

Cabri, J., Caldonazzi S., Clijsen R. (2010). Auswirkung von Kompressionsstrümpfen auf die Ausdauerleistung während eines submaximalen Laufbandtests. *Sportverletz Sportschaden*. 24(4),179-83

Dette er siste tekst-versjon av artikkelen, og den kan inneholde ubetydelige forskjeller fra forlagets versjon. Forlagets versjon finner du på www.thieme.de

This is the final text version of the article, and it may contain insignificant differences from the journal's version. The original publication is available at www.thieme.de

Auswirkung von Kompressionsstrümpfen auf die Ausdauerleistung während eines submaximalen Laufbandtests.

Effect of compression stockings on aerobic performance in submaximal treadmill running.

Jan Cabri ¹, Stephan Caldonazzi ², Ron Clijsen ²

¹ Dept. Physical Performance, The Norwegian School of Sport Sciences, Oslo, Norway

² University College Physiotherapy, Landquart, Switzerland

ABSTRACT (DE)

Ziel dieser Studie war es, zu messen, welche Auswirkungen zwei verschiedene Kompressionsstrümpfe auf die Leistungsfähigkeit, die Laktatproduktion, sowie den subjektiven Erschöpfungsgrad (BORG) von gut trainierten Ausdauerathleten haben. **METHODIK:** Durchgeführt wurde ein submaximaler Laufbandtest. Die Intensität bestimmte die saisonale persönliche Bestzeit jedes Athleten über 5000 Meter. Gelaufen wurde bei jedem Test bei 85% von dieser Bestzeit. An dieser Studie nahmen sechs männliche, gesunde und moderat trainierte Ausdauerathleten (31.0 ± 6.8 Jahre) teil. Jeder Proband absolvierte drei Tests, je einen alle 48 Stunden zur selben Tageszeit (dazwischen befand sich eine Erholungsphase mit alltäglicher Arbeit), mit zwei verschiedenen Kompressionsstrümpfen (SKINSTM und Nike), sowie einen Testdurchgang ohne Strümpfe. Der erste Test wurde für alle Probanden ohne Strümpfe durchgeführt, die Reihenfolge der Testmomente mit Kompressionsstrümpfen wurde zufällig ausgewählt. Nach einem standardisierten Aufwärmprogramm wurden der Laktatwert vor Untersuchungsbeginn und die Herzfrequenz aufgezeichnet. Zusätzlich wurden während dem Test die Herzfrequenz und die BORG Wertungen alle 1000 Meter aufgezeichnet. Weiter wurden Laktatwertungen am Ende der Untersuchung und nach zwei Minuten, sowie die Herzfrequenz nach 30, 60 und 120 Sekunden Erholung erhoben. Aufzeichnungen über die Temperatur (°C) und die Luftfeuchtigkeit (%) erhielten wir zu Beginn und nach Ende des Tests. **ERGEBNISSE:** Wir konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich Herzfrequenz, mit Ausnahme von Herzfrequenz bei 1000 Meter (162.67 ± 5.85 (Control) vs. 159.33 ± 5.78 (NIKE) und 159.67 ± 8.57 (SKINS) ($p < 0.05$)). Laktatwerte und BORG Wertungen beobachten. Trotzdem haben wir eine Tendenz für geringere Herzfrequenzwerte und BORG Messungen zwischen den Kompressionsgruppen und der Kontrollgruppe gefunden. Tendenzen zwischen den beiden Kompressionsgruppen konnten nicht festgestellt werden. **DISKUSSION:** Beziehen wir uns auf den Ausgang dieser Studie können wir keine signifikanten Unterschiede bezüglich Herzfrequenz, BORG Skala Wertungen und Laktatwertungen beobachten. Zu beachten sind hier jedoch die geringe Probandenzahl, die Altersspanne der Probanden und die Unterschiede der persönlichen Bestzeiten der einzelnen Sportler über 5000 Meter. Trotzdem sollte beachtet werden, dass dieses Studiendesign vergleichbare Messungen einzelner Sportler mit demselben Belastungsmoment zu allen drei Untersuchungsdaten unter verschiedenen Bedingungen liefert und somit eine Homogenität der Gruppe stärkt. **KONKLUSION:** Abschließend sind keine Unterschiede bezüglich Herzfrequenzveränderungen, subjektiver Ermüdung und Laktatproduktion beobachtet worden.

