

# Rupturen in de rotatorcuff: diagnose en behandeling

Peer van der Zwaal, Janneke F. Pekelharing, Bregje J.W. Thomassen, Jan-Willem A. Swen en Ewoud R.A. van Arkel

- Een ruptuur van de rotatorenmanchet ('rotatorcuff') is een veel voorkomende aandoening. Van de mensen ouder dan 60 jaar heeft 25% een cuffruptuur. Bij twee derde van de patiënten is de ruptuur slechts klein en asymptomatisch.
- Een acute, symptomatische cuffruptuur kan optreden bij actieve sporters van 30-50 jaar. Bij deze groep treedt vaak aanzienlijke dokters- of patiënten-'delay' op.
- Recent geïdentificeerde risicofactoren voor cuffruptuur zijn roken, hypercholesterolemie, een ruptuur aan de contralaterale zijde en genetische predispositie.
- Conservatieve behandeling kan zeer effectief zijn. Deze bestaat uit gerichte fysiotherapie en adequate pijnstilling. Regelmatig herhaalde glucocorticoidinjecties zijn schadelijk voor het peesweefsel en moeten vermeden worden.
- De operatieve behandeling beoogt anatomische re-insertie van de pees via een open of arthroscopische procedure. Arthroscopie maakt een uitgebreidere beoordeling en behandeling van het schoudergewricht mogelijk dan een open procedure.
- De arthroscopische procedure is technisch ingewikkelder dan de open procedure, maar lijkt een sneller herstel te bieden.

Een ruptuur van de rotatorenmanchet ('rotatorcuff') is een veel voorkomende aandoening van het bewegingsapparaat: 13% van de mensen ouder dan 50 jaar tot meer dan 50% van de mensen ouder dan 80 jaar heeft een rotatorcuffruptuur. Echter, twee derde van deze rupturen is slechts klein en asymptomatisch.<sup>1-3</sup> Zij behoeven geen behandeling. Daarentegen wordt ongeveer een derde tot de helft van de rotatorcuffrupturen groter in de loop der tijd; dit kan leiden tot degeneratie van het schoudergewricht.<sup>1,4</sup> Het is daarom van belang patiënten met een symptomatische scheur tijdig te onderkennen en te behandelen.

De NHG-standaard 'Schouderklachten' richt zich met name op de algemene presentatie van schouderklachten. Deze standaard schenkt slechts beperkte aandacht aan specifieke letsels van de schouder als de rotatorcuffruptuur.<sup>5</sup> Wij doorzochten de literatuur met behulp van PubMed (Medline) op de zoektermen 'rotator cuff tear', 'demographics', 'pathogenesis', 'treatment' en 'repair'. Dit leverde 15 bruikbare publicaties, aan de hand waarvan wij in dit artikel de diagnose en therapie van de rotatorcuffruptuur bespreken.<sup>1,2,4,6-17</sup> Het doel hiervan is de herkenning van een patiënt met een rotatorcuffruptuur te bevorderen en een betere behandeling te bieden.

## ANATOMIE

De rotatorenmanchet is een musculotendineuze eenheid bestaande uit de M. subscapularis, M. supraspinatus, M. infraspinatus en M. teres minor. Zij insereren op het caput humeri vanuit hun oorsprong aan de scapula (figuur 1a). Het zijn belangrijke stabilisatoren van het

