OPED
Keeps you going.

OPED GmbH
Medizinpark 1
83626 Valley/Oberlaindern
Deutschland
Fon +49 8024 60818-210
Fax +49 8024 60818-299
mail@oped.de
www.oped.de

OPED AG
Hinterbergstrasse 26
6312 Steinhausen
Schweiz
Fon +41 41 748 53 35
contact@oped.ch
www.oped.ch

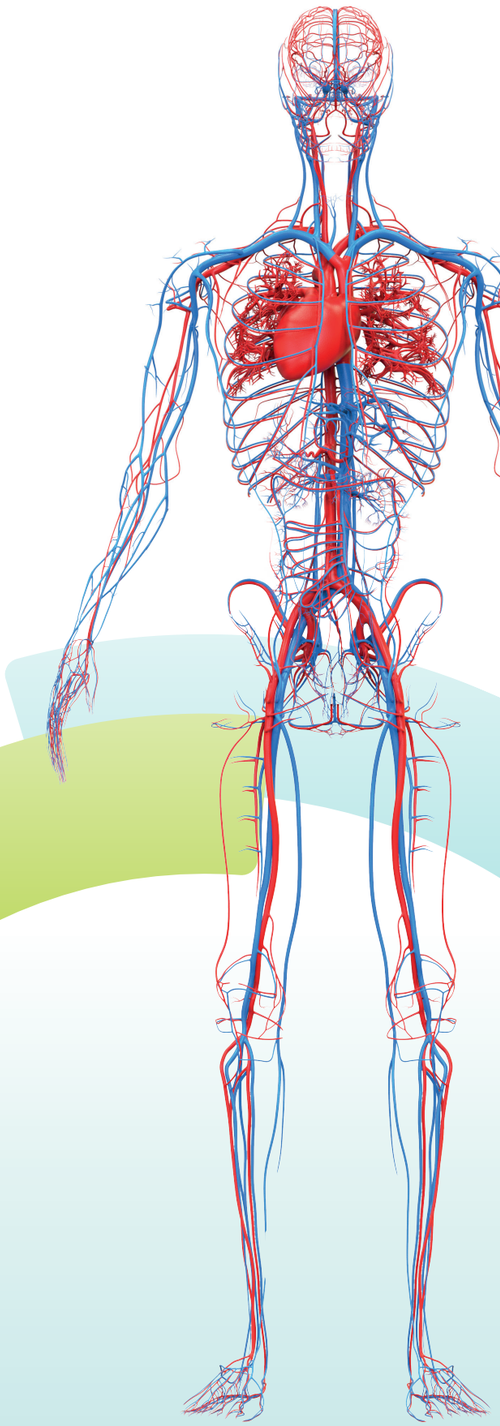
WM-STVX-10-2 | artraction | Häuser KG | 09/2025

VADOplex® by OPED
VASCULAR IMPULSE TECHNOLOGY

Intermittierende Impulskompression (IIK)

Detaillierte Studienergebnisse zum klinischen Einsatz

- im Ödemmanagement
- bei Gefäßerkrankungen und deren Folgeerscheinungen
- in der Thromboseprophylaxe



OPED
Keeps you going.

Über diese Broschüre

Seit mehr als drei Jahrzehnten ist die Intermittierende Pneumatische Kompression (IPK) und ihre Weiterentwicklung, die Intermittierende Impulskompression (IIK), aus der Therapie von Ödemen, Gefäßerkrankungen und der Thromboseprophylaxe nicht mehr wegzudenken. Die wegweisenden Arbeiten von Gardner und Fox Anfang der 1990er Jahre legten den Grundstein für diese nicht-medikamentöse, physikalische Therapie, die heute in den unterschiedlichsten medizinischen Bereichen Anwendung findet. Diese reichen von prä- und postoperativer Behandlung nach Verletzungen und OPs bis hin zur Versorgung von chronischen Gefäßerkrankungen, die sowohl im häuslichen als auch im stationären Umfeld stattfinden.

Mit der Intermittierenden Impulskompression (IIK) wurde die klassische IPK-Technologie entscheidend weiterentwickelt. Moderne, auf IIK basierende Geräte, wie z.B. VADOplex, arbeiten mit einem besonders schnellen Druckimpuls, der in weniger als 0,4 Sekunden erfolgt und so den venösen Rückfluss und den arteriellen Zufluss effektiv verbessert.

In den letzten Jahren konnten zahlreiche Studien, z.B. von Gill et al. (2020), Eberlein & Schmitz (2020), Thorn et al. (2021), Schnetzke et al. (2021) oder El Barbari et al. (2023), die Wirkmechanismen und den therapeutischen Nutzen eindrucksvoll belegen. Die Forschung erstreckt sich dabei auf das Ödemmanagement, die Thromboseprophylaxe sowie auf die Behandlung von Gefäßkrankheiten und deren Folgeerscheinungen.

Die vorliegende Broschüre gibt einen kompakten Überblick über die wichtigsten wissenschaftlichen Studien seit 1990 und unterstreicht die klinische Relevanz der IIK.

Wir bieten Ihnen hiermit einen evidenzbasierten und praxisbezogenen Überblick über die Möglichkeiten von modernem Ödem- und Gefäßmanagement. Für Rückfragen oder weiterführende Informationen stehen wir Ihnen selbstverständlich jederzeit unter studien@oped.de gern zur Verfügung.

OPED GmbH
Wissenschaftsredaktion

Disclaimer
Bei dieser Broschüre handelt es sich um eine unverbindliche Information der OPED GmbH. Sie enthält eine gezielte Auswahl wissenschaftlicher Studien zur Wirksamkeit von IPK bzw. IIK, die im Zusammenhang mit dem Produkt VADOplex stehen. Die Auswahl der Studien erfolgte auf Grundlage ihrer Relevanz für das Produkt und erhebt keinen Anspruch auf Neutralität oder Vollständigkeit hinsichtlich der verfügbaren wissenschaftlichen Literatur. Die Studienübersicht dient nicht als Entscheidungsgrundlage zur Behandlung von Patienten, dies obliegt dem Arzt auf Grundlage aktueller Leitlinien und Behandlungsempfehlungen.

Die Zusammenfassungen der Studien wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und unter Beachtung der Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis erstellt. Dabei wurde auf eine nachvollziehbare, sachlich korrekte und transparente Darstellung der Inhalte geachtet. Trotzdem wird von der OPED GmbH keine Haftung für Schäden durch die Verwendung dieser Information übernommen.

Inhaltsverzeichnis

Grundlegender wissenschaftlicher Ansatz

Autoren	Titel und Thema der Studie/Arbeit	Seite
Gardner & Fox 2001	Das Venensystem in Gesundheit und Krankheit – Grundlagen der Intermittierenden Impulskompression	6
Thorn et al. 2021	Intermittierende Impulskompression verbessert die Durchblutung der Hautkapillaren, unabhängig von Alter und Diabetes-Erkrankung	7

Ödemmanagement

Autoren	Titel und Thema der Studie/Arbeit	Seite
Schnetzke et al. 2021	Effektivität der Intermittierenden Impulskompression zur präoperativen Weichteil-konditionierung von Gelenkfrakturen der unteren Extremitäten	8
El Barbari et al. 2023	Intermittierende Impulskompression versus Hochlagerung zur Reduzierung frakturbedingter Schwellungen an den oberen und unteren Extremitäten	9
El Barbari et al. 2023	Analyse der Kosteneffizienz der Intermittierenden Impulskompression in der perioperativen Versorgung komplexer Sprunggelenksfrakturen	10
Stöckle et al. 1997	Schnellere Abschwellung von posttraumatischen Ödemen durch Intermittierende Impuls-kompression im Vergleich zu kontinuierlicher Kryotherapie	11
Erdmann et al. 1992	Fersenbeinfrakturen: Vergleich einer Nachbehandlung mit und ohne Intermittierende Impulskompression des Fußes	12
Caschman et al. 1998	Intermittierende Impulskompression bei Behandlung posttraumatischer Schwellung nach Sprunggelenksfraktur: eine prospektive, randomisierte kontrollierte Studie	13
Ramesh et al. 1997	Wirksamkeit der Intermittierenden Impulskompression bei Schwellungen an der Hand	14

Gefäßerkrankungen und deren Folgeerscheinungen

Autoren	Titel und Thema der Studie/Arbeit	Seite
Eberlein & Schmitz 2020	Intermittierende Impulskompression beeinflusst das Wundmilieu positiv und verbessert die Wundheilung	15
Delis et al. 2000	Verbesserung der Gehfähigkeit und des Knöchel-Arm-Index mit Intermittierender Impulskompression bei Patientinnen und Patienten mit pAVK	16
Delis et al. 2000	Wirkung der Intermittierenden Impulskompression auf die Hämodynamik der Kniekehlenarterie (Arteria poplitea)	17
Abu-Own et al. 1993	Auswirkungen der Intermittierenden Impulskompression des Fußes auf die Mikrozirkulations-funktion bei arterieller Verschlusskrankheit (pAVK)	18
Armstrong & Nguyen 2000	Durch Intermittierende Impulskompression bessere Wundheilung bei Diabetes-Erkrankten	19
McMullin et al. 1989	Die Wirksamkeit Intermittierender Impulskompression auf die Venenfunktion bei chronisch venöser Insuffizienz	20
Arcelus et al. 2001	Heimanwendung der Intermittierenden Impulskompression in Kombination mit medizinischen Kompressionsstrümpfen bei chronischer Veneninsuffizienz	21
Janßen et al. 2025	Intermittierende Impulskompression in der Behandlung von Stauungsdermatitis	22

Thromboseprophylaxe

Autoren	Titel und Thema der Studie/Arbeit	Seite
Gill et al. 2020	Intermittierende Impulskompression, Risikobeurteilung und frühe Mobilisation zur Thrombose-prophylaxe bei 13.384 Patientinnen und Patienten mit Hüft- oder Kniegelenkersatz	23
Pietsch et al. 2003	Alleinige Anwendung der Intermittierenden Impulskompression als wirksame Methode zur Thromboseprophylaxe nach totalem Hüftgelenkersatz	24
Warwick et al. 1998	Intermittierende Impulskompression versus niedermolekulares Heparin (NMH) in der Prophylaxe tiefer Venenthrombosen nach Hüft-TEP	25
Stranks et al. 1992	Intermittierende Impulskompression reduziert das TVT-Risiko und verringert postoperative Schwellungen nach frakturbedingter Hüftgelenkersatz-OP	26
Warwick et al. 2002	Effektivität der Intermittierenden Impulskompression im Vergleich zu niedermolekularem Heparin bei der Thromboseprophylaxe nach Knie-TEP	27
Eisele et al. 2007	Effektive Prävention von tiefen Venenthrombosen durch Kombination von medikamentöser Therapie und Intermittierender Pneumatischer Kompression	28

Grundlegender wissenschaftlicher Ansatz

Das Venensystem in Gesundheit und Krankheit – Grundlagen der Intermittierenden Impulskompression

Basierend auf:
1. Gardner AMN, Fox RH, (2001). The Venous System in Health and Disease (3. Aufl.). IOS Press
Ergänzt durch Erkenntnisse aus:
2. Gardner AMN, et al. Reduction of post-traumatic swelling and compartment pressure by impulse compression of the foot. J Bone Joint Surg Br. 1990;72(5):810-815.
3. Morgan RH, et al. Arterial Flow Enhancement by Impulse Compression. Vascular Surgery. 1991;25(1):8-16.
4. Gardner AMN, Fox RH. The venous footpump: influence on tissue perfusion and prevention of venous thrombosis. Ann Rheum Dis. 1992;51(10):1173-1178.
Gerät: **A-V Impulse**

Bereits in den 1980er Jahren entdeckten unter anderem die britischen Ärzte A. M. N. Gardner und R. H. Fox die physiologischen Hintergründe der venösen Pumpfunktion des Fußes: Durch die Kompression des Venenplexus der Fußsohle wird zwischen 20 ml und 30 ml Blut in Richtung der rechten Herzhälfte gepumpt, ohne dass dafür eine Muskelbewegung erforderlich ist. Es reicht aus, dass sich das Fußgewölbe durch die Gewichtsbelastung abflacht und in der Folge der Venenplexus komprimiert wird. Dieser Mechanismus wird beim Gehen durch die intermittierende Gewichtsbelastung aktiviert. Er kann aber auch durch pneumatische Impulse wie bei der Intermittierenden Impulskompression (IIK) simuliert werden, wie es A. M. N. Gardner und R. H. Fox in ihrem angiologischen Standardwerk „The Venous System in Health and Disease" beschrieben. Dabei wird mithilfe einer Fußmanschette innerhalb von 0,4 Sekunden ein Kompressionsdruck aufgebaut, der sich in 20-Sekunden-Zyklen wiederholt.[1,4]

VERSTÄRKUNG DES ARTERIELLEN BLUTFLUSSES
A. M. N. Gardner und R. H. Fox konnten zeigen, dass die Stimulation der venösen Pumpfunktion des Fußes mithilfe der IIK die Gewebedurchblutung verstärkt.[1,4]
Man geht davon aus, dass die folgenden physiologischen Zusammenhänge zu dieser Hyperämie beitragen: Die plötzliche Kompression auf den Venenplexus beschleunigt den venösen Blutfluss und erzeugt damit Scherkräfte am Endothel der Venen. In der Folge schütten die venösen Endothelzellen das gefäßaktive Gewebehormon Endothelium-Derived Relaxing Factor (EDRF; oder heute bekannt als Stickstoffmonoxid; NO) aus. Die EDRF/NO-Moleküle diffundieren von den Venen durch das Gewebe zu den Arterien. Dort relaxieren sie die glatte Gefäßmuskulatur, erweitern die Gefäße und verstärken somit den arteriellen Blutfluss.[1,3] Diese Wirkung von EDRF/NO lässt aufgrund seiner kurzen Halbwertszeit von sechs bis 50 Sekunden und unter dem Einfluss seines Antagonisten L-Arginin rasch nach.[4]