ABSTRACT (UK)

The purpose of this study was to determine the effects of under-knee compression stockings of two different brands on sub maximal running performance in men runners. Using a within-group study design, 6 moderately trained healthy athletes (31.0 ± 6.8 years) without lower-leg abnormalities were randomly assigned to perform a treadmill test over 5km at 85% of their individual personal best time over 5000m of the last season with two different stockings (NIKE, SKINS) and without any stocking (Control). **METHODS:** Every subject had to perform the same running test at their own same running speed on three different testing days at the same day time at each day. Between every testing moment, participants added up 48 hours of recovery in daily routine. For every subject, first test was performed without stockings. The sequence of the following two performances was randomly selected. After standardised warm-up protocol, baseline lactate values ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) and heart rate (bpm) were determined. Additionally heart rate and perceived exertion were observed every 1000m. Lactate at end and after 2 min recovery, heart rate after 30sec, 60sec and 120sec of recovery, were also measured. **RESULTS:** No statistically significant differences were found for heart rate, except heart frequency at 1km (162.67 ± 5.85 (Control) vs. 159.33 ± 5.78 (NIKE) and 159.67 ± 8.57 (SKINS); $p < 0.05$ ($p = 0.032$)), blood lactate and BORG scale. Humidity (%) (37.73 ± 0.69 (Control) vs. 37.50 ± 0.67 (NIKE) and 37.02 ± 0.86 (SKINS)). **CONCLUSION:** No changes in heart rate, lactate values and perceived exertion were noted when wearing compression stockings.

Keywords: treadmill running, lactate, compression stockings and endurance sport

EINLEITUNG

In den vergangenen Jahren ist die Zahl an Sportlern, welche verschiedene Arten von Kompressionsbekleidungen im Training zur Erholung und im Wettkampf verwenden, stark gestiegen. Sogar im absoluten Leistungsbereich verwenden bekannte Sportler und Sportlerinnen wie Gete Wami und Paula Radcliff (New York Marathon 2007), Kompressionsstrümpfe zur Leistungssteigerung. Neben den Ausdauersportarten wie Marathon, Triathlon, Berglauf, Rennrad, verwenden auch andere Sportarten Kompressionsbekleidung zur Verbesserung der individuellen Leistungsstärke. Dieser Boom an Interesse hat mittlerweile zahlreiche Ausstattungs- und Herstellungsunternehmen auf den Plan gerufen, ihre eigenen Kollektionen zu entwerfen und auf den Markt zu bringen. In Europa hauptsächlich verbreitet sind Ausstatter wie Nike, Adidas, Cep und Skins. Was, oder besser gesagt wie viel diese Kompressionsartikel tatsächlich zur Leistungssteigerung beitragen wird immer noch heiß diskutiert.

Im generellen sind kniehohe Kompressionsstrümpfe bei der Prophylaxe von tiefer Beinvenenthrombose eingesetzt worden. Vorteil dieser Methode im Vergleich zu anderen mechanischen und pharmakologischen Methoden ist, dass sie einfach zu handhaben und billiger sind. Vergleichen wir Daten aus einer systematischen Review von Sajid et al. (2006), so haben hospitalisierte Patienten nach einer Operation ein 6%iges Risiko, eine tiefe Beinvenenthrombose (DVT-deep venous thrombosis) zu entwickeln, selbst wenn diese kniehohe Kompressionsstrümpfe tragen [1]. Dieses Risiko verringert sich auf 4%, wenn die Patienten Kompressionsbekleidung von Fuß bis zum Oberschenkel trugen. Als Vergleich dazu dienen Risikoangaben für Langstreckenfluggäste, welches bei 0.08% liegt.

Einige neuere Studien erforschten die Auswirkungen von Kompressionsbekleidungen auf die Herzfrequenz. Dabei gab es unterschiedliche Beobachtungen, wobei der Hauptteil der Untersuchungen keine signifikanten Änderungen für die Herzfrequenz beobachten konnten [2-6]. Diese Studien untersuchten die Herzfrequenz verschiedener Sportler aus verschiedenen Sportarten, sowie unterschiedlichen Leistungsanforderungen und mehreren Kompressionsbekleidungen. So zeigte Kemmler et al. (2009) keine signifikanten Unterschiede bei einem Stufentest auf dem Laufband, mit einer Arbeitsleistung über 30 Minuten bei Kompressionsstrümpfen verglichen mit Sportsocken [3]. Sprung- und Sprintaufgaben als Leistungsparameter in einem sportartspezifischen Testzirkel, oder auch nur Sprungformen für Explosivsportler an sich, zeigten ähnliche, nicht signifikante Ergebnisse bezogen auf die Veränderungen der Herzfrequenz [2, 4-6]. Einzig eine Studie berichtete von tendenziell erhöhten Herzfrequenzmessungen der Kontrollgruppe (ohne Kompressionsstrümpfe) bei einem 10 Kilometer Laufest [7]. Diese waren jedoch nicht statistisch signifikant erhöht [7].

