT (efficacy trial); diseased based (diagnostic)	RCT with or without additions/modifications; alternative designs	Registry; routine database (eg, SCOAP, STS, NSQIP); rare case reports
Outcomes	Proof of concept; technical achievement; disasters; dramatic successes	Mainly safety; technical and procedural success	Safety; clinical outcomes (specific and graded); short-term outcomes; patient-centred (reported) outcomes; feasibility outcomes	Clinical outcomes (specific and graded); middle-term and long-term outcomes; patient-centred (reported) outcomes; cost-effectiveness	Rare events; long-term outcomes; quality assurance
Ethical approval	Sometimes	Yes	Yes	Yes	No
Examples	NOTES video	Tissue engineered vessels	Italian D2 gastrectomy study	Swedish obese patients study	UK national adult cardiac surgical database

Figuur 2: IDEAL-model met de verschillende stadia van ontwikkeling van een chirurgische interventie.

Afkortingen: RCT, randomised controlled trial; SCOAP, Surgical Clinical Outcomes Assessment Programme; STS, Society of Thoracic Surgeons; NSQIP, National Surgical Quality Improvement Program; NOTES, natural orifice transluminal endoscopic surgery.

botverlies laat zien. Echter, om dit implantaat tot een succes te maken zal het titanium implantaat nog vervangen dienen te worden door een bioscaffold, waarin cellen kunnen groeien, waarna het implantaat geïncorporeerd is met het glenoid. Dit betekent dat het implantaat niet geprint wordt van titanium, maar van materiaal wat door het lichaam zelf kan worden omgebouwd in bot, zoals een calciumfosfaat. Aan de andere kant zijn de nanostructuur eigenschappen van metaal weer optimaler qua sterkte en stabiliteit dan voor de resorbeerbare bioscaffolds. Uiteindelijk blijft evaluatie nodig zoals volgens het IDEAL-principe: Idea → Development → Exploration → Assessment → Long-term follow-up. Mede hierdoor kan een zinvolle verbetering ontstaan in kwaliteit van patiëntenzorg.

References

1. Slaa te RL. The acute first-time anterior shoulder dislocation (AFASD). Thesis, Amsterdam. 2003.
2. Simonet WT, Melton LJ, Cofield RH, Ilstrup DM. Incidence of anterior shoulder dislocation in Olmsted County, Minnesota. *Clin Orthop Relat Res.* 1984;(186):186-191. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6723141>. Accessed June 8, 2019.
3. Magnuson JA, Wolf BR, Cronin KJ, et al. Sex-related differences in patients undergoing surgery for shoulder instability: a Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) Shoulder Instability cohort study. *J Shoulder Elb Surg.* April 2019. doi:10.1016/j.jse.2019.02.020
4. CBO Richtlijn: acute primaire schouderluxatie: diagnostiek en behandeling. 2005.
5. Glazebrook H, Miller B, Wong I. Anterior Shoulder Instability: A Systematic Review of the Quality and Quantity of the Current Literature for Surgical Treatment. *Orthop J Sport Med.* 2018;6(11):2325967118805983. doi:10.1177/2325967118805983
6. Sanders RJ. DE habituele anterieure schouderluxatie. Thesis, Groningen. 1978.
7. Randelli P, Cucchi D, Butt U. History of shoulder instability surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(2):305-329. doi:10.1007/s00167-015-3947-3
8. Levy DM, Cole BJ, Bach BR. History of surgical intervention of anterior shoulder instability. *J Shoulder Elb Surg.* 2016;25(6):e139-e150. doi:10.1016/j.jse.2016.01.019
9. Garcia GH, Taylor SA, Fabricant PD, et al. Shoulder Instability Management: A Survey of the American Shoulder and Elbow Surgeons. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2016;45(3):E91-E97.
10. Berendes TD, Pilot P, Nagels J, Vochteloo AJH, Nelissen RGHH. Survey on the management of acute first-time anterior shoulder dislocation amongst Dutch public hospitals. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015;135(4). doi:10.1007/s00402-015-2156-3
11. Handoll HHG, Almayyah MA, Rangan A. Surgical versus non-surgical treatment for acute anterior shoulder dislocation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004;(1):CD004325. doi:10.1002/14651858.CD004325.pub2
12. Kavaja L, Lähdeoja T, Malmivaara A, Paavola M. Treatment after traumatic shoulder dislocation: a systematic review with a network meta-analysis. *Br J Sport Med.* 2018;52:1498-1506. doi:10.1136/bjsports-2017-098539
13. Miura K, Tsuda E, Tohyama H, et al. Can arthroscopic Bankart repairs using suture anchors restore equivalent stability to open repairs in the management of traumatic anterior shoulder dislocation? A meta-analysis. *J Orthop Sci.* 2018;23(6):935-941. doi:10.1016/j.jos.2018.06.016
14. Khatri K, Arora H, Chaudhary S, Goyal D. Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials Involving Anterior Shoulder Instability. *Open Orthop J.* 2018;12(1):411-418. doi:10.2174/1874325001812010411
15. Chahal J, Marks PH, MacDonald PB, et al. Anatomic Bankart Repair Compared With Nonoperative Treatment and/or Arthroscopic Lavage for First-Time Traumatic Shoulder Dislocation. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2012;28(4):565-575. doi:10.1016/j.arthro.2011.11.012
16. Bankart AS. Recurrent or habitual dislocation of the shoulder joint. *Br Med J.* 1923;2(3285):1132-1133. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20771383>. Accessed November 10, 2017.
17. Provencher MT, Bhatia S, Ghodadra NS, et al. Recurrent shoulder instability: current concepts for evaluation and management of glenoid bone loss. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92 Suppl 2(Suppl 2):133-151. doi:10.2106/JBJS.J.00906
18. Arciero RA, Parrino A, Bernhardtson AS, et al. The Effect of a Combined Glenoid and Hill-Sachs Defect on Glenohumeral Stability. *Am J Sports Med.* 2015;43(6):1422-1429. doi:10.1177/0363546515574677