PROPHYLAXE VON VENENTHROMBOSEN
Darüber hinaus kann die Aktivierung der venösen Pumpfunktion des Fußes auch der Entwicklung von Venenthrombosen vorbeugen. Man vermutet, dass dabei verschiedene physiologische Mechanismen zusammenwirken. Zum einen beschleunigt die IIK den venösen Rückfluss. Die dadurch erzeugten Strömungsturbulenzen verhindern eine Stase in den Taschen der Venenklappen, wo Thrombosen häufig entstehen. Zum anderen induziert die IIK die Ausschüttung von EDRF/NO und Prostacyclin durch die venösen Endothelzellen. Beide Gewebehormone inhibieren die Thrombozytenaggregation und damit die Thrombusbildung. Außerdem verstärkt EDRF/NO die Fibrinolyse.[1,4]

REDUKTION POSTTRAUMATISCHER SCHWELLUNGEN
Bei Schwellungen (Ödeme) infolge eines Traumas oder einer Operation sammelt sich interstitielle Gewebeflüssigkeit an. Dahinter steht ein gestörtes Gleichgewicht zwischen der Flüssigkeitsmenge, die aus dem arteriellen Gefäßsystem austritt, und ihrer osmotischen Resorption in das venöse System. Man nimmt an, dass die IIK, über den beschleunigten venösen Rückfluss, die Resorption der Gewebeflüssigkeit in die Venen unterstützt. In der Folge kann sich die Schwellung zurückbilden. Außerdem wird diskutiert, dass die IIK möglicherweise die lymphatische Drainage von Gewebeflüssigkeit fördert.[2]

VERMINDERUNG DES KOMPARTMENTDRUCKS
Ein erhöhter Gewebedruck, der beispielsweise durch Traumata oder chirurgische Eingriffe verursacht wird, kann die Mikrozirkulation unterbrechen und damit zu einem Kompartmentsyndrom mit akuter Gewebe-Ischämie führen. Die IIK kann dazu beitragen, diesen Gewebedruck zu senken. Es wird vermutet, dass der Kompressionsimpuls verschlossene Kapillare öffnet. Dadurch wird die druckerhöhende Gewebeflüssigkeit resorbiert (durch den beschleunigten venösen Rückfluss) und/oder der arterielle Zufluss verstärkt (durch die Relaxation der glatten Gefäßmuskulatur mit Dilatation der Arterien).[2]

ZUSAMMENFASSUNG
Vorliegende Studiendaten von A. M. N. Gardner und R. H. Fox zeigen, wie die IIK das venöse und arterielle System sowie die Homöostase des Gewebes beeinflussen kann. Dabei verstärken die unter dem Einfluss der Impulsapplikation gebildeten Gewebehormone EDRF/NO und Prostacyclin den physikalischen Effekt der IIK.[1-4]

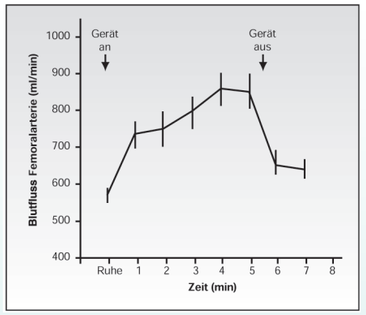


Abb. 1: Einfluss der Intermittierenden Impulskompression auf den Blutfluss in der Femoralarterie

Intermittierende Impulskompression verbessert die Durchblutung der Hautkapillaren, unabhängig von Alter und Diabetes-Erkrankung.

Thorn CE, Adio AO, Fox RH, Gardner AMN, Winlove CP & Shore AC
Intermittent compression induces transitory hypoxic stimuli, upstream vasodilation and enhanced perfusion of skin capillaries, independent of age and diabetes. J Appl Physiol 2021;130:1072–84
Gerät: **VADOplex**

Obwohl ein gutes Verständnis bezüglich der Rolle von Scherstress bei der Regulierung des arteriellen Blutflusses besteht, ist seine Bedeutung in der Mikrozirkulation weniger bekannt. Ziel dieser Studie war es, die akuten und langfristigen hämodynamischen Effekte der Intermittierenden Impulskompression (IIK) hinsichtlich vaskulärer Veränderungen in der Mikrozirkulation zu beobachten. Auch der Einfluss von Alter und Typ-2-Diabetes wurde untersucht.

DESIGN
Eingeschlossen wurden junge Teilnehmende (18–39 Jahre), ältere Teilnehmende (40–80 Jahre) und an Typ-2-Diabetes Erkrankte (40-80 Jahre). Zum Einsatz kam das nicht-invasive IIK-Gerät VADOplex (OPED GmbH, Deutschland), welches alle 20 Sekunden über ein Handpad eine Kompression der Handfläche (1 Sekunde, 130 mmHg) indiziert. Die Blutsauerstoffversorgung und die Durchblutung der Haut wurden mittels Laser-Doppler erfasst. Die Hautmikrozirkulation wurde durch die Kapillarmikroskopie mit Videotechnik evaluiert. Die Ausgangsdaten vor Start der Intervention wurden mit den Daten nach Intermittierender Impulskompression verglichen.

ERGEBNISSE
Jede Kompression geht mit einem kurzen Anstieg des Blutflusses einher (für ~2 Sekunden). Nach ~4 Sekunden steigt der Fluss erneut und erreicht nach ~11 Sekunden einen zweiten Gipfel. Der kumulative Anstieg des Flusses ist über alle Gruppen erhöht, zeigt aber bei Älteren und Typ-2-Diabetes-Erkrankten signifikant höhere Veränderungen als bei Jüngeren ($p<0{,}001$).
In allen Gruppen wird ein Abfall der Sauerstoffsättigung des Blutes nach Kompression deutlich. Parallel zum zweiten Anstieg des Flusses steigt der Sauerstoffgehalt des Blutes im Vergleich zum Ausgangswert erneut und weist zugleich eine Erhöhung des sauerstoffreichen Hämoglobins (HbO_2) und eine Reduktion des sauerstoffarmen Hämoglobins (Hb) auf. Zeitgleich mit dem Anstieg des HbO_2 zeigt sich ein geringfügiger Anstieg des Blutvolumens, das trotz des zunehmenden Scherstresses keine signifikanten Veränderungen aufweist ($p>0{,}001$).
Die damit einhergehende verzögerte Vasodilatation weist unter allen Teilnehmenden auf einen erhöhten arteriellen Fluss hin, wobei Differenzen in der Mikrozirkulation zwischen den Gruppen deutlich werden: Die Zirkulation ist bei Älteren und Typ-2-Diabetes-Erkrankten höher als die der jüngeren Kontrollgruppe ($p<0{,}001$).
Ein bedeutender langfristiger Effekt ist die relative Kapillardichte im dorsalen Fingerbereich, welche nach 30-minütiger Intervention in allen drei Gruppen erhöht ist (90,4± 10,7 N/mm² vs. 102,1±12,9 N/mm²).

SCHLUSSFOLGERUNG
Eine temporäre hypoxische Stimulation erhöht die Sauerstoffsättigung im Blut und zeigt eine positive Wirkung auf Perfusion und Kapillardichte. Der durch die Kompression indizierte venöse Rückfluss geht mit starkem Scherstress an der Gefäßwand einher und löst Signalkaskaden aus (Produktion von Stickstoffmonoxid), was zu einer arteriellen Vasodilatation und einer Erhöhung der Durchblutung führt. Die Studie belegt den therapeutischen Mehrwert der Intermittierenden Impulskompression, unabhängig vom Alter und dem Vorliegen eines Typ-2-Diabetes.

Effektivität der Intermittierenden Impulskompression zur präoperativen Weichteilkonditionierung von Gelenkfrakturen der unteren Extremitäten

Schnetzke M, El Barbari JS, Schüler S, Swartman B, Keil H, Vetter S, Grützner PA & Franke J
Vascular impulse technology versus elevation for the reduction of swelling of lower extremity joint fractures: results of a prospective randomized controlled study. Bone Joint J, 2021; 103–B(4):746-54.
Gerät: **VADOplex**

Komplexe Gelenkfrakturen der unteren Extremitäten stellen aufgrund der Weichteilschwellung und den einhergehenden Komplikationen eine Herausforderung im stationären Alltag dar. Bisherige Studien deuten an, dass die Intermittierende Impulskompression IIK (gleichbedeutend mit dem in der Studie verwendeten Begriff VIT, vaskuläre Impulstechnologie), ergänzend zu herkömmlichen Methoden, Schwellungen reduzieren und gleichzeitig die perioperative Liegezeit verkürzen kann. Die Studie verglich die Effektivität der IIK-Behandlung mit der Hochlagerung der Extremitäten (über Herzniveau) als abschwellende Maßnahme.

DESIGN
Im Zeitraum von 2016 bis 2019 wurden 100 Patientinnen und Patienten mit Gelenkfrakturen an den unteren Extremitäten eingeschlossen. Bei jeweils 40 von ihnen wurde eine OSG-Luxationsfraktur bzw. intraartikuläre Fersenbeinfraktur und bei 20 eine Pilonfraktur diagnostiziert. Die Randomisierung erfolgte im Verhältnis von 1:1, wobei die aktive Gruppe eine prä- und postoperative IIK-Intervention (6-8 Stunden/Tag) erhielt. Die Kontrollgruppe lagerte die verletzte Extremität im genannten Zeitraum über Herzniveau. Durch den Einsatz des VADOplex Systems (OPED, Oberlaindern, Deutschland) wurde im Intervall von 20 Sekunden eine Kompression (130 mmHg) erzeugt. Durch das Stimulieren des venösen Fußgeflechts wurde ein pulsartiger venöser Rückfluss ausgelöst, der dem Effekt des normalen Gehens mit voller Gewichtsbelastung entspricht. Die Schwellung wurde täglich als Umfangsdifferenz beider Beine bestimmt (kleinster Umfang der Wade). Zugleich wurden die Schmerzen (VAS-Schmerzskala), die benötigte Schmerzmedikation und die auftretenden Komplikationen erfasst. Die OP-Fähigkeit wurde täglich von unabhängigen Ärztinnen und Ärzten beurteilt („Hautfälteln"). Primärer Endpunkt war die Dauer von Aufnahme bis zum Erreichen der OP-Fähigkeit (in Tagen).

ERGEBNISSE
Die demografischen Variablen und der Schweregrad der Frakturen war in beiden Gruppen vergleichbar.
Die Dauer bis zur OP-Fähigkeit betrug in der IIK-Gruppe 8,2±3,0 Tage und unterschied sich damit signifikant von der Kontrollgruppe (p=0,004; 10,2±3,7 Tage). Die Zeit bis zur OP-Fähigkeit reduzierte sich bei OSG-Frakturen und Fersenbeinfrakturen signifikant um 2,6 Tage (p=0,043; 8,6±2,2 Tage vs. 10,6±3,6 Tage). Pilonfrakturen in der Interventionsgruppe galten nach 9,8±4,1 Tagen als OP-fähig und nach 12,5±5,1 Tagen nach Hochlagerung der Extremität (p=0,025).
Durch die Intervention mit IIK konnte die Schwellung präoperativ um 77,8% und postoperativ um 12,4% gesenkt werden (p<0,001). Während die Komplikationsrate der Interventionsgruppe bei 10% (5/50) lag, wurde bei Hochlagerung der Extremität eine Rate von 18,8% (9/48) beobachtet (p=0,216). Die Revisionsrate lag in der Kontrollgruppe bei 12%, reduzierte sich auf 2% durch aktive Kompression. In der Interventionsgruppe wurde über signifikant weniger Schmerzen berichtet (0,7 Punkte niedriger auf der VAS-Schmerzskala). Am Tag der Entlassung benötigten 20% (6/30) der Interventionsgruppe keinerlei Schmerzmedikation mehr. Obwohl die Liegedauer der Kontrollgruppe 4 Tage länger war (21 Tage vs. 17 Tage), wurden bei Entlassung weiterhin Schmerzmittel gefordert.

SCHLUSSFOLGERUNG
Das Potential der IIK-Therapie wird durch die Ergebnisse gestützt. Gegenüber der herkömmlichen Intervention (Hochlagerung) erzielt die IIK-Behandlung eine schnellere OP-Fähigkeit, eine Senkung der Revisionsrate und stationären Liegedauer. Zudem werden subjektiv weniger Schmerzen empfunden. Es lässt sich eine Tendenz einer gesteigerten Abschwellung pro Tag und einem geminderten Bedarf an Schmerzmedikation durch die aktive Kompression erkennen.
Die IIK-Therapie ist eine ressourcensparende Anwendung und stellt bei ausreichender Compliance eine effektive Methode zur Weichteilkonditionierung dar. Die Indikation der Intermittiernden Impulskompression kann als Ergänzung zu konventionellen Methoden (Kühlung, Hochlagerung, Lymphdrainage) eingesetzt werden.

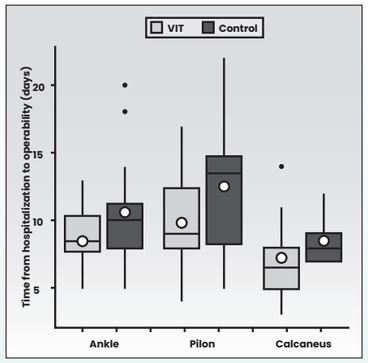


Abb.: Hospitalisierungszeit (in Tagen) bis zur OP-Fähigkeit mit Intermittierender Impulskompression versus Hochlagerung.