Andere Studien untersuchten die Veränderungen der Leistungsfähigkeit, der Blutwerte, sowie des subjektiven Erschöpfungsgrades. Leistungssteigernde Effekte im Sinne von einer erhöhten Laufgeschwindigkeit bei der aeroben und anaeroben Schwelle, bei einem Stufentest auf dem Laufband, observierte Kemmler et al. (2009) [3]. Ähnliche Ergebnisse präsentierte Bringard et al. (2006) bezogen auf einen signifikant niederen aerobe Energieaufwand bei elastischen Kompressionshosen im Vergleich zu normalen Trainingshosen [8]. Dabei scheint es, dass auch die komprimierende Oberfläche der Bekleidung eine wichtige Rolle spielen könnte und dies in Zukunft vermehrt im Focus der Untersuchungen liegen könnte [6, 9, 10]. Zusammengefasst, zeigen andere Studien keine signifikanten Unterschiede in Sprint-, Sprung-, oder Wurfperformances [5, 6, 10-12].

Betrachten wir die Änderungen bezüglich der Fließgeschwindigkeit des Blutes aus einer technischen Sichtweise, so prüfte Lyons et al. (2002) Änderungen diesbezüglich [13]. Durch die Reizung der Wadenmuskulatur mittels elektrischer neuromuskulärer Stimulation (NMES) in Verbindung mit Kompressionsstrümpfen erhöhte sich die Spitzengeschwindigkeit des Blutflusses bei jeder Stimulation sehr stark ($p < 0.01$) [13]. Vergleichen wir die Steigerung mit der Ausgangssituation in Ruhe, erhöhte sich die Spitzenfließgeschwindigkeit mit Kompressionsstrümpfen um 502% bei jeder NMES (266% bei NMES ohne Kompression) [13]. Ähnliche Ergebnisse mit erhöhtem Blutfluss beobachtete Bochmann et al. (2005), wobei nach extern angelegtem Druck auf den Unterarm, der Blutfluss in den nächsten drei Minuten erhöht blieb (115% erhöht, im Vergleich zum Kontrollarm, der keine Veränderungen zeigte) [14]. Keine Veränderungen bezüglich der CK Werte oder den Blutlaktatgehalt zeigten einige andere Studien [2, 3, 5, 6, 10, 15, 16]. Gegensätzliche Ergebnisse mit signifikant tieferen CK Werten für die Kompressionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigte Kraemer et al. (2001) [6, 9]. Weitere Studien zeigten interessante Ergebnisse bezüglich der Größenveränderungen von bestimmten Venen (V. poplitea, V. tibialis posterior) [11, 17]. In einer dieser Studien beobachtete man zusätzlich, tendenziell erhöhte Scherkräfte der Innenauskleidung der Venen (wall shear stress – WSS), bei der Verbindung beider oben erwähnten Venen, unter Verwendung von Kompressionsstrümpfen [17]. Wenden wir uns dem subjektiven Ermüdungsgrad und deren Veränderungen unter der Einwirkung von Kompressionsbekleidung zu, so sehen wir zwei geteilte Meinungen der Studien. Eine Vielzahl der Studien zeigt keine Unterschiede der Schmerzskala VAS (visual analog scale) oder der Skala für subjektive Ermüdung RPE (rating of perceived exertion) zwischen den Untersuchungsgruppen, während oder nach verschiedenen sportlichen Aktivitäten [2, 7, 10, 15, 16]. Dem entgegen zeigen andere Studien, geringere Wertungen der RPE für die Kompressionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe, bei exzentrischer Muskelarbeit oder während der Erholungsphase nach körperlicher Aktivitäten [5, 6, 9].

Ziel dieser Studie war es, angesichts dieser Unterschiede in den erwähnten verschiedenen Bereichen herauszufinden und zu beobachten, ob es Veränderungen bezüglich der Herzfrequenz, dem Blutlaktat Spiegel und dem subjektiven Ermüdungsgrad, bei einer gleichbleibenden Laufbelastung, mit oder ohne Kompressionsstrümpfe, gibt. Zusätzlich fragen wir uns, ob es unterschiedliche Ergebnisse zwischen zwei Herstellungsmarken für dieselben Parameter mit derselben Belastung geben kann.

