

# Persönliche PDF-Datei für van Haeringen M, Filbay S, Cross T.

Mit den besten Grüßen von Thieme

[www.thieme.de](http://www.thieme.de)

## Fallstudie Cross Bracing Pro- tokoll

### sportphysio

2024

246–256

10.1055/a-2413-5909

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kolleginnen und Kollegen oder zur Verwendung auf der privaten Homepage der Autorin/des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

#### Copyright & Ownership

© 2024. Thieme. All rights reserved.

Die Zeitschrift *sportphysio* ist Eigentum von Thieme.

Georg Thieme Verlag KG,  
Oswald-Hesse-Straße 50,  
70469 Stuttgart, Germany  
ISSN 2196-5951

# Heilung einer akuten vorderen Kreuzbandverletzung – eine Fallstudie über das neue Cross-Bracing-Protokoll

Meike van Haeringen, Tom Cross, Stephanie Filbay

Der australische Arzt Dr. Tom Cross hat ein Therapieschema entwickelt, mit dem Risse des vorderen Kreuzbands konservativ behandelt werden können. Hockeyspielerin Meike van Haeringen hat das Cross-Bracing-Protokoll selbst ausprobiert und schildert hier ihre Erfahrungen damit.

## Einführung

Im August 2017 erlitt ich mit 19 Jahren meinen ersten Kreuzbandriss bei einem Feldhockeyspiel in den Niederlanden. Während ich mit dem Ball sprintete, verlor ich die Kontrolle über den Ball und spürte, wie mein rechtes Knie nachgab. Das Nächste, was ich spürte, waren unerträgliche Schmerzen, als ich zu Boden fiel. Ich wurde vom Spielfeld getragen, und in kürzester Zeit schwellte mein Knie auf die Größe eines Ballons an. Zunächst wurde bei mir ein Teilriss des vorderen Kreuzbands diagnostiziert. Mit diesem Wissen absolvierte ich ein ganzes Jahr lang eine Rehabilitationsmaßnahme – aber mein Knie blieb instabil. Eine erneute MRT-Untersuchung bestätigte dann einen bereits länger bestehenden kompletten VKB-Riss und einen Riss des Außenmeniskus. Im Oktober 2018 unterzog ich mich einer ACL-Rekonstruktion mit einem Hamstring-Transplantat sowie einer Meniskusreparatur. Erst nach über einem Jahr konnte ich wieder in den Wettkampfsport zurückkehren.

Einige Jahre später, Anfang 2022, zog ich nach Australien, um dort eine Saison lang Feldhockey zu spielen. Im vierten Spiel riss ich mir jedoch erneut das Kreuzband, diesmal allerdings im linken Knie. Da ich in Australien kaum Kontakte hatte, die Warteliste der öffentlichen Krankenhäuser lang war und ich keine private Krankenversicherung hatte, befürchtete ich, dass ich für eine Operation in die Niederlande zurückkehren müsste. Doch dann gab es eine unerwartete Wendung, als ein Physiotherapeut mich mit Dr. Tom Cross in zusammenbrachte. Dieser hatte eine neuartige nichtoperative Behandlung entwickelt, die die Heilung des Kreuzbandes erleichtern soll – das sogenannte Cross-Bracing-Protokoll.

## DER FALL IN KÜRZE

Gerade als meine Hockeykarriere in Australien Fahrt aufnahm, musste ich einen allzu bekannten Rückschlag hinnehmen – einen Riss des vorderen Kreuzbandes. Nur dass ich dieses Mal nicht direkt operiert wurde, sondern über eine bahnbrechende Behandlung stolperte: das Cross-Bracing-Protokoll. Die Entscheidung für diese neue, nichtoperative Behandlung veränderte nicht nur meine Rehabilitationserfahrung, sondern auch mein Verständnis von Kreuzbandverletzungen.

In diesem Artikel werde ich über meine ACL-Rehabilitation und meine Erfahrungen mit dem Cross-Bracing-Protokoll berichten. Ich schildere meine Erlebnisse sowohl aus der Patienten- als auch aus der Forschungsperspektive und vergleiche diese Erfahrungen mit meiner früheren VKB-Verletzung, die mit einer VKB-Operation behandelt worden war.

Traditionelle Behandlungsstrategien basieren auf der Annahme, dass ein gerissenes Kreuzband nur eine begrenzte Fähigkeit zur Heilung hat. Studien haben jedoch gezeigt, dass das ACL gut vaskularisiert ist [5][9][10] und dass ein gerissenes VKB nach einer Verletzung ähnlich wie das mediale Seitenband die typischen Phasen des Heilungsprozesses durchläuft – allerdings mit einer langsameren Heilungsrate [4][6][7][12]. Eine Sekundäranalyse der KANON-Studie ergab, dass das Kreuzband bei etwa einem Drittel der Patienten, die ausschließlich konservativ behandelt wurden, spontan geheilt war und dass es im beobachteten 2-Jahres-Follow-up Betroffene gab, die freiwillig auf eine mögliche

Operation verzichtet hatten. Darüber hinaus wiesen die Patienten mit geheiltem VKB beim Follow-up nach 2 Jahren bessere Ergebnisse auf als die Gruppen mit nicht geheiltem VKB und nach VKB-Operation [2]. Auf Grundlage dieser Ergebnisse liegt es nahe, nichtchirurgische Strategien zu untersuchen, die die Heilung des VKB erleichtern.

## Das Cross-Bracing-Protokoll

Das Cross-Bracing-Protokoll wurde 2014 von Dr. Merv Cross und Dr. Tom Cross entwickelt und nutzt die orthopädischen Prinzipien der „anatomischen Wiederherstellung“ und „Immobilisierung“ von verletztem Gewebe, um die Heilung des Kreuzbandes zu fördern. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass das VKB zwischen 90 und 135° Grad Kniebeugung die geringste Länge hat [3]. Der Abstand zwischen den beiden gerissenen Bandenden wurde als Hindernis für die natürliche Heilung des VKB identifiziert [6] und diese könnte auch durch Bewegungen im Kniegelenk während der frühen Rehabilitation erschwert werden. Merv und Tom Cross stellten nun die Hypothese auf, dass die Ruhigstellung des verletzten Knies bei 90° Knieflexion den Abstand zwischen den gerissenen Bandenden verringert und es damit dem Gewebe ermöglicht, den Abstand zwischen den Bandenden zu überbrücken und die Heilung so zu erleichtern. Die ersten 80 Patienten, die nach einer akuten VKB-Ruptur mit diesem Protokoll behandelt wurden, zeigten vielversprechende Ergebnisse: 90% der Patienten zeigten 3 Monate nach der Verletzung Anzeichen einer VKB-Heilung im MRT [1], wobei hier die unterschiedlichsten Heilungsverläufe beobachtet werden konnten. Patienten mit einer besseren VKB-Heilung (bessere Heilung = ein straffes und dickes Band im MRT nach 3 Monaten) berichteten über eine bessere Kniefunktion und kniebezogene Lebensqualität, eine geringere Knielaxität und eine höhere Rückkehrate zum Sport auf dem Vorverletzungsniveau im Vergleich zu Patienten mit einer schlechteren VKB-Heilung (schlechtere Heilung = ein dünnes und/oder gedehntes Band im MRT nach 3 Monaten) [1].

Nach reiflicher Überlegung beschloss ich, das neue Cross-Bracing-Protokoll zu testen, und wurde Patient 138. Später hatte ich die Möglichkeit, dem Forschungsteam beizutreten, was mich dazu veranlasste, mein Medizinstudium in den Niederlanden zu unterbrechen und meinen Aufenthalt in Australien zu verlängern.

## Anamnese und Verletzung

Ich spiele Feldhockey, seit ich 7 Jahre alt bin, und hatte immer den Ehrgeiz, den Sport auf hohem Niveau zu betreiben. Im Jahr 2018, ein Jahr nach meiner ersten Kreuzbandverletzung, wechselte ich den Verein, um Hockey auf semiprofessionellem Niveau zu spielen. Ich war begeistert, als ich nach der schweren Verletzung in den Kader berufen wurde. Doch als ich auf diesem höheren Niveau wieder spielen wollte, stellte ich leider fest, dass mein Knie noch instabil war. Schließlich stellte sich heraus, dass ich einen

kompletten Kreuzbandriss hatte, und ich entschloss mich, das Knie operieren zu lassen. Danach dauerte es mehr als ein Jahr, bis ich wieder in den Eishockeysport zurückkehren konnte, und noch länger dauerte es, bis ich das Niveau von vor der Verletzung wieder erreicht hatte.

Als alles wieder gut lief, beschloss ich Anfang 2022, für ein Jahr nach Australien zu gehen, um als 23-Jährige eine Saison lang Feldhockey zu spielen. Zumindest war das der Plan ... Ich ahnte nicht, dass sich Geschichte wiederholt, aber im vierten Spiel der Saison zog ich mir erneut einen Kreuzbandriss zu, diesmal allerdings im anderen, dem linken Knie. Als Stürmerin lief ich mit dem Ball, als ich von hinten angegriffen wurde, das Gleichgewicht verlor und mein Knie erneut nachgab („Giving-way-Phänomen“). Den Schmerz erkannte ich sofort, und mein erster Gedanke war, dass mir erneut eine Operation bevorstand. Kurz nach dem Sturz schwoll mein Knie stark an, und ich konnte das betroffene Bein nicht mehr belasten. Obwohl der Lachman- und der Pivot-Shift-Test auf dem Spielfeld nicht eindeutig waren, bestätigte eine MRT am nächsten Tag eine vollständige ACL-Ruptur (► **Abb. 5a**, S. 252).

## Erste Behandlungsphase (Pre-Bracing-Phase)

Wenn bei einer Person der Verdacht auf eine VKB-Verletzung besteht und sie für das Cross-Bracing-Protokoll in Betracht gezogen wird, ist Zeit von entscheidender Bedeutung. Schon nach kurzer Zeit beginnen sich die Enden des gerissenen Bandes einzurollen und ziehen sich zurück [6], was das Heilungspotenzial merklich einschränkt. Deshalb sollte die Bracing-Phase idealerweise innerhalb von zwei Wochen nach der Verletzung beginnen, spätestens aber nach 21 Tagen. Es wird dringend empfohlen, den verletzten Patienten zur Beurteilung und Behandlung der Verletzung an einen Arzt zu überweisen. Es sollte so bald wie möglich eine MRT-Untersuchung des Knies durchgeführt werden, um eine VKB-Ruptur zu bestätigen und andere Verletzungen auszuschließen. Um das Knie vor weiteren Schäden zu schützen und gleichzeitig zu prüfen, ob der Patient für das Cross-Bracing-Protokoll in Frage kommt, wird empfohlen, Unterarmgehstützen zu verwenden und das Knie zu entlasten. Außerdem sollte eine Knieorthese angelegt werden, die den Bewegungsumfang auf 30–90° Flexion limitiert. Die wichtigsten Punkte für die akute Phase sind in der Infobox zusammengefasst.

### WICHTIGE PUNKTE FÜR DIE AKUTPHASE

- Überweisung des verletzten Patienten an einen Arzt
- Bildgebung des Knies: MRT einschließlich Kreuzbandspezialsequenz („double oblique sequence“) und Röntgen
- Das Knie muss vorsichtig untersucht werden, ohne den Pivot-Shift-Test einzusetzen.