Intermittierende Impulskompression versus Hochlagerung zur Reduzierung frakturbedingter Schwellungen an den oberen und unteren Extremitäten

El Barbari JS, Schnetzke M, Bergmann MB, Baumann L, Vetter SY, Swartman B, Grützner PA & Franke J
Vascular impulse technology versus elevation for reducing the swelling of upper and lower extremity joint fractures. Scientific Reports volume 13, Article number. 661 (2023).
Gerät: **VADOplex**

Dies ist die erste randomisierte, kontrollierte Studie (RCT), in der die Wirkung der IIK-Therapie (IIK ist gleichbedeutend mit VIT) in der perioperativen Behandlung verschiedener komplexer Frakturen der unteren und oberen Extremitäten untersucht und mit der Standardbehandlung (Hochlagerung) verglichen wurde.

DESIGN
Für diese Studie wurden insgesamt 68 Patientinnen und Patienten mit komplexen Gelenkfrakturen, die für eine OP vorgesehen, aber noch nicht operationsfähig waren, randomisiert in zwei Gruppen aufgeteilt: Die Interventionsgruppe wurde mit Intermittierender Impulskompression (IIK) behandelt, die Kontrollgruppe mit der klassischen Hochlagerung. Es handelte sich um Personen mit Verletzungen an den oberen oder unteren Extremitäten. Folgende Frakturarten wurden eingeschlossen: komplexe Frakturen des Unterschenkelschafts (n=4), des Tibiaplateaus (n=28), des proximalen (n=13) und distalen (n=5) Oberarmknochens, ligamentäre und knöcherne Ellbogenverrenkungen (n=7) und distale Radiusfrakturen (n=11). Der primäre Endpunkt war die Anzahl der Tage von der Aufnahme im Krankenhaus bis zum Erreichen der Operationsfähigkeit. Sekundäre Endpunkte waren: gesamte Aufenthaltsdauer im Krankenhaus (Tage), Schmerzintensität (VAS), Schmerzmedikation (WHO-Stufenschema), Grad der Schwellung bzw. Abschwellung (cm), Komplikations- und Revisionsraten (Anzahl).
Die Hypothese lautete: Eine IIK-Therapie verkürzt bei komplexen Gelenkfrakturen der oberen und unteren Extremitäten die Zeit (Tage) bis zum Erreichen der Operationsfähigkeit.

ERGEBNISSE
In der Gesamtpopulation (obere und untere Extremitäten) konnte mit einer IIK-Therapie die Zeit bis zur Operationsfähigkeit signifikant um durchschnittlich 1,7 Tage (As-Treated-Methode) reduziert werden.
Bei einem Vergleich der Subgruppen (Personen mit Verletzungen an den oberen vs. den unteren Extremitäten) konnten die signifikanten Effekte an den unteren Extremitäten bestätigt werden: Die Wartezeit reduzierte sich um durchschnittlich 2,3 Tage (signifikant). Bei den oberen Extremitäten konnte die Wartezeit um durchschnittlich 1,7 Tage reduziert werden (nicht signifikant).
Da Schwellungen bei Frakturen der oberen Extremitäten grundsätzlich geringer ausfallen und auch die Zeit zur Operationsfähigkeit generell kürzer ist (5-6 Tage), war die schwächere Wirkung der IIK an den oberen Extremitäten erwartbar.
Die Studie hat des Weiteren herausgearbeitet, dass allein mit einer Stunde IIK-Therapie ein Schwellungsrückgang von ca. 4,5% erzielt werden kann. Außerdem waren signifikant mehr Patientinnen und Patienten der IIK-Gruppe schmerzfrei im Vergleich zur Kontrollgruppe, präoperativ 40% in der IIK-Gruppe vs. 13% in der Kontrollgruppe und bei der Entlassung 63% vs. 4%.

SCHLUSSFOLGERUNGEN
Die abschwellende Wirkung der IIK-Therapie konnte generell bestätigt werden. Bei Verletzungen an den oberen Extremitäten war die Zeiteinsparung bis zum Erreichen der Operationsfähigkeit allerdings nicht signifikant. In der IIK-Gruppe waren signifikant mehr Personen sowohl prä- als auch postoperativ schmerzfrei als in der Kontrollgruppe.

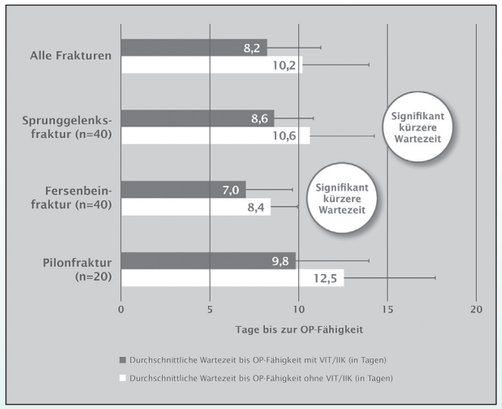


Abb.: Im Vergleich zur konventionellen Hochlagerung führt die IIK-Therapie zu einer (teilweise signifikant) schnelleren Operationsfähigkeit.

Analyse der Kosteneffizienz der Intermittierenden Impulskompression in der perioperativen Versorgung komplexer Sprunggelenksfrakturen

El Barbari JS, Schnetzke M, Swartman B, Grützner PA & Franke J
Analysis of the cost-efficiency of the vascular impulse technology (VIT) in the perioperative management of complex ankle fractures: results of a prospective randomised controlled trial. Journal of Orthopaedic Surgery and Research, Volume 18, 159 (2023). Gerät: **VADOplex**

Die beiden Studien von Schnetzke et al. (2021, s. Seite 6) und El Barbari et al. (2023, s. Seite 7) konnten bereits die Effektivität der IIK-Therapie (IIK ist gleichbedeutend mit VIT) hinsichtlich der Schwellungsreduktion belegen. Im Vergleich zur Hochlagerung konnten verkürzte Wartezeiten bis zum Erreichen der OP-Fähigkeit nach Verletzungen der oberen und unteren Extremitäten gezeigt werden.
Die vorliegende Studie von El Barbari et al. (2023) hat nun auf der Basis der Finanzdaten des Klinikums untersucht, ob eine IIK-Therapie neben den physiologischen auch wirtschaftliche Vorteile bietet und wenn ja, wie groß diese beziffert werden können. Durch Extrapolation wurde bestimmt, wie sich die wirtschaftlichen Vorteile außerhalb kontrollierter Studienbedingungen auswirken.

DESIGN
Es handelte sich um eine randomisierte, kontrollierte, prospektive, monozentrische Studie mit parallelem Gruppendesign, vgl. Schnetzke et al. (2021). Die Kosteneffizienz wurde nach Rechnungsschluss mithilfe der Abrechnungsdaten der Klinik bestimmt. Dabei wurden bei 39 Patientinnen und Patienten mit bimalleolarer Sprunggelenksfraktur auf Einzelfallbasis die Kosten für Personal, Arzneimittel und medizinische und nichtmedizinische Infrastruktur erfasst und den Erlösen gegenübergestellt.
Primärer Endpunkt der Studie war der Deckungsbeitrag auf Fallbasis, sekundärer Endpunkt war die Hochrechnung der wirtschaftlichen Auswirkungen der IIK-Behandlung für die Klinik, basierend auf der Anzahl behandelter Sprunggelenksfrakturen im Jahr 2018.
Die Interventionsgruppe war 24 Std./Tag präoperativ und >6-8 Std./Tag postoperativ mit IIK (ITT n=20, AT n=17) und die Kontrollgruppe mit Hochlagerung behandelt worden (ITT n=19, AT n=22). Nach dem Rechnungsabschluss wurden anhand der Erlöse (Zahlungen der Versicherungen pro Fall) und der Kosten für Personal, Arzneimittel, medizinische sowie nicht-medizinische Infrastruktur die erzielten Deckungsbeiträge in allen Patientenfällen beider Gruppen errechnet.

ERGEBNISSE
Zwischen den beiden Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede bei der Gesamtverweildauer in der Klinik und den Gesamteinnahmen. Es gab jedoch Kosteneinsparungen in der IIK-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe aufgrund von 20% weniger Revisionen, einer kürzeren durchschnittlichen Operationszeit (50 Minuten) und 7 Stunden weniger notwendiger Anwesenheit von medizinischem Personal. Diese Einsparungen führten zu einer durchschnittlichen Kosteneinsparung von 2.200€ (95% CI [850; 5200]). Dieser Unterschied in den Gesamtkosten ist nicht signifikant, aber dennoch relevant.

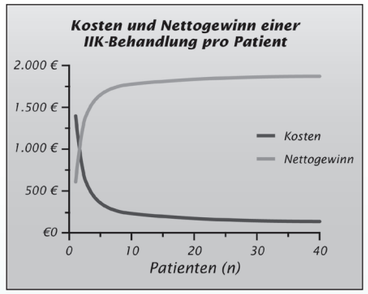


Abb.: Bei der ersten mit IIK behandelten Person konnte ein Nettogewinn von ca. 600€ erzielt werden, bei 10 behandelten Personen lag der Nettogewinn bereits bei ca. 1.800€.

Infolge dieser Einsparungen erzielte die IIK-Gruppe auch einen besseren Deckungsbeitrag: relativ besser in der Intention-to-treat-Analyse (2.900€ gegenüber 900€, p=0,073) und sogar signifikant besser in der As-treated-Analyse (3.600€ gegenüber 700€, p=0,008) im Vergleich zur Kontrollgruppe. Ein auf den vorliegenden Daten basierendes Extrapolationsmodell ergab, dass die IIK-Therapie bereits bei der ersten behandelten Person einen Nettogewinn von ca. 600€ erzielen kann. Nach der Behandlung von 10 Personen und der vollständigen Amortisation des IIK-Gerätes wird ein konstanter Nettogewinn von ca. 1.800€ pro behandelter Person erreicht (einschließlich Gerätewartung und Kosten für Fußpads).

SCHLUSSFOLGERUNGEN
Die Studie ergab, dass es keinen Unterschied in den Einnahmen pro Kopf gibt, unabhängig davon, ob mit IIK-Therapie oder konventioneller Hochlagerung behandelt wurde.
Es konnte jedoch gezeigt werden, dass die Kosten pro behandelter Person durch die Reduzierung der Verweildauer, des Zeitaufwands des medizinischen Personals, der Medikamente und der Nutzung der Krankenhausinfrastruktur deutlich gesenkt werden konnten.
Die IIK-Therapie kann somit den Deckungsbeitrag bei der Behandlung komplexer Sprunggelenksfrakturen erhöhen. Schon bei geringer Anwendung kann die IIK-Therapie sowohl zu kürzeren Behandlungszeiten für die Betroffenen als auch zu Kosteneinsparungen für die Klinik führen.

Schnellere Abschwellung von posttraumatischen Ödemen durch Intermittierende Impulskompression im Vergleich zu kontinuierlicher Kryotherapie

Stöckle UC, Hoffmann R, Schütz M, von Fournier C, Südkamp NP, Haas N
Fastest reduction of posttraumatic edema: continuous cryotherapy or intermittent impulse compression? Foot & Ankle International; Juli 1997; Vol. 18; Nr. 7.
Gerät: **A-V Impulse**

Bei Verletzungen des Fußes und/oder des Sprunggelenkes kommt es aufgrund von Schwellungen häufig zu Verzögerungen bei der Operation und der postoperativen Mobilisation. Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, ob eine Therapie mit Intermittierender Impulskompression (IIK) am Fuß zu einem schnelleren Abschwellen und einem kürzeren Krankenhausaufenthalt führt als die Kryotherapie mit Kühlpads oder einem Kryotherapiegerät.

DESIGN
60 Patientinnen und Patienten mit Fuß- oder Fußknöcheltrauma wurden nach dem Randomisierungsverfahren in drei Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe erhielt zur Abschwellung eine IIK-Therapie, die zweite Gruppe erhielt kontinuierliche Kryotherapie und die dritte Gruppe erhielt Kühlpads (n=20 je Gruppe). Bei der kontinuierlichen Kryotherapie zirkulierte Eiswasser permanent zwischen Eisbox und Fuß. Einmal täglich wurde das Eiswasser gewechselt. Bei der mit Kühlpads behandelten Gruppe wurden diese alle vier Stunden gewechselt. Um den Grad der Abschwellung festzustellen, wurden alle 24 Stunden die Umfänge von Fußknöchel, Kahnbein und Vorderfuß gemessen.

ERGEBNISSE
Die IIK des Fußes ist eine sehr effektive Methode zum Abschwellen des posttraumatischen und postoperativen Ödems im Knöchel- und Fußbereich. IIK zeigte die schnellste Abschwellung vor und nach der OP. Die durchschnittliche Abschwellung 24h präoperativ betrug 53% mit IIK, 32% mit Kryotherapiegerät und 10% mit Kühlpads. Vier Tage postoperativ lag die durchschnittliche Abschwellung mit IIK bei 74%, mit Kryotherapiegerät bei 70% und mit Kühlpads bei 45%.

SCHLUSSFOLGERUNG
Die schnellere Abschwellung durch IIK könnte auch zu kürzeren Krankenhausaufenthalten führen. Dies muss allerdings in weiteren Studien belegt werden.