METHODIK

Sechs männliche Sportler aus dem Bereich des Marathon, des Halbmarathon und des Triathlon haben an den Versuch teilgenommen (Alter: 31.0 ± 6.8 Jahre, Gewicht: 74.7 ± 7.5 Kg, Körpergröße: 182.0 ± 2.8 cm, Fettgehalt: $6.9\% \pm 1.5\%$). Im Vorfeld bekamen wir die persönliche Bestzeit über 5000 Meter der aktuellsten Saison zugesendet ($1445s \pm 223.34$). Jeder Proband erklärte sich schriftlich damit einverstanden, ordnungsgemäß zu dem Ablauf der Studie informiert worden zu sein und freiwillig daran teilzunehmen. Zudem reichte jeder Teilnehmer im Vorfeld einen ausgefüllten Fragebogen zu deren Trainingsgewohnheiten beim Testleiter ein.

Die Probanden mussten gesund sein und durften in den letzten 6 Monaten keine Verletzungen erlitten haben. Die Erfahrung mit oder ohne Kompressionsstrümpfe spielte dabei keine Rolle. Alle Athleten mussten sich in der Aufbauphase der neuen Saison befinden, die Zeit bis zum letzten Wettkampf musste mindestens 10 Tage betragen.

Alle Athleten absolvierten drei Testmomente zur gleichen Tageszeit und unter den möglichst gleichen Rahmenbedingungen. Die Zeit zwischen den Testmomenten betrug 48 Stunden. Der erste Testlauf wurde ohne Kompressionsstrümpfe durchgeführt, für jeden Athlet. Alle weiteren Testmomente wurden randomisiert festgelegt, indem ein Athlet eine verdeckte Karte (A oder B = Nike oder Skins) am ersten Test Tag ziehen musste. Die gezogene Bedingung A oder B wurde am 2. Test Tag angewendet und bestimmte automatisch den 3. Test Tag. Dem nächsten Probanden wurde die gegenteilige Testoption vom Testleiter zugewiesen danach wurde durch das Ziehen der Karten durch den nächsten Probanden die weitere Testreihe bestimmt. Der Ablauf des Tests wurde standardisiert durchgeführt. Begonnen wurde mit den Messungen bezüglich Körpergröße, Fettgehalt und Körpergewicht. Zudem mussten Fragen bezüglich den Trainingsgewohnheiten der letzten 48 Stunden, den alltäglichen Aktivitäten in dieser Zeit und dem Ess- und Trinkverhalten während den letzten 24 Stunden vor dem Testmoment beantwortet werden. Das Testmaterial wurde ungewaschen und ungebraucht konsumiert und von dem Testleiter erst unmittelbar vor Testbeginn übergeben. Kontrolle der Herzfrequenz wurde über einen Empfänger an dem Handlauf des Testlaufbandes abgelesen. Die BORG Skala (perceived exertion scale) wurde gut sichtbar, linksseitig auf dem Laufband angebracht. Vor Testbeginn wurde der standardisierte Aufwärmprozess, sowie die Entnahme der Blutprobe aus dem rechten Ohrflüppchen instruiert. Zudem wurde der Proband aufmerksam gemacht, jegliche Unbehaglichkeit und körperliches Unwohlsein, unverzüglich dem Testleiter zu melden.