- Verzicht auf entzündungshemmende Medikamente und Kältetherapie
- Bewertung des Thromboserisikos, ggf. Doppler-Sonografie
- Eine Ruhigstellung in 90° Flexion wird in den ersten 4 Tagen nicht empfohlen.
- Stattdessen in den ersten 4 Tagen Verwendung von Unterarmgehstützen zur Entlastung des betroffenen Beins, Limitierung der Kniebewegung mit Schiene auf 30–90° Flexion.
- Idealerweise erfolgt die Schienenversorgung 4–14 Tage nach der Verletzung.
- Später als 21 Tage nach der Verletzung wird das Cross-Bracing-Protokoll nicht mehr empfohlen.
- Mit Beginn der Therapie nach dem Cross-Bracing-Protokoll muss in den ersten 8 Wochen eine medikamentöse Thromboseprophylaxe erfolgen.

**Vom Spielfeld zum Physio.** Am 3. Tag nach der Verletzung suchte ich einen Physiotherapeuten auf, der vorschlug, mein MRT an Dr. Tom Cross zu schicken, um zu prüfen, ob ich für das neuartige Cross-Bracing-Protokoll in Frage käme. In Anbetracht dieser Behandlungsoption nahm der Physiotherapeut zunächst meine Krankengeschichte auf und notierte auch meine frühere VKB-Rekonstruktion am rechten Knie. Da ich bei der körperlichen Untersuchung mein linkes Knie aufgrund von Schmerzen und Schwellungen nicht vollständig belasten konnte, bekam ich Unterarmgehstützen zur Entlastung des betroffenen Beins. Im sanft durchgeführten Lachman-Test zeigte sich eine Seitendifferenz und es gab kein festes Endgefühl im betroffenen Knie. Der Pivot-Shift-Test wurde nicht durchgeführt, da wiederholte Banduntersuchungen das Kreuzband weiter schädigen oder eine möglicherweise bereits eingetretene Kreuzbandheilung beeinträchtigen könnten. Auf Druck verspürte ich am Gelenkspalt keine Schmerzen, der Gelenkerguss war offensichtlich und ich konnte kaum meinen Quadrizeps anspannen. Eine (Über-)Streckung des Kniegelenks war mir nicht möglich, weder aktiv noch passiv. Ohnehin wurde mir von einer vollständigen Streckung des Kniegelenks abgeraten, weil dabei das VKB seine maximale Länge erreicht [3]. Entzündungshemmende Medikamente kamen nicht zum Einsatz, weil diese die akute Entzündungsreaktion vermindern, die eine wichtige Rolle im Heilungsprozess spielen könnte [11]. Analgetische Medikamente wie Paracetamol waren zur Schmerzlinderung erlaubt.

**Vom Physiotherapeuten zum Arzt.** Später an diesem Tag erhielt ich einen Anruf von Dr. Cross, der mich zu einem Beratungsgespräch einlud, da ich ein guter Kandidat für das Cross-Bracing-Protokoll zu sein schien. Dr. Cross informierte mich über die Behandlungsmöglichkeiten und erklärte mir das Protokoll sehr ausführlich. Meine Krankengeschichte wurde aufgenommen, und es gab keine nen-

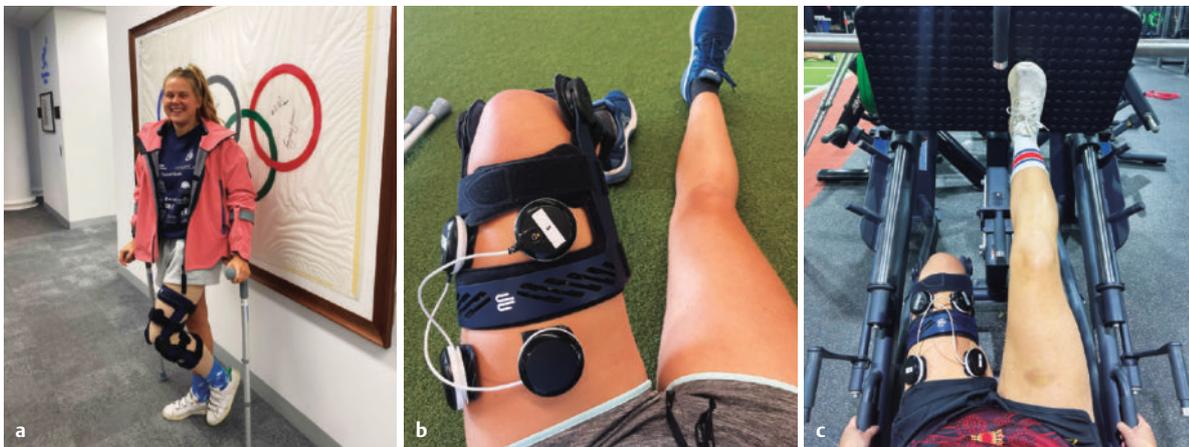
nenswerten Bedenken. Danach wurde ich auf eine tiefe Venenthrombose hin untersucht, da dies eine Kontraindikation für das Protokoll wäre. Dr. Cross fragte mich, ob ich in der Vergangenheit bereits eine Thrombose erlitten hatte, und untersuchte mich auf Druckempfindlichkeit in der Wade. In dieser Zeit nahm ich die Antibabypille ein, und es wurde mir empfohlen, diese wegen des erhöhten Risikos einer tiefen Beinvenenthrombose abzusetzen.

### THROMBOSERISIKO

Damals wurde allen Patienten empfohlen, sich einer Doppler-Sonografie zu unterziehen, um eine tiefe Venenthrombose auszuschließen. Derzeit wird ein Doppler-Ultraschall nur bei Hochrisikopatienten empfohlen. Patienten mit einer Thrombose in der Vorgeschichte, einer Gerinnungsstörung, einer ausgeprägten familiären Vorbelastung mit Gerinnungsstörungen, Symptomen oder Anzeichen einer Thrombose oder Patienten, die nach einer Knieverletzung kürzlich internationale Flüge oder lange Autofahrten unternommen haben, gelten ebenfalls als Risikopatienten für eine Thrombose.

Anschließend führte Dr. Cross eine klinische Untersuchung durch. Passive Stabilitätstests am Knie wurden nicht durchgeführt, da diese bereits der Physiotherapeut gemacht hatte und die VKB-Ruptur im MRT bestätigt worden war. Ich wurde anhand des Beighton-Scores auf Hypermobilität getestet und erhielt einen Wert von 4 (mäßiger Grad der Gelenkhypermobilität), wobei im kontralateralen Knie ein leichtes Genu recurvatum festgestellt wurde.

Nach der klinischen Untersuchung besprachen wir meine MRT-Ergebnisse im Detail. Die Aufnahmen zeigten kein über die Grenzen der interkondylären Notch (Fossa intercondylaris) hinaus verschobenes VKB-Gewebe, keine Schädigung des femoralen VKB-Footprints und eine Lücke zwischen den gerissenen Bandenden von etwa 6 mm. Ich hatte eine Knochenprellung im lateralen Kompartiment erlitten und ein Hämarthros war vorhanden. Die Seitenbänder und Menisken waren intakt und es lag kein Knorpelschaden vor. Diese Art von VKB-Rissen wurde als gut heilbar eingestuft. Kreuzbandrisse, bei denen ein großer Anteil (> 25 %) des Kreuzbandgewebes außerhalb der Notch verlagert ist und/oder von der femoralen Aufstandsfläche (femoral footprint) abgetrennt wurde und/oder eine Lücke von mehr als 8 mm zwischen den gerissenen Bandenden besteht, gelten als weniger ideal für eine Kreuzbandheilung. Diese Faktoren deuten darauf hin, dass die Heilung länger verlaufen wird oder das geheilte Band nicht stabil genug sein wird, und sollten daher bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden. Weitere Überlegungen und Vorsichtsmaßnahmen sind in der Infobox zusammengefasst.



► **Abb. 1** Fotos von mir in Woche 1–4 des Cross-Bracing-Protokolls **a** Tag 1 mit der Schiene **b** Im Fitnessstudio bei der elektrischen Muskelstimulation **c** Im Fitnessstudio bei der Durchführung einer einbeinigen Übung auf der Beinpresse mit meinem unverletzten Bein. Quelle: © M. van Haeringen

## WICHTIG VOR BEGINN DES CROSS-BRACING-PROTOKOLLS

### Zu klärende Punkte

- Kostenübernahme (Krankenkasse/private Krankenversicherung/Berufsgenossenschaft)
- Können Betroffene während der Zeit der Ruhigstellung des Kniegelenks alleine zurechtkommen?
- Arbeitsanforderungen
- Bedürfnisse der Familie, Lebensweise
- bei Kindern mit offenen Wachstumsfugen: als Therapieoption, wenn eine spätere Operation erwogen wird

### Zu beachtende Faktoren

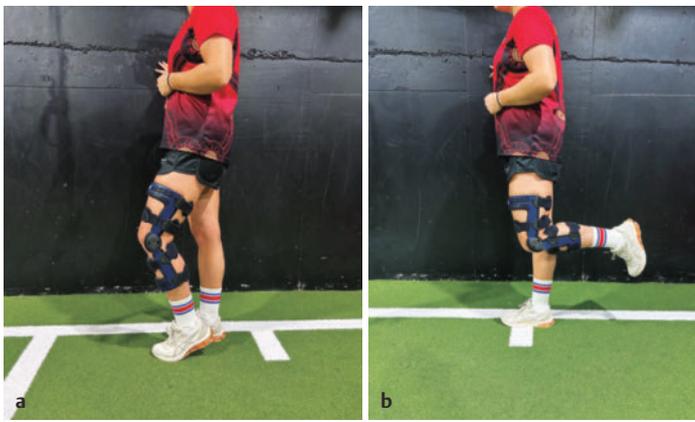
- hohes Risiko für eine tiefe Beinvenenthrombose
- Menorrhagie (zu lange und zu starke Regelblutung) und Antikoagulation
- Zeit bis zum Behandlungsbeginn (spätestens bis zum 21. Tag nach der Verletzung)
- Chondromalacia patellae (vorderer Knieschmerz) und andere Beschwerden beim Tragen der Schiene
- vorherige VKB-Ruptur am selben Knie
- Schwangerschaft
- Restless-Legs-Syndrom
- Innenbandverletzung Grad 3 und zunehmende Bewegungseinschränkung während der Schienung

Nach meinem Termin bei Dr. Cross war ich gut über meine Behandlungsmöglichkeiten informiert und musste eine Entscheidung treffen. Trotz der Schwierigkeiten am Ende meiner Rehabilitation nach meiner früheren VKB-Operation am anderen Bein ging es meinem Knie 6 Jahre später gut, sodass ich mich fragte, ob ich mich erneut für eine

Operation entscheiden sollte. Dafür hätte ich aber (aus versicherungsrechtlichen Gründen) zurück in die Niederlande gemusst. Obwohl die ersten Ergebnisse des Cross-Bracing-Protokolls vielversprechend waren, hatte ein Teil von mir aufgrund der Neuartigkeit des Verfahrens Angst davor, sich dafür zu entscheiden. Außerdem würde ich Hilfe brauchen, vor allem in den ersten Wochen der Behandlung, und ich hatte keine Familie, die mich hier unterstützen konnte. Glücklicherweise begleitete mich eine meiner Teamkolleginnen, die zufällig auch meine Nachbarin war, zu dem Termin und versicherte mir, dass sie mich während der gesamten Behandlungsdauer unterstützen würde, würde ich mich für das Protokoll entscheiden. Auch eine Operation war noch möglich, wenn ich nach 3 Monaten mit dem Heilungsverlauf nicht zufrieden sein würde. Ich entschied mich schließlich für das Cross-Bracing-Protokoll und wurde am fünften Tag nach der Verletzung mit einer Schiene versorgt (► **Abb. 1a**).