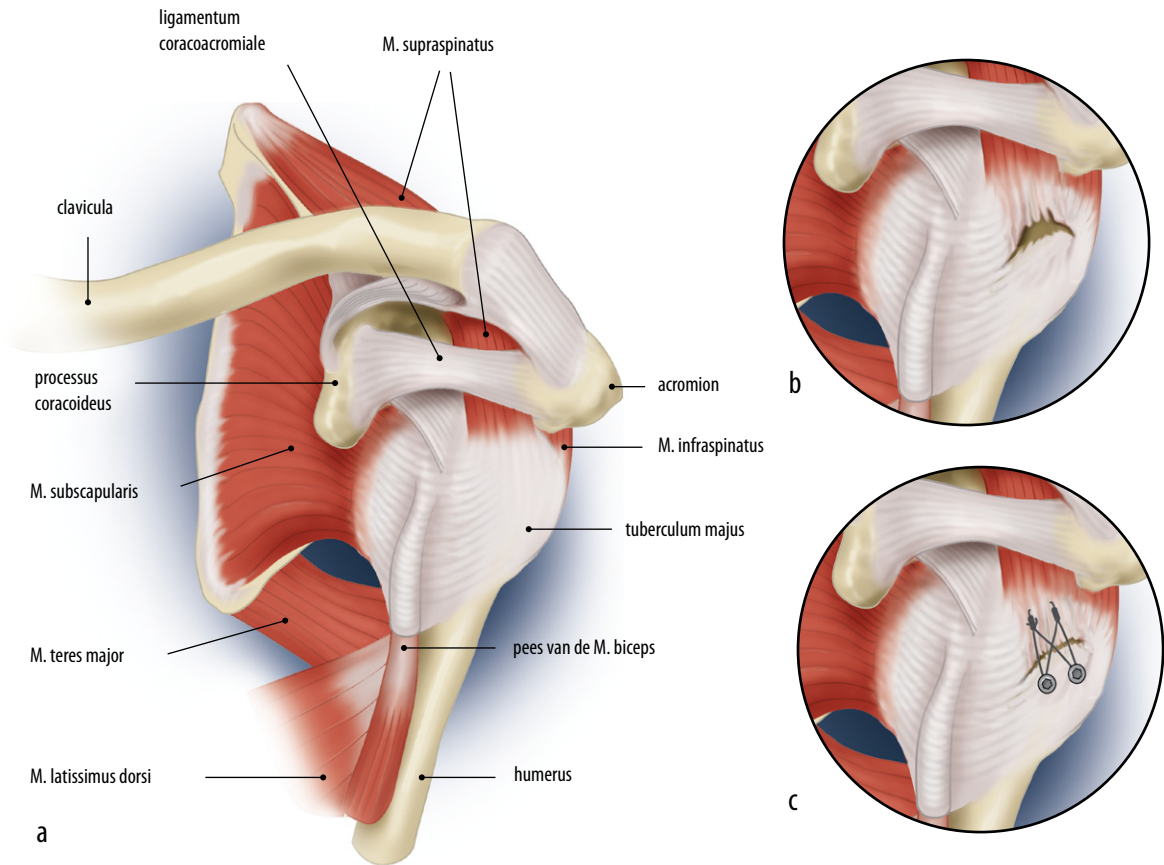
Medisch Centrum Haaglanden, afd. Orthopaedie,  
Den Haag.

Drs. P. van der Zwaal, arts in opleiding tot  
orthopedisch chirurg; drs. J.F. Pekelharing, semi-  
arts (thans: anios Heelkunde); drs. B.J.W.

Thomassen, onderzoeker; drs. J.-W.A. Swen en dr.

E.R.A. van Arkel, orthopedisch chirurg(en).

Contactpersoon: drs. P. van der Zwaal  
(peerzwaal@hotmail.com).



**FIGUUR 1** (a) Weergave van de anatomie van de rotatorenmanchet ('rotatorcuff', rechter schouder); (b) rotatorcuff met ruptuur in de pees van de M. supraspinatus; (c) status na sluiten van het defect in de rotatorcuff en fixatie met botankers op de anatomische insertie op de humeruskop. Aanzicht van ventraal (illustratie gebaseerd op tekeningen van S. Blankevoort).

glenohumerale gewricht die zorgen voor kracht bij abductie en rotatie.

De meeste rupturen zijn klein tot middelmatig en betreffen de pees van de M. supraspinatus (zie figuur 1b). Bij een massieve ruptuur zijn er meestal 2 of meer pezen aangedaan. Het is ook mogelijk dat 1 pees volledig is afgescheurd. De pees retraheert zich dan vaak tot aan het glenoid en er ontstaat atrofische vervetting van de spierbuiken.

In de gezonde situatie zorgen de spieren van de schoudergordel voor een balans tussen stabiliteit en mobiliteit van het gewricht met een goede krachtkoppeling van de rotatorenmanchet naar de humeruskop. Bij een ruptuur in de manchet ontstaat glenohumerale instabiliteit als gevolg van migratie van de humeruskop naar craniaal door de opwaartse kracht van de M. deltoideus. Om de stabiliteit te waarborgen zal een compensatoire adductiekracht optreden van met name de M. teres major.<sup>18</sup> Dit gaat ech-

ter ten koste van de mobiliteit, met als gevolg een verslechtering in schouderfunctie.