Das Aufwärmprotokoll wurde standardisiert durchgeführt. Dabei wurde die Laufgeschwindigkeit jedes einzelnen Sportlers individuell vor Antritt des Testablaufes festgelegt. Dabei liefen die Sportler mit einem Tempo, welches 85% von ihrer saisonalen Bestzeit über 5000 Meter der letzten Saison betrug. Von 6 Minuten im Gesamten des Aufwärmprozesses wurden die ersten beiden Minuten mit 6 km/h, weitere zwei Minuten mit 10 km/h und die letzten zwei Minuten mit der individuell angepassten Laufgeschwindigkeit durchgeführt. Im Anschluss gab es eine Unterbrechung von zwei Minuten bis der eigentliche Test gestartet wurde. Diese Ruhephase wurde stehend abgehalten. Zusätzlich gab es eine erneute Instruktion zur BORG Skala und dem Testablauf. 15 Sekunden vor Testbeginn wurde die erste Blutabnahme durchgeführt. Nebenbei wurden bei Teststart die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und der erste Wert für die Herzfrequenz abgenommen. Die weiteren Herzfrequenzmessungen wurden nach je 1000 gelaufenen Metern sowie nach Testende nach 30s, 60s und 120s abgenommen. BORG Wertungen wurden alle 1000 Meter aufgezeichnet. Ebenfalls wurden bei Testende wiederum die Luftfeuchtigkeit, die Temperatur aufgezeichnet und eine weitere Blutabnahme ausgeführt. Danach musste der Proband in einer stehenden Position zwei Minuten verweilen, um die letzte Blutabnahme durchführen zu können. Um die Umgebungsfaktoren gleich zu halten wurden neben diesen Messungen auch Auswertungen bezüglich weiteren wichtigen Parametern durchgeführt. Die Luftfeuchtigkeit (%) (37.73 ± 0.69 (Control) vs. 37.50 ± 0.67 (NIKE) und 37.02 ± 0.86 (SKINS)) und die Temperatur (°C) (24.29 ± 0.21 (Control) vs. 24.43 ± 0.22 (NIKE) und 24.57 ± 0.23 (SKINS)) blieben konstant über alle drei Messungen.

Das verwendete Material war einerseits von Nike (Nike Cush Compression Knee-High Running Socks; Hilversum, Niederlande) und andererseits von Skins™ (Skins Sport Powersox™; Germany SKINS GmbH, Starnberg, Germany). Die Blutauswertungen wurde mittels BIOSEN S_line (EKF diagnostic Sales GmbH, Barleben/Magdeburg, Germany) durchgeführt. Polar T-31 (Polar Electro Oy Kempele, Finnland), Multimeter MC Voice M-501 (BGS technic, Wermelskirchen), Stadiometer von GPM (SERITEX INC., East Rutherford, USA) und Waage von TANITA TBF 612 (Tanita Corporation, Arlington Heights, Illinois, USA) wurde benützt.

Statistische Analyse wurde mittels der Software von IBM SPSS Statistics 18 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) durchgeführt.

ERGEBNISSE

Vor Abnahme der Herzfrequenz wurde die richtige Tragweise des Brustgurtes und der Kompressionsstrümpfe kontrolliert und eine angenehme, nichtstörende Tragweise vom Probanden bestätigt. Im Allgemeinen wurden tiefere Herzfrequenzen für die Kompressionskondition beobachtet. Für beide Kompressionsstrümpfe wurden über alle drei Messungen insgesamt 108 Werte aufgezeichnet. 74 (68.52%) von diesen 108 Werten waren tiefer als jene in der Kontrollumstänbändigkeit (ohne Kompression). Die Werte von der Erholungsphase nach Testende, waren in 21 (58.4%) von 36 Werten tiefer als bei der Kontrollsituation. Dies ist jedoch nur eine Beobachtung unserer Daten. Die statistische Analyse hingegen hat ergeben, dass nur eine Messung eine statistisch signifikante Abweichung der Werte von beiden Kompressionsgruppen zur Kontrolle zeigte. Dieser signifikante Unterschied, wurde nur bei der Herzfrequenzmessung bei 1000 Meter ($Hf1$ (bpm) = 162.67 ± 5.85 (Control) vs. 159.33 ± 5.78 (NIKE) und 159.67 ± 8.57 (SKINS); $p=0.032$) ausgewertet. Für die restlichen Messungen konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden.

Bei der Auswertung für die BORG Wertungen konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede ($p>0.05$) gefunden werden. Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede ($p<0.05$) konnten für die Laktatwerte (mmol/L) beobachtet werden. Es schien jedoch, dass zu Beginn des Tests, bei der ersten Blutabnahme nach dem Aufwärmprogramm, die Werte für die Laktatproduktion etwas tiefer waren für die Kompressionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe (2.31 ± 0.879 (Control) vs. 2.26 ± 0.762 (NIKE) und 2.13 ± 0.539 (SKINS)). Für die beiden anderen Messungen konnten keine Änderungen beobachtet werden (2.83 ± 2.699 (Control) vs. 2.63 ± 1.974 (NIKE) und 2.86 ± 1.802 (SKINS)), sowie nach zwei Minuten Erholung (2.61 ± 2.372 (Control) vs. 2.47 ± 1.927 (NIKE) und 2.66 ± 1.731 (SKINS)). Zusammenfassend konnten wir keine generellen, oder statistisch signifikanten Unterschiede für alle Laktatwerte feststellen.