## Bracing-Phase

Das Cross-Bracing-Protokoll wurde bereits detailliert vorgestellt [1]. Es umfasst 12 Wochen mit täglich 24 Stunden und wird mit einer physiotherapeutisch betreuten Rehabilitation kombiniert. In den ersten 4 Wochen wird das Knie bei 90° Grad Flexion ruhiggestellt. Danach wird die Schiene kontinuierlich angepasst, wobei der Bewegungsumfang (ROM = Range of Motion) wöchentlich schrittweise erhöht wird, bis in Woche 10 eine uneingeschränkte ROM erreicht ist und die Schiene nach 12 Wochen entfernt wird. In den ersten 8 Wochen werden gerinnungshemmende Medikamente (Rivaroxaban 10 mg) verschrieben, um das Risiko einer Thrombose zu vermindern; bei Kindern unter 13 Jahren ist dies jedoch nicht erforderlich. In den ersten 6–8 Wochen wird der Patient an Gehstützen mobilisiert, und die Gewichtsbelastung wird im Rahmen des verfügbaren Bewegungsumfangs und bei Rehabilitationsübungen allmählich gesteigert. Während der Bracing-Phase kann



► **Abb. 2** a Ab der 5. Woche wurde der Bewegungsumfang der Schiene von 90° auf 60–90° angepasst, so dass Bewegungen innerhalb dieser Grenzen möglich waren. b In Flexion waren im Stand annähernd 90° möglich. Quelle: © M. van Haeringen



► **Abb. 3** a–b Am Ende der 8. Woche konnte ich voll belasten und auf die Gehstütze verzichten. Damit hatte ich den zweiten Meilenstein erreicht. Quelle: © M. van Haeringen

die Fitness durch Aktivitäten wie die sitzende Benutzung eines Ski-Ergometers in der frühen Stützphase aufrechterhalten werden. Mit zunehmender Mobilisation des Kniegelenks können auch ein Heimtrainer und das Schwimmen hinzukommen [1]. ► **Abb. 6** auf S. 254 zeigt eine Zusammenfassung meines gesamten Rehabilitationsprozesses.

### Frühe Bracing-Phase (Wochen 1–4)

In den ersten 4 Wochen ist es wichtig, das betroffene Knie ununterbrochen in 90° Flexion zu halten, 24 Stunden pro Tag, auch während des Schlafens und Duschens [1]. Zunächst erschien mir die Vorstellung, in einem solchen Winkel in eine Schiene eingesperrt zu sein, beängstigend, aber ich lernte bald, damit umzugehen, und es war nicht so schlimm, wie ich befürchtet hatte. Ich durfte die Schiene zur physiotherapeutischen Behandlung oder zu Hause beim Sitzen oder Liegen auf der Couch abnehmen, aber ich musste mein Knie immer in einem Winkel von 90 Grad halten. Um meine Haut vor den Bändern und Scharnieren der Bandage zu schützen und um es bequemer zu haben, trug ich eine Schlauchbandage (Tubigrip). Vom ersten Tag an

mit dem Brace begann ich mit Strategien zur Verringerung des Thromboserisikos, darunter die tägliche Einnahme von 10 mg Xarelto als Gerinnungshemmer, ausreichend Flüssigkeitszufuhr und Venenpumpübungen. Weitere Rehabilitationsziele waren in diesem Zeitraum die Minimierung der lokalen und globalen Muskelatrophie sowie die Kontrolle von Schwellungen und Schmerzen [1]. Einmal die Woche, gelegentlich auch zweimal, hatte ich eine physiotherapeutische manuelle Weichteilbehandlung. Das Tragen der Schiene und die Verletzung selbst verursachten bei mir ziemliche Schmerzen, aber ich empfand dies als eine ähnliche Erfahrung wie nach der Operation. Ich hatte mir vorgenommen, im Fitnessstudio pro Woche 4 Trainingseinheiten zur Kräftigung von Rumpf und Oberkörper zu absolvieren, außerdem 2 Konditionseinheiten. Die Zeit dazu hatte ich, und ich war hoch motiviert.

In diesen ersten Wochen entlastete ich das Bein und ging an Krücken (► **Abb. 1a**), aber die Gewichtsbelastung wurde während der Reha-Übungen in der Schiene allmählich gesteigert [1]. Zum Übungsprogramm gehörten zum Beispiel isometrische Quadrizeps- und Hamstring-Übungen, Wadenheben (Calf Raises) im Sitzen und bilaterale Hüftabduktion und -extension. Bei jedem Training hatte ich Zugang zu einem elektrischen Muskelstimulator (► **Abb. 1b**), mit dem ich zusätzlich meine Muskulatur stimulieren konnte. Um keine Kraft zu verlieren, trainierte ich darüber hinaus mit angepassten Übungen jeden anderen Muskel, den ich trainieren konnte (► **Abb. 1c**). Dies motivierte mich, aktiv zu bleiben, was mir auch mental half. In den ersten 4 Wochen wurde vom Schwimmen in der Schiene abgeraten, ab Woche 5 wurde ich dazu ermutigt. Die Einstellung der Schiene von 90° auf 60–90° Flexion am Ende der 4. Woche, die das erste bisschen Bewegung ermöglichte, war für mich der erste Meilenstein (► **Abb. 2**). Zwar war mein Knie anfangs noch steif und schmerzte, was die Bewegung zunächst unangenehm machte. Am Ende des Tages hatte ich mich jedoch an den neuen Bewegungsumfang gewöhnt und war mit den Fortschritten zufrieden.

### Mittlere Bracing-Phase (Wochen 5–9)

Nach einer 4-wöchigen Ruhigstellung bei 90° Grad Knieflexion wird die Bandage wöchentlich angepasst, wobei die ROM schrittweise erhöht wird [1]. In der 7. Woche begann ich, mit einer Krücke zu gehen und die Belastung des Beins teilweise zu steigern. Am Ende der 8. Woche konnte ich voll belasten und auf die Gehstütze verzichten. Damit hatte ich den zweiten Meilenstein erreicht (► **Abb. 3**). Anfangs fühlte sich das Gehen ohne Krücken wackelig an. In Woche 9 durfte ich die Xarelto-Medikation absetzen. Das Training gegen die lokale und globale Muskelatrophie setzte ich fort und bewegte das verletzte Knie bis Woche 8 nur im vorgegebenen Bewegungsumfang.

Danach wurden die Rehabilitationsziele angepasst: Wichtig waren die Mobilisation des Kniegelenks, die Stärkung der Muskeln der unteren Gliedmaßen und die Verbesse-

rung der Propriozeption. In den Wochen 7 und 8 durfte ich den Heimtrainer benutzen, wenn ich in der Lage war, eine Beugung von mehr als 100 Grad zu erreichen; in Woche 9 begann das Gehtraining. Die Progression bei den Übungen erfolgte im Rahmen des erlaubten Bewegungsumfangs [1]. Übungen wie das rumänische Kreuzheben (Romanian Deadlift), Heel Sliders und die einbeinige Beinstreckung innerhalb der durch die Schiene limitierten Bewegungsgrenzen (► **Abb. 4**) wurden in Woche 5 und 6 eingeführt, Kniebeugen (Squats) und Ausfallschritte (Lunges) mit dem eigenen Körpergewicht folgten in Woche 7 und 8, immer noch limitiert durch die Schiene.

### Späte Bracing-Phase (Wochen 10–12)

In Woche 10–12 wird die Bewegungslimitation der Schiene aufgehoben und sie kann zum Schlafen abgenommen werden. Das wichtigste Ziel in dieser Phase war die Wiedererlangung der vollen Knie-ROM. Frühere Übungen wurden mit zunehmender Belastung und Schwierigkeit fortgesetzt, und es wurden sportartspezifische Gleichgewichts- und Kräftigungsübungen eingeführt [1]. Am Ende der 12. Woche wurde das Brace entfernt und es wurden eine MRT-Untersuchung sowie eine Nachuntersuchung bei Dr. Cross angesetzt, um festzustellen, ob die Heilung des Kreuzbandes stattgefunden hatte. Ich war sehr gespannt auf die Ergebnisse, und dass ich trotz meines Weckers verschlief und meinen MRT-Termin verpasste, war auch nicht gerade hilfreich. Aber als ich später an diesem Tag endlich die MRT-Ergebnisse erhielt, war ich sehr erleichtert. Ich konnte es kaum glauben, aber die Aufnahmen zeigten Anzeichen einer Heilung des Kreuzbandes. Mein VKB schien wieder befestigt und durchgängig zu sein und hatte an Umfang zugenommen (ACLOAS-Grad 1) – eine „Goldmedaille“, wie Dr. Cross es nannte (► **Abb. 5b**) [8]. Und schon war Meilenstein 3 erreicht und ich konnte meine Rehabilitation fortsetzen.

### Post-Bracing-Phase

Obwohl die Heilung des Kreuzbandes auf meinem 3-Monats-MRT vielversprechend war, musste ich bei meiner Rehabilitation schrittweise vorangehen. In diesem Stadium ist das VKB-Gewebe noch nicht ausreichend konsolidiert und besteht größtenteils aus Typ-3-Kollagen, das mit der Zeit in der Umbauphase durch das stärkere Typ-1-Kollagen ersetzt wird [7].

**Wochen 13–16.** In diesen Wochen ging es darum, meine Knie-ROM und mein Gangbild zu normalisieren, mich wieder an die Belastung zu gewöhnen und sicherzustellen, dass mein Knie Stöße und Belastungen verträgt, bevor ich mit dem Laufen beginne. Nach Ablegen der Schiene hatte ich immer noch ein leichtes Defizit in der Kniestreckung und Probleme mit einem mäßigen Kniegelenkerguss. Daher konnte ich noch nicht mit dem Laufen beginnen. Mit Physiotherapie und Übungen, wie z. B. endgradige Kniestreckungen gegen Widerstand (z. B. mit dem Thera-



► **Abb. 4** Übung der einbeinigen Kniestreckung innerhalb des freigegebenen Bewegungsbereichs **a** ASTE **b** ESTE. Quelle: © M. van Haeringen

band) und das Unterlagern meines Fußes mit einem Handtuch, um das Knie durch die Schwerkraft nach unten zu drücken (durch zusätzliches Gewicht oberhalb des Knies), konnte das Streckdefizit innerhalb weniger Wochen behoben werden. Danach unterzog ich mich zum ersten Mal Leistungstests (► **Tab. 1**).

In meiner Reha-Einrichtung hatte ich Zugang zu Massagepistolen, einem Normatec Beinsystem (dient der Erholung der Muskulatur durch dynamische Luftkompression; die Red.), der Game Ready Eis- und Kompressionsmaschine sowie zu heißen und kalten Bädern, die mir meiner Meinung nach während meiner gesamten Rehabilitation geholfen haben. Ich konzentrierte mich weiterhin darauf, meine Muskelkraft und neuromuskuläre Kontrolle zu verbessern. Mein Training wurde durch die Einführung von Landeübungen, plyometrischen Übungen mit geringer Amplitude und Laufübungen im Fitnessstudio kontinuierlich gesteigert.

**Wochen 17–22.** Die Landeübungen und die plyometrischen Übungen wurden immer komplexer, z. B. von bilateralen zu Split- und einbeinigen Bewegungen und von niedrigen zu größeren Höhen. Außerdem wurden einbeinige Sprungübungen und seitliche Bewegungen eingeführt. In Woche 17 erreichte ich die volle Beweglichkeit des Knies und der Erguss im Knie war abgeklungen. Dies bedeutete, dass ich wieder mit dem Laufen beginnen konnte. Auf dem Alter-G-Laufband begann ich mit steigender Intensität zu laufen (über 4 Wochen, 70/80/90/100% des Körpergewichts) und konnte die Belastung steigern, wenn mein Knie gut reagierte und ich mich sicher fühlte. Bevor ich zum Laufen im Freien übergehen konnte, musste ich die Kriterien für die Rückkehr zum Laufen erfüllen, die in ► **Tab. 1** aufgeführt sind.