19. Sayegh ET, Mascarenhas R, Chalmers PN, Cole BJ, Verma NN, Romeo AA. Allograft Reconstruction for Glenoid Bone Loss in Glenohumeral Instability: A Systematic Review. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2014;30(12):1642-1649. doi:10.1016/j.arthro.2014.05.007
20. Itoi E, Yamamoto N, Kurokawa D, Sano H. Bone loss in anterior instability. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2013;6(1):88-94. doi:10.1007/s12178-012-9154-7
21. Marshall T, Vega J, Siqueira M, Cagle R, Gelber JD, Saluan P. Outcomes After Arthroscopic Bankart Repair: Patients With First-Time Versus Recurrent Dislocations. *Am J Sports Med*. 2017;45(8):1776-1782. doi:10.1177/0363546517698692
22. Rugg CM, Hettrich CM, Ortiz S, et al. Surgical stabilization for first-time shoulder dislocators: a multicenter analysis. *J Shoulder Elb Surg*. 2018;27(4):674-685. doi:10.1016/j.jse.2017.10.041
23. Itoi E, Lee SB, Berglund LJ, Berge LL, An KN. The Effect of a Glenoid Defect on Anteroinferior Stability of the Shoulder After Bankart Repair: A Cadaveric Study. *J Bone Jt Surg Am*. 2000;82(1):35-46. doi:10.1002/sim.5330
24. Gowd AK, Liu JN, Cabarcas BC, et al. Management of Recurrent Anterior Shoulder Instability With Bipolar Bone Loss: A Systematic Review to Assess Critical Bone Loss Amounts. *Am J Sports Med*. August 2018;036354651879155. doi:10.1177/0363546518791555
25. Hurley ET, Jamal MS, Ali ZS, Montgomery C, Pauzenberger L, Mullett H. Long-term outcomes of the Latarjet procedure for anterior shoulder instability: a systematic review of studies at 10-year follow-up. *J Shoulder Elb Surg*. 2019;28(2):e33-e39. doi:10.1016/j.jse.2018.08.028
26. Di Giacomo G, Itoi E, Burkhart SS. Evolving concept of bipolar bone loss and the hill-sachs lesion: From “engaging/non-engaging” lesion to “on-track/off-track” lesion. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg*. 2014. doi:10.1016/j.arthro.2013.10.004
27. Yamamoto N, Muraki T, An K, et al. The stabilizing mechanism of the latarjet procedure: A cadaveric study. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 2013;95(15):1390-1397. doi:10.2106/JBJS.L.00777
28. Montgomery SR, Katthagen JC, Mikula JD, et al. Anatomic and Biomechanical Comparison of the Classic and Congruent-Arc Techniques of the Latarjet Procedure. *Am J Sports Med*. 2017;45(6):1252-1260. doi:10.1177/0363546516685318
29. Latarjet M. [Technic of coracoid pregleonoid arthroereisis in the treatment of recurrent dislocation of the shoulder]. *Lyon Chir*. 1958;54(4):604-607. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13576973>. Accessed May 7, 2019.
30. Allain J, Goutallier D, Glorion C. Long-term results of the Latarjet procedure for the treatment of anterior instability of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am*. 1998;80(6):841-852.
31. Nakagawa S, Iuchi R, Hanai H, Hirose T, Mae T. The Development Process of Bipolar Bone Defects From Primary to Recurrent Instability in Shoulders With Traumatic Anterior Instability. *Am J Sports Med*. 2019;47(3):695-703. doi:10.1177/0363546518819471
32. Itoi E, Lee S-B, Amrami KK, Wenger DE, An K-N. Quantitative Assessment of Classic Anteroinferior Bony Bankart Lesions by Radiography and Computed Tomography. *Am J Sports Med*. 2003;31(1):112-118. doi:10.1177/03635465030310010301
33. Vopat BG, Cai W, Torriani M, et al. Measurement of Glenoid Bone Loss With 3-Dimensional Magnetic Resonance Imaging: A Matched Computed Tomography Analysis. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2018;34(12):3141-3147. doi:10.1016/j.arthro.2018.06.050
34. Helfet AJ. Coracoid transplantation for recurring dislocation of the shoulder. *J Bone Joint Surg Br*. 1958;40-B(2):198-202. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13539102>. Accessed March 4, 2019.
35. Latarjet M. Treatment of recurrent dislocation of the shoulder. *Lyon Chir*. 1954;49(8):994-997. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13234709>. Accessed June 8, 2018.