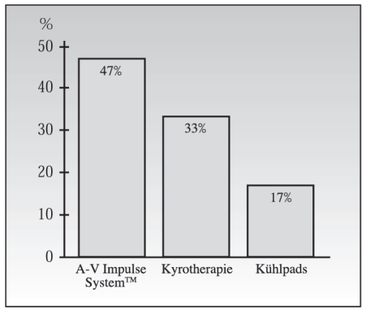


Abb.: Nach 24h präoperativer Behandlung konnte mit IIK eine deutlich bessere Abschwellung des Fußes erzielt werden als mit einem Kryotherapiegerät oder mit Kühlpads.

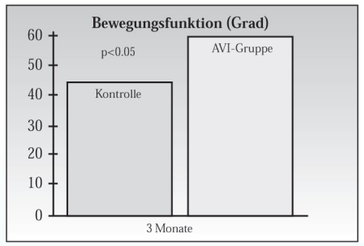
Fersenbeinfrakturen: Vergleich einer Nachbehandlung mit und ohne Intermittierende Impulskompression des Fußes

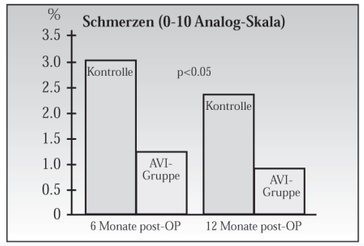
Erdmann WH, Richardson J, Templeton J
Os calcis fractures: a randomized trial comparing conservative treatment with impulse compression of the foot. Injury 1992 Vol. 23, (5), 305-7.
Gerät: **A-V Impulse**

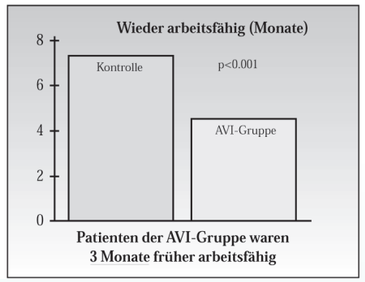
Aus verschiedenen Veröffentlichungen zu Fersenbeinfrakturen geht hervor, dass bei diesen Frakturen das Weichteilgewebe bei der Ätiologie der Restsymptome eine Rolle spielt. Ziel der vorliegenden prospektiven, randomisierten Studie war es, die Wirkung der Intermittierenden Impulskompression (IIK) an der Fußsohle in den ersten Wochen nach einer Verletzung im Vergleich zur Standardbehandlung zu untersuchen. Beobachtet wurden die Schmerzwahrnehmung und die Wiederherstellung der Funktion.

DESIGN
In diese prospektive, randomisierte Studie wurden 23 Patientinnen und Patienten mit 24 intraartikulären Calcaneusfrakturen eingeschlossen. In der Interventionsgruppe (12 Personen) wurde eine Woche lang mit dem IIK-Gerät behandelt. Zur Schmerzreduktion wurde ein geeignetes Analgetikum verabreicht. In der Kontrollgruppe (11 Personen) wurde lediglich Bettruhe verordnet. Nach einer Woche erhielten beide Gruppen einen Gipsverband und wurden nach 1, 2, 3, 6 und 12 Monaten erneut untersucht. Folgende vier Parameter wurden gemessen: subtalarer Bewegungsumfang, Schmerzen, Gewichtsbelastung, Gehstrecke und Rückkehr zum Arbeitsplatz.

ERGEBNISSE
Eine frühzeitige Behandlung mit IIK verbesserte langfristig die Mobilität und linderte die Schmerzen bei Patientinnen und Patienten mit Calcaneusfrakturen: Nach 3 Monaten hatte sich die subtalare Range of Motion (ROM) signifikant verbessert ($p<0{,}05$), und auch die Schmerzen waren nach 6 und 12 Monaten signifikant zurückgegangen ($p<0{,}05$). Die Patientinnen und Patienten der IIK-Gruppe waren auch signifikant früher wieder arbeitsfähig ($p<0{,}001$).







Intermittierende Impulskompression bei posttraumatischer Schwellung nach Sprunggelenksfraktur: eine prospektive, randomisierte kontrollierte Studie

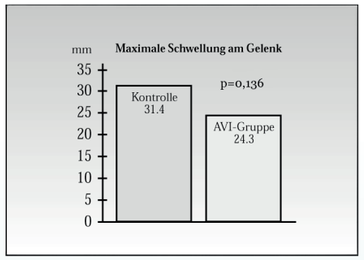
Caschman J, Blagg S, Bishay M
The efficacy of the A-V Impulse system in the treatment of posttraumatic swelling following ankle fracture: a prospective randomized controlled study. Injury, International Journal of the Care of Injured; 1998; Vol. 29 Nr. 2
Gerät: **A-V Impulse**

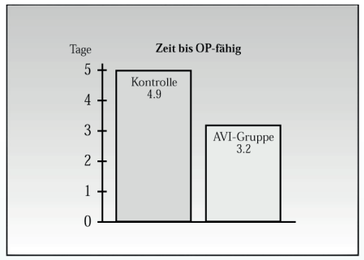
Diese prospektive randomisierte Studie wurde durchgeführt, um den Effekt von Intermittierender Impulskompression (IIK) auf posttraumatische Schwellungen nach Fußknöchelfrakturen zu untersuchen.

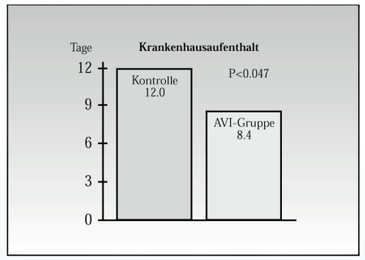
DESIGN
64 Patientinnen und Patienten mit unilateralen Fußknöchel frakturen wurden mit einem Liegegipsverband versorgt und anschließend randomisiert in zwei Gruppen eingeteilt. Die Interventionsgruppe erhielt eine IIK-Therapie mit Fußpad unter dem Gips, die Kontrollgruppe wurde mit Gips und Hochlagerung des Beines behandelt (n=27 pro Gruppe). Beide Gruppen erhielten die Behandlung bis zur OP. Zehn Personen wurden ausgeschlossen. In beiden Gruppen wurden jeweils 27 Personen bis zur Entlassung weiter beobachtet. Folgende Parameter wurden erfasst: Dauer der Schwellung bis zur OP-Fähigkeit, Ausmaß an Hautirritationen und Dauer des Krankenhausaufenthaltes.

ERGEBNISSE
In allen Parametern wurden signifikante Unterschiede zugunsten der IIK-Therapie festgestellt. Die Studie zeigte in der IIK-Gruppe eine signifikant schnellere präoperative Abschwellung, weniger Wund- und Hautkomplikationen und geringere präoperative Schwellungen. Des Weiteren konnte in der IIK-Gruppe die Verweildauer im Krankenhaus im Mittel um 3,5 Tage reduziert werden.

SCHLUSSFOLGERUNG
Aufgrund ihrer abschwellenden Wirkung kann die IIK bei der Behandlung von Sprunggelenksfrakturen einen deutlichen Nutzen bringen.







	Maximale Schwellung (mm)	Tage bis zur maximalen Schwellung	Schwellung vor OP (mm)	Tage bis OP-fähig	KH-Aufenthalt (in Tagen)	Wund- und Haut-Probleme
Kontrolle						
Durchschnitt	31.4	1.5	24.0	4.9	12.0	12
A-V Impulse System™						
Durchschnitt	24.3	0.7	13.1	3.2	8.4	3

Ödemmanagement

Wirksamkeit der Intermittierenden Impulskompression bei Schwellungen an der Hand

Ramesh M, Morrissey B, Healy JB, Roy-Choudhury S, Ajmal M, Macey AC
Irish Orthopaedic Association meeting Killarney, Co Kerry, Eire 10. Mai 1997
Effectiveness of the A-V impulse hand pump. J. Bone Joint Surgery (Br) 1999. Vol 81 p229-33.
Gerät: **A-V Impulse**

Diese Studie untersuchte die Wirksamkeit der Intermittierenden Impulskompression (IIK) bei der Reduktion von akuten Schwellungen an der Hand von Erwachsenen. Im Einzelnen wurden dabei der Rückgang von Schwellungen und Schmerzen, die Erhöhung des venösen Rückflusses und die Verbesserung der Handfunktion gemessen.

DESIGN
47 Patientinnen und Patienten mit Schwellungen an der Hand nach Trauma oder operativen Eingriffen unterzogen sich einer IIK-Behandlung (Hand-Pad). Sie wurden randomisiert in 2 Gruppen eingeteilt: 27 von ihnen erhielten 48 Stunden lang eine kontinuierliche IIK-Behandlung und die anderen 20 eine Intervallbehandlung (zwei 12-stündige IIK-Behandlungen innerhalb von insgesamt 48 Stunden). Nach 48 Stunden wurde die Schwellungsmessung der Hand über die distale Palmarhautfalte durchgeführt. Alle Messungen wurden mit der gesunden Seite verglichen. Die Blutflussgeschwindigkeit wurde mittels Duplexscan in der mittleren Kubitalvene gemessen. Die Schmerzmessung nach 48 Stunden erfolgte mit einer visuellen Analog-Skala. Die Bewegung der Finger wurde als Total-Active-Movement (TAM) und Pulp-Palm-Distance (PPD) aufgezeichnet.

ERGEBNISSE
Bei der kontinuierlichen IIK über 48 Stunden zeigte sich eine Reduzierung der Schwellung an der verletzten bzw. operierten Hand um 78,6% im Vergleich zur intakten Hand. Dieser Effekt konnte durch eine volumetrische Analyse bestätigt werden, die mittlere Volumenreduktion betrug 30,2 ml (SD 3,9; $p < 0{,}0001$). Die mittlere Schmerzreduktion, die mit der VAS-Skala erfasst wurde, lag nach 48 Stunden bei 57%. Darüber hinaus war die Fingerbeweglichkeit nach einer 48-stündigen IIK-Behandlung signifikant verbessert. Selbst in der Gruppe mit IIK-Intervallbehandlung ging die Schwellung um 69,4% zurück. In den 12-stündigen Phasen mit IIK-Anwendung konnte ein signifikant größerer Schwellungsrückgang verzeichnet werden als in den Phasen ohne IIK ($p<0{,}0001$). Dies bestätigt die These, dass der abschwellende Effekt auch bei der IIK-Intervallbehandlung deutlich war.

SCHLUSSFOLGERUNG
Die Studie hat gezeigt, dass eine IIK-Behandlung einer verletzten oder operierten Hand über einen Zeitraum von 48 Stunden zu einem raschen Rückgang von Schwellungen und Schmerzen sowie zu einer besseren Beweglichkeit und Funktion der Finger führen kann.
Die maximale Wirkung wurde mit einer kontinuierlichen Anwendung erreicht, aber auch eine Intervallbehandlung (zwei 12-stündige IIK-Behandlungen innerhalb von insgesamt 48 Stunden) war sehr wirksam.

Gefäßerkrankungen und deren Folgeerscheinungen

Intermittierende Impulskompression beeinflusst das Wundmilieu positiv und verbessert die Wundheilung

Eberlein T & Schmitz M
Micro-Environmental Changes in Wounds are Significantly Influenced by Intermittent Pneumatic Impulse Compression (IIC). BioMedical, Journal of Scientific & Technical Research. 2020; 26(1).
Gerät: **VADOplex**

Der Prozess der Wundheilung ist durch verschiedene biochemische Vorgänge gekennzeichnet. Der pH-Wert des Wundmilieus ist ein zentraler Marker, der auf alle Phasen des Heilungsprozesses Einfluss nimmt. Studien belegen, dass sich akute von chronischen Wunden hinsichtlich des Milieus während der Heilung unterscheiden.
Chronische, stagnierende Wunden sind gekennzeichnet durch ein basisches Milieu (pH-Werte>7,0). Es kommt zu einer pH-Wert-Verschiebung in einen niedrigeren, neutralen Bereich (pH-Wert=7) während der Epithelialisierungsphase (Reparative Phase).
In der Studie sollte der Schlüsselfaktor Mikrozirkulation überprüft werden. Im Mittelpunkt stand die Frage, ob die ausgelöste Steigerung der Mikrozirkulation durch die Intermittierende Impulskompression (IIK) zu einer Milieuveränderung in einem vermehrt sauren Bereich (pH-Wert<7,0) mit entsprechend relevanter Transformation der Wundheilung führt.

DESIGN
Für die Messung der pH-Werte und Temperaturen in der chronischen Wunde (Ulcus cruris venosum [UCV]) wurden 11 Patientinnen und Patienten mit und 5 ohne IIK-Therapie eingeschlossen. Die Kompression erfolgte durch Fuß-Pads über einen Zeitraum von 2 Stunden (1-sekündige Kompression, 3-mal pro Minute). Die IIK-Gruppe war während der Behandlung immobilisiert. Die Messung der Parameter erfolgte zu insgesamt 4 Messzeitpunkten: Start (t0), nach 30 Minuten (t1), nach 60 Minuten (t2) und am Ende (nach 120 Minuten, t3).

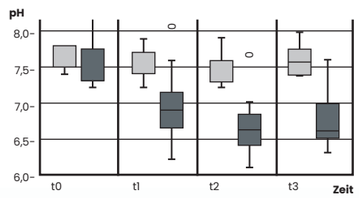


Abb.: pH-Werte zu den 4 Messzeitpunkten (IIK-Gruppe in Dunkelgrau, Kontrollgruppe in Hellgrau)

ERGEBNISSE
Der durchschnittliche pH-Wert der chronischen Wunden in der IIK-Gruppe (59 Messungen) verringerte sich innerhalb des Zeitraums von 120 Minuten von 7,55 auf 6,75 ($p<0{,}001$). Die Wunden in der Kontrollgruppe zeigten keine bedeutenden Veränderungen ($p=0{,}789$).