In Woche 22 absolvierte ich meinen ersten Lauf im Freien und erreichte damit Meilenstein Nummer 4. Ich fühlte mich



► **Abb. 5** MRT-Scans meiner VKB-Verletzung und Heilung **a** Baseline zum Verletzungszeitpunkt, ACLOAS Grad 3 **b** bei der 3-monatigen Nachuntersuchung, ACLOAS Grad 1 **c** bei der 9-monatigen Nachuntersuchung nach Abschluss des Cross-Bracing-Protokolls, ACLOAS Grad 0 (ACLOAS = Anterior Cruciate Ligament OsteoArthritis Score). Quelle: © M. van Haeringen

großartig und war so glücklich, wieder laufen zu können. Anfangs konzentrierte ich mich auf das lineare Laufen und steigerte später die Geschwindigkeit und Intensität, indem ich Bremsbewegungen hinzufügte. In der nächsten Phase wurde die Agilität (engl.: agility) eingeführt, beginnend mit kontrollierten Richtungswechseln, wobei der Schwierigkeitsgrad schrittweise gesteigert wurde. Während der Rehabilitation meines rekonstruierten Kreuzbandes im rechten Knie hatte ich in der Agility-Phase mentale Probleme. Ich hatte kein volles Vertrauen in mein Knie und außerdem das Gefühl, dass meine Propriozeption beeinträchtigt war. Gelegentlich hatte ich auch Schmerzen bei bestimmten Agility-Übungen, was mir Angst machte. Deshalb war ich anfangs bei der Reha meines linken Knies vorsichtig mit diesen Übungen. Doch schon bald fühlte ich mich sicherer, da ich keine Schmerzen und auch nicht mehr das Gefühl hatte, dass meine Propriozeption so beeinträchtigt war wie nach der Operation auf der anderen Seite Jahre zuvor.

Mein persönliches Ziel war es, 2 Trainingseinheiten pro Woche im Freien und 3–4 Trainingseinheiten im Fitnessstudio zu absolvieren. Wenn es jedoch zu Schmerzen kam oder ich mit einem geschwellenen Knie aufwachte, wahrscheinlich weil ich zu viel trainiert hatte oder neuen Belastungen ausgesetzt war, reduzierte mein Physiotherapeut die Anzahl der wöchentlichen Trainingseinheiten oder änderte diese in zusätzliche Erholungseinheiten, bis sich mein Knie erholt hatte. Das bedeutete auch, dass ich gelegentlich meine Trainingswoche wiederholen musste, bis mein Knie die Belastungen vertrug, bevor ich weitermachen konnte.

**Wochen 23–37.** Während der Laufphase habe ich beim Krafttraining vor allem Quadrizeps, Waden und die Hüftmuskulatur trainiert. Außerdem habe ich an der Verbesserung der Rumpfkraft und der einbeinigen Stabilität gearbeitet. Nachdem ich mich sicher fühlte und mein Körper gut auf die kontrollierten Agility-Drills reagierte, konnte ich zu reaktiven Agility-Drills übergehen und langsam Komponenten von sportartspezifischen Übungen ein-

bauen. Ich begann mit kontrollierten Laufübungen (Walking-Drills), gefolgt von linearen Jogging- und Richtungswechselübungen (Jogging-Drills und Change-of-Direction-Drills).

Neun Monate nach der Verletzung erreichte ich den nächsten Meilenstein, als ich mich einer weiteren MRT-Untersuchung unterzog. Es ging darum, die Heilung des vorderen Kreuzbandes zu beurteilen. Außerdem hatte ich einen Termin bei Dr. Cross, um den Verlauf meiner Rehabilitation zu besprechen und um zu überprüfen, ob ich bereit für die Rückkehr zum Sport (RTS) war. Der empfohlene Zeitrahmen für die RTS wurde inzwischen von 9–12 Monaten auf 12 + Monate nach der Verletzung verlängert, um dem Kreuzband mehr Zeit für die Heilung zu geben. Im Vergleich zu meiner MRT-Aufnahme nach 3 Monaten zeigte die aktuelle MRT-Aufnahme, dass mein ACL im Laufe dieser Zeit weiter geheilt war und nun wie ein normales Band aussah – durchgängig und im Umfang gewachsen mit einem hypointensen Signal [8] (► **Abb. 5**). Bei der klinischen Untersuchung war mein Knie stabil – der Pivot-Shift- und der Lachman-Test fielen negativ aus – und ich hatte die volle Bewegungsfreiheit, keine Schmerzen und keinen Erguss. Ich war überrascht, wie gut es mir ging. Abgesehen von gelegentlichen Schwellungen und Schmerzen nach dem Training begann sich mein Knie wieder normal anzufühlen. Bevor ich wieder mit dem Feldhockey beginnen konnte, musste ich RTS-Tests absolvieren (► **Tab. 1**).

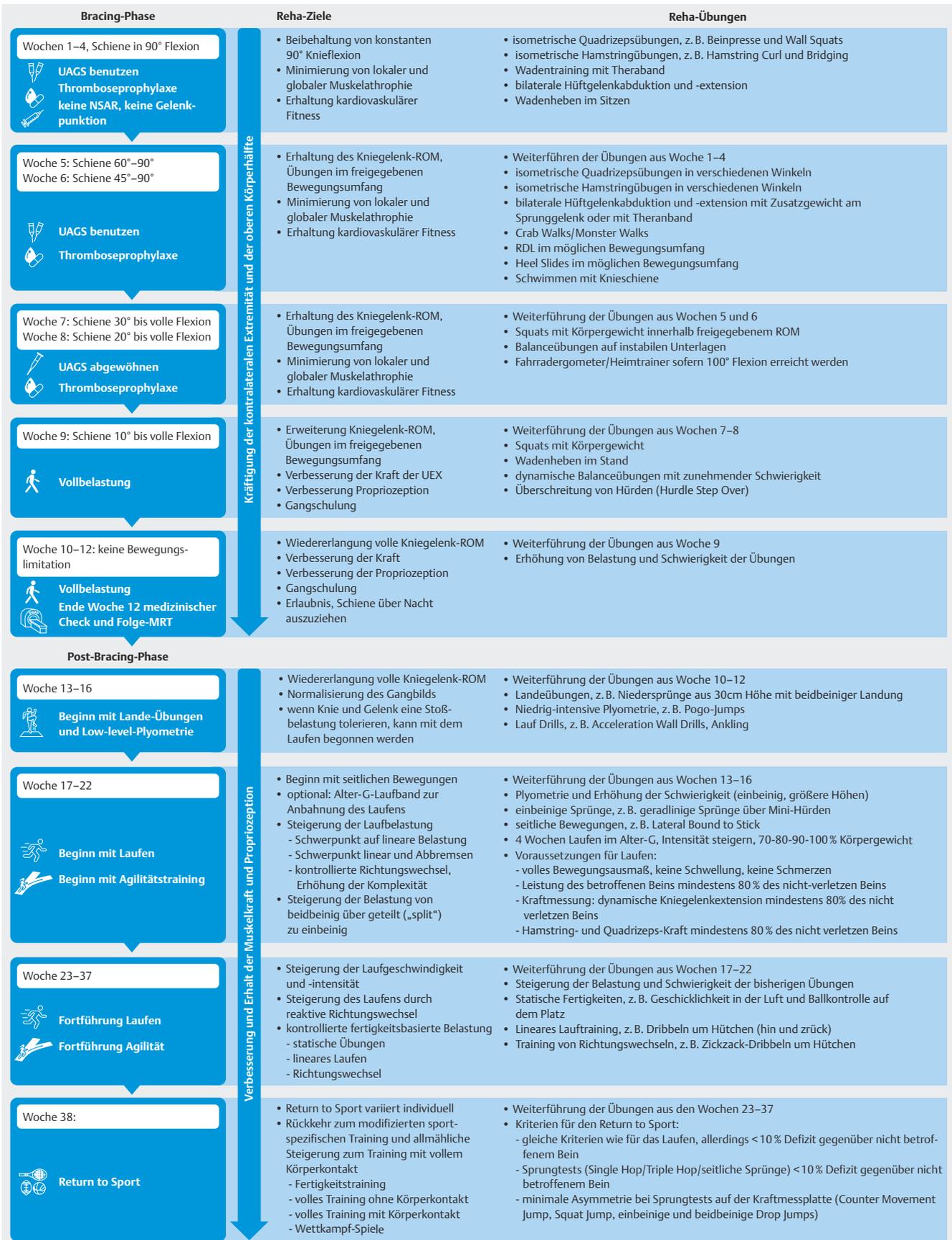
**Wochen 38+.** Die Zeitspanne bis zum RTS ist für jeden Patienten unterschiedlich und hängt von mehreren Faktoren ab, wie z. B. von der Schwere der ursprünglichen Verletzung, dem Verlauf der Rehabilitation, dem im MRT erkennbaren Heilungsergebnis des VKB sowie der Art und dem Niveau der Sportart, die der Patient wieder aufnehmen möchte.

Zu meinem Glück wurde ich gerade zu Beginn der Vorsaison (Woche 38) wieder für das modifizierte Mannschaftstraining zugelassen, was mir die perfekte Gelegenheit bot, wieder ins Hockeyspiel einzusteigen. Im ersten Monat der Vor-

► **Tab. 1** Ergebnisse meiner Reha-Leistungstests

	Knies	3 Monate	6 Monate	9 Monate	12 Monate
<b>Funktionstests</b>					
Single Leg Sit to Stand (Wiederholungen)	L	60	–	–	–
	R	100	–	–	–
Single Leg Calf Raise (Wiederholungen)	L	26	–	–	–
	R	28	–	–	–
Single Leg Glute Bridge (Wiederholungen)	L	23	–	–	–
	R	29	–	–	–
<b>Kraft (Dynamometermessung)</b>					
Beinstreckung 90° [N]	L	538	667	628	–
	R	778	763	683	–
	Asymmetrie	30,8%	12,6%	8%	–
Beinstrecker 45° [N]	L	-	814	871	–
	R	-	842	877	–
	Asymmetrie	-	3,3%	0,7%	–
<b>NordBord</b>					
Hamstrings [N]	L	-	344	348	305
	R	-	344	361	331
	Asymmetrie	-	0,0%	3,6%	7,9%
<b>Hüftkraft (ForceFrame Strength Testing System)</b>					
Hüftadduktion [N]	L	407	445	413	401
	R	406	423	420	409
	Asymmetrie	0,2%	5,2%	1,7%	2,0%
Hüftabduktion [N]	L	393	438	426	375
	R	374	398	396	375
	Asymmetrie	5,1%	10,1%	7,6%	0,0%
Verhältnis Adduktion zu Abduktion	L	1,04	1,02	0,97	1,07
	R	1,09	1,06	1,06	1,09
<b>Kraftmessplatte (Forcedecks)</b>					
IMTP [N]		–	–	2380	2467
CMJ [N]		–	–	1414	1306
DSI		–	–	0,59	0,53
Einbeiniger CMJ [cm]	L	–	–	19,3	19,2
	R	–	–	23,5	21,8
Einbeiniger DJ RSI	L	–	–	0,40	0,77
	R	–	–	0,55	0,72
Kontaktzeit DJ [sec]		–	–	0,328	0,190
Flugzeit DJ [sec]		–	–	0,552	0,528
RSI		–	–	1,68	2,78
SJ-Flug [cm]		–	–	37,5	36,3
CMJ-Flug [cm]		–	–	38,6	37,9
Eccentric Utilisation Ratio		–	–	1,03	1,04
<b>Sprungtests</b>					
Einbeiniger Sprungtest [m]	L	–	–	1,68	1,70
	R	–	–	1,72	1,74
Dreifach-Hop-Test [m]	L	–	–	5,50	5,50
	R	–	–	5,87	5,90
Seitlicher Sprung [m]	L	–	–	–	0,68
	R	–	–	–	0,71
Seitliche Begrenzung [m]	L	–	–	1,77	1,75
	R	–	–	1,74	1,82

cm = Zentimeter; CMJ = Counter Movement Jump; DJ RSI = Drop Jump Reactive Strength Index; DSI = Dynamic Strength Index; Eccentric Utilisation Ratio = Quotient CMJ:SJ; IMTP = Isometric Mid-Thigh Pull; L = links; m = Meter; N = Newton; R = rechts; RSI = Reactive Strength Index; sec = Sekunden; SJ = Squat Jump