36. Haaker RG, Eickhoff U, Klammer HL. Intraarticular autogenous bone grafting in recurrent shoulder dislocations. *Mil Med.* 1993;158(3):164-169. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8487969>. Accessed March 4, 2019.
37. Warner JJP, Gill TJ, O'Hollerhan JD, Pathare N, Millett PJ. Anatomical glenoid reconstruction for recurrent anterior glenohumeral instability with glenoid deficiency using an autogenous tricortical iliac crest bone graft. *Am J Sports Med.* 2006;34(2):205-212. doi:10.1177/0363546505281798
38. Weng P-W, Shen H-C, Lee H-H, Wu S-S, Lee C-H. Open reconstruction of large bony glenoid erosion with allogeneic bone graft for recurrent anterior shoulder dislocation. *Am J Sports Med.* 2009;37(9):1792-1797. doi:10.1177/0363546509334590
39. Provencher MT, Ghodadra N, LeClere L, Solomon DJ, Romeo AA. Anatomic osteochondral glenoid reconstruction for recurrent glenohumeral instability with glenoid deficiency using a distal tibia allograft. *Arthroscopy.* 2009;25(4):446-452. doi:10.1016/j.arthro.2008.10.017
40. Tokish JM, Fitzpatrick K, Cook JB, Mallon WJ. Arthroscopic distal clavicular autograft for treating shoulder instability with glenoid bone loss. *Arthrosc Tech.* 2014;3(4):e475-81. doi:10.1016/j.eats.2014.05.006
41. Dawson J, Fitzpatrick R, Carr A. Questionnaire on the perceptions of patients about shoulder surgery. *J Bone Joint Surg Br.* 1996;78(4):593-600. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8682827>. Accessed September 30, 2018.
42. Dawson J, Hill G, Fitzpatrick R, Carr A. The benefits of using patient-based methods of assessment. Medium-term results of an observational study of shoulder surgery. *J Bone Jt Surg Br.* 2001;83(6):877-882.
43. Othman A, Taylor G. Is the constant score reliable in assessing patients with frozen shoulder? 60 shoulders scored 3 years after manipulation under anaesthesia. *Acta Orthop Scand.* 2004;75(1):114-116. doi:10.1080/00016470410001708230
44. Nederlandse Orthopaedische Vereniging. Acute primaire schouderluxatie: diagnostiek en behandeling. 2005. file:///C:/Users/tdber/Desktop/Literatuur schouder/cbo richtlijn Acute primaire schouderluxatie.pdf. Accessed May 7, 2019.
45. Osmond-Clarke H. Habitual dislocation of the shoulder; the Putti-Platt operation. *J Bone Joint Surg Br.* 1948;30B(1):19-25. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18864942>. Accessed May 8, 2019.
46. te Slaa RL, Wijffels MPJM, Marti RK. Questionnaire reveals variations in the management of acute first time shoulder dislocations in the Netherlands. *Eur J Emerg Med.* 2003;10(1):58-61. doi:10.1097/01.mej.0000043844.56375.5b
47. McCulloch P. Developing appropriate methodology for the study of surgical techniques. *J R Soc Med.* 2009;102(2):51-55. doi:10.1258/jrsm.2008.080308
48. McCulloch P, Altman DG, Campbell WB, et al. No surgical innovation without evaluation: the IDEAL recommendations. *Lancet.* 2009;374(9695):1105-1112. doi:10.1016/S0140-6736(09)61116-8
49. van Bodegom-Vos L, Voorn VM, So-Osman C, et al. Cell Salvage in Hip and Knee Arthroplasty. *J Bone Jt Surgery-American Vol.* 2015;97(12):1012-1021. doi:10.2106/JBJS.N.00315
50. Voorn VMA, Marang-van de Mheen PJ, van der Hout A, et al. The effectiveness of a de-implementation strategy to reduce low-value blood management techniques in primary hip and knee arthroplasty: a pragmatic cluster-randomized controlled trial. *Implement Sci.* 2017;12(1):72. doi:10.1186/s13012-017-0601-0
51. Sedrakyan A, Campbell B, Merino JG, Kuntz R, Hirst A, McCulloch P. IDEAL-D: a rational framework for evaluating and regulating the use of medical devices. *BMJ.* 2016;353:i2372. doi:10.1136/bmj.i2372

52. Valstar ER, Gill R, Ryd L, Flivik G, Börlin N, Kärrholm J. Guidelines for standardization of radiostereometry (RSA) of implants. *Acta Orthop.* 2005;76(4):563-572. doi:10.1080/17453670510041574
53. Nelissen RGHH, Pijls BG, Kärrholm J, Malchau H, Nieuwenhuijse MJ, Valstar ER. RSA and registries: the quest for phased introduction of new implants. *JBJS.* 2011;93(Supplement_3):62-65.