## ETIOLOGIE

Rotatorcuffrupturen houden verband met belastend werk, inklemming onder het acromion ('impingement'), weefseldegeneratie bij oplopende leeftijd en vaak herhaalde infiltraties met glucocorticoiden.<sup>2,6,7</sup> Deze factoren geven aanleiding tot lokale hypoxische schade en geprogrammeerde celdood (apoptose) van het peesweefsel.<sup>8</sup> De dominante arm is veel vaker aangedaan dan de niet-dominante arm; bij mannen komt de aandoening even vaak voor als bij vrouwen.<sup>1,2</sup> Recent onderzoek laat zien dat ook andere factoren een belangrijke rol spelen. Zo is er een genetische component aan te wijzen, waarbij familieleden van patiënten met een cuffruptuur een 3 maal grotere kans hebben om een ruptuur te ontwikkelen dan

niet-familieleden.<sup>9</sup> Verder is het risico op een cuffruptuur verhoogd bij personen die roken, personen met hypercholesterolemie en personen met een ruptuur aan de contralaterale zijde (tabel 1).<sup>1,10,11</sup>

Een kleinere risicogroep wordt gevormd door actieve sporters van 30-50 jaar. Bij hen kan een acute, symptomatische cuffruptuur optreden als gevolg van een traumatische gebeurtenis bij sporten als skiën of mountainbiken.<sup>2</sup> De ruptuur ontstaat na een val op de schouder, schouderluxatie of plotse tractie aan de arm. Met name in deze groep is er een gerede kans op een dokters- of patiënten-‘delay’ omdat de klachten veelal worden afgedaan als een contusie. Een contusie geeft echter doorgaans niet langer dan 2 weken klachten. Voor een goede functionele uitkomst is adequate herkenning en behandeling vooral voor deze subgroep van groot belang.<sup>19</sup> Het merendeel van de degeneratieve rotatorcuffrupturen geeft echter geen symptomen. Dit komt doordat het kleine peesrupturen van de M. supraspinatus betreft die de krachtkoppeling van de pees naar de humeruskop niet beïnvloeden.<sup>1,20</sup>

## DIAGNOSTIEK

### ANAMNESE

De patiënt klaagt over een pijnlijke bewegingsbeperking en krachtverlies. De arm kan niet of met moeite meer dan 90° worden geabduceerd. Slapen op de aangedane arm is pijnlijk. De klachten spelen meestal maanden tot een jaar en zijn progressief. Bij sommige patiënten heeft zich traumatische gebeurtenis voorgedaan. Voorts dient gevraagd te worden naar medicatie (inclusief zelfmedicatie), fysiotherapie, nicotinegebruik en naar subacromiale injecties met glucocorticoïden.

### LICHAMELIJK ONDERZOEK

Er wordt gelet op het punctum maximum van de pijn. De spierbuiken van de M. supraspinatus en M. infraspinatus worden vergeleken met de niet-aangedane zijde en beoordeeld op atrofie.

Het functieonderzoek evalueert de actieve en passieve beweeglijkheid. Dit onderzoek beslaat de volgende onderdelen: anteflexie; abductie in het scapulaire vlak; exorotatie met de elleboog 90° gebogen en tegen de thorax gefixeerd; endorotatie, waarbij de hand met de dorsale zijde op de bil wordt gelegd en in de richting van de scapulae wordt gebracht. Bij een eerder artikel in dit tijdschrift verschenen filmpjes waarin de uitvoering van dit onderzoek wordt gedemonstreerd.<sup>21</sup> Een typische presentatie is een pijnlijk onvermogen tot actieve abductie boven 90° en een ongestoorde passieve beweeglijkheid. Het kan gebeuren dat de patiënt als enige symptoom een ‘painfull arc’ heeft (dit is een volledige actieve abductie

**TABEL 1** Risicofactoren voor een ruptuur van de rotatorenmanchet (‘rotatorcuff’)<sup>1,2,6,7,9-11</sup>

risicofactor
leeftijd
belastend werk
trauma van de schouder
subacromiale ‘impingement’
genetische predispositie
roken
hypercholesterolemie
contralaterale cuffruptuur
multiple glucocorticoïdinjecties

met een pijnlijk traject tussen 60° en 140°). Een cuffruptuur gaat meestal gepaard met een gestoord ‘scapulothoracal ritme’ (dit is het afwijkende bewegingspatroon van de scapula als de arm in volledige abductie wordt gebracht).

Specifieke rotatorcufftesten hebben als doel de integriteit en kracht van elke spier van de rotatorenmanchet geïsoleerd te onderzoeken op basis van de primaire actie van de spier. In de literatuur zijn vele testen beschreven. Deze hebben veelal een beperkte sensitiviteit en specificiteit, zelfs in ervaren handen. De meest waardevolle testen zijn de ‘empty can’-test voor de M. supraspinatus (figuur 2), de ‘external rotation lag sign’ voor de M. infraspinatus (figuur 3) en de ‘internal rotation lag sign’ voor de M. subscapularis (figuur 4). Een overzicht van de testen met hun sensitiviteit en specificiteit wordt gegeven in tabel 2.<sup>12,22</sup> De veel gebruikte ‘impingement’-test volgens Neer met subacromiale lidocaïne-infiltratie is onbetrouwbaar als gevolg van een lage specificiteit.<sup>23</sup>

### AANVULLENDE DIAGNOSTIEK

Bij schouderklachten begint men veelal met een röntgenfoto. Hierop kan hoogstand van de humeruskop ten opzichte van het glenoid te zien zijn met versmalling van de subacromiale ruimte (figuur 5a). Tevens kijkt men naar calcificaties in het traject van de rotatorenmanchet en onregelmatigheden aan de onderkant van het acromion. Meestal zijn er echter geen of minimale afwijkingen. Hierdoor is de verdenking op een cuffruptuur laag en bestaat er een risico op onderdiagnostiek.