► **Abb. 6** Zusammenfassung des Cross-Bracing-Protokolls und meiner Rehabilitationsphase nach dem Bracing (UAGS = Unterarmgehstützen; NSAR = Nichtsteroidale Antirheumatika; ROM = Range of Motion; RDL = Romanian Deadlift). Quelle: © M. van Haeringen

saison trainierten wir nur einmal pro Woche, danach zweimal pro Woche. In der ersten Woche der Vorsaison habe ich beim Training hauptsächlich kontrollierte, lineare Hockeyübungen für mich selbst gemacht. Leider verstauchte ich mir in der folgenden Woche bei einer reaktiven Laufübung mit meinem Physiotherapeuten den rechten Knöchel (leichte Außenbandverletzung) – ein kleiner Rückschlag. Mein Knöchel setzte mich für 2 Wochen außer Gefecht, danach konnte ich das Training auf dem Feld wieder aufnehmen und an den Mannschaftsübungen ohne Kontakt teilnehmen. Dazu gehörten z. B. Passübungen und Übungen für multidirektionale Skill-Drills. Ich übte dies eine Woche lang, und am Ende der Woche (Woche 41) fühlte ich mich sowohl mit meinem Knie als auch mit meinem Knöchel sicher und war bereit, zur nächsten Phase überzugehen. In dieser nächsten Phase begannen wir mit reaktiven Hockey-Drills und modifizierten Wettkampfübungen. Vorsichtig konnte ich an Minispielen wie „1 gegen 1“ und „2 gegen 2“ sowie gemäßigt an Spielen ohne Gegnerkontakt teilnehmen. Das bedeutete, dass die Mitspielerinnen mich nicht angreifen durften, wenn ich den Ball hatte. In Woche 44 ging ich zu Vollkontakt-Wettkampfübungen und uneingeschränktem Mannschaftstraining über.

## Rückblick

Nach dem Hockeyspiel war mein Knie oft steif oder schmerzte. Um dies in den Griff zu bekommen, konzentrierte ich mich besonders auf die Erholungsphasen, sodass der Reizzustand in der Regel nach 1–2 Tagen wieder abgeklungen war. Ähnliche Probleme hatte ich, als ich nach der Operation an meinem anderen Knie zum Sport zurückkehrte. Damals hielten die Steifheit und der Muskelkater jedoch auch noch 12 Monate nach der Verletzung an. Mir fehlte das Vertrauen in mein Knie und ich hatte Angst, mich kräftig abzustößen, um einen Richtungswechsel einzuleiten, da ich dabei manchmal Schmerzen hatte. Nachdem ich eine zweite Meinung von einem Physiotherapeuten eingeholt hatte, wurde außerdem klar, dass ich damals noch Kraftdefizite der Hamstrings und des Quadrizeps hatte und auch die allgemeine Fitness nicht ausreichend trainiert worden war. Es dauerte etwa 6 weitere Monate, bis ich diese Probleme in den Griff bekam und wieder an Wettkampfspielen teilnehmen konnte.

Mein Ziel war es, das erste Spiel der Saison zu bestreiten. Bevor ich auch nur eine Minute in einem Wettbewerbsspiel spielen konnte, musste ich mindestens 2 Wochen lang uneingeschränkt am Training teilnehmen. Ich war so motiviert, mein Ziel zu erreichen, dass ich bereits in Woche 44 mit dem uneingeschränkten Training begann. Nachdem ich die geforderten 2 Wochen volles Training absolviert hatte, hatten wir die Woche vor dem ersten Spiel der Saison frei. Obwohl ich die Anforderung, 2 Wochen volles Training zu absolvieren, technisch gesehen erfüllt hatte, wurde ich nervös und fühlte mich nach meinem überstürzten Trainingsplan und der freien Woche mental nicht ganz bereit. Deshalb haben



► **Abb. 7** Als Feldhockeyspielerin in der Mannschaft von New South Wales. Quelle: © ((professioneller Fotograf))

mein Physiotherapeut und ich beschlossen, auf Nummer sicher zu gehen und noch 2 Wochen zu trainieren, anstatt es zu übertreiben, um das erste Spiel zu spielen. Nachdem ich mir nun schon zweimal das Kreuzband gerissen hatte, war es das Risiko nicht wert, überstürzt in die Spiele zurückzukehren, so sehr ich auch spielen wollte.

Endlich, 11 Monate nach der Verletzung, habe ich meine ersten Minuten in einem Spiel gespielt. Der Plan war, 15 Minuten zu spielen, aber am Ende waren es 25 Minuten. Es war ein tolles Gefühl, wieder zu spielen; mein Knie fühlte sich gut an und ich habe sogar zwei Tore geschossen. In den folgenden Wochen haben wir meine Spielminuten schrittweise erhöht. Da ich so lange mit einer so schweren Verletzung außer Gefecht war, hatte ich erwartet, dass es eine ganze Saison dauern würde, bis ich wieder auf meinem früheren sportlichen Niveau spielen kann. Doch ich habe mich geirrt. Am Ende spielte ich eine meiner besten Eishockey-Saisons und erreichte sogar ein höheres Leistungsniveau als vor meiner Verletzung. Wir schafften es auf Vereinsebene bis ins große Finale (das wir leider verloren), und am Ende der Saison wurde ich in das Nationalteam von NSW berufen (► **Abb. 7**).

## Schlussbetrachtung

Insgesamt bin ich mit den Behandlungsergebnissen für meine beiden Knie zufrieden (► **Abb. 8**). Mein linkes Knie, das mit dem Cross-Bracing-Protokoll behandelt wurde, fühlt sich an, als sei es wieder zu 100% fit. Es ist, als wäre es nie verletzt gewesen, und ich denke nicht mehr an mein Knie, wenn ich Sport treibe. Mein rechtes Knie, an dem ich operiert wurde, ist gefühlt bei 95%. Ich kann die meisten Dinge tun und Feldhockey auf hohem Niveau spielen, obwohl es immer noch ein endgradiges Kraftdefizit der Hamstrings gibt, ich gelegentlich Schmerzen habe und mein Knie nicht vollständig beugen kann. Wenn ich mich noch einmal an meinem Kreuzband verletzen würde, würde ich auf jeden Fall wieder das Cross-Bracing-Protokoll wählen. Ich



► **Abb. 8** Aktuelles Foto beider Knie von mir. Quelle: © M. van Haeringen

habe während meiner gesamten Rehabilitation mit dieser Behandlung bessere Erfahrungen gemacht (als nach der Operation, die Red.), und wenn es keine zufriedenstellende Heilung gegeben hätte, wäre auch eine Operation möglich gewesen und ich hätte nur 3 Monate verloren. Deshalb würde ich das Cross-Bracing-Protokoll auch anderen Menschen empfehlen, wenn sie dafür in Frage kommen.

#### TAKE HOME MESSAGE

- Das Kreuzband hat das Potenzial, zu heilen, und das Cross-Bracing-Protokoll kann die Heilung des Kreuzbands erleichtern.
- Das Timing ist wichtig. Ein Kandidat für das Cross-Bracing-Protokoll sollte idealerweise innerhalb von 4–14 Tagen nach einer VKB-Ruptur mit dem Bracing beginnen.
- Nicht alle Patienten mit einer akuten VKB-Ruptur sind ideale Kandidaten für das Cross-Bracing-Protokoll.
- Der Reha-Prozess ist für jeden Patienten unterschiedlich, je nach den individuellen Umständen.
- Wenn die Heilung des Kreuzbandes nicht zufriedenstellend verläuft, kann der Patient sich noch einer VKB-Operation unterziehen und verliert dabei nur 3 Monate.

#### ZUSATZANGEBOT



Die englische Originalfassung des Artikels finden Sie kostenfrei unter <https://bit.ly/3YR3yt8>

#### Autorinnen/Autoren



##### Meike van Haeringen

Meike van Haeringen, BSc, ist Medizinstudentin an der Universität von Amsterdam und hat als Leistungssportlerin zwei Kreuzbandverletzungen erlitten. Im Rahmen ihres Masterstudiums untersuchte sie die Heilung von VKB-Verletzungen und das Cross-Bracing-

Protokoll an der Universität von Melbourne und arbeitet jetzt als Research Assistant.



##### Tom Cross

Dr. Tom Cross ist seit 25 Jahren als Sport- und Bewegungsmediziner tätig und hat mit vielen professionellen Sportteams zusammengearbeitet. Unter anderem war er 4 Jahre lang Chefarzt der Sydney Swans (Australian Football League). Tom hat zusammen mit

seinem Vater Dr. Merv Cross das Cross-Bracing-Protokoll entwickelt.



##### Stephanie Filbay

Assistenzprofessorin Steph Filbay ist Research Physiotherapist, Principal Research Fellow, NHMRC Emerging Leadership Fellow und Dame Kate Campbell Fellow an der Universität von Melbourne. Steph leitet ein Forschungsteam mit dem Ziel, die Behandlungsergebnisse für Menschen mit VKB-Verletzungen und posttraumatischer Kniearthrose zu verbessern.

#### Korrespondenzadresse

##### A/prof Stephanie Filbay

Department of Physiotherapy,  
the University of Melbourne  
Melbourne, VIC 3010  
Australia  
E-Mail: [stephanie.filbay@unimelb.edu.au](mailto:stephanie.filbay@unimelb.edu.au)

#### Literatur

Das Literaturverzeichnis finden Sie online unter [www.thieme.connect.de/products](http://www.thieme.connect.de/products)

#### Bibliografie

Sportphysio 2024; 12: 256–256  
DOI 10.1055/a-2413-5909  
ISSN 2196-5951  
© 2024. Thieme. All rights reserved.  
Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,  
70469 Stuttgart, Germany

# Healing an acute ACL injury. A case study on the novel Cross Bracing Protocol

Meike van Haeringen, Tom Cross, Stephanie Filbay

The Australian physician Dr Tom Cross has developed a treatment protocol that can be used to treat torn anterior cruciate ligaments conservatively. Hockey player Meike van Haeringen has tried out the Cross Bracing Protocol herself and describes her experiences here.

## Introduction

In August 2017, when I was 19 years old, I suffered my first ACL rupture during a field hockey game in the Netherlands. Whilst sprinting with the ball I lost control of the ball and felt my right knee give way. The next thing I felt was excruciating pain as I fell to the ground. I was carried off the field and in no time my knee swelled up to the size of a balloon. Initially, I was diagnosed with a partial tear and with this in mind I completed one year of rehabilitation alone, but my knee remained unstable. A new MRI confirmed a pre-existing complete ACL tear and a lateral meniscus tear. In October 2018 I underwent a hamstring graft ACL reconstruction and meniscus repair and spent over a year returning to competitive hockey.

A few years later, in early 2022, I moved to Australia to play one season of field hockey. However, in game four, I again ruptured my ACL only this time in my left knee. With few connections in Australia, a long public hospital waiting list and no private health insurance I feared I might have to return to the Netherlands for surgery. But then, my situation took an unexpected turn when a physiotherapist connected me with Dr Tom Cross who had developed a novel non-surgical treatment, known as the Cross Bracing Protocol, which aims to facilitate ACL-healing.