DISKUSSION

Ziel dieser Studie war es, herauszufinden welche Effekte verschiedene Kompressionsstrümpfe auf die Leistungsfähigkeit von Ausdauerläufer, während eines kontinuierlichen Ausdauerlaufes haben. In dieser Studie konnten wir keinen eindeutigen Nutzen von Kompressionsstrümpfen bei einem Ausdauerlauf von moderat trainierten Athleten zwischen 24 und 39 Jahren, demonstrieren. Generelle Beobachtungen, welche wir gemacht haben, sind eine allgemeine Reduktion der Herzfrequenzwerte und der BORG Skala Wertungen für die Kompressionsgruppen (Nike und Skins) verglichen zu der Kontrollgruppe (keine Kompressionsstrümpfe) bei einem submaximalen Ausdauerlauf (bei 85% von persönlicher saisonaler Bestzeit über 5000 Meter). Trotz diesen generellen Beobachten oder Tendenzen, konnte nur ein einziger statistisch signifikanter Unterschied für die Herzfrequenzmessung bei 1000 Meter abgenommen werden. Deshalb sollten wir etwas genauer die verschiedenen Teile der Studie betrachten.

In der gefundenen Literatur werden die Ergebnisse bezüglich den Leistungsveränderungen durch Kompressionsstrümpfe kontrovers diskutiert. So wurden auf der einen Seite positive Effekte bezüglich venöser und arterieller Durchblutungsänderungen, geringere Muskeloszillation, verbesserten Laktatabbau, tieferen CK

Werten, geringere Muskelermüdung und Muskelkater beobachtet, auf der anderen Seite jedoch zeigte nur die Minderheit an Studien signifikante Effekte auf verschiedenen Leistungsparameter gesunder Probanden [6-9, 11-14, 16, 17].

Um einen Einblick in die Trainingsdauer und Trainingshäufigkeit der Probanden zu bekommen haben wir uns im Vorfeld die Trainingsgewohnheiten der Athleten mittels speziellen Fragen schriftlich auswerten lassen. Jeder Proband hatte zwischen fünf bis zehn Trainingseinheiten per Woche. Fünf Athleten trainierten dabei zwischen acht und 16 Stunden pro Woche, nur einer trainierte unter acht Stunden im selben Zeitraum. Dies ist nur eine grobe Einschätzung des Trainingsumfanges, zeigt jedoch, dass die meisten der Athleten mit derselben Trainingshäufigkeit und Trainingsdauer sich vorbereiten. Solche Einschätzungen können die Gruppenvergleichbarkeit etwas bestätigen.

eine Tendenz von tieferen Werten für beide Kompressionsgruppen. Die Messungen der Herzfrequenzen zeigen keine signifikante Differenzen auf, bis auf eine Messung bei der 1000 Meter Marke. Zwischen beiden Kompressionsgruppen konnten wir weder signifikante Unterschiede noch Tendenzen erkennen. In die Literatur wird erwähnt dass eine Reduktion des Querschnittes der Beinvenen einen erhöhten venösen Rückfluss und damit einen erhöhten „preload“ des Herzens, mit einer effektiveren Arbeitsweise und somit einer geringeren Herzfrequenz für dieselbe Leistung mit sich bringen könnte [17]. Eine andere Studie von Bochmann et al. (2005) beobachtete, dass durch extern angebrachte Kompression die Blut Fließgeschwindigkeit signifikant erhöht wird [14]. Diese Ergebnisse bestätigt eine andere Studie, bei der ebenfalls die venöse Fließgeschwindigkeit der vena poplitea durch Kompression in Verbindung mit NMES (neuromuskulärer elektrischer Stimulation) signifikant erhöht wurde [13]. Eine andere Erklärung für geringere Werte der Herzfrequenz könnte sein, dass durch das verwendete Material, eine bestimmte Menge an Energie gespeichert werden kann, welche die Muskelarbeit unterstützen könnte. In Anlehnung dazu, zeigte Maton et al. (2006), dass elastische komprimierende Strümpfe keinen Einfluss auf Muskelermüdung haben [18]. Dabei zeigten die EMG Ableitungen keine Unterschiede mit oder ohne Kompressionsstrümpfe [18].