SCHLUSSFOLGERUNG
Die IIK beeinflusst maßgeblich den pH-Wert chronischer Wunden. Da Wundheilung mit niedrigen pH-Werten einhergeht, kann ein Zusammenhang von IIK und Wundheilung vermutet werden: Der Heilungsprozess wird durch das herbeigeführte niedrigere pH-Milieu der Wunde gefördert und stimuliert. Die Ergebnisse stützen die These, dass durch die wiederkehrende Kompression eine Normalisierung der Mikrozirkulation erreicht wird.
Es wird deutlich, dass IIK die Umgebungsbedingungen chronischer Wunden gezielt modifizieren und damit den Heilungsprozess positiv beeinflussen kann.

Gefäßerkrankungen und deren Folgeerscheinungen

Verbesserung der Gehfähigkeit und des Knöchel-Arm-Index mit Intermittierender Impulskompression bei Patientinnen und Patienten mit pAVK

Delis KT, Nicolaides AN, Wolfe JHN, Stansby G
Improving walking ability and ankle brachial pressure indices in symptomatic peripheral vascular disease with intermittent pneumatic foot compression: a prospective controlled study with one-year follow-up. In: Journal of Vascular Surgery, April 2000 (31), S. 650-661.
Gerät: **A-V Impulse**

Ziel dieser Studie war es, festzustellen, welchen Effekt die Intermittierende Impulskompression (IIK) auf die arterielle Hämodynamik bei Patientinnen und Patienten mit Claudicatio intermittens hat.

DESIGN
37 Personen mit bestehender Claudicatio intermittens wurden in die Studie eingeschlossen. 25 von ihnen erhielten für mehr als 4h/Tag und 4,5 Monate lang eine IIK-Therapie, die restlichen 12 wurden der Kontrollgruppe zugeteilt. Beiden Gruppen wurde geraten, selbstständig mindestens 1 h täglich zu trainieren, außerdem erhielten beide Gruppen zusätzlich Aspirin (75mg/Tag).

Folgende Parameter wurden jeweils am Tag 0, nach 2 Wochen und nach 1, 2, 3 und 4,5 Monaten gemessen: Initiale Gehstrecke in Metern bis zum ersten Schmerz (ICD), die Gesamtgehstrecke, bis Gehen nicht mehr möglich war (ACD), der Knöchel-Arm-Index in Ruhe (R-ABI), der Knöchel-Arm-Index nach dem Trainieren (p-eABI) und der Blutfluss in der A. poplitea.

Nach Beendigung der Behandlungsperiode fuhren beide Gruppen mit der Einnahme von Aspirin und dem selbstständigen Trainieren fort und wurden nach 12 Monaten noch einmal untersucht.

ERGEBNIS
Nach 4,5 Monaten war bei der IIK-Gruppe die Gehstrecke bis zum ersten Schmerz um 146% und die Gehstrecke, bis Gehen nicht mehr möglich war, um 106% im Vergleich zur Kontrollgruppe gestiegen. Der Knöchel-Arm-Index in Ruhe verbesserte sich um 18% und nach Übung um 110%. Der Blutfluss in der A. poplitea verbesserte sich um 36% im Vergleich zur Kontrollgruppe. In der Kontrollgruppe wurden bei den Messungen keine bedeutenden Änderungen gefunden. Die Einjahresergebnisse der Nachbehandlung bezüglich Gehfähigkeit und Knöchel-Arm-Index waren in der IIK-Gruppe statistisch nicht signifikant im Vergleich zu den 4,5-Monatsergebnissen, aber stark signifikant im Vergleich zu denen der Kontrollgruppe.

SCHLUSSFOLGERUNG
Der Zustand und die Lebensqualität der mit IIK behandelten Patientinnen und Patienten hatten sich nach mehr als 4,5 Monaten signifikant verbessert. Der Behandlungserfolg lässt sich nach einem Jahr immer noch nachweisen.

Demographische Daten, Gefähigkeit, Hämodynamik und Risikofaktoren in den Studiengruppen

	AVI-Gruppe (n=25)[1]		Kontrollgruppe (KO) (n=12)[2]		Signifikanz (AVI vs KO)
männlich/weiblich	17/8	7/5			NS[3]
Alter (Jahre)	68	(58-81)	65	(60-78)	NS[4]
ICD (Meter)	78	(65-102)	69	(50-92)	NS[4]
ACD (Meter)	124	(100-160)	134	(89-202)	NS[4]
r-ABI	0.57	(0.48-0.62)	0.56	(0.52-0.6)	NS[4]
p-eABI	0.21	(0.07-0.26)	0.24	(0.17-0.3)	NS[4]
Blutfluss in der A. poplitea (ml/Minute)	100	(59-163)	110	(70-155)	NS[4]
Raucher (n)	1/25		1/12		NS[3]
Diabetes mellitus (n)	3/25		1/12		NS[3]

[1] $FIT_{Fuß}$ + asprin [2] Asprin [3] Chi-square Test ($P > .05$) [4] Mann-Whitney Test ($P > .05$)

Wirkung der Intermittierenden Impulskompression auf die Hämodynamik der Kniekehlenarterie (Arteria poplitea)

Delis KT, Labropoulos N, Nicolaides AN, Glenville B & Stansby G
Effect of Intermittent Pneumatic Foot Compression on Popliteal Artery Haemodynamics. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2000; 19:270–277.
Gerät: **A-V Impulse**

Studien zeigen, dass die Intermittierende Impulskompression (IIK) zu einer akuten Verbesserung des arteriellen Blutflusses führt und dass eine häufige und regelmäßige Anwendung die distale Gewebedurchblutung langfristig verbessert. Die vorliegende Studie untersuchte die Wirkung der IIK auf die Hämodynamik der Arteria poplitea bei Personen mit und ohne Claudicatio intermittens (CI, Fontaine-Stadium II).

DESIGN
Die Kompression erfolgte mittels Fuß-Pad, welches einen Druck von 120 mmHg innerhalb von 3 Sekunden und eine Entleerungszeit von 17 Sekunden (3 Zyklen/Minute) erzeugte. Mittels farbkodierter Doppler-Sonografie wurden bei 25 Gliedmaßen von 20 gesunden Personen und bei 40 Gliedmaßen von 32 CI-Betroffenen folgende Parameter erfasst: Volumenfluss der Arteria poplitea (volume flow, vFI), Pulsalitäts-index (pulsatility index, PI), mittlere Flussgeschwindigkeit (mean velocity, mV), systolische Spitzengeschwindigkeit (peak systolic velocity, PSV) und diastolische Endgeschwindigkeit (end diastolic velocity, EDV). Die Messungen erfolgten in sitzender Position zu 3 Messzeitpunkten: ohne Pumpe (1), nach 10-minütiger Pumpwirkung (2), innerhalb von 30 Sekunden nach Beendigung der Pumpwirkung (3). Um die Spanne der Variationskoeffizienten zu ermitteln, wurden zunächst die höchsten und niedrigsten Werte durch Messungen in horizontaler und sitzender Position an je 20 Gliedmaßen gesunder Personen und Patientinnen und Patienten mit Claudicatio bestimmt.

ERGEBNISSE
Die Variationskoeffizienten der Parameter vFI, mV, PSV und PI lagen bei 14,6% (CI-Patienten) bzw. 13,3% in der Kontrollgruppe. Die EDV war der am wenigsten reproduzierbare Parameter mit einem Gesamtvariationskoeffizienten von 10,2–21,5% bei gesunden Personen und 9,1–18,6% bei Personen mit Arteriopathie. Die Anwendung der Kompression ging mit einer signifikanten Erhöhung der vFI der Kniekehlenarterie um 111% ($p<0,001$) in der Kontrollgruppe und 51% ($p<0,001$) in der CI-Gruppe einher. Innerhalb von 30 Sekunden nach Beendigung der IIK-Behandlung nahm der Fluss in beiden Gruppen signifikant ab ($p<0,001$), blieb jedoch in beiden Gruppen auf einem signifikant höheren Niveau als zu Beginn der Studie ($p<0,001$). Die Parameter mV, PSV und EDV zeigten ein ähnliches Muster signifikanter Veränderungen. Sowohl bei der Kontrollgruppe als auch bei den CI-Patienten nahm der PI mit Kompression ab ($p<0,001$), stieg nach Kompression wieder an, lag jedoch innerhalb von 30 Sekunden nach Impulsabgabe signifikant unter dem Ausgangswert ($p<0,001$).

SCHLUSSFOLGERUNG
Aktuelle CFDI-Technologien (Color Flow Duplex Imaging) ermöglichen eine reproduzierbare Schätzung der Flussgeschwindigkeit der Arteria poplitea. Die Intermittierende Impulskompression mit Fußpad kann den arteriellen Fluss sowohl bei gesunden Personen als auch bei Personen mit Claudicatio intermittens deutlich erhöhen. Die Erhöhung der Flussgeschwindigkeit bei der IIK-Anwendung am Fuß wird erreicht durch die Abschwächung des Strömungswiderstandes (Anstieg der EDV und Abnahme des PI). Die Ergebnisse deuten auf eine langfristige Wirkung der IIK-Behandlung bei Personen mit peripheren Gefäßerkrankungen (Fontaine Stadium II) hin.

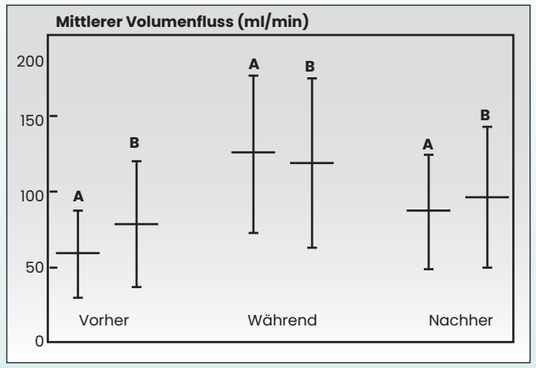


Abb.: Mittlerer (±SD) Volumenfluss in der popliteralen Arterie (ml/min) gemessen in 25 Beinen gesunder Probanden (Gruppe A) im Vergleich zu 40 Beinen von Patienten mit stabiler Claudicatio intermittens (Gruppe B). Gemessen wurde jeweils vor, während und innerhalb von 30 Sek. nach der IIK-Behandlung.

Auswirkungen der Intermittierenden Impulskompression des Fußes auf die Mikrozirkulationsfunktion bei arterieller Verschlusskrankheit (pAVK)

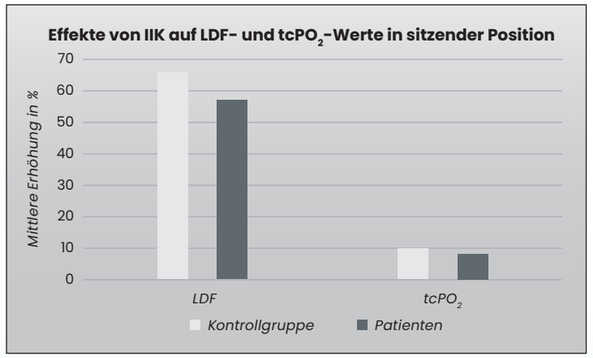
Abu-Own A, Cheatle T, Scurr JH, Coleridge Smith PD
Effects of intermittent pneumatic compression of the foot on the microcirculatory function in arterial disease. Europ. Journ. of Vascular Surgery, Sept. 1993, Vol.17, S.488-92.
Gerät: **A-V Impulse**

Die Venenpumpe des Fußes unterstützt den Blutrückfluss zum Herzen. Die therapeutischen Möglichkeiten für pAVK-Patientinnen und Patienten, die nicht chirurgisch behandelt werden können, sind sehr limitiert. Auch Versuche, dieses Problem mittels Medikation zu lösen, waren enttäuschend. Ziel dieser Studie war es, die Wirkung der Intermittierenden Impulskompression (IIK) auf die Mikrozirkulation der Haut bei Personen mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit zu bewerten.

DESIGN
15 an pAVK Erkrankte (mittlerer Doppler-Index: 0,52 von 0,31-0,68 reichend) und 15 Gesunde erhielten eine IIK-Therapie am Fuß. Diabetes-Erkrankte wurden von der Studie ausgeschlossen. Vor, während und nach einem 10-minütigen Einsatz des IIK-Gerätes wurden die Laser-Doppler-Flussgeschwindigkeit (LDF) und die transkutane Sauerstoffspannung (tcPO2) an der großen Zehe gemessen. Die Personen lagen dabei auf dem Rücken. Im Anschluss wurde der Test bei sitzenden Personen wiederholt.

ERGEBNISSE
In liegender Position war der LDF-Wert in der pAVK-Gruppe signifikant geringer als bei den Gesunden. Der tcPO2-Wert war hingegen in der pAVK-Gruppe nur geringfügig niedriger. Im Sitzen wurde ein Abfall des LDF-Wertes und eine Steigerung des tcPO2-Wertes beobachtet.

SCHLUSSFOLGERUNG
Wir schließen daraus, dass eine IIK-Therapie in Abhängigkeit zur Lagerung die LDF- und tcPO2-Werte erhöhen kann. Die mechanische Aktivierung der venösen Fußvenenpumpe kann die Mikrozirkulation erhöhen. Dies ist möglicherweise eine neue Form, Personen mit pAVK und ischämischen Ulcerationen zu behandeln.