Traditionally, treatment strategies have been based on the assumption that a ruptured ACL has limited healing capacity. However, studies have demonstrated that the ACL is well vascularized [5][9][10] and that ruptured ACLs undergo the typical phases of the healing process after injury similar to the medial collateral ligament, but at a slower healing rate [4][6][7][12]. A secondary analysis of the KANON trial reported spontaneous ACL healing on MRI in about one-third of patients managed with rehabilitation alone and optional delayed surgery at 2-year follow-up. Moreover, those with ACL healing had better patient-reported outcomes compared to the non-healed ACL and

## THE CASE IN BRIEF

Just as my hockey career in Australia was taking off, I faced an all-too-familiar setback: a ruptured ACL. Only this time, instead of heading straight to surgery, I stumbled upon a groundbreaking treatment: the Cross Bracing Protocol. Choosing this new non-surgical treatment, not only transformed my rehabilitation experience but also reshaped my understanding of ACL injury.

In this article, I will outline my ACL rehabilitation and experience with the Cross Bracing Protocol. I will present my experience from both a patient and research perspective and will also compare this experience to my previous ACL injury, which was treated with ACL surgery.

ACL surgery groups at 2-year follow-up [2]. These findings support the rationale to investigate non-surgical strategies to facilitate ACL healing.

## The Cross Bracing Protocol

The Cross Bracing Protocol was developed by Dr Merv Cross and Dr Tom Cross in 2014 and utilizes the orthopaedic principles of ‘anatomical reduction’ and ‘immobilisation’ of injured tissue to enhance ACL healing. Previous research has demonstrated that the ACL is shortest between 90–135 degrees knee flexion[3]. The gap distance between the two ruptured ligament ends was identified as a barrier to native ACL healing [6] and this could also be exacerbated by movement at the knee joint during early rehabilitation. It was hypothesized that bracing the ACL injured knee at 90 degrees knee flexion, reducing the gap distance between the torn ligament ends, and maintaining this reduction, may facilitate bridging of tissue and healing across the ligament. The first 80 patients managed

with the protocol after an acute ACL rupture have shown promising outcomes with 90% of patients showing signs of ACL healing on MRI 3 months after injury [1]. In addition, a spectrum of ACL healing was observed and patients with more ACL healing (more healing = a taut and thick ligament) on 3-month MRI reported better knee function and knee-related quality of life, reduced knee laxity and higher return to pre-injury sport rates compared to those with less ACL healing (less healing = a thin and/or elongated ligament) [1].

After careful consideration, I decided to trial the novel Cross Bracing Protocol and became patient 138. Later, I had the opportunity to join the research team, prompting me to pause my medical degree in the Netherlands and extend my stay in Australia.

## Case profile and injury

### Medical history and injury

I have played field hockey since I was 7 years old and always had the ambition to play at a high level. In 2018, a year after my first ACL injury, I trialed for a new club to play hockey at a semi-professional level. I was thrilled to be named in the squad after such a serious injury. However, upon returning to gameplay at this higher level I unfortunately experienced knee instability. It turned out that I did have a complete ACL tear after all, for which I then chose to have surgery. It took me more than a year to return to competitive hockey and even more time to come back to my pre-injury level of sport.

When all was going well again, I decided to move to Australia in early 2022 for a gap year, now 23 years old, to play one season of field hockey. At least that was the plan... Little did I know that in game four of the season, history would repeat itself as I ruptured my ACL again only this time in my other knee, the left knee. As a striker, I was running with the ball when I got tackled from behind, losing my balance, and again experienced a giving way episode. Immediately, I recognised the pain, and my first thought was: "I am going to need surgery again". My knee swelled up soon after it happened, and I was unable to weight-bear. Although my Lachman and pivot shift tests on the field were ambiguous, an MRI the next day confirmed a complete ACL rupture (see ► Fig. 5a, page 250).

### Pre-bracing phase

When a person is suspected of having an ACL injury and is being considered for the Cross Bracing Protocol, time is of the essence. Over time the ACL starts 'involuting' meaning that the ACL remnants appear retracted and rounded [6], reducing the capability to heal. Ideally, the patient is braced within two weeks of injury and no later than 21 days. It is strongly recommended to refer the injured patient for a medical consultation for evaluation and management of the injury. Obtaining a knee MRI should occur

as soon as possible to confirm an ACL rupture and to evaluate for other injuries. Non-weight bearing on crutches and a 30–90 degrees range of motion (ROM) knee brace are recommended to protect the knee from further damage whilst assessing whether the patient is an appropriate candidate for the Cross Bracing Protocol. Key points for the acute phase are summarised in the textbox below.

#### KEY POINTS IN THE ACUTE INJURY PHASE

- Refer the injured patient for a medical consultation.
- Obtain knee imaging: MRI (including a "double oblique" sequence), X-ray
- Perform a gentle knee examination, but no pivot shift test.
- Discourage anti-inflammatory medication and cryotherapy.
- DVT risk assessment. A doppler ultrasound may be required in high-risk patients.
- Bracing at 90 degrees in the first 4 days is not recommended.
- Non-weight bearing on crutches and a 30–90 degrees range-of-motion knee brace are recommended in the first 4 days.
- Ideally the patient is being braced within 4–14 days after the injury.
- The Cross Bracing Protocol is not recommended after 21 days since injury.
- When commencing the Cross Bracing Protocol, anticoagulant medication must be started for the first 8 weeks.

**From the field to the physio.** On day 3 post injury, I saw a physiotherapist who suggested sending my MRI to Dr Tom Cross to evaluate whether I was a candidate for the novel Cross Bracing Protocol. Considering this treatment option, the physiotherapist started by taking my patient history, noting my previous right knee ACL reconstruction. On physical examination I was unable to fully weight-bear through my left knee due to pain and swelling and I was mobilising on crutches. A gentle Lachman test was performed revealing a side-to-side difference and no endpoint. No pivot shift test was performed as repeated ligament examinations might further damage the ACL or impair any ACL healing that may have already been occurring. There was no joint line tenderness, effusion was evident, and my quad contraction was poor. I was unable to extend my left knee into hyperextension, both actively and passively. Full extension of the knee was not recommended as the ACL reaches its maximal length in this position [3]. Anti-inflammatory medication was discouraged as it diminishes the acute inflammatory response which might play an important role in the healing process [11]. Analgesic medication such as paracetamol was allowed for pain relief.

**From the physio to the doctor.** Later that day, I received a phone call from Dr Cross, inviting me to a consultation as I appeared to be a good candidate. Dr Cross informed me about the treatment options and explained the Cross Bracing Protocol in great detail to me. My medical history was taken, and there were no notable concerns. Thereafter, I was evaluated for a deep vein thrombosis (DVT) as this would be a contra-indication for the protocol. Dr Cross asked if I had suffered a DVT in the past and examined me for calf tenderness. During that period, I was on the oral contraceptive pill and was recommended to cease this due to the increased risk of DVT.

### THROMBOSIS RISK

At the time, all patients were recommended to undergo a doppler ultrasound to exclude DVT. Mine was negative. Currently, a doppler ultrasound is only recommended in high-risk patients. Patients with a history of DVT, a coagulation disorder, a strong family history of coagulation disorders, symptoms or signs of DVT, or those who have recently taken international flights or long car trips following knee injury are also considered high-risk patients for a DVT.

Next, Dr Cross performed a clinical examination. Passive knee laxity tests were not performed as I already had a confirmed ACL rupture on MRI, and I had already undergone knee laxity tests. I was tested for hypermobility using the Beighton score and received a score of 4 (a moderate degree of joint hypermobility) with mild recurvatum observed in the contralateral knee.

Following the clinical examination, we discussed my MRI results in greater detail. My MRI showed no ACL tissue displaced outside the boundaries of the intercondylar notch, no interrogation of the femoral footprint and a gap distance between the torn ligament ends of approximately 6 mm. I had bone bruising in the lateral compartment and a hemarthrosis was present. The collateral ligaments and menisci were intact and there was no cartilage damage. My type of ACL tear was considered good for potential healing. ACL tears with a large proportion (> 25%) of ACL tissue displaced outside the notch, and/or avulsed from the femoral footprint and/or a gap distance > 8 mm between the torn ligament ends, are considered less ideal for ACL-healing. These factors indicate a higher potential of a thinned and/or elongated heal, and this should be factored into the decision-making process. Other considerations and precautions are listed in the textbox below.

### CONSIDERATIONS AND PRECAUTIONS BEFORE COMMENCING THE CROSS BRACING PROTOCOL

#### Considerations

- Private health insurance capability
- Whether someone is functionally independent and capable of managing a period of knee immobilisation
- Work demands
- Family and lifestyle demands
- Children with open growth plates and delaying surgery

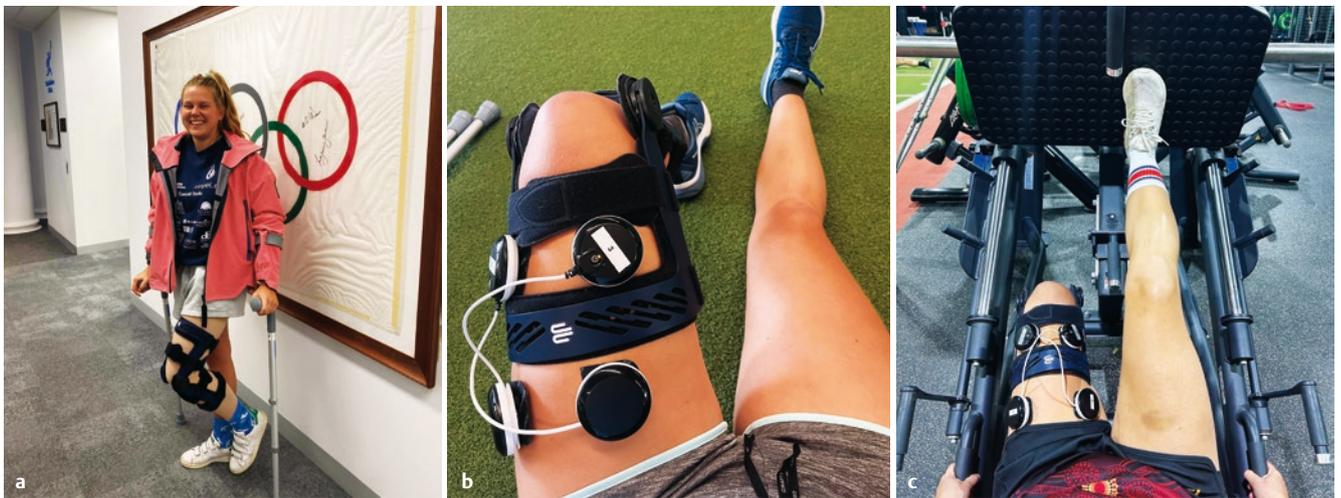
#### Precautions

- High risk of DVT
- Menorrhagia and anticoagulation
- Time to brace (no later than 21 days)
- Patellofemoral chondromalacia and discomfort during the bracing period
- History of an ACL injury to the same knee
- Pregnancy
- Restless legs syndrome
- MCL grade 3 injury and becoming too stiff when bracing

After my appointment with Dr. Cross, I was well-informed about my treatment options and needed to make a decision. Despite the struggle at the back end of my rehabilitation after my previous ACL surgery on the other knee, my knee was doing well six years later, which made me question whether I should opt for surgery again. This would require moving back to the Netherlands. Although the initial outcomes of the Cross Bracing Protocol were promising, a part of me was scared to choose it due to its novelty. Moreover, I would need help, especially during the first weeks of the protocol, and I had no family to support me here. Fortunately, one of my teammates, who also happened to be my neighbour, accompanied me to the appointment and she reassured me that she would support me throughout the protocol if I would choose it. Additionally, if after three months I would not achieve satisfactory healing, I could still opt for surgery. I decided to trial the Cross Bracing Protocol and was braced on the fifth day post injury (► **Fig. 1a**).

