



Leitlinie*: Intermittierende pneumatische Kompression (IPK oder AIK)

Entwicklungsstufe S2

V. Wienert¹, H. Partsch², G. Gallenkemper³, H. Gerlach⁴, M. Jünger⁵, M. Marschall⁶, E. Rabe⁷
 Dermatologische Universitätskliniken ¹Aachen, ⁵Greifswald, ⁷Bonn,
²Wien, ³Krefeld, ⁴Mannheim, ⁶Rottach-Egern

Leitlinien sind systematisch erarbeitete Empfehlungen, um den Arzt in Klinik und Praxis bei Entscheidungen über eine angemessene Versorgung des Patienten im Rahmen spezifischer klinischer Umstände zu unterstützen. Leitlinien gelten für Standardsituationen und berücksichtigen die aktuellen, zu den entsprechenden Fragestellungen zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Erkenntnisse. Leitlinien bedürfen der ständigen Überprüfung und eventuell der Änderung auf dem Boden des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes und der Praktikabilität in der täglichen Praxis. Durch die Leitlinien soll die Methodenfreiheit des Arztes nicht eingeschränkt werden. Ihre Beachtung garantiert nicht in jedem Fall den diagnostischen und therapeutischen Erfolg. Leitlinien erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Entscheidung über die Angemessenheit der zu ergreifenden Maßnahmen trifft der Arzt unter Berücksichtigung der individuellen Problematik.

Empfehlungsgrade (EM-GR) gemäß DEGAM (Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin)

- A** sehr gut fundiert
- B** mittelmäßig fundiert
- C** mäßige wissenschaftliche Grundlage

Phlebologie 2005; 34: 176 – 80

Definition

Die IPK, auch AIK (apparative intermittierende Kompression) d. h. die apparative Anwendung pneumatischer Wechseldrucke, dient der

- Thromboembolieprophylaxe,
- Entstauungstherapie venöser und lymphologischer Erkrankungen und
- Beeinflussung der arteriellen Durchblutung

* Diese Leitlinie wurde von Experten im Rahmen einer Konsensuskonferenz erarbeitet, die am 24. April 2004 auf Schloss Weikersdorf/Baden bei Wien auf Initiative der Deutschen Gesellschaft für Phlebologie (DGP) und unter der Schirmherrschaft der Deutschen Gesellschaft für Phlebologie, der Schweizerischen Gesellschaft für Phlebologie und der Arbeitsgemeinschaft Phlebologie der Österreichischen Dermatologischen Gesellschaft stattfand. Die Konsensuskonferenz fand mit einer nicht gebundenen finanziellen Unterstützung der Industrie für Reise- und Hotelkosten statt. Die Leitlinie wurde vom Vorstand und Beirat der DGP sowie den beteiligten Experten nach ausführlicher Beratung am 1. März 2005 verabschiedet. Es wurde jede einzelne vorliegende randomisierte, kontrollierte Studie (randomized controlled trial; Abk. RCT¹) hinsichtlich Empfehlungs- und Evidenzgrad bewertet und dahingehend beurteilt, ob sie in die Leitlinie aufgenommen werden konnte oder etwa wegen minderer Qualität ausgeschlossen werden musste. Im Vorfeld hatten die Teilnehmer zu jeder Publikation ihres ihnen zugeordneten Themenkreises einen Evaluationsbogen erarbeitet, der dann zur Konferenz allen zur Diskussion vorlag.

¹ Die RCTs wurden nach folgenden Kriterien bewertet: Evidenzgrade (EV-GR) aufgrund I. Metaanalyse oder systematischer Review von RCTs oder mehrerer RCTs, II. einer RCT oder systematische Reviews von Kohortenstudien oder einer oder mehrerer Kohortenstudien, III. systematische Reviews von Fall-Kontrollstudien oder einer oder mehrerer Fallkontrollstudien, IV. Fall-Serien .

im ambulanten und stationären Bereich. Zur Thromboembolieprophylaxe und zur Entstauungstherapie werden differente Systeme eingesetzt.

Geräte

Man unterscheidet prinzipiell bezüglich des Applikationsortes zwei Systeme, die so genannte Fußpumpe, die eine intermittierende Kompression auf den plantaren Venenplexus ausübt, und die Extremitätenpumpe, die mittels doppelwandiger Behandlungsmanchetten Druck auf die Extremität abgibt.

Fußpumpe

Sie besteht aus einem Luftpulsgenerator und einem Spezialschuh, über dessen aufpumpbarer Sohle die Kompression geleitet wird.