Keine signifikanten Unterschiede in die Laktatwerte könnten notiert werden. Grund dafür könnte sein, dass die Laktatwerte im Allgemeinen sehr tief für alle Probanden waren. Vergleichen wir unsere Ergebnisse mit der Literatur, so sehen wir teilweise gleiche Ergebnisse. Vergleichbare Messungen erzielten kürzlich durchgeführte Studien über die Leistungsfähigkeit von Läufern, für Netzbballspieler welche einen sportartspezifischen Circuit absolvierten, für Sprint-, Sprung- und Wurfübungen in verschiedenen Sportarten [2-6, 9]. Nur eine Studie konnten wir finden, welche tiefere Werte für die Laktatproduktion (mit Kompressionsstrümpfen) während der Erholungsphase beobachtete [16].

Was die Wertungen für die BORG Skala betreffen, werden auch hier keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Grund dafür könnte sein, dass die Kontrollsituation (ohne Strümpfe), auch kein Placebomaterial, den Test durchführte. So könnten die Probanden durch deren eigenen Erwartung und/oder Erfahrung mit Kompressionsbekleidung beeinflusst worden sein. Eine Erklärung könnte sein, dass das Tragen von kniehohen Kompressionsstrümpfen ein angenehmes Empfinden für die Wade ausmachen kann und dem Probanden unter Leistung dazu verhilft, dieses Wohlbefinden in erhöhte Leistungsfähigkeit umzusetzen.

Erwähnenswert sind noch, die Limitierenden Faktoren unserer Studie. Damit wir die Umgebungsfaktoren so konstant wie möglich halten konnten, waren wir gezwungen Indoor zu testen und zudem auf einem Laufband. Damit wir dabei für jeden Testmoment dieselbe Arbeitsleistung bekommen, haben wir uns dazu entschlossen,

bei 85% der persönlichen Bestzeit über eine bestimmte Strecke zu testen, hier die 5000 Meterzeit der letzten Saison. Somit war es allen Probanden möglich über eine bestimmte Strecke dieselbe Geschwindigkeit (Arbeitsleistung) abzuliefern. Damit unsere Ergebnisse nicht zu stark von der individuellen Form verzerrt wurden, haben wir beschlossen, die Tests erst dann durchzuführen, wenn sich alle Probanden in der Aufbauphase befinden und davor mindestens 10 Tage Erholung vom letzten Wettkampf hatten. Zudem wurden alle Probanden zum selben Tageszeitpunkt (+/- 30 Minuten) bei allen drei Testmomenten getestet, damit grobe individuelle Schwankungen des zirkadianen Rhythmus vermieden werden konnten.

Gestärkt werden unsere Ergebnisse durch die Tatsache, dass individuelle Leistungsunterschiede, bedingt durch Verletzungen oder Erkrankungen der letzten sechs Monate, ausgeschlossen werden konnten. Weiter befanden sich die Probanden in deren Aufbauphase, welches ebenfalls starke Leistungsunterschiede zwischen den Probanden eingegrenzt hat. Auch der Abstand vom letzten Wettkampf zum ersten Testmoment ermöglichte den Probanden genügend Erholung für die Testreihe. Einer der stärksten Faktoren ist wohl, dass durch das Studiendesign, drei verschiedene Testmomente mit demselben Probanden durchgeführt werden konnte. Somit sind die Unterschiede der verschiedenen Gruppen geringer, als wenn verschiedene Probanden in den drei Gruppen verwendet worden wären. Zudem wurden durch dieselbe Arbeitsleistung und somit durch dieselbe Volumenbelastung des Herzens die gleichen Bedingungen für alle Testmomente geschaffen. Um Wettkampfähnliche Voraussetzungen für diese Studie zu schaffen, haben wir uns dazu entschlossen, die Kontrollgruppe ohne Kompressionsstrümpfe oder anderem Material rennen zu lassen. Dies widerspiegelt mehr oder weniger genau die Wettkampfsituation, wobei mit oder ohne Kompressionsmaterial gelaufen wird. Ebenfalls wichtig war es herauszufinden, welche Unterschiede es zwischen zwei verschiedenen Marken von Kompressionsstrümpfen im Vergleich zueinander und auch im Vergleich zur Kontrollgruppe gibt. Dass zwei Testmomente mit Kompressionsstrümpfen durchgeführt wurden erhöht die Aussagekraft unserer Ergebnisse. Unterstützend zu den objektiven Messwerten, gaben die Wertungen der BORG Skala, die Wertungen über die Motivation zum Testmoment und die Erfahrungswerte von Kompressionsbekleidung einen Einblick über die psychologischen Aspekte von Kompressionsstrümpfe im Bezug auf Leistungsfähigkeit.