Durch Intermittierende Impulskompression bessere Wundheilung bei Diabetes-Erkrankten

Armstrong DG & Nguyen HC
Improvement in healing with aggressive edema reduction after debridement of foot infection in persons with diabetes. Arch Surg. 2000 Dec; 135(12):1405-9.
Gerät: **Foot compression system**

Zu den typischen Komplikationen einer Diabetes-mellitus-Erkrankung zählen infizierte und schlecht heilende Fußwunden. In den USA gelten diese als häufigster Grund für diabetesbedingte Krankenhauseinweisungen. Ziel der Studie war es, den Einfluss der Intermittierenden Impulskompression (IIK) auf die Wundheilung zu überprüfen.

DESIGN
Für die 12-wöchige, doppelblinde, randomisierte und kontrollierte Studie wurden insgesamt 115 Diabetes-Erkrankte mit einer Fußinfektion, die eine Inzision und Debridement erforderte, eingeschlossen. Sie erhielten entweder ein aktives IIK-Gerät (n=52; Kinetic Concepts Inc., USA) oder ein Placebo-Gerät (n=45). Sowohl die an Diabetes Erkrankten als auch die Prüferinnen und Prüfer waren hinsichtlich der Funktionalität des Gerätes verblindet. Die Wundheilung (in %) stellte den primären Endpunkt dar. Zudem wurde der Fußumfang zur Beurteilung der Ödemreduktion betrachtet.

ERGEBNISSE
Erwartungsgemäß heilten größere Wunden (>5 cm^2) schlechter als kleinere Wunden (χ^2=4,0; p<0,05). Während es zu Beginn der Intervention beim Fußumfang keine Unterschiede zwischen den Gruppen gab, zeigte zum Endpunkt der Studie die aktive Gruppe einen signifikant größeren Grad an Ödemreduktion (23,8±1,9 cm vs. 25,7±2,7 cm, p<0,001). Die Wundheilung verbesserte sich signifikant (χ^2=6,0, p<0,02, OR: 2,9, 95%KI, 1,2-6,8) durch IIK (39/52, 75%) im Vergleich zur Placebo-Gruppe (23/45, 51%). Es zeichneten sich zugleich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich des Überlebens ab (Kaplan–Meier–Log–Rank=4,2, p=0,04). Diese Differenz wurde interessanterweise erst nach ca. 8 Wochen deutlich. Bezüglich der Wundgröße, der Dauer der Anwendung und dem Anteil der Non-Compliance (<50 Stunden Anwendung pro Woche) wurden keine bedeutenden Unterschiede erkennbar. In der Placebo-Gruppe erreichten gleich viele Diabetes-Erkrankte eine Wundheilung, unabhängig von der Compliance. Bei der Interventionsgruppe hingegen zeigte sich, dass die Compliance einen Einfluss auf die Wundheilung hatte. Hier war die Wundheilung erfolgreicher bei den Personen, die compliant waren. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass keine IIK-Therapie und eine geringe Compliance die Wundheilung erschweren. Das beste Ergebnis ist demzufolge bei IIK-Nutzung und kooperierenden Patientinnen und Patienten zu erwarten.

SCHLUSSFOLGERUNG
Die Ödemreduktion, erzielt durch Intermittierende Impulskompression, kann die Wundheilung nach Debridement von Fußinfektionen bei Diabetes-Erkrankten verbessern. Darüber hinaus ist die Compliance hinsichtlich der Nutzung des Geräts ein entscheidender Faktor, denn durch erhöhte Nutzung (≥50 Stunden/Woche) kann die Wundheilung maßgeblich positiv beeinflusst werden.

Gefäßerkrankungen und deren Folgeerscheinungen

Die Wirksamkeit Intermittierender Impulskompression auf die Venenfunktion bei chronisch venöser Insuffizienz

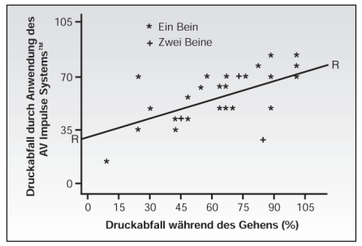
McMullin G, Scott HJ, Coleridge-Smith PD, Scurr JH
An assessment of the effect of the foot pump on venous emptying in chronic venous insufficiency. In: Phlébologie ´89. Davy A, Stemmer R. (eds). John Libbey Eurotext Ltd, pp.69-71
Gerät: **A-V Impulse**

Diese Untersuchung wurde durchgeführt, um die Effizienz der Intermittierenden Impulskompression (IIK) mit Fußpad im Vergleich zur natürlichen Wadenmuskelpumpe bei Patientinnen und Patienten mit venöser Insuffizienz zu ermitteln.

DESIGN
23 Personen mit klinischen Anzeichen einer venösen Insuffizienz wurden in die Studie eingeschlossen. Die Beine wurden mit Hilfe von Duplexsonografie untersucht und in drei Gruppen kategorisiert: solche mit tiefer Veneninsuffizienz, solche mit Insuffizienz der oberflächlichen Venen und solche mit unzureichend durchlässigen Venen. Der venöse Restdruck wurde erfasst. Alle drei Gruppen erhielten eine IIK-Behandlung, im Anschluss daran wurde der venöse Ruhedruck gemessen und der Druckabfall errechnet.

ERGEBNIS
Der durch die IIK-Behandlung erzielte Druckabfall war nahezu identisch mit dem Druckabfall beim Gehen.

SCHLUSSFOLGERUNG
Die Resultate lassen vermuten, dass mit Hilfe der IIK im Bereich des Fußes eine kraftvolle Anregung des venösen Rückflusses efolgen kann, die der Muskelpumpe der Wadenmuskulatur ähnlich ist.
Der Mechanismus ist effektiv bei allen Arten der venösen Insuffizienz: der tiefen Veneninsuffizienz, der oberflächlichen Veneninsuffizienz und bei unzureichend durchlässigen Venen.



Heimanwendung der Intermittierenden Impulskompression in Kombination mit medizinischen Kompressionsstrümpfen bei chronischer Veneninsuffizienz

Arcelus JI, Caprini JA, Sehgal LR & Reyna JJ
Home use of impulse compression of the foot and compression stockings in the treatment of chronic venous insufficiency. J Vasc Surg 2001;34:805-11.
Gerät: **ActOne**

In früheren Studien konnte bereits gezeigt werden, dass die regelmäßige Anwendung von Intermittierender Impulskompression (IIK) zu Hause und das gleichzeitige Tragen herkömmlicher Kompressionsstrümpfe zu einer deutlichen klinischen Verbesserung und einer signifikanten Erhöhung des Ejektionsfraktionswertes (EF-Wert) führen kann. In der vorliegenden prospektiven Kohortenstudie wurde nun untersucht, ob die Kombination aus regelmäßiger IIK-Therapie zu Hause und dem gleichzeitigen Tragen herkömmlicher Kompressionsstrümpfe auch andere hämodynamische Parameter positiv beeinflussen kann.

DESIGN
In die Studie wurden neun Patientinnen und Patienten mit einem Durchschnittsalter von 47,5 Jahren und einer dokumentierten chronischen Veneninsuffizienz (CVI) des Schweregrades 4 bis 5 (CEAP-Klassifikation) eingeschlossen, die alle seit mindestens drei Monaten Kompressionsstrümpfe getragen hatten. Insgesamt wurden 12 Extremitäten untersucht, da bei einigen Personen beide Beine betroffen waren. Alle wurden angehalten, die Kompressionsstrümpfe immer tagsüber zu tragen und das IIK-Gerät (New Dimensions IN Medicine, Inc.) mit Fußpad täglich für zwei Stunden anzuwenden (drei Kompressionszyklen pro Minute mit einem Druck von 120 mmHg). Vor Beginn der Behandlung sowie nach ein, zwei und drei Monaten wurden die subjektiven Symptome mit Hilfe eines klinischen Fragebogens abgefragt. Zusätzlich erfolgte zu denselben Zeitpunkten eine objektive Messung der venösen Funktion mittels Luftplethysmographie. Dabei wurden Parameter wie das venöse Volumen, der venöse Füllungsindex (VFI), die Ejektionsfraktion (EF) und insbesondere der Residualvolumenanteil (RVF) erfasst – Messwerte, die wichtige Rückschlüsse auf die Effizienz des venösen Abflusses und die Funktion der Muskelpumpe zulassen.

ERGEBNISSE
Die Auswertung des klinischen Fragebogens ergab, dass die Teilnehmenden während der dreimonatigen Testphase das IIK-Gerät durchschnittlich 2,5 Stunden an 5,5 Tagen pro Woche verwendet hatten. Sie berichteten über eine signifikante Reduktion der Schwellungen und Schmerzen über die gesamte Studienphase hinweg, außerdem war ihr Aktivitätslevel gestiegen, nach 2 Monaten sogar signifikant, was sich in der Gesamtauswertung des klinischen Fragebogens niederschlug; hier sank der individuelle Severity-Score von 21,1 vor der Therapie auf 14,4 (p=0,001) nach drei Monaten Therapie.
Die plethysmographischen Messungen zeigten eine Verringerung des venösen Volumens und einen signifikanten Rückgang der RVF, der von einem initial überdurchschnittlichen Wert auf nahezu normale Werte gesenkt werden konnte. Der EF-Wert und der venöse Füllungsindex blieben im Vergleich zur Ausgangssituation weitgehend unverändert oder zeigten nur geringe Verbesserungen, was darauf hindeutet, dass der Hauptvorteil der kombinierten Therapie in der Förderung der venösen Entleerung liegt. Zusätzlich wurde die gute Verträglichkeit des IIK-Gerätes bestätigt – lediglich zwei Personen gaben verstärktes Schwitzen und eine Person ein leichtes Taubheitsgefühl an, was aber in keinem der Fälle zum Abbruch der Therapie führte.

SCHLUSSFOLGERUNG
Die Studie legt nahe, dass die Kombination von herkömmlichen Kompressionsstrümpfen mit der zusätzlichen Anwendung eines IIK-Gerätes zu einer signifikanten Verbesserung der venösen Hämodynamik bei Personen mit schwerer CVI führt. Die signifikante Reduktion des RVF deutet darauf hin, dass durch die gezielte Impulskompression eine effektivere venöse Entleerung erzielt werden kann, was wiederum mit der subjektiven Verbesserung von Symptomen wie Schwellung und Schmerz einhergeht.
Diese duale Erfassung – subjektiv über klinische Fragebögen und objektiv über Plethysmographie – unterstreicht den therapeutischen Mehrwert der kombinierten Therapie.
Für behandelnde Ärztinnen und Ärzte bietet diese Studie interessante Ansätze, um eine ambulante, patientenfreundliche und effektive Behandlungsmöglichkeit bei chronischer venöser Insuffizienz zu evaluieren und weiterzuentwickeln.

Parameter	Baseline	1 Monat	2 Monate	3 Monate
Venöses Volumen (ml)	133 ± 73	115 ± 63	115 ± 64	106 ± 57
Venöser Füllungsindex (ml/s)	4,4 ± 3	3,9 ± 2,5	4,1 ± 2,7	3,8 ± 2,8
Ejektionsfraktion (%)	54 ± 23	60 ± 18	58 ± 13	58 ± 6
Residualvolumenfraktion(%)	58 ± 33	24 ± 14*	33 ± 21*	29 ± 18*

Tab.: Plethysmographische Ergebnisse nach Behandlung mit Kompressionsstrümpfen und IIK
* p<0,05, gepaarter t-Test im Vergleich zum Ausgangswert

Gefäßerkrankungen und deren Folgeerscheinungen

Intermittierende Impulskompression in der Behandlung von Stauungsdermatitis

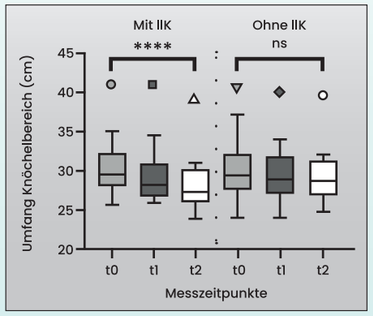
Janßen S, Schmölders J, Jansen TM, Ertas N, Rembe J-D, Homey B & Hoff N-P
Intermittent Pneumatic Impulse Compression in the Treatment of Stasis Dermatitis — A Monocenter Randomized Controlled Trial. Journal of Clinical Medicine, 2025, 14(10), 3321.
Gerät: **VADOplex**

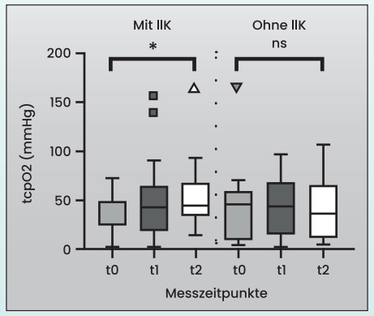
Die Stauungsdermatitis (auch Stauungsekzem genannt) ist eine häufige, chronische Hauterkrankung der unteren Extremitäten, die meist durch eine chronische Veneninsuffizienz (CVI) verursacht wird. Sie äußert sich durch Rötungen, Schuppungen, Juckreiz, Schmerzen, Ödeme und Hyperpigmentierungen bis hin zu Dermatoliposklerosen und venösen Ulzera. Die Erkrankung geht mit einer erheblichen Beeinträchtigung der Lebensqualität einher.
Die Behandlung zielt in erster Linie auf die Linderung der zugrunde liegenden CVI ab und besteht in der Regel aus Kompressionstherapie, Hochlagerung und Lebensstiländerungen, ergänzt durch topische Kortikosteroide.
Da es einen Bedarf an weiteren Behandlungsoptionen gibt, haben Janßen et al. untersucht, inwieweit eine Therapie mit Intermittierender Kompressionstherapie (IIK) zusätzlich zur Standardtherapie dazu beitragen könnte, die Blut- und Mikrozirkulation zu verbessern und Ödeme effektiver zu reduzieren.

