

Experimentelle Studien über externe pneumatische Kompressionsverfahren am Modell eines menschlichen Beins

D.A. Olson, R.D. Kamm, A.H. Shapiro
Department of Mechanical Engineering
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, Massachusetts 02139
(Aus dem Englischen übersetzt)

Bei der intermittierenden, externen pneumatischen Kompression handelt es sich um eine vielversprechende Prophylaxe gegen die tiefliegende Venenthrombose (1).

Für die hier beschriebene Studie wurden jeweils drei Arten von Kompressionszyklen auf das hydraulische Modell eines menschlichen Beins (Abb. 1) ausgeübt. Das Modell bestand aus einem 58,3 cm langen Penrose-Schlauch mit einem Innendurchmesser von 1,22 cm, umgeben von einem gleichförmig runden Zylinder aus Polyurethan-Schaumgummi mit einem Durchmesser von 10 cm. Der Strömungskreislauf erzeugte eine gleichmäßige Durchflußrate und simulierte einen mittleren Arteriendruck, mittleren Venendruck und ein Kapillarnet. Eine 31,8 cm lange Manschette mit 4 Kammern und doppelter Wandung, die eine wadenlange Manschette darstellen sollte, wurde um das Beinende am Oberwasserbehälter (Knöchel) gelegt.

Es wurden drei Arten von Kompressionen untersucht:

- (1) gleichförmiger, d.h. identischer Druck in sämtlichen Manschettchenkammern;
- (2) wellenförmigen Druck, d.h. eine vom Knöchel bis zum Knie fortschreitende Welle; und
- (3) abgestufter Druck, d.h. höchster Druck am Knöchel und niedrigster Druck am Knie bei gleichzeitigem Kompressionsauftrag.

Kenngrößen des Kompressions-Zyklus wie Spitzenkammerdruck, Anstiegszeit des Kammerdrucks, Zeitspanne zwischen der Druckbeaufschlagung der anschließenden Kammern (bei der wellenförmigen Methode), und Druckunterschiede zwischen den Kammern (bei der abgestuften Kompression) wurden über die Bereiche, die für uns von praktischem Interesse waren, variiert.

Folgende Daten wurden aufgezeichnet: Strömungsraten an den Einlaß- und Auslaßöffnungen des Beins sowie im Querschnittsbereich. Die Messungen erfolgten mit Hilfe einer elektrischen Impedanzmeßmethode (2) an 20 Stellen unterhalb und geringfügig oberhalb der Druckmanschette.

Bei jeder Kombination der Druckbeaufschlagungsparameter wurden die räumlichen Verteilungen von Mindestbereich, maximaler Flüssigkeitsgeschwindigkeit und maximaler Wandscherspannung, die lokal während des Kompressionszyklus erreicht wurden, bestimmt.

Es handelt sich hierbei um die hämodynamischen Parameter, die am wahrscheinlichsten mit dem Risiko der Thrombusbildung im Zusammenhang stehen.

Abb. 2 zeigt die Ergebnisse für die Fälle, bei denen für jede Kompressionsmethode ungefähr optimale Parameter zugrundegelegt wurden.

Gleichmäßige Kompression erzeugt eine wirksame Entleerung, hohe Geschwindigkeit und hohe Scherspannung hauptsächlich nahe des unteren Endes der Manschette. Unterhalb des Knies ist sie jedoch vergleichsweise unwirksam.

Bei der abgestuften und wellenförmigen Kompression erfolgen ein hoher Grad des Zusammenfallens, größere Geschwindigkeiten und höhere Scherspannungen über die gesamte Beinlänge auf sehr viel gleichmäßigere Weise; ein Ergebnis, das theoretisch bereits vorhergesagt wurde (3). Daraus geht hervor, daß wellenförmige und abgestufte Kompression der gleichmäßigen Kompression als prophylaktische Maßnahme gegen tiefe Venenthrombose überlegen sind.

(1) Roberts, V.C. and Cotton, L.T., in „Venous Thromboembolic Disease“, C.V. Ruckley and I.M.C. Macintyre, eds., pp. 11-30, Churchill Livingstone, Edinburgh (1975).

(2) Mc Clurken, M.E., 31st ACEMB, p. 95 (1978).

(3) Kamm, R.D. and Shapiro, A.H., 31st ACEMB, p 96 (1978).

Die vorliegende Untersuchung wurde unterstützt durch NHLBI-Zuschuß Nr. 5-RO1-HL17974 und NSF-Zuschuß Nr. ENG76-08924.

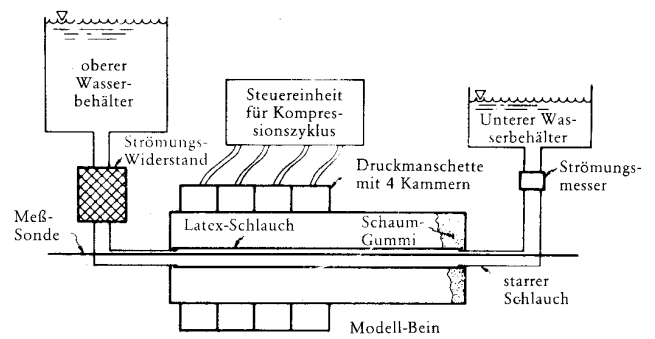


Abb. 1

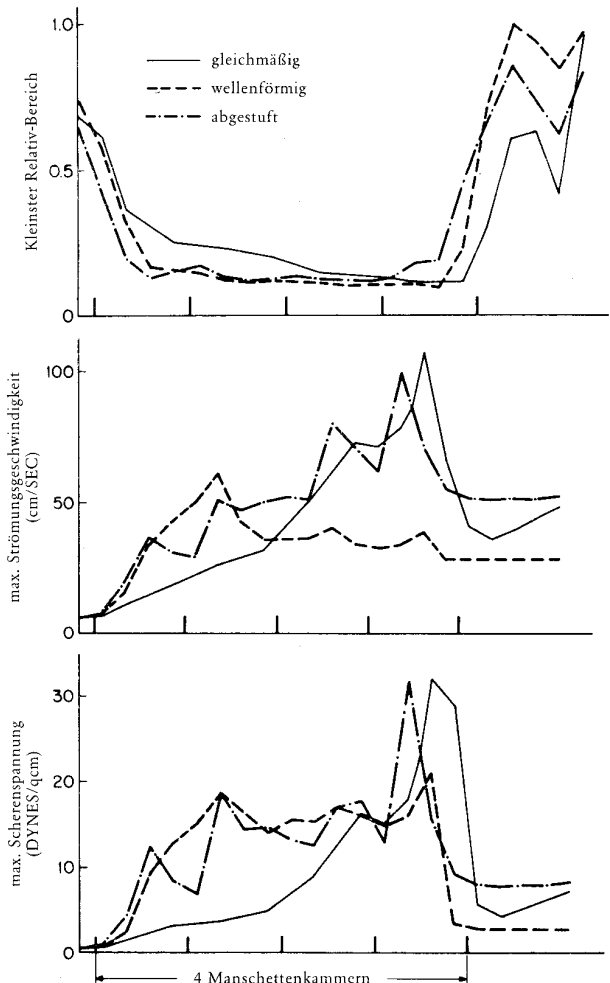


Abb. 2