Extremitätenpumpe

Es handelt sich neben dem Luftpulsgenerator um ein- oder mehrkammerige (bis 12 Kammern), doppelwandige Bein-, Arm-, Hüft- oder Hosenmanschetten, die je nach Ausführung und Pumpe Druck von 12 bis 200 mmHg aufbringen. Mit der einkammerigen Manschette lässt sich nur intermittierend, d. h. regelmäßig druckgebend-druckaussetzend, mit den mehrkammerigen Manschetten sowohl intermittierend als auch sequentiell, d. h. fortlaufend von einer distalen zu weiteren proximalen Kammern, arbeiten (so genanntes Milking). Die Behandlungsmanschetten der Mehrkammersysteme unterscheiden sich in der Anzahl der einzelnen Luftkammern. Der individuell erforderliche Druck wird in definierten Zeitabständen auf- und abgebaut.



Rithalia et al. untersuchten acht verschiedene IPK-Geräte hinsichtlich ihrer Druck/Zeit-Kurven. Die Drucke in den Kammern variierten von 6 bis 124 mmHg, und im Inflationsablauf betragen sie 1 bis 9 mmHg/s.

Normen

Laut Universal-Medical-Device-Nomenclature-System (UMDNS) sind die intermittierenden Geräte mit der Nr. 10–969, die sequentiellen mit der Nr. 16–387 belegt. Neben den aufwändigeren Klinik- und Praxisgeräten gibt es Heimgeräte, die vom Arzt verordnet werden können. Diese Geräte sind als Hilfsmittel im offiziellen Hilfsmittelverzeichnis (Bundesanzeiger, Hrsg.: Bundesministerium für Justiz) in der Produktgruppe 17 gelistet und mit einer mehrstelligen Hilfsmittel-Positionsnummer versehen. IPK-Geräte sind der Risikoklasse IIa des Medizinproduktegesetzes zugeordnet und müssen deshalb von einer neutralen sachverständigen Stelle (so genannte Benannte Stelle) geprüft werden, ehe sie das CE-Zeichen erhalten. Eine Normierung der Geräte gibt es nicht und ist gegenwärtig auch nicht vorgesehen.

Indikationen

- Thromboembolieprophylaxe
- postthrombotisches Syndrom
- Ulcus cruris
- venöse Ödeme
- posttraumatische Ödeme
- Lymphödeme
- Lipödeme
- Ödem-Mischformen
- periphere arterielle Verschlusskrankheit unter strenger Kontrolle
- diabetischer Fußdefekt
- sensorische Störung bei Hemiplegie

Kontraindikationen

- dekompenzierte Herzinsuffizienz
- ausgedehnte Thrombophlebitis, Thrombose oder Thromboseverdacht
- Erysipel

- schwere nicht eingestellte Hypertonie
- akutes Weichteiltrauma der Extremitäten
- Neuropathie
- okkludierende Prozesse im Lymphabstrombereich

Risiken und Nebenwirkungen

Zu möglichen Komplikationen unter Anwendung der IPK liegen nur einzelne Fallbeschreibungen und eine retrospektive Erhebung vor:

- Nervus-peroneus-Schädigung (Pittmann, Lachmann et al., Mc Grory et al.),
- Drucknekrose (Parra, Anand),
- Kompartmentsyndrom (Werbel et al.),
- Lungenembolie (Siddiqui et al.),
- Genitallymphödem – retrospektive Studie (Boris et al.).

I. Thromboembolieprophylaxe

Es werden 1- bis 3-kammerige Geräte verwandt. Es sollten Drucke um 45 mmHg in einer möglichst kurzen Zeit aufgebaut werden und die Verzögerung zwischen zwei Zyklen sollte möglichst kurz sein (Kamm et al.). Die tiefe Beinvenenthrombose (TVT) ist eine häufige Erkrankung bei immobilisierten Krankenhauspatienten, die oft auch asymptomatisch sein kann. Komplikationen dieser TVT können die Lungenembolie (LE) oder das postthrombotische Syndrom (PTS) sein. Expositionelle Risikofaktoren einer TVT sind bei hospitalisierten Patienten Trauma, Operation oder Immobilisation aufgrund internistischer oder neurologischer Erkrankungen und bei Frauen die Schwangerschaft oder das Wochenbett. Außerdem fördern dispositionelle Faktoren wie Thrombophilie oder Malignome die Entstehung einer TVT. Die Anwendung der IPK bewirkt eine erhöhte Blutströmungsgeschwindigkeit in den Venen der Extremität und eine Erhöhung der fibrinolytischen Aktivität.