DESIGN
Dies ist laut den Autoren die erste einfach verblindete, monozentrische RCT-Studie zur Anwendung der IIK bei Stauungsdermatitis. An der Studie nahmen insgesamt 17 stationär behandelte Patientinnen (6) und Patienten (11) im Durchschnittsalter von 68 Jahren mit beidseitiger Stauungsdermatitis teil.
Alle 17 Teilnehmenden erhielten an beiden Beinen die Standardbehandlung. Zusätzlich wurde bei allen Teilnehmenden an einem nach dem Zufallsprinzip ausgewählten Bein eine IIK-Therapie durchgeführt.
Die Studie umfasste fünf Tage. Gemessen wurden die Schwellungsreduktion (primärer Endpunkt), die Gewebeoxygenierung (tcPO2) und die Schmerzwahrnehmung (sekundäre Endpunkte).

ERGEBNIS
Schwellungen: Nach 5 Tagen Standardbehandlung mit zusätzlicher IIK-Therapie reduzierte sich der Umfang des Sprunggelenks signifikant (p<0,0001) um -2,125±1,593 cm, die Schwellungen auf der Gegenseite (nur Standardbehandlung ohne IIK) reduzierten sich dagegen kaum (-0,888±2,067 cm, p=0,106).
Auch am Unterschenkel konnte bei den zusätzlich mit IIK behandelten Beinen eine größere Reduktion des Umfangs (-0,931±1,881 cm) erzielt werden.
Allerdings war der Unterschied zur anderen Seite nicht statistisch signifikant (p=0,066).
Gewebeoxygenierung: Die zusätzliche IIK-Anwendung erhöhte die Gewebeoxygenierung signifikant (p=0,012). Der gemessene tcPO2-Wert an den mit IIK behandelten Beinen betrug 19,78±27,82 mmHg, während sich der Wert an den nur mit Standardtherapie behandelten Beinen während der Therapie nicht veränderte.
Schmerz: Die zusätzliche IIK-Anwendung hatte – ebenso wie die alleinige Standardbehandlung – keinen signifikanten Effekt auf die Schmerzwahrnehmung.

SCHLUSSFOLGERUNG
Die Studie zeigt anschaulich, dass eine IIK-Therapie bei Personen mit Stauungsdermatitis zu einer signifikanten Reduktion von Schwellungen und zu einer Verbesserung der Gewebeoxygenierung beitragen kann. Dabei unterstützt die IIK insbesondere die Behandlung von Symptomen, die häufig im Rahmen gefäßmedizinischer Grunderkrankungen wie der chronisch venösen Insuffizienz auftreten. Durch die Förderung des venösen Rückflusses wird interstitielle Flüssigkeit abtransportiert, wodurch sich Ödeme reduzieren. Darüber hinaus wird durch den erzeugten Strömungsimpuls die Freisetzung von körpereigenem Stickstoffmonoxid angeregt, was eine arterielle Vasodilatation begünstigt und somit eine verbesserte Mikrozirkulation und Gewebeoxygenierung bewirkt.





Thromboseprophylaxe

Intermittierende Impulskompression, Risikobeurteilung und frühe Mobilisation zur Thromboseprophylaxe bei 13.384 Patientinnen und Patienten mit Hüft- oder Kniegelenkersatz

Gill SK, Pearce AR, Everington T, Rossiter ND
Mechanical prophylaxis, early mobilisation and risk stratification: as effective as drugs for low risk patients undergoing primary joint replacement. Results in 13,384 patients. Surgeon. 2020 Aug;18(4):219-225.
Gerät: **A-V Impulse**

Die NICE-Leitlinie von 2018 empfiehlt grundsätzlich eine Kombination aus mechanischer und medikamentöser Thromboseprophylaxe für alle Patientinnen und Patienten, die sich einer arthroskopischen Hüft- oder Knieoperation unterziehen. In der vorliegenden retrospektiven Registeranalyse wurde daher die Wirksamkeit einer alleinigen mechanischen Thromboseprophylaxe mittels Intermittierender Impulskompression (IIK) mit einer Kombination aus medikamentöser Therapie und mechanischer IIK-Therapie hinsichtlich des Auftretens von venösen Thromboembolien und Infektionen verglichen.

DESIGN
Zwischen 1999 und 2016 wurden alle Personen, die eine Hüft- oder Knie-TEP erhalten hatten, in die Datenbank des örtlichen Endoprothesen-Registers aufgenommen. Im Rahmen der Anamnese wurden sie auf folgende Risikofaktoren untersucht: (1) persönliche oder starke familiäre Vorbelastung mit TVT/PE, (2) Myokardinfarkt oder Schlaganfall in den letzten 6 Monaten, (3) kontinuierliche Einnahme von östrogenhaltigen oralen Kontrazeptiva oder Hormonersatztherapien, (4) gleichzeitige Einnahme von Tamoxifen, Zoladex oder ähnlichen Medikamenten, (5) vererbte Thrombophilie, (6) Paraproteinämie, (7) Adipositas (BMI >35), (8) nephrotisches Syndrom, (9) myeloproliferative Erkrankung, (10) Morbus Behcet, (11) aktive maligne Erkrankung oder deren Behandlung (12), Antiphospholipid-Syndrom (13).
Personen ohne Risikofaktoren erhielten lediglich eine mechanische Thromboseprophylaxe mittels eines IIK-Gerätes.
Wer mindestens einen Risikofaktor aufwies, erhielt eine mechanische und medikamentöse Thromboseprophylaxe entsprechend der Risikostratifizierung. Nach 2, 6 und 52 Wochen wurde eine klinische Untersuchung durchgeführt. Zusätzlich erhielten die Betroffenen jährliche Fragebögen sowie klinische und radiologische Untersuchungen nach 5 und 10 Jahren.

ERGEBNISSE
Insgesamt wurden 13.384 Personen eingeschlossen, davon 6.533 mit Hüft-TEP und 6.851 mit Knie-TEP. Die TVT-Gesamtrate betrug 0,48% und die PE-Gesamtrate 0,42%. 86,16% von ihnen wurden als Personen mit niedrigem Risiko eingestuft. Bei 76,7% von ihnen wurde IIK allein eingesetzt, während die übrigen 23,3% zusätzlich Aspirin/Clopidogrel erhielten. Das Auftreten von VTE-Ereignissen wurde durch die zusätzliche medikamentöse Prophylaxe bei Personen mit niedrigem Risiko nicht signifikant beeinflusst (p>0,24). Auch bei den Infektionsraten gab es keinen signifikanten Unterschied (p>0,25).

SCHLUSSFOLGERUNG
Da in der Analyse nur symptomatische VTE-Ereignisse und keine Surrogatparameter erfasst wurden, waren die berichteten klinischen Raten von TVT und PE niedriger als in vergleichbaren Studien.
Es konnte gezeigt werden, dass eine zusätzliche medikamentöse Thromboseprophylaxe keinen Einfluss auf die VTE-Raten hatte, wenn eine mechanische Prophylaxe mittels IIK und eine frühe Mobilisation bei Patientinnen und Patienten mit niedrigem Risiko durchgeführt wurde. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass eine gezielte Thromboseprophylaxe-Strategie auf der Basis einer Risikostratifizierung dazu führen könnte, dass die Notwendigkeit einer medikamentösen Thromboseprophylaxe bei allen Personen, die sich einer Hüft- oder Knie-TEP unterziehen, in Frage gestellt werden könnte.

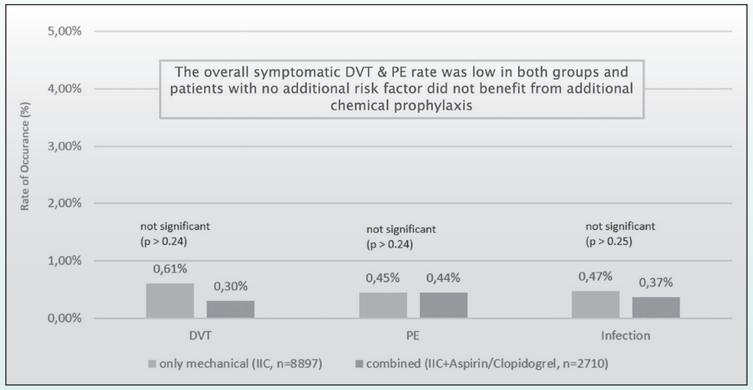


Abb.: TVT-, PE- und Infektionsraten bei allen Patienten ohne zusätzliche Risikofaktoren (als Niedrigrisikogruppe bezeichnet)

Thromboseprophylaxe

Alleinige Anwendung der Intermittierenden Impulskompression als wirksame Methode zur Thromboseprophylaxe nach totalem Hüftgelenkersatz

Pietsch M, Kühle J, Hamer H & Pitto RP
Mechanische versus medikamentöse Thromboseprophylaxe nach Totalhüftendoprothesenimplantation. Eine randomisierte, kontrollierte klinische Studie. Biomed. Technik, 2003; 48:207-212.
Gerät: **A-V Impulse**

Die medikamentöse Thromboseprophylaxe wird nach Totalhüftendoprothesenimplantation routinemäßig eingesetzt. Das Auftreten tiefer Beinvenenthrombosen reduziert sich dadurch maßgeblich. Dennoch sind weitere unerwünschte Nebenwirkungen wie Blutungen, Hämatome, Schwellungen und/oder Thrombozytopenien häufig zu verzeichnen. Die Erfahrungswerte mit Intermittierender Impulskompression (IIK) als alleinige VTE-Prophylaxe sind in Deutschland jedoch gering. Die mechanische Kompression wird nicht als Ersatz empfohlen, sondern vielmehr als Ergänzung der medikamentösen Versorgung. Das Ziel der Studie war es, die IIK-Therapie der medikamentösen Prophylaxe gegenüberzustellen und zu prüfen, ob IIK allein eine effektive mechanische Methode zur Thromboseprophylaxe nach Totalhüftendoprothesenimplantation darstellt. Es wurde das Auftreten tiefer Beinvenenthrombosen und zugleich das Ausmaß unerwünschter Nebenwirkungen untersucht.

DESIGN
Alle 106 Patientinnen und Patienten wurden vom gleichen Operateur mit einem nicht zementierten Implantat versorgt. Sie wurden präoperativ randomisiert und entweder mit niedermolekularem Heparin (einmal täglich Fraxiparin, Sanofi-Synthelabo, Deutschland) oder mit einem IIK-Gerät (A-V-Impulse Foot Pump, Orthofix, Mühltal, Deutschland) versorgt. Anders als bei früheren Studien erfolgte die Kompression kontinuierlich (Tag und Nacht) über den gesamten Behandlungszeitraum. Jeweils eine Manschette wurde am rechten und linken Fuß im Bereich des oberen Sprunggelenks und des Fußrückens fixiert. Das Besondere dabei ist eine zur Fußsohle hin eingearbeitete Luftkammer, die periodisch vom System mit Luft gefüllt (130 mmHg) wird und eine Kompression über 1 Sekunde (3-mal/Minute) und Entleerung des plantaren Venenplexus auslöst.
Eine dopplersonografische Messung des tiefen Beinvenensystems an beiden Beinen erfolgte postoperativ zu 3 Messzeitpunkten (4., 12. und 45. Tag postoperativ). Zugleich wurden täglich die Oberschenkelumfänge und die postoperative Drainagemenge erfasst und die Wundheilung dokumentiert.

ERGEBNISSE
Im Gegensatz zu 4 der 50 Personen (8%) in der Heparin-Gruppe zeigte keiner in der IIK-Gruppe (n=50, 6 Personen lehnten die Behandlung ab) eine tiefe Beinvenenthrombose nach der Implantation. Eine Person hatte eine Thrombozytopenie Typ 1, ausgelöst durch die Medikation mit Heparin. Die Prophylaxe mittels IIK reduzierte die postoperative Drainagemenge um 25ml (247ml zu 272ml, p=0,485). Auch die Oberschenkelschwellung der operierten Seite verringerte sich signifikant durch die Kompression (10mm zu 15mm, p≤0,001).

SCHLUSSFOLGERUNG
Die Arbeit war die erste randomisierte Studie in Deutschland, die zur VTE-Prophylaxe den alleinigen Einsatz der IIK ohne gleichzeitige medikamentöse Behandlung untersuchte. Die Ergebnisse stützen die Möglichkeit eines alleinigen Einsatzes der IIK zur Thromboseprophylaxe und zeigen die positiven Effekte hinsichtlich thromboembolischer Komplikationen und Weichteilschwellungen. Außerdem scheint die geräuscharme Kompression mit IIK die Compliance zu erhöhen, sodass sie auch auf größere Patientenkollektive angewendet werden kann. Aus wirtschaftlicher Sicht ist die Kompressionstherapie mit IIK bei erhöhter Anwendungsfrequenz sinnvoll. Inwiefern durch eine IIK-Therapie auch das Auftreten von Lungenembolien gesenkt werden kann, wurde nicht untersucht, hier sind weitere Studien erforderlich.

Intermittierende Impulskompression versus niedermolekulares Heparin (NMH) in der Prophylaxe tiefer Venenthrombosen nach Hüft-TEP

Warwick D, Harrison J, Glew D, Mitchelmore A, Peters TJ, Donovan J
Comparison of the use of a foot pump with the use of low-molecular-weight heparin for the prevention of deep-vein thrombosis after total hip replacement. A prospective, randomized trial. J. Bone Joint Surg (Br) Aug. 1998; Vol 80A; Nr. 8.
Gerät: **A-V Impulse**

Diese prospektive randomisierte Studie hat untersucht, wie die Intermittierende Impulskompression (IIK) in ihrer Wirksamkeit bei der Verhinderung tiefer Beinvenenthrombosen (TVT) nach Hüft-TEP im Vergleich zu niedermolekularem Heparin abschneidet.