### Bracing phase

The Cross Bracing Protocol is previously published in detail [1]. The Cross Bracing Protocol consists of 12 weeks of 24 hours daily and is combined with physiotherapy-supervised rehabilitation. In the initial 4 weeks, the knee is immobilised at 90 degrees flexion. Next, the brace is progressively adjusted with weekly incremental increases in knee ROM with unrestricted ROM achieved by week 10 and the brace is removed at 12 weeks. Anticoagulant medication (Rivaroxaban 10 mg) is prescribed for the first 8 weeks to



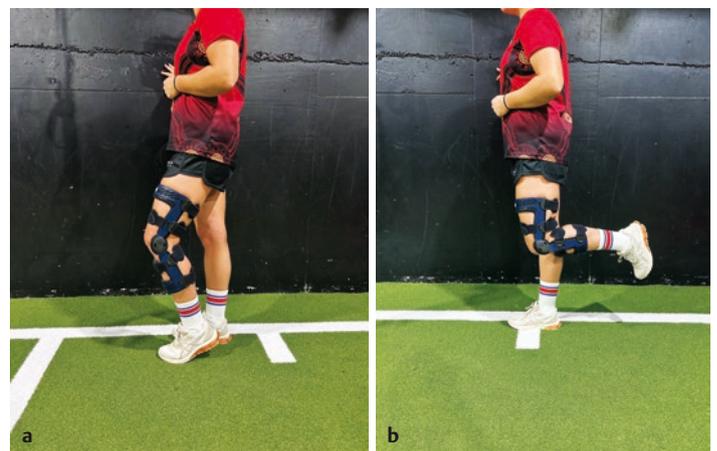
► **Fig. 1** Photos of me in week 1–4 of the Cross Bracing Protocol **a** day 1 in the brace **b** in the gym in week 1–4 using the Electrical Muscle Stimulator **c** week 1–4 in the gym performing a Single-Leg Leg Press exercise with my uninjured leg. Source: © M. van Haeringen

mitigate the risk of developing a DVT, but this is not needed for children under the age of 13. During the first 6–8 weeks, the patient mobilises on crutches and weight-bearing was encouraged within the available ROM and during rehabilitation exercises. During the bracing phase, maintaining fitness can be done with activities such as using the seated Ski Ergometer in the early bracing stage, with the addition of the exercise bike and swimming as the knee gains more ROM [1]. ► **Fig. 6** (see page 253) describes a summary of my entire rehabilitation process.

### Early bracing phase (weeks 1–4)

During the first 4 weeks it is crucial to maintain knee flexion at 90 degrees for 24 hours per day, including during sleep and showering [1]. At first, the idea of being locked in a brace at such an angle seemed scary, but I soon learned how to cope, and it was not as bad as I had feared. I was allowed to take the brace off for physiotherapy treatment or at home when sitting or lying on the couch, but I always had to maintain my knee at 90 degrees. To protect my skin from the straps and hinges of the brace, and for comfort, I wore a Tubigrip. From day 1 in the brace I started strategies to mitigate the risk of DVT including daily 10 mg Xarelto anticoagulation medication, hydration and calf pump exercises. Additional rehabilitation aims comprised minimising local and global muscle atrophy and controlling swelling and pain [1]. I had a physiotherapy consult once (occasionally twice) a week for manual soft tissue therapy. Being in the brace and the injury itself left my body fairly sore, but I found this similar to my experience post-surgery. I aimed to complete four gym sessions per week, focusing on both upper and lower body strength, along with two conditioning sessions as I had the time and was highly motivated.

In these initial weeks I was non-weight bearing on crutches (► **Fig. 1a**), but weight-bearing was encouraged during rehabilitation exercises in the brace [1]. For example, ex-



► **Fig. 2** **a** From the 5th week, the range of motion of the brace was adjusted from 90 degrees to 60–90 degrees, allowing for movement within those limits **b** Approximately 90 degree flexion was possible when standing. Source: © M. van Haeringen

ercises included isometric quadriceps and hamstring exercises, seated calf raises and bilateral hip abduction and extension. During each session I had access to an Electrical Muscle Stimulator (► **Fig. 1b**) to supplement my rehabilitation exercises. In addition, I trained every other muscle that I could train to stay strong, just in a modified way (► **Fig. 1c**). This gave me a purpose to stay active which also helped me mentally. Swimming in the brace was discouraged in the first 4 weeks but encouraged from week 5 onwards in the brace. Adjusting the brace from 90 degrees to 60–90 degrees at the end of week 4, allowing that first bit of movement, was the first milestone for me (► **Fig. 2**). My knee was stiff and still sore which made the movement uncomfortable at first. However, by the end of the day, I had adjusted to the new range of motion and felt happy with the progress.



► **Fig. 3a–b** By the end of the 8th week, I was able to fully weight bear and had weaned off crutches. I had thus reached the second milestone. Source: © M. van Haeringen



► **Fig. 4** Single-leg extension exercise within the available range of motion. **a** Starting position **b** End position. Source: © M. van Haeringen

### Mid bracing phase (weeks 5–9)

After 4 weeks of immobilisation at 90 degrees knee flexion, the brace is adjusted weekly with incremental increases in the ROM [1]. In week 7, I started ambulating with one crutch allowing partial weight bearing. At the end of week 8, I was fully weight bearing and able to wean off crutches at which point I achieved my second milestone (► **Fig. 3**). My first walk without crutches felt wobbly. In week 9, I was allowed to cease the Xarelto medication. I continued to minimise local and global muscle atrophy and maintained the specified knee ROM until week 8. After that, rehabilitation aims progressed to increasing knee ROM, strengthening lower limb muscles, and improving proprioception. The exercise bike was permitted in week 7–8 if I was able to achieve over 100 degrees flexion; subsequently, gait training started in week 9. Exercises progressed within the available range [1]. Exercises such as, the Romanian Deadlift (RDL), heel slides and the single-leg extension within bracing limits (► **Fig. 4**) were introduced in week 5–6, body weight squats and lunges within bracing limits in week 7–8.

### Late bracing phase (weeks 10–12)

In week 10–12 the brace is adjusted to an unrestricted ROM and can come off to sleep. The main rehabilitation goal in this phase was to regain full knee ROM. Previous exercises were progressed by increasing load and difficulty, and sport specific balance and strengthening exercises were introduced [1]. At the end of week 12 the brace was removed and a 12-week MRI and follow up consultation with Dr Cross were scheduled to evaluate whether ACL healing had occurred. I was quite anxious about the results, and sleeping through my alarm, missing my MRI appointment, did not help either. But later that day when I finally underwent an MRI and received my MRI results, I felt a wave of relief. I could hardly believe it, but my MRI showed signs of ACL healing. My ACL appeared reattached, continuous, and



► **Fig. 5** MRI scans of my ACL injury and ACL healing after I completed the Cross Bracing Protocol **a** Initial injury, ACLOAS Grade 3 **b** 3-months follow-up, ACLOAS Grade 1 **c** 9-months follow-up, ACLOAS Grade 0 (ACLOAS = Anterior Cruciate Ligament OsteoArthritis Score). Source: © M. van Haeringen

thickened (ACLOAS grade 1) – a ‘gold medal’, as Dr Cross called it (► **Fig. 5b**) [8]. And just like that, milestone 3 was achieved and I could continue my rehabilitation.

## Post bracing phase

Although the ACL healing on my 3-month MRI was promising, I had to progress my rehabilitation gradually. At this stage, the ACL tissue is still immature, mostly consisting of Type 3 collagen which will be replaced by the stronger Type 1 collagen over time in the remodelling phase [7].

**Weeks 13–16.** In these weeks the goals were to normalise my knee ROM and gait pattern, reintroduce load, and to ensure my knee could tolerate impact and loading before returning to running. Coming out of the brace, I suffered a minor knee extension deficit and was still troubled by a moderate knee effusion which delayed my time to return to running. Physiotherapy treatment and exercises such as banded terminal knee extensions and elevating my foot on a towel to allow gravity to push the knee down (progressed by adding weight above the knee), effectively resolved the extension deficit within a couple of weeks. Thereafter, I underwent performance testing for the first time (► **Table 1**). In my rehabilitation facility I had access to massage guns, Normatec recovery boots, Game Ready ice and compression machine, and hot and cold baths all of which I believe helped me recover throughout my entire rehabilitation. I continued to focus on increasing my muscle strength and neuromuscular control. My exercises progressed by introducing landing-based exercises, low amplitude plyometrics and gym based running drills.

**Weeks 17–22.** The landing-based exercises and plyometrics increased in complexity e.g. progressing from bilateral to split and single-leg movements and from low-level heights to greater heights. In addition, single leg hopping drills and lateral movements were introduced. In week 17, I achieved full knee ROM, and my knee effusion was resolved. This meant that I could re-introduce running. I started running on the Alter-G treadmill at increasing intensities (progressed over 4 weeks, 70/80/90/100 % body weight) and could progress to the next intensity if my knee responded well and if I felt confident. Before moving on to field-based running, I had to meet the return to running criteria which are outlined in ► **Table 1**.

In week 22, I completed my first field-based run, reaching milestone number 4. I felt amazing and so happy to be able to run again. Initially, running was linear focused and later advanced to higher speeds and intensities, and by adding deceleration movements. The next phase was introducing agility, starting with controlled change of direction, gradually progressing in difficulty. During my rehabilitation for my reconstructed ACL in my right knee, I mentally struggled in the agility phase. I did not entirely trust my knee and felt as though my proprioception was impaired. Occa-

sionally, I also experienced pain with certain agility drills, which scared me. This is why, initially, I was cautious with my agility drills when rehabilitating my left knee. However, I soon felt more confident as I had no pain and did not have that same sensation of impaired proprioception that I experienced post-surgery.

My aim was to complete two field sessions per week and three to four gym sessions. However, whenever I pulled up sore or with a puffy knee, likely from doing too much or being exposed to new loads, my physiotherapist would reduce my number of sessions for the week or change sessions into extra recovery sessions until my knee would settle. This also meant that occasionally I had to repeat my training week until my knee could tolerate the loads before progressing.

**Weeks 23–37.** Throughout the running phase, I continued to increase and maintain muscle strength with an emphasis on the quadriceps, calves and hips. Additionally, I worked on improving trunk strength and unilateral stability. After feeling confident and my body responding well to the controlled agility drills, I could progress to reactive agility drills and slowly incorporate components of sport specific drills. I started with controlled walking drills followed by linear jogging skills and change of direction skills.

At 9-months post injury I reached another milestone as I underwent a follow-up MRI to assess ACL-healing, and a medical consultation with Dr Cross to review my rehabilitation and readiness to return to sport. The recommended timeline to return to sport has now been extended from 9–12 months to 12 + months post injury, as a precaution to allow more time for ACL-healing. Compared to my 3-month MRI scan, my 9-month MRI scan showed that my ACL had matured over time, now appearing as a normal ligament – continuous and thickened with a hypointense signal [8] (► **Fig. 5c**). On clinical examination my knee was stable with a negative pivot shift and Lachman test, I had full ROM, no pain and no effusion. I was surprised by how well it was going. Apart from the occasional swelling and soreness after training, my knee started to feel normal again. Before going back into field hockey, I had to complete return to sport tests which are outlined in ► **Table 1**.

**Weeks 38+ .** The timeline to return to sport is different for each patient and depends on several factors such as how patients progress through their rehabilitation, the severity of their initial injury and their ACL healing outcome as shown on MRI, and the type and level of sport people wish to return to.