Wirksamkeit

Die IPK ist grundsätzlich geeignet zur Thromboembolieprophylaxe nach verschiedenen operativen Eingriffen. Es wurden nur RCTs berücksichtigt, in denen die asymptomatischen TVT mittels valider bildgebender Verfahren diagnostiziert wurden.

A Die IPK (Bein/Fuß) mit oder ohne medizinischem Thromboseprophylaxestumpf (MTS) reduziert das Risiko einer asymptomatischen TVT nach Hüftgelenkersatzoperation (Hochrisiko).

Die IPK (Bein) reduziert das Risiko einer TVT um die Hälfte (Hull et al.) oder auch mehr (Ryan et al.); sie hat im Vergleich zur Warfaringabe (low-dose) (Kämpffe et al., Paiement et al.) oder niedermolekularem Heparin (NMH) einen ähnlich großen reduzierenden Effekt (Warwick et al.).

Ein MTS mit IPK (Bein) oder ein MTS mit Warfaringabe zeigten ähnliche Ergebnisse: 27% TVT in der ersten Gruppe und 32% in der zweiten Gruppe (Francis et al.). Dagegen wurde festgestellt, dass die IPK (Bein) eine TVT signifikant eher verhindert als eine Low-dose-Warfaringabe (Bailey et al.).

Die IPK (Fuß) vermindert das Risiko einer TVT signifikant, verglichen mit der Gabe von Heparin und Azetylsalizylsäure (0% versus 20%) (Stannard et al.). Werden zusätzlich zur IPK noch ein MTS und Heparin gegeben, lässt sich das Risiko von 27% auf 6% reduzieren (Bradley et al.). (EV-GR I)

A Die IPK (Bein, Fuß) reduziert das Risiko einer asymptomatischen TVT nach Hüftgelenksfraktur (Hochrisiko).

Die IPK (Unterschenkel, Fuß) vermindert das Risiko einer TVT von 19% auf 6% (Metaanalyse) (Handoll et al.). (EV-GR I)

A Die IPK (Unterschenkel, Bein oder Fuß) reduziert das Risiko einer asymptomatischen TVT nach Kniegelenkersatzoperation (Hochrisiko).

In einer Metaanalyse (Westrich et al.) wurden 23 Studien mit insgesamt 6001 Patienten berücksichtigt. Es zeigte sich, dass die Rate der TVT nach IPK 17%, nach NMH 29%, nach Warfarin 45% und nach Aspirin 53% beträgt. Nach IPK (Unterschenkel) wurden TVT in 8% und bei den Kontrollpatienten in 22% der Fälle gesehen. (EV-GR I)



A Bei Patienten mit allgemein chirurgischen Eingriffen (mittleres bis hohes Risiko) vermindert die IPK das Risiko einer TVT.

In einer Metaanalyse (Clagett et al.) wurde die Rate der TVT nach Anwendung der IPK mit 9,9%, bei nicht therapierten Patienten mit 20,3% angegeben; der Vergleich der IPK mit der Gabe von niedrig dosiertem Heparin (NDH = low dose heparin) zeigt das Verhältnis 6,9% zu 13,3%. (EV-GR I)

A Bei Patienten, die sich einer großen oder offenen urologischen Operation unterziehen mussten (mittleres Risiko), wurde das Risiko einer TVT durch Anwendung der IPK (Unterschenkel, Fuß) reduziert.

Die IPK (Bein) und die IPK (Fuß) sind ähnlich effektiv (Soderdahl et al.). Stellt man die Patientengruppen, die eine IPK (Unterschenkel) bzw. keine Prophylaxe erhielten, einander gegenüber, so zeigen sich in der ersten Gruppe 7% TVT, in der Kontrollgruppe 25% (Coe et al.). In einer anderen Studie wurde die Wirksamkeit der IPK (Bein) jeweils mit der eines MTS und einer Heparin-gabe verglichen (Hansberry et al.). Nach IPK betrug die TVT-Rate 12,5%, nach MTS 20% und nach Heparin-gabe 8%. (EV-GR I)

A Die IPK (Unterschenkel, Bein oder Fuß) ist effektiv in der Prophylaxe der asymptomatischen TVT bei traumatisierten Patienten (Hochrisiko).