Voor de evaluatie van de rotatorenmanchet is echografie is het onderzoek van eerste keuze. Het is een snelle, nauwkeurige en goedkope methode voor de detectie van cuffrupturen.<sup>13</sup> Het onderzoek kan worden uitgebreid met een MR- of CT-artrogram om ook de grootte en configuratie van het defect vast te stellen

**TABEL 2** Overzicht van specifieke testen voor de rotatorenmanchet ('rotatorcuff') van het schoudergewricht

test	spier	uitvoering	interpretatie	sensitiviteit/ specificiteit*
'empty can'-test <sup>11</sup> (zie figuur 2)	M. supraspinatus	staand armen 90° abductie in scapulaire vlak duimen wijzen naar de grond (endorotatie) neerwaartse kracht op armen door de onderzoeker	zwakte of insufficiëntie wijst op ruptuur van de pees	75% / 70%
'external rotation lag sign' <sup>19</sup> (zie figuur 3)	M. supraspinatus M. infraspinatus	zittend arm 20° abductie elleboog 90° gebogen de onderzoeker brengt arm in volledige exorotatie	positief als positie niet actief kan worden gehandhaafd na loslaten (> 5°)	70% / 95%
'internal rotation lag sign' <sup>19</sup> (zie figuur 4)	M. subscapularis	zittend elleboog 90° gebogen hand op de rug de onderzoeker brengt arm in volledige endorotatie	positief als positie niet actief kan worden gehandhaafd na loslaten (> 5°)	85% / 90%

\*Bij een ervaren onderzoeker.



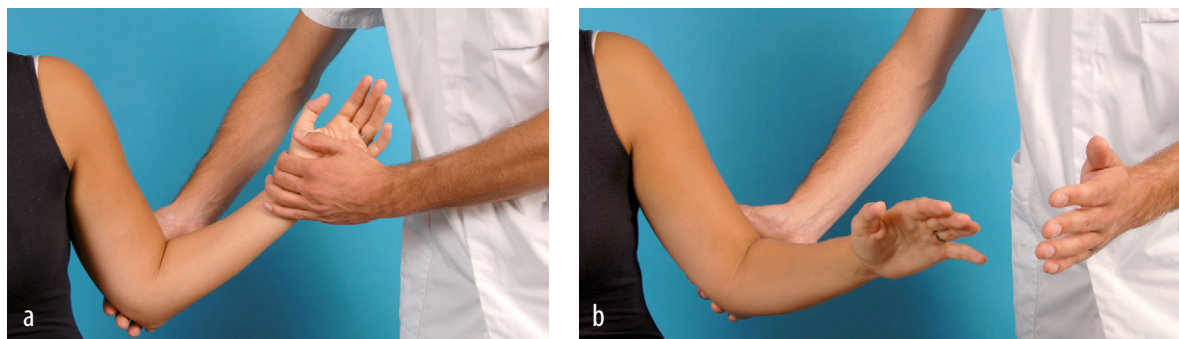
**FIGUUR 2** 'Empty can'-test voor de pees van de M. supraspinatus, een van de spieren van de rotatorenmanchet ('rotatorcuff'). De test wordt staand uitgevoerd, met de armen 90° geabduceerd in het scapulaire vlak; de duimen moeten naar de grond wijzen (endorotatie). De onderzoeker oefent neerwaartse kracht uit op de armen. Zwakte of insufficiëntie wijst op een ruptuur van de pees (afgedrukt met toestemming van de afgebeelde personen).

en de mate van retractie en spiervetting te beoordelen (zie figuur 5b). Verder maakt een artrogram het mogelijk een uitspraak te doen over eventuele begeleidende letsels, die van belang zijn bij de voorbereiding op een operatieve behandeling van de ruptuur.<sup>13</sup>