DESIGN
Von insgesamt 290 Studienteilnehmenden mit Hüft-TEP erhielten 143 Enoxaparin (40 mg/Tag, beginnend 12 Stunden präoperativ bis 7 Tage nach OP). Die übrigen 147 erhielten postoperativ 7 Tage lang eine IIK-Therapie (IIK-Gruppe).
Mit Hilfe von Venographien wurde die Inzidenz tiefer Beinvenenthrombosen am 6., 7. und 8. Tag postoperativ protokolliert. Zusätzlich wurde erfasst, wie viele Bluttransfusionen benötigt wurden, wie hoch der postoperative Blutverlust war, wie häufig es zu Hämatomen, Wundsekretion und Schwellungen am Oberschenkel kam und wie hoch das Drainagevolumen war. Die Patientencompliance bezüglich der IIK-Behandlung wurde mit Hilfe eines eingebauten Zeitmessers überwacht. Die Akzeptanz des Systems wurde mittels Fragebogen abgefragt.

ERGEBNISSE
Bei der IIK-Gruppe wurden venographisch 24 (18%) Thrombosen beobachtet vs. 18 (13%) bei der Enoxaparin-Gruppe (Unterschied nicht signifikant). Keine davon war in den proximalen, tiefen Beinvenen lokalisiert. In der IIK-Gruppe wurde eine nicht fatale Lungenembolie beobachtet. In der Enoxaparin-Gruppe kam es zu einer symptomatischen TVT. Es gab keine signifikanten Differenzen bei bekannten Risikofaktoren zwischen den beiden Gruppen. Es gab keine statistische Differenz zwischen den Gruppen in Hinsicht auf die gemessenen Parameter wie Blutverlust, Drainagevolumen, Senkung des Hämoglobinwertes oder Bedarf an Transfusionen. Es zeigte sich eine bessere Abschwellung am Oberschenkel in der IIK-Gruppe (20 mm vs. 10 mm). Es gab eine höhere Inzidenz von Wundsekretionen in der Enoxaparin-Gruppe, aber keine signifikante Differenz in der Hämatombildung. Während Weichteilaffektionen eher in der Enoxaparin-Gruppe auftraten, ist die klinische Signifikanz davon unklar. Nach 3 Monaten Follow-up wurde bei 2 Testpersonen (eine je Gruppe) eine Kontrolle zum Ausschluss einer TVT notwendig.

SCHLUSSFOLGERUNG
Sowohl Enoxaparin als auch IIK geben Sicherheit und bieten eine wirksame Prophylaxe gegen tiefe Venenthrombosen*. IIK ist gleich wirksam wie Enoxaparin, produziert aber weniger Weichteilaffektionen sowie Sekretion und reduziert die Oberschenkelschwellung.

* Bei Personen mit hohem Risiko empfehlen die Autoren die Kombination beider Methoden.

Thromboseprophylaxe

Intermittierende Impulskompression reduziert das TVT-Risiko und verringert postoperative Schwellungen nach frakturbedingter Hüftgelenkersatz-OP

Stranks GJ, McKenzie NA, Grover ML, Fail T
The A-V Impulse System reduces deep-vein thrombosis and swelling after hemiarthroplasty for hip fracture.
J. Bone Joint Surg (Br) 1992; 74B: 775-8.
Gerät: **A-V Impulse**

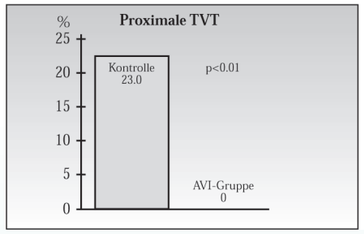
Diese Studie untersuchte an 82 Patientinnen und Patienten die Wirksamkeit einer Behandlung mit Intermittierender Impulskompression (IIK) zusätzlich zum Einsatz von medizinischen Thromboseprophylaxestrümpfen (MTPS).

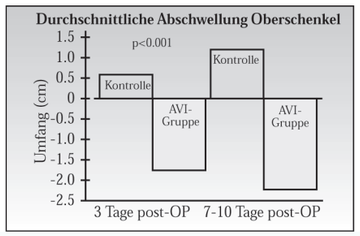
DESIGN
Die Teilnehmenden wurden in eine Kontrollgruppe (n=39) und eine IIK-Gruppe (n=41) eingeteilt. Die Kontrollgruppe trug nur MTPS, während die IIK-Gruppe ebenso MTPS trug und gleichzeitig mit IIK behandelt wurde.

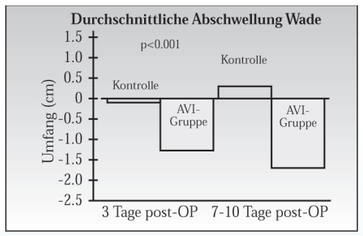
Es wurde keine medikamentöse Prophylaxe angewandt. Diagnostiziert wurden die TVT mit Hilfe der Dopplersonographie. Da sich auch Schwellungen auf den Heilungsprozess auswirken, wurde ebenfalls die Reduktion der postoperativen Schwellung gemessen.

ERGEBNISSE
In der Kontrollgruppe lag die TVT-Inzidenz bei 23% verglichen mit 0% in der behandelten Gruppe (p<0,01). Beinschwellungen konnten in der IIK-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe deutlich reduziert werden: -3,27 cm (p<0,001) an der Hüfte und -1,55 cm (p<0,001) am Unterschenkel 7-10 Tage postoperativ.

SCHLUSSFOLGERUNG
IIK trägt effizient zur Vorbeugung von proximalen Beinvenenthrombosen sowie zur Schwellungsreduktion nach Teilgelenksersatz bei Oberschenkelhalsfraktur bei älteren Menschen bei.







Effektivität der Intermittierenden Impulskompression im Vergleich zu niedermolekularem Heparin bei der Thromboseprophylaxe nach Knie-TEP

Warwick D, Harris J, Whitehouse S, Mitchelmore A, Thornton M
A randomised comparison of a foot pump and low-molecular-weight heparin in the prevention of deep-vein thrombosis after total knee replacement. The Journal of bone and joint surgery. British volume, 2002 84 (3), 344-350.
Gerät: **A-V Impulse**

Patientinnen und Patienten, die sich einer totalendoprothetischen OP des Kniegelenks unterziehen, haben ein besonders hohes Risiko für die Entwicklung einer venösen Thromboembolie (VTE). Um tiefe Venenthrombosen (TVT) als Auslöser einer VTE effektiv vorbeugen zu können, sollte die Wahl der Thromboseprophylaxe auf hoher wissenschaftlicher Evidenz basieren, die sowohl die Wirksamkeit als auch die möglichen Nebenwirkungen berücksichtigt. Typische Thromboseprophylaxemaßnahmen sind medikamentöse Therapien mit niedermolekularem Heparin (NMH) und physikalische Therapien wie die Intermittierende Impulskompression (IIK). In dieser randomisierten, vergleichenden Studie wurden 229 Personen nach Totalersatz des Kniegelenks in Bezug auf TVT-Prävalenz und möglicher Nebenwirkungen untersucht.

DESIGN
Alle an der Studie Teilnehmenden wurden randomisiert in zwei Gruppen eingeteilt: die Kontrollgruppe (n=112) erhielt pro Tag 40 mg Enoxaparin (NMH), die Interventionsgruppe erhielt im Liegen eine kontinuierliche IIK-Behandlung (Fußpad). Dabei erzeugte das IIK-Gerät alle 20 Sekunden einen Druckimpuls von 130 mmHg. Hauptparameter der Untersuchung war die Häufigkeit von TVT, welche mittels Kontrast-Phlebographie bestimmt wurde. Die sekundären Parameter waren perioperative Blutungen, Blutparameter (Hämoglobin und Hämatokrit), Schwellung und Knieflexion.

ERGEBNISSE
Eine statistische Analyse ermittelte keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Methoden zur Thromboseprophylaxe. So entwickelte sich bei 58% der mit IIK Behandelten sowie bei 54% der mit NMH Behandelten eine durch Phlebographie nachgewiesene TVT. Zu Blutungen führende Komplikationen wurden in vier Fällen mit NMH-Behandlung und in keinem Fall bei der IIK-Behandlung festgestellt. Darüber hinaus erzielte die IIK eine signifikante Reduktion von nässenden Wunden, Blutergüssen und Beinschwellungen sowie eine Verbesserung der Kniebeweglichkeit nach vier Tagen.

SCHLUSSFOLGERUNG
Obwohl das Auftreten diagnostizierter TVT noch immer hoch ist, konnte durch die beiden Thromboseprophylaxemaßnahmen das Risiko symptomatischer VTE reduziert werden. So erlitten lediglich 4,4% der eingeschlossenen Patientinnen und Patienten eine symptomatische VTE. Auch wenn sich die Prävalenz tiefer Venenthrombosen zwischen den beiden Behandlungsformen nicht signifikant unterscheidet, gab es bei der IIK-Behandlung weniger weichteilbezogene Nebenwirkungen. Die Autorinnen und Autoren der Studie empfehlen eine kombinierte Behandlungsform aus medikamentöser (NMH) und physikalischer IIK-Therapie, um synergistisch mehr als nur einen Faktor der Virchow-Trias positiv zu beeinflussen.

Thromboseprophylaxe

Effektive Prävention von tiefen Venenthrombosen durch Kombination von medikamentöser Therapie und Intermittierender Pneumatischer Kompression

Eisele R, Kinzl L & Koelsch T
Rapid-Inflation Intermittent Pneumatic Compression for Prevention of Deep Venous Thrombosis. 2007. Journal of Bone & Joint Surgery; 89:1050-1056.
Gerät: **VenaFlow**

Tiefe Venenthrombosen sind eine häufige Komplikation orthopädischer Eingriffe. Gegenwärtig wird die alleinige medikamentöse Behandlung (niedermolekulares Heparin, entzündungshemmende Medikamente) als prophylaktische Maßnahme eingesetzt. Studien zeigen einen positiven Effekt von normalem Gehen und Gewichtsbelastungen auf den venösen Fluss in der oberflächlichen Oberschenkelvene (Vena femoralis). Durch eine apparative Intermittierende Pneumatische Kompression (IPK) kann dieser Effekt initiiert werden. Das Ziel der klinischen Studie bestand in der Prüfung der Wirksamkeit einer wiederkehrenden Kompression der Beine als Ergänzung zur medikamentösen Prophylaxe.

DESIGN
Insgesamt wurden 1803 Patientinnen und Patienten, die sich einem örthopädischen Eingriff (Gelenkendoprothetik, Knieband- und Meniskusreparatur, Tumorresektion oder Fixierung traumatischer Frakturen) unterziehen mussten, zwischen Jan. 2001 und Okt 2002 in die Studie eingeschlossen. Sie wurden prospektiv randomisiert, um entweder medikamentös (niedermolekulares Heparin, n=902) behandelt zu werden oder eine Kombination aus medikamentöser Prophylaxe und IPK der Waden (n=901) zu erhalten. Sie wurden direkt nach der OP nach dem Zufallsprinzip einer Gruppe zugeteilt. Die Kompression erfolgte durch Wadenmanschetten mit 2 überlappenden Luftkammern (VenaFlow system, Aircast, Vista, California). Die Luftkammern des Systems füllen sich zyklisch, die distale Kammer bläst sich auf 52 mmHg über einen Zeitraum von 0,5 Sekunden auf, die proximale Kammer bläst sich während der letzten 2 Sekunden auf 45 mmHg. Die Entleerung erfolgt nach 6 Sekunden und startet erneut im 1-sekündigen Intervall. Mittels farbkodierter Duplexsonographie (FKDS) erfolgte am Tag der Entlassung ein Screening auf tiefe Venenthrombosen.

ERGEBNISSE
Es zeigten sich signifikante Gruppenunterschiede hinsichtlich des Auftretens einer tiefen Beinvenenthrombose (p=0,007):
Während bei 15 Personen (1,7%) mit alleiniger medikamentöser Behandlung eine tiefe Venenthrombose post-OP diagnostiziert wurde (3 Thrombosen waren symptomatisch), reduzierte sich die Anzahl durch eine zusätzliche Behandlung mit IPK auf 0,4% (1 Thrombose war symptomatisch). Bei denjenigen, die sowohl eine medikamentöse Prophylaxe als auch mindestens 6 Stunden täglich IPK-Therapie erhielten, wurden keine Venenthrombosen diagnostiziert.

SCHLUSSFOLGERUNG
Die Kombination aus medikamentöser Prophylaxe und IPK war signifikant wirksamer als die alleinige medikamentöse Prophylaxe.

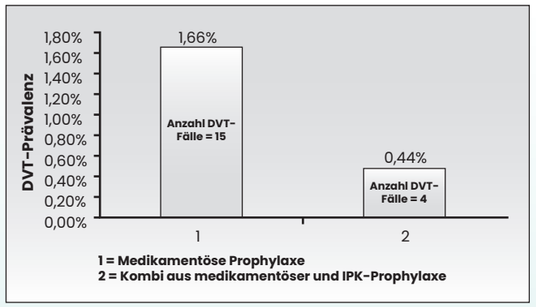


Abb.: Prävalenz der tiefen Venenthrombose (DVT) in der Gruppe mit medikamentöser Prophylaxe im Vergleich mit der Kombi aus Heparin plus IPK.

Notizen

Notizen