Bei Anwendung der IPK am Bein treten nur 6,4% TVT auf, bei der am Fuß 21% (Elliott et al.). Die Gabe von NMH ist nicht signifikant effektiver als die IPK am Unterschenkel (Ginzburg et al.). (EV-GR I)

A Bei neurochirurgischen Patienten (Hochrisiko) wird das Risiko einer TVT durch IPK (Bein, Fuß) und MTS reduziert.

Die Rate der TVT ist bei der IPK (Bein) plus MTS 9%, in der Kontrollgruppe 19,8% (Turpie et al.). Mit der IPK (Unterschenkel) ist die Thromboserate signifikant geringer als bei Nichtbehandlung (Skillman et al.). (EV-GR I)

B Bei herzchirurgischen Patienten (Hochrisiko) scheint die IPK (Bein) wirksamer zu sein als MTS alleine.

Nach IPK (Bein) plus MTS und ASS war die Rate der TVT 19%, bei Applikation eines MTS plus ASS betrug sie 22% (Goldhaber et al.). (EV-GR II)

B Bei gynäkologisch-onkologischen Patienten (Hochrisiko) wurde mittels klinischer Untersuchung und mittels CW-Doppler eine Thrombose bei 1/106 nach IPK (Bein), bei 2/105 nach NMH gefunden. (EV-GR II)

B Die IPK (Unterschenkel) ist effektiv in der Prophylaxe der asymptomatischen TVT bei Patienten mit größeren abdominalen Eingriffen (Hochrisiko).

Die Gabe von niedrig dosiertem Heparin (NDH) ist jedoch wirksamer als die IPK (Mellbring et al.). (EV-GR I)

Die Anwendung verschiedener IPK-Geräte scheint zu unterschiedlichen Reduktionen der Thromboserate zu führen (Procter et al.). Die Häufigkeit der TVT lag zwischen 2 und 9,8% im Vergleich von fünf verschiedenen IPK-Geräten. Ob Bein- oder Unterschenkel-Manschetten wirksamer sind, konnte in einer Metaanalyse (Vanek et al.) nicht geklärt werden.

Kosten: Ramaswami et al. kalkulierten die Kosten einer siebentägigen Prophylaxe bei allgemein chirurgischen Patienten. Sie beliefen sich bezüglich der MTS auf 5,94 engl. Pfund, für IPK auf 6,58, für NDH auf 16,80 und für NMH auf 38,00 engl. Pfund. Die Kosten für bauchchirurgische Patienten betragen bei Gabe von NDH 86 US-\$, von IPK 103, und von Dalteparin 124 US-\$ (Mamdani et al.).

II. Therapie

Es werden bis zu 12-kammerige Geräte verwandt. Die IPK ist grundsätzlich geeignet zur Entstauungstherapie unterschiedlicher venöser oder lymphologischer Erkrankungen. Nebenwirkungen sind extrem selten.

Wirksamkeit

A Die IPK (Bein) als zusätzliches Therapeutikum beschleunigt die Abheilung eines Ulkus bei chronischer venöser Insuffizienz (CEAP-Stadium 6).

Die zusätzliche IPK (Bein) zum Kompressionsverband (KV) (Kumar et al.), zur Lokalthherapie (Mc Culloch et al.) oder zum medizinischen Kompressionsstrumpf (MKS)

mit Lokalthherapie (Smith et al.) verkürzt die Ulkusheilungsrate signifikant. Die IPK in Verbindung mit dem MKS und der Lokalbehandlung im Vergleich zum KV zeigt keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Abheilungszeit. Die IPK plus MKS bei Heimtherapie ist wirksamer als der Zinkleimverband (Schuler et al.). Die IPK (Bein) sollte bei Patienten, deren Ulzerationen nach sechsmonatiger Standardtherapie nicht zur Abheilung gekommen sind, eingesetzt werden (Metaanalyse) (Berliner et al.). (EV-GR I)

B Die IPK (Bein) verbessert die Symptomatik eines schweren postthrombotischen Syndroms.

In einer Studie wurde die Wirkung der IPK mit therapeutischen und mit Plazebodrukken geprüft. Der Symptom-Score verbesserte sich signifikant in der Gruppe der mit den therapeutischen Drucken behandelten Patienten (Ginsberg et al.). (EV-GR II)

A Die IPK führt beim sekundären Armlymphödem zu einer Ödemreduktion.