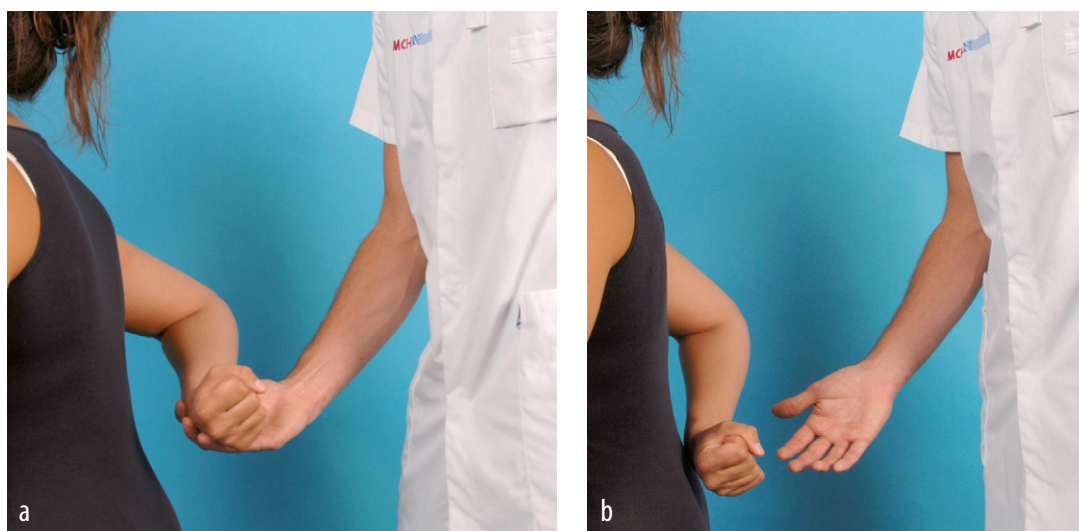
## BEHANDELING

### CONSERVATIEVE BEHANDELING

Een cuffruptuur zal in principe niet spontaan genezen, maar voor de meeste cuffletsels wordt om te beginnen een conservatief beleid gevolgd; patiënten kunnen hier zeer goed op reageren.



**FIGUUR 3** 'External rotation lag sign' voor de pezen van de M. supraspinatus en M. infraspinatus, die deel uitmaken van de rotatorenmanchet ('rotatorcuff'). De test wordt zittend uitgevoerd, met de arm in 20° abductie en de elleboog 90° gebogen. (a) De onderzoeker brengt de arm in volledige exorotatie; (b) de test is positief als de positie niet kan worden gehandhaafd na loslaten.



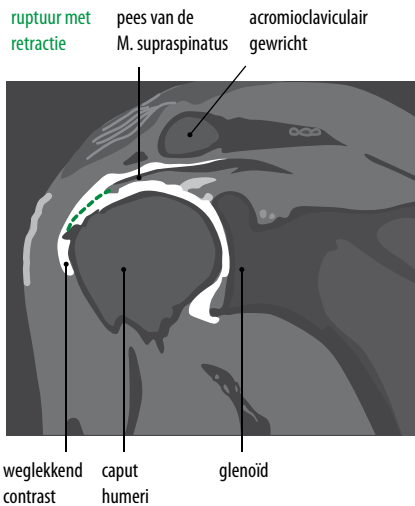
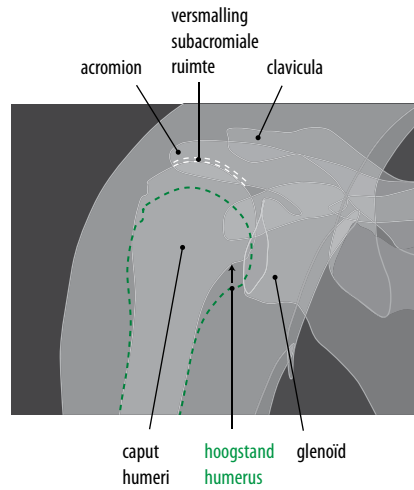
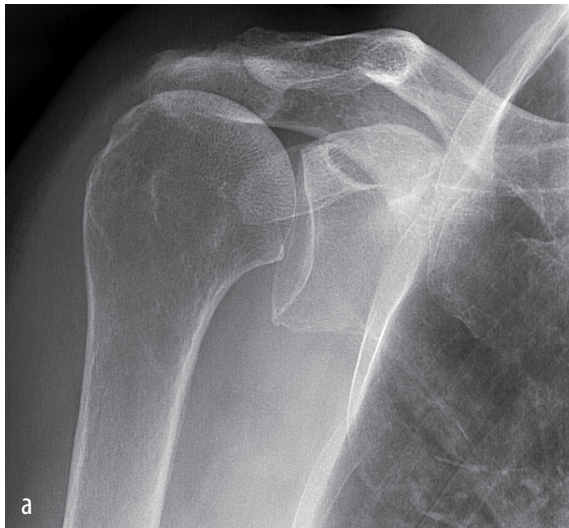
**FIGUUR 4** 'Internal rotation lag sign' voor de pees van de M. subscapularis, de grootste spier van de rotatorenmanchet ('rotatorcuff'). De test wordt zittend uitgevoerd, met de elleboog 90° gebogen en de hand op de rug. (a) De onderzoeker brengt de arm in volledige endorotatie; (b) de test is positief als de positie niet kan worden gehandhaafd na loslaten.