Luckily for me, I was cleared to return to modified team training just as pre-season began (week 38), providing me with the perfect opportunity to ease back into hockey. We only trained once a week in the first month of pre-season and thereafter twice a week. In the first week of pre-sea-

► **Tab. 1** My rehabilitation performance testing results

	Knee	3 months	6 months	9 months	12 months
<b>Capacity testing</b>					
Single leg sit to stand (reps)	L	60	–	–	–
	R	100	–	–	–
Single leg calf raise (reps)	L	26	–	–	–
	R	28	–	–	–
Single leg glute bridge (reps)	L	23	–	–	–
	R	29	–	–	–
<b>Dynamo</b>					
Leg extension 90 degrees (N)	L	538	667	628	–
	R	778	763	683	–
	Asymmetry	30.8%	12.6%	8%	–
Leg extension 45 degrees (N)	L	–	814	871	–
	R	–	842	877	–
	Asymmetry	–	3.3%	0.7%	–
<b>NordBord</b>					
NordBord (N)	L	–	344	348	305
	R	–	344	361	331
	Asymmetry	–	0.0%	3.6%	7.9%
<b>Force Frame</b>					
Hip adduction (N)	L	407	445	413	401
	R	406	423	420	409
	Asymmetry	0.2% L	5.2%	1.7%	2.0%
Hip abduction (N)	L	393	438	426	375
	R	374	398	396	375
	Asymmetry	5.1% L	10.1%	7.6%	0.0%
Adduction : Abduction ratio	L	1.04	1.02	0.97	1.07
	R	1.09	1.06	1.06	1.09
<b>Force Decks</b>					
IMTP (N)		–	–	2380	2467
CMJ (N)		–	–	1414	1306
DSI		–	–	0.59	0.53
Single leg CMJ (cm)	L	–	–	19.3	19.2
	R	–	–	23.5	21.8
Single leg DJ RSI	L	–	–	0.40	0.77
	R	–	–	0.55	0.72
Contact time DJ (sec)		–	–	0.328	0.190
Flight time DJ (sec)		–	–	0.552	0.528
RSI		–	–	1.68	2.78
SJ flight (cm)		–	–	37.5	36.3
CMJ flight (cm)		–	–	38.6	37.9
Eccentric utilisation ratio		–	–	1.03	1.04
<b>Hop tests</b>					
Single leg hop test (m)	L	–	–	1.68	1.70
	R	–	–	1.72	1.74
Triple hop test (m)	L	–	–	5.50	5.50
	R	–	–	5.87	5.90
Lateral hop (m)	L	–	–	–	0.68
	R	–	–	–	0.71
Lateral bound (m)	L	–	–	1.77	1.75
	R	–	–	1.74	1.82

Cm, centimetre; CMJ, countermovement jump; DJ RSI, drop jump reactive strength index; DSI, Dynamic strength index; IMTP, isometric mid-thigh pull; L, left; m, meter; N, Newton; R, right; RSI, reactive strength index; sec, seconds; SJ, squat jump;



▶ Fig. 6 Summary of the Cross Bracing Protocol and my rehabilitation phase after bracing



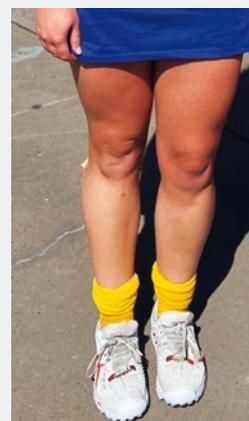
► **Fig. 7** Me as a hockey player in the New South Wales state team. Source: © Steve Christo Photography

son, I mostly did controlled linear hockey skills by myself at training. Unfortunately, in the following week, I rolled my right ankle (minor ATFL sprain) during a reactive running drill with my physiotherapist, a minor setback. My ankle sidelined me for two weeks, after which I could recommence field training and join non-contact team drills such as passing drills and multi-directional skills drills. I did this for a week and by the end of the week (week 41) I felt confident in both my knee and ankle and was ready to progress to the next phase. In this next phase we started introducing reactive hockey drills and modified competitive drills. I could carefully participate in minigames such as 1v1s and 2v2s and play moderate size non-contact games, meaning that players were not allowed to tackle me when I had the ball. In week 44, I progressed to full-contact competitive drills and unrestricted team training.

### Retrospective view

My knee was often stiff or sore after hockey sessions. To manage this, I put extra focus on recovery sessions and my knee typically settled within 1–2 days. I experienced similar issues when returning to sport after surgery on my other knee. However, at that time, the stiffness and soreness persisted even after 12 months since injury. I lacked trust in my knee and was afraid to push off forcefully to make a sharp turn, as this was when I sometimes experienced pain. Additionally, after seeking a second opinion from a physiotherapist, it became clear that I had been under-rehabilitated in terms of hamstring and quadricep strength and overall fitness. It took me approximately six more months to address these issues and return to competitive games.

My goal was to play the first game of the season. Before playing any minutes in a competitive game, I had to complete at least two weeks of full unrestricted training. I was so eager to meet my goal that I already began unrestricted training in week 44. After completing the required two weeks of full



► **Fig. 8** Current photo of both my knees. Source: © M. van Haeringen

training, we had the week before the first game of the season off. Although I technically met the requirement of completing two weeks of full training, I became nervous and, mentally, did not feel entirely ready after my rushed training schedule and the week off. Therefore, rather than pushing it for the sake of playing the first game, my physiotherapist and I decided to play it safe and get two more weeks of training in. Having done my ACL twice now, it was not worth it to rush back into games, as much as I wanted to play, it wasn't worth potentially doing an ACL again.

Finally, 11 months post injury, I played my first minutes in a game. The plan was to play 15 minutes, but I ended up playing 25 minutes. It felt so good to be back playing, my knee felt great and I even scored two goals. In the following weeks, we gradually increased my game minutes. Being sidelined for so long with such a big injury, I expected that it might take an entire season to get back to my previous level of sport. However, I was wrong. I ended up playing one of my best seasons of hockey and returned to a higher level of performance than before my injury. We made it to the Grand Final at club level, (unfortunately we lost) and at the end of the season I was selected to play for the NSW state team (► **Fig. 7**).

### The Cross Bracing Protocol versus ACL reconstruction

Overall, I am satisfied with the treatment outcomes for both my knees. My left knee, treated with the Cross Bracing Protocol, feels like it's back to a 100%. It feels as if it had never been injured, and I no longer think about my knee when I play sports. My right knee, for which I underwent surgery, feels like it's at 95%. I can do most things and play high-level field hockey, although I still have an end-range hamstring strength deficit, occasionally experience pain, and cannot fully bend my knee. If I were to injure my ACL again, I would definitely choose the Cross Bracing Protocol

again. I had a better experience throughout my rehabilitation with this treatment, and if I would not have achieved satisfactory healing, I could have crossed over to surgery and would have only lost 3-months. This is why I would also recommend the Cross Bracing Protocol to other people if they are a candidate.

### TAKE HOME MESSAGE

- The ACL has the potential to heal and the Cross Bracing Protocol could facilitate ACL healing.
- Timing is important. A candidate for the Cross Bracing Protocol should ideally be braced within 4–14 days after ACL rupture.
- Not all patients with an acute ACL rupture are ideal candidates for the Cross Bracing Protocol.
- The rehabilitation process varies for every patient depending on their individual circumstances.
- If unsatisfactory ACL healing is the outcome, the patient can cross over to ACL surgery, having only lost 3 months of time.

### Authors



#### Meike van Haeringen

Meike van Haeringen, BSc, is a medical student at the University of Amsterdam and is an elite athlete with a history of ACL injuries. As a part of her Master's, she researched ACL healing and the Cross Bracing Protocol at the University of Melbourne and now works as a Research Assistant.



#### Tom Cross

Dr. Tom Cross has practiced Sports and Exercise Medicine for the past 25 years and has worked with many professional sport teams including as head doctor to the Sydney Swans for 4 years. Tom pioneered the Cross Bracing Protocol alongside his father Dr Merv Cross.



#### Stephanie Filbay

A/prof Steph Filbay is a research physiotherapist, Principal Research Fellow, NHMRC Emerging Leadership Fellow, and Dame Kate Campbell Fellow at the University of Melbourne. Steph leads a research team aiming to improve outcomes for people with

ACL injury and post-traumatic knee osteoarthritis.

### Correspondence address

#### A/prof Stephanie Filbay

Department of Physiotherapy, the University of Melbourne  
Melbourne, VIC 3010  
Australia  
E-Mail: stephanie.filbay@unimelb.edu.au

### References

- [1] Filbay SR, Dowsett M, Chaker Jomaa M et al. Healing of acute anterior cruciate ligament rupture on MRI and outcomes following non-surgical management with the Cross-Bracing-Protokoll. *Br J Sports Med* 2023. DOI: 10.1136/bjsports-2023-106931
- [2] Filbay SR, Roemer FW, Lohmander LS et al. Evidence of ACL healing on MRI following ACL rupture treated with rehabilitation alone may be associated with better patient-reported outcomes: A secondary analysis from the KANON trial. *Br J Sports Med* 2023; 57: 91–98. DOI: 10.1136/bjsports-2022-105473
- [3] Jordan SS, DeFrate LE, Nha KW et al. The in vivo kinematics of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament during weightbearing knee flexion. *Am J Sports Med* 2007; 35: 547–554. DOI: 10.1177/0363546506295941
- [4] Leong NL, Kator JL, Clemens TL et al. Tendon and ligament healing and current approaches to tendon and ligament regeneration. *J Orthop Res* 2020; 38: 7–12. DOI: 10.1002/jor.24475
- [5] Lin KM, Vermeijden HD, Klinger CE et al. Differential regional perfusion of the human anterior cruciate ligament: Quantitative magnetic resonance imaging assessment. *J Exp Orthop* 2022; 9: 50. DOI: 10.1186/s40634-022-00486-8
- [6] Murray MM, Martin SD, Martin TL et al. Histological changes in the human anterior cruciate ligament after rupture. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82: 1387–1397. DOI: 10.2106/00004623-200010000-00004
- [7] Nguyen DT, Ramwadhoebe TH, van der Hart CP et al. Intrinsic healing response of the human anterior cruciate ligament: An histological study of reattached ACL remnants. *J Orthop Res* 2014; 32: 296–301. DOI: 10.1002/jor.22511
- [8] Roemer FW, Frobell R, Lohmander LS et al. Anterior cruciate ligament osteoarthritis score (ACLOAS): Longitudinal MRI-based whole joint assessment of anterior cruciate ligament injury. *Osteoarthritis and Cartilage* 2014; 22: 668–682
- [9] Scapinelli R. Vascular anatomy of the human cruciate ligaments and surrounding structures. *Clin Anat* 1997; 10: 151–162. DOI: 10.1002/(sici)1098-2353(1997)10:3<151::AidL42:DASHca1>3.0.Co;2L42:-DASHxL42:URLEND
- [10] Toy BJ, Yeasting RA, Morse DE et al. Arterial supply to the human anterior cruciate ligament. *J Athl Train* 1995; 30: 149–152
- [11] Witkowski J, Yang L, Wood DJ et al. Migration and healing of ligament cells under inflammatory conditions. *J Orthop Res* 1997; 15: 269–277. DOI: 10.1002/jor.1100150217
- [12] Yoshida M, Fujii K. Differences in cellular properties and responses to growth factors between human ACL and MCL cells. *J Orthop Sci* 1999; 4: 293–298. DOI: 10.1007/s007760050106

### Bibliography

Sportphysio 2024; 12: 246–255

DOI 10.1055/a-2413-5909

ISSN 2196-5951

© 2024. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,  
70469 Stuttgart, Germany