Patienten mit IPK-Behandlung zeigten im Vergleich zu nicht therapierten Patienten eine Ödemreduktion (Dini et al., Pecking et al.); der Vergleich mit der komplexen physikalischen Entstauungstherapie (KPE) erbrachte keine signifikanten Unterschiede (Johannsson et al.). (EV-GR I)

B Die zusätzliche IPK zur komplexen physikalischen Entstauungstherapie (KPE) bei sekundärem Armlymphödem hat einen additiven Effekt.

Bei den Patienten, die zusätzlich zur KPE eine IPK erhielten, konnte eine signifikante Volumenreduktion ermittelt werden (Szuba et al.) Skall et al. berichten dagegen, dass nach dreimonatiger IPK oder manueller Lymphdrainage letztere eine signifikant größere Volumenreduzierung erzielt habe. (EV-GR II)

A IPK-Mehrkammsysteme sind rascher wirksam als Einkammersysteme bei primärem und sekundärem Beinlymphödem.

Mehrkammsysteme bewirken nach einmaliger Anwendung eine signifikant größere Volumenreduktion (Bergan et al.). Eine Daueranwendung der IPK bei Patienten mit Arm- und Beinlymphödem zeigte allerdings keine signifikanten Unterschiede, jedoch führten Mehrkammsysteme we-



sentlich schneller zum Erfolg (Pohjola et al.). (EV-GR I)

A Die IPK (Fuß, Unterschenkel) bewirkt bei Patienten mit symptomatischer peripherer arterieller Verschlusskrankheit eine Verlängerung der Gehstrecke.

In einer kontrollierten, aber nicht randomisierten Studie verlängert sich die Gehstrecke bei einer täglichen Therapiezeit bis zu vier Stunden über einen Zeitraum von mehr als vier Monaten signifikant im Gegensatz zu den nicht therapierten Patienten (Delis et al. 2000). Dieser positive Effekt konnte auch nach IPK von Fuß und Unterschenkel in einer randomisierten, kontrollierten Studie nachgewiesen werden (Delis et al. 2005). (EV-GR I)

B Die IPK (Fuß, Unterschenkel) führt bei Patienten mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit zur Verlängerung der Gehstrecke, zur Ulkusabheilung und zu einer geringeren Amputationsrate.

In einem systematischen Review (Labropoulos et al.), in dem 26 Arbeiten, davon drei RCTs berücksichtigt wurden, wurde deutlich, dass die intensive IPK-Therapie die Gehstrecke verlängert, die Ulkusgröße vermindert und die Amputationsrate verringert. (EV-GR II)

A Die IPK (Fuß, Unterschenkel), kombiniert mit anderen physikalischen Methoden, hat eine signifikante Reduktion des posttraumatischen oder postoperativen Fuß- oder Unterschenkelödems zur Folge.

Die IPK in Kombination mit einem elastischen Kompressionsverband führt bei Patienten mit akuter Sprunggelenksdistorsion (Airaksinen et al.) oder nach akuter Sprunggelenksfraktur (Thordarson et al. 1997) im Vergleich zum alleinigen elastischen Kompressionsverband zu einer signifikanten Ödemreduktion. Auch bei Patienten mit Fersenbeinfraktur bewirkt die kombinierte Therapie von IPK und physikalischen Methoden eine signifikante Verminderung des Ödems (Thordarson et al. 1999). Wird bei Patienten mit Kniegelenksersatzoperationen neben einem elastischen Kompressionsverband und Physiotherapie noch die IPK (Fuß) eingesetzt, so zeigt sich postoperativ eine deutlich geringere Unterschenkelanschwellung (Tamir et al.).

Der optimale Druck zur Entstauung eines venösen Ödems liegt zwischen 30 und

40 mmHg, bei einer Inflationszeit von 15 s und einer Deflationszeit von 10 s (Grievesson). Die Autorin ermittelte diese Ergebnisse bei 24 Ödem-Patienten, indem sie die genannten Parameter systematisch variierte. Eine Studie an neun pädiatrischen Beinlymphödem-Patienten ergab, dass die Anwendung unterschiedlicher IPK-Geräte zu unterschiedlichen Volumenreduktionen führt (McLeod et al.). (EV-GR II)

B Der Einsatz von IPK (Arm) zusätzlich zur Physiotherapie erbringt beim hemiplegischen Patienten mit Handödem keine Vorteile hinsichtlich Ödemreduktion und Besserung der Beweglichkeit (Roper et al.). (EV-GR II)

A Die IPK (Fuß) fördert die Wundheilung beim debridierten diabetischen Fußinfekt.