**Fysiotherapie** Het doel is de pijnklachten te verminderen en de kracht en mobiliteit te verbeteren. Dit wordt nagestreefd middels mobilisatie en krachttraining van de schoudergordel, in het bijzonder de rotatorenmanchet- en scapulamusculatuur.<sup>14</sup>

**Medicatie** Paracetamol heeft een goed pijnstillend effect, maar werkt niet ontstekingsremmend. NSAID's werken pijnstillend én ontstekingsremmend en zijn hierdoor effectiever voor de behandeling van pijn bij cuffrupturen vanwege het remmende effect op de bursitis en synovitis. Bij een rotatorcuffruptuur zijn

opioïden, zoals tramadol, niet aangewezen.

**Subacromiale infiltraties** Een veelvuldig toegepaste behandeling is de infiltratie met een lokaal anestheticum en glucocorticoiden in een volumeverhouding van 4:1.<sup>15</sup> Glucocorticoiden tasten echter de biologische en biomechanische eigenschappen van het peesweefsel aan. Dit effect kan omkeerbaar zijn als tussen 2 behandelingen enkele weken wordt gewacht en de infiltratie slechts enkele malen gegeven wordt.<sup>7</sup> Het is aan te bevelen niet meer dan 3 infiltraties toe te dienen met tussenpozen van minstens 6 weken.



**FIGUUR 5** (a) Röntgenfoto van de rechter schouder. Er is hoogstand van de humeruskop wijzend op een ruptuur van de rotatorenmanchet ('rotatorcuff'). (b) Coronaal T1-gewogen MR-artrogram van de rechter schouder met onderdrukking van het vetsignaal. Er is lekkage van contrastmiddel vanuit de gewrichtsruimte naar de subacromiale bursa door een ruptuur van de pees van de M. supraspinatus, die een retractie van 1,5 cm vertoont. Er is geen vervetting van de spierbuik.

De afgelopen jaren was er veel aandacht voor infiltraties met groeifactoren, stamcellen en plaatjesrijk plasma (PRP) voor biologische ondersteuning en herstel van peesweefsel. In klinische studies is herstel van peesweefsel bij rotatorcuffrupturen echter niet aangetoond.<sup>16</sup>

**OPERATIEVE BEHANDELING**

Operatieve interventie is geïndiceerd als na 6 maanden van actieve conservatieve behandeling de klachten van de cuffruptuur nog steeds bestaan. Een uitzondering

kan gemaakt worden voor een adequaat gediagnosticeerde acute ruptuur bij actieve patiënten die jonger zijn dan 55 jaar. Deze patiënten hebben een betere prognose na vroege chirurgische behandeling.<sup>19</sup> Het doel van de operatie is herstel van een functioneel schoudergewricht door sluiting van het defect en anatomische re-insertie van de pees (zie figuur 1c). De ruptuur wordt gehecht middels open of arthroscopische techniek.

**Open operatie** Bij de open procedure wordt de ruptuur vanaf lateraal benaderd via een longitudinale

incisie van 5 cm. Vervolgens worden de vezels van de M.-deltoideus stomp gespleten; de N. axillaris moet hierbij worden ontzien. De slijmbeurs wordt verwijderd en op indicatie wordt een acromionplastic uitgevoerd. Hierdoor wordt eventuele benige 'impingement' (compressie van de rotatorenmanchet tegen het acromion en de processus coracoideus) opgeheven en voldoende expositie van de peesruptuur verkregen. De pees wordt ontdaan van avitale randen en losgemaakt van verklevingen. Vervolgens wordt het defect gesloten en teruggebracht naar het tuberculum majus van de humerus om te worden gefixeerd met botankers.

**Arthroscopische techniek** De arthroscopische techniek begint met systematische evaluatie van het schoudergewricht om begeleidende letsels in kaart te brengen. De chirurgische stappen zijn in principe dezelfde als bij de open ingreep, maar alle handelingen worden arthroscopisch via 3 tot 4 portalen verricht met specifieke technieken en instrumentarium. De arthroscopische techniek is complex en vergt meer vaardigheid en ervaring van de operateur.