Eine täglich achtstündige, über 12 Wochen sich erstreckende IPK-Therapie bewirkt bei diesen Patienten eine deutlich schnellere Wundheilung (Armstrong et al.). (EV-GR I)

B Die IPK (Arm) führt bei Apoplexie-Patienten zu einer signifikanten Verringerung der sensorischen Störung, insbesondere der taktilen Empfindung.

Bei täglich 30 Minuten Therapie über 30 Tage konnte ein gutes Ergebnis erzielt werden (Cambier et al.). (EV-GR II)

Literatur**

1. Airaksinen O, Kolari TJ, Miettinen H. Elastic bandages and intermittent pneumatic compression for treatment of acute ankle sprains. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71: 380–3.
2. Anand A. Complications associated with intermittent pneumatic compression device. *Anesthesiology* 2000; 93: 1556–7.
3. Armstrong DG, Nguyen HC. Intermittent pneumatic compression promoted healing in foot infections. *Arch Surg* 2000; 135: 1405–9.
4. Bailey JP, Krüger MP, Solano FX et al. Prospective randomized trial of sequential compression devices vs low-dose warfarin for deep venous thrombosis prophylaxis in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 1991; 6 (Suppl): 29–35.
5. Bergan JJ, Sparks S, Angle N. A comparison of compression pumps in the treatment of lymphedema. *J Vasc Surg* 1998; 32: 455–62.

** Die Literaturangaben beziehen sich ausschließlich auf Studien, die in der Leitlinie verwendet wurden (Evidenzgrad I-II, Empfehlungsgrad A-B).

6. Berliner E, Ozbilgin B, Zarin DA. A systemic review of pneumatic compression for treatment of chronic venous insufficiency and venous ulcers. *J Vasc Surg* 2003; 37: 539–44.
7. Boris M, Weindorf S, Lasinski BB. The risk of genital edema after external pump compression for lower limb lymphedema. *Lymphology* 1998; 31: 15–20.
8. Bradley JG, Krugener GH, Jager HJ. The effectiveness of intermittent plantar venous compression to prevention of deep venous thrombosis after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 1993; 8: 57–61.
9. Cambier DL, De Corte E, Daniels LA et al. Treating sensory impairment in the post-stroke upper limb with intermittent pneumatic compression. *Clin Rehabil* 2003; 17: 14–20.
10. Clagett GP, Reisch JP. Prevention of venous thromboembolism in general surgical patients. *Ann Surg* 1988; 208: 227–40.
11. Coe NP, Collins REC, Klein LA et al. Prevention of deep vein thrombosis in urological patients. *Surgery* 1978; 83: 230–4.
12. Delis KT, Nicolaides AN, Wolfe JH et al. Improving walking ability and ankle brachial pressure indices in symptomatic peripheral vascular disease with intermittent pneumatic foot compression. *J Vasc Surg* 2000; 31: 650–61.
13. Delis KT, Nicolaides N. Effect of intermittent pneumatic compression of foot and calf on walking distance, hemodynamics and quality of life in patients with arterial claudication. *Ann Surg* 2005; 241: 431–41.
14. Dini D, Del Mastro L, Gozza A et al. The role of pneumatic compression in the treatment of post-mastectomy lymphedema: A randomized phase III study. *Ann Oncol* 1998; 9: 187–90.
15. Elliot CG, Dudney TM, Egger M et al. Calf-thigh sequential pneumatic compression compared with plantar venous pneumatic compression to prevent deep-vein thrombosis after non-lower extremity trauma. *J Trauma* 1999; 47: 25–32.
16. Francis CW, Pellegrini VD, Marder VJ et al. Comparison of warfarin and external pneumatic compression in prevention of venous thrombosis after total hip replacement. *JAMA* 1992; 267: 2911–5.
17. Ginsberg JS, Magier D, Mackinnon B et al. Intermittent compression units for severe post-phlebotic syndrome: a randomized crossover study. *CMAJ* 1999; 160: 1303–6.
18. Ginzburg E, Cohn SM, Lopez J et al. Randomized clinical trial of intermittent pneumatic compression and low molecular weight heparin in trauma. *Br J Surg* 2003; 90: 1338–44.
19. Goldhaber SZ, Hirsch DR, MacDougall RS et al. Prevention of venous thrombosis after coronary artery bypass surgery. *Am J Cardiol* 1995; 76: 993–6.
20. Grievesson S. Intermittent pneumatic compression pump settings for the optimum reduction of oedema. *J Tissue Viability* 2003; 13: 98–110.
21. Handoll HHG, Furrar MJ, McBimie J et al. Heparin, low molecular weight heparin and physical methods for preventing deep vein thrombosis and



- pulmonary embolism following surgery for hip fractures. In: *Cochrane Library 2004*: 1 Oxford Update Software.
22. Hansberry KL, Thompson JM, Baumann J et al. A prospective comparison of thromboembolic stockings external sequential pneumatic compression stockings and heparin sodium/dihydroergotamine mesylate for the prevention of thromboembolic complications in urological surgery. *J Urol* 1991; 145: 1205–8.
 23. Hull RD, Raskob GE, Gent M et al. Effectiveness of intermittent pneumatic leg compression for preventing deep vein thrombosis after total hip replacement. *JAMA* 1990; 263: 2313–7.
 24. Johansson K, Lie E, Ekdahl C et al. A randomized study comparing manual lymph drainage with sequential pneumatic compression for treatment of postoperative arm lymphedema. *Lymphology* 1998; 31: 56–64.
 25. Kaemffe FA, Lifeso RM, Meinking C. Intermittent pneumatic compression versus coumadin. Prevention of deep vein thrombosis lower extremity total joint arthroplasty. *Clin Orthop Rel Res* 1991; 269: 89–97.
 26. Kamm R, Butcher R, Froelich J et al. Optimisation of indices of external pneumatic compression for prophylaxis against deep vein thrombosis: radionuclide gated imaging studies. *Cardiovasc Res* 1986; 20: 588–96.
 27. Kumar S, Samraj K, Nirujogi V et al. Intermittent pneumatic compression as an adjuvant therapy venous ulcer disease. *J Tissue Viability* 2002; 12: 42–4.
 28. Labropoulos N, Wierks C, Suffoletto B. Intermittent pneumatic compression for the treatment of low extremity arterial disease: a systematic view. *Vasc Med* 2002; 7: 141–8.
 29. Lachmann EA, Rook JL, Tunkel R et al. Complications associated with intermittent pneumatic compression. *Arch Phys Med Rehabil* 1992; 73: 482–5.
 30. Mamdani MM, Weingarten CM, Stevenson JG. Thromboembolic prophylaxis in moderate-risk patients undergoing elective abdominal surgery: decision and cost-effectiveness analysis. *Pharmacotherapy* 1996; 16: 1111–27.
 31. Maxwell GL, Synan I, Dodge R et al. Pneumatic compression versus low molecular weight heparin in gynecologic oncology surgery. A randomized trial. *Obstet Gynecol* 2001; 98: 989–95.
 32. Mc Culloch JM, Marler KC, Neal MB et al. Intermittent pneumatic compression improves venous ulcer healing. *Adv Wound Care* 1994; 7: 22–4.
 33. Mc Grory B, Burke DM. Peroneal nerve palsy following intermittent sequential pneumatic compression. *Orthopedics* 2000; 23: 1103–5.
 34. Mc Leod A, Brooks D, Hale J et al. A clinical report on the use of three external pneumatic compression devices in the management of lymphedema in a pediatric population. *Physiotherapy Canada* 1991; 43: 28–32.
 35. Mellbring G, Palmer K. Prophylaxis of deep vein thrombosis after major abdominal surgery. Comparison between dihydroergotamine-heparin and intermittent pneumatic calf compression and evaluation of added graded static compression. *Acta Chir Scand* 1986; 152: 597–600.
 36. Paiement G, Wessinger SJ, Waltman AC et al. Low-dose warfarin versus external pneumatic compression for prophylaxis against venous thromboembolism following total hip replacement. *J Arthropl* 1987; 2: 23–6.
 37. Parra RO. Pressure necrosis form intermittent pneumatic-compression stockings. *N Engl J Med* 1987; 321: 1615.
 38. Pecking AP, Cluzan RV. Results of a self sequential pressotherapy as a substitute for classical decongestive therapy in a group of patients with a refractory upper limb lymphedema. XIX. Int. Congress of Lymphology 1.-6.9.2003 in Freiburg/Germany.
 39. Pittmann GR. Peroneal nerve palsy following sequential pneumatic compression. *JAMA* 1989; 261: 2201–2.
 40. Pohjola RT, Peknamäki K, Kolari PJ. Intermittent pneumatic compression of lymphoedema. *Eur J Lymphol* 1995; 5: 87–90.
 41. Proctor MC, Greenfield LJ, Wakefield TM et al. A clinical comparison of pneumatic compression devices. *J Vasc Surg* 2001; 34: 459–65.
 42. Ramaswami R, Fisher CM, Geroulakos G et al. Cost-effectiveness of prophylaxis of deep vein thrombosis in general surgery. *Br J Surg* 1993; 80: 1483–4.