Na primaire hechting van massieve rupturen die zich hebben teruggetrokken tot het glenoid en waarbij aanzienlijke vervetting van de spierbuiken is opgetreden, is er een grote kans (41-90%) dat opnieuw een ruptuur optreedt. Opvallend genoeg is de functionele uitkomst van de operatieve behandeling van massieve rupturen goed.<sup>24,25</sup>

Pijnklachten bij massieve rupturen waarbij primaire reconstructie heeft gefaald of niet mogelijk is, zijn lastig te behandelen. Op indicatie zijn er enkele behandelopties: arthroscopische nettoyage met subacromiale decompressie en bicepstenolyse; peestranspositie van de M. latissimus dorsi of M. pectoralis major; een speciale omkeerprothese bij een cuffartropathie, waarbij de mechanische eigenschappen van de prothese de functie van de cuff overnemen; en als laatste mogelijkheid een schouderartrodese waarbij de patiënt met de hand het hoofd en de bilregio kan bereiken door middel van beweging in het scapulothoracale glijvlak.<sup>26</sup> Van deze ingrepen en de resultaten zijn in de literatuur slechts een beperkt aantal beschrijvingen. Daarom worden zij alleen ingezet als laatste redmiddel.

## AANBEVELINGEN

Asymptomatische rupturen van de rotatorcuff komen voor bij > 25% van de mensen ouder dan 60 jaar en behoeven geen behandeling.<sup>1-3</sup> Er zijn risicofactoren geïdentificeerd, zoals roken, hypercholesterolemie en familiale predispositie, die kunnen dienen om de apriorikans op een symptomatische cuffruptuur in te schatten. Het nieuwe inzicht in de etiologie, namelijk

- Rupturen van de rotatorenmanchet ('rotatorcuff') komen veel voor, maar geven bij twee derde van de patiënten geen klachten.
- Een ruptuur van de rotatorenmanchet uit zich door pijnlijke bewegingsbeperking in het schoudergewricht en krachtverlies.
- Risicofactoren zijn: belastend werk, inklemming onder het acromion ('impingement'), herhaalde subacromiale glucocorticoïdinjecties, roken, hypercholesterolemie, een ruptuur aan de contralaterale zijde en genetische predispositie.
- Conservatieve behandeling, die bestaat uit fysiotherapie en adequate pijnstilling met NSAID's, kan zeer effectief zijn.
- Operatieve behandeling is geïndiceerd als de klachten na 6 maanden van conservatieve behandeling persisteren, en al eerder bij actieve patiënten die jonger zijn dan 55 jaar.

dat door hypoxie geïnduceerde apoptose leidt tot weefselverval, is een belangrijke aanvulling op de heersende gedachte dat de ruptuur alleen het gevolg is van 'slijtage' ('wear and tear'). Mogelijk biedt dit in de toekomst nieuwe aangrijpingspunten voor behandeling.

Persisterende klachten na een schoudertrauma rechtvaardigen doorverwijzing naar een orthopedisch chirurg. Dit geldt zeker voor de jongere populatie, omdat vroege behandeling een betere resultaat geeft dan uitgestelde behandeling. Bij het stellen van de diagnose kan men niet varen op alleen lichamelijk onderzoek, vanwege matige sensitiviteit. Echografie daarentegen is een snelle en betrouwbare onderzoeksmethode voor het aantonen van cuffletsels, eventueel aangevuld met MR- of CT-artrografie. Een diagnostische arthroscopie is zelden geïndiceerd.

Actieve fysiotherapie is de behandeling van eerste keuze. Glucocorticoïdinjecties hebben in hoge dosering een schadelijk effect op het peesweefsel en moeten weloverwogen gegeven worden. In een recent reviewartikel over de operatieve behandeling van cuffrupturen werd beschreven dat de functionele uitkomst van arthroscopische cuffhechting gelijk is aan de open behandeling, maar dat patiënten in de eerste maanden na een arthroscopische ingreep sneller lijken te herstellen.<sup>17</sup> Gerandomiseerde prospectieve studies zullen daarover de doorslag moeten geven. Een belangrijk voordeel van de arthroscopische behandeling is dat de ingreep kan worden uitgebreid met een evaluatie van het hele gewricht voorafgaand aan de herstelprocedure, hetgeen bij een open procedure niet gebeurt. Dit stelt de operateur in staat een completere behandeling uit te voeren. De keuze voor het soort operatie hangt voornamelijk af van de kunde en mogelijkheden van de operateur.

Kennis van de ontstaanswijze en behandeling van de

rotatorcuffruptuur is volgens ons van belang voor huisartsen, fysiotherapeuten, sportartsen, reumatologen, algemeen chirurgen en orthopedisch chirurgen, aangezien al deze specialisten regelmatig patiënten met schouderklachten zien.

Belangenconflict: geen gemeld. Financiële ondersteuning: geen gemeld.

Citeer als: Ned Tijdschr Geneeskd. 2011;155:A3163

 Meer op [www.nvtg.nl/klinischepraktijk](http://www.nvtg.nl/klinischepraktijk)

## LITERATUUR

- 1 Yamaguchi K, Ditsios K, Middleton WD, Hildebolt CF, Galatz LM, Teefey SA. The demographic and morphological features of rotator cuff disease. A comparison of asymptomatic and symptomatic shoulders. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88:1699-704.
- 2 Yamamoto A, Takagishi K, Osawa T, et al. Prevalence and risk factors of a rotator cuff tear in the general population. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19:116-20.
- 3 Sher JS, Uribe JW, Posada A, Murphy BJ, Zlatkin MB. Abnormal findings on magnetic resonance of asymptomatic shoulders. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:10-5.
- 4 Bedi A, Dines J, Warren RF, Dines DM. Massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:1894-1908.
- 5 Winters JC, van der Windt DAWM, Spinnewijn WEM, et al. NHG-Standaard Schouderklachten. *Huisarts Wet.* 2008;51:555-65.
- 6 Oh JH, Kim JY, Lee HK, Choi JA. Classification and clinical significance of acromial spur in rotator cuff tear: heel-type spur and rotator cuff tear. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:1542-50.
- 7 Mikolyzk DK, Wei AS, Tonino P, et al. Effect of corticosteroids on the biomechanical strength of rat rotator cuff tendon. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91:1172-80.
- 8 Benson RT, McDonnell SM, Knowles HJ, Rees JL, Carr AJ, Hulley PA. Tendinopathy and tears of the rotator cuff are associated with hypoxia and apoptosis. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92:448-53.
- 9 Gwilym SE, Watkins B, Cooper CD, et al. Genetic influences in the progression of tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91:915-7.
- 10 Baumgarten KM, Gerlach D, Galatz LM, et al. Cigarette smoking increases the risk for rotator cuff tears. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:1534-41.
- 11 Abboud JA, Kim JS. The effect of hypercholesterolemia on rotator cuff disease. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:1493-7.
- 12 Hertel R, Ballmer FT, Lombert SM, Gerber C. Lag signs in the diagnosis of rotator cuff rupture. *J Shoulder Elbow Surg.* 1996;5:307-13.
- 13 Teefey SA, Rubin DA, Middleton WD, Hildebolt CF, Leibold RA, Yamaguchi K. Detection and quantification of rotator cuff tears. Comparison of ultrasonographic, magnetic resonance imaging, and arthroscopic findings in seventy-one consecutive cases. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86:708-16.
- 14 Goldberg BA, Nowinski RJ, Matsen FA III. Outcome of nonoperative management of full-thickness rotator cuff tears. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(382):99-107.
- 15 Baydar M, Akalin E, El O, et al. The efficacy of conservative treatment in patients with full-thickness rotator cuff tears. *Rheumatol Int.* 2009;29:623-8.
- 16 Cheung EV, Silverio L, Sperling JW. Strategies in biologic augmentation of rotator cuff repair: a review. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:1476-84.
- 17 Coghlan JA, Buchbinder R, Green S, Johnston RV, Bell SN. Surgery for rotator cuff disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008;(1):CD005619.
- 18 Steenbrink F, Meskers CG, Nelissen RG, de Groot JH. The relation between increased deltoid activation and adductor muscle activation due to glenohumeral cuff tears. *J Biomech.* 2010;43:2049-54.
- 19 Namdari S, Henn RF III, Green A. Traumatic anterosuperior rotator cuff tears: the outcome of open surgical repair. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:1906-13.
- 20 Burkhart SS, Esch JC, Jolson RS. The rotator crescent and rotator cable: an anatomic description of the shoulder's "suspension bridge". *Arthroscopy.* 1993;9:611-6.
- 21 De Jongh TOH, Rommers GM, Dekker R, van der Sluis CK. Onderzoek van de schouder. *Ned Tijdschr Geneeskd.* 2011;155:A2659.
- 22 Jobe FW, Jobe CM. Painful athletic injuries of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;173:117-24.
- 23 Bak K, Sørensen AK, Jørgensen U, et al. The value of clinical tests in acute full-thickness tears of the supraspinatus tendon: does a subacromial lidocaine injection help in the clinical diagnosis? A prospective study. *Arthroscopy.* 2010;26:734-42.
- 24 Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, Middleton WD, Yamaguchi K. The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A:219-24.
- 25 Gerber C, Fuchs B, Hodler J. The results of repair of massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82:505-15.
- 26 Neri BR, Chan KW, Kwon YW. Management of massive and irreparable rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18:808-18.