 43. Rithalia SVS, Heath GH, Gonsalkorale M. Evaluation of intermittent pneumatic compression systems. *J Tissue Viability* 2002; 12: 52–7.
 44. Roper TA, Redford S, Tallis RC. Intermittent compression for the treatment of the oedematous hand in hemiplegic stroke: a randomized controlled trial. *Age Ageing* 1999; 28: 9–13.
 45. Ryan MG, Westrich GH, Potter HG et al. Effect of mechanical compression on the prevalence of proximal deep venous thrombosis as assessed by magnetic resonance venography. *J Bone Joint Surg* 2002; 84: 1998–2004.
 46. Schuler JJ, Maibenco T, Megerman J et al. Treatment of chronic venous ulcers using sequential gradient intermittent pneumatic compression. *Phlebology* 1996; 11: 111–6.
 47. Siddiqui AU, Buchman TG, Hotchkiss RS. Pulmonary embolism as a consequence of applying sequential compression device on legs in a patient asymptomatic of deep vein thrombosis. *Anesthesiology* 2000; 92: 880–2.
 48. Skall H, Haedersdal C, Winkel H et al. Manual lymph drainage compared with sequential pneumatic compression, evaluated by volumetrical and scintigraphical techniques and by health survey SF-36. XIX. International Congress of Lymphology 1.-6.9.2003 Freiburg/Germany.
 49. Skillman JJ, Collins REC, Coe NP et al. Prevention of deep vein thrombosis in neurosurgical patients: A controlled randomized trial of external pneumatic boots. *Surgery* 1978; 83: 354–8.
 50. Smith PC, Sarin S, Hasty J et al. Sequential gradient pneumatic compression enhances venous ulcer healing: a randomized trial. *Surgery* 1990; 108: 871–5.
 51. Soderdahl DW, Henderson SR, Hansberry KL. A comparison of intermittent pneumatic compression of the calf and whole leg in preventing deep venous thrombosis in urological surgery. *J Urol* 1997; 157: 1774–6.
 52. Stannard JT, Harris RM, Bucknell AL et al. Prophylaxis of deep venous thrombosis after total hip arthroplasty by using intermittent compression of the plantar venous plexus. *Am J Orthop* 1996; 25: 127–34.
 53. Szuba A, Achalu R, Rockson SG. Decongestive lymphatic therapy for patients with breast carcinoma-associated lymphedema. A randomized, prospective study of a role for adjunctive intermittent pneumatic compression. *Cancer* 2002; 95: 2260–7.
 54. Tamir L, Hendel D, Neyman C et al. Sequential foot compression reduces low limb swelling and pain after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 1999; 14: 333–8.
 55. Thordarson DB, Ghalambor N, Perlman M. Intermittent pneumatic pedal compression and edema resolution after acute ankle fracture: a randomized study. *Foot Ankle Int* 1997; 18: 347–50.
 56. Thordarson DB, Greene N, Shepherd L et al. Facilitating edema resolution with a foot pump after calcaneus fracture. *J Orthop Trauma* 1999; 13: 43–6.
 57. Turpie AG, Hirsh J, Gent M et al. Prevention of deep vein thrombosis in potential neurosurgical patients. A randomized trial comparing graduated compression stockings alone or graduated compression stockings plus intermittent pneumatic compression with control. *Arch Intern Med* 1989; 149: 679–81.
 58. Vanek VW. Meta-analysis of effectiveness of intermittent pneumatic compression devices with a comparison of thigh high to knee-high sleeves. *Am Surg* 1998; 64: 1050–8.
 59. Warwick D, Harrison J, Glew D et al. Comparison of the use of a foot pump with the use of low-molecular-weight heparin for the prevention of deep vein thrombosis after hip replacement. A prospective, randomized trial. *J Bone Joint Surg Am* 1998; 80: 1158–66.
 60. Werbel GB, Shybut GT. Acute compartment syndrome caused by a malfunctioning pneumatic-compression boot. *J Bone Joint Surg* 1986; 68: 1445–6.
 61. Westrich GH, Haas SB, Mosca P et al. Meta-analysis of thromboembolic prophylaxis after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 2000; 82: 795–800.

Korrespondenzadresse:
 Univ.-Prof. Dr. med. V. Wiener
 Universitätsklinik Aachen
 Pauwelsstr. 30, 52074 Aachen