KONKLUSION

Schlussfolgernd konnten keine Veränderungen bezüglich der Herzfrequenz, den Blut Laktatwerten oder den Ratings der BORG Skala, bei einem submaximalen Laufbandtest unter der Verwendung von Kompressionsstrümpfen im Vergleich zu derselben Leistungsanforderung ohne Kompressionsstrümpfen, festgestellt werden. Um genauere Ergebnisse zu bekommen benötigt es weitere Untersuchungen mit mehr Probanden. Dabei sollten zusätzlich die psychologischen Effekte von Kompressionsbekleidung vermehrt betrachtet und überprüft werden.

DANKSAGUNG

Die Autoren möchten sich bei den Probanden für die Teilnahme und die Unterstützung dieses Projekts bedanken. Weiter gilt der Dank auch an den Olympiastützpunkt in Dornbirn für die Bereitstellung des Testmaterials und den Räumlichkeiten.

REFERENZEN

- [1] Sajid MS, Tai NR, Goli G, Morris RW, Baker DM, Hamilton G. Knee versus thigh length graduated compression stockings for prevention of deep venous thrombosis: a systematic review. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2006 Dec;32(6):730-6.
- [2] Duffield R, Cannon J, King M. The effects of compression garments on recovery of muscle performance following high-intensity sprint and plyometric exercise. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*. 2009 Jan 6.
- [3] Kemmler W, von Stengel S, Kockritz C, Mayhew J, Wassermann A, Zapf J. Effect of compression stockings on running performance in men runners. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2009 Jan;23(1):101-5.
- [4] Higgins T, Naughton GA, Burgess D. Effects of wearing compression garments on physiological and performance measures in a simulated game-specific circuit for netball. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*. 2009 Jan;12(1):223-6.
- [5] Duffield R, Edge J, Merrells R, Hawke E, Barnes M, Simcock D, et al. The effects of compression garments on intermittent exercise performance and recovery on consecutive days. *International journal of sports physiology and performance*. 2008 Dec;3(4):454-68.
- [6] Duffield R, Portus M. Comparison of three types of full-body compression garments on throwing and repeat-sprint performance in cricket players. *British journal of sports medicine*. 2007 Jul;41(7):409-14; discussion 14.
- [7] Ali A, Caine MP, Snow BG. Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. *Journal of sports sciences*. 2007 Feb 15;25(4):413-9.
- [8] Bringard A, Perrey S, Belluye N. Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise--positive effects of wearing compression tights. *International journal of sports medicine*. 2006 May;27(5):373-8.
- [9] Kraemer WJ, Bush JA, Wickham RB, Denegar CR, Gomez AL, Gotshalk LA, et al. Influence of compression therapy on symptoms following soft tissue injury from maximal eccentric exercise. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2001 Jun;31(6):282-90.
- [10] French DN, Thompson KG, Garland SW, Barnes CA, Portas MD, Hood PE, et al. The effects of contrast bathing and compression therapy on muscular performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008 Jul;40(7):1297-306.
- [11] Kraemer WJ, Volek JS, Bush JA, Gotshalk LA, Wagner PR, Gomez AL, et al. Influence of compression hosiery on physiological responses to standing fatigue in women. *Medicine and science in sports and exercise*. 2000 Nov;32(11):1849-58.
- [12] Doan BK, Kwon YH, Newton RU, Shim J, Popper EM, Rogers RA, et al. Evaluation of a lower-body compression garment. *Journal of sports sciences*. 2003 Aug;21(8):601-10.
- [13] Lyons GM, Leane GE, Grace PA. The effect of electrical stimulation of the calf muscle and compression stocking on venous blood flow velocity. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2002 Jun;23(6):564-6.
- [14] Bochmann RP, Seibel W, Haase E, Hietschold V, Rodel H, Deussen A. External compression increases forearm perfusion. *J Appl Physiol*. 2005 Dec;99(6):2337-44.
- [15] Trenell MI, Thompson CH, Sue CM. Exercise and myotonic dystrophy: a 31P magnetic resonance spectroscopy and magnetic resonance imaging case study. *Annals of neurology*. 2006 May;59(5):871-2.
- [16] Chatard JC, Atlaoui D, Farjanel J, Louisy F, Rastel D, Guezennec CY. Elastic stockings, performance and leg pain recovery in 63-year-old sportsmen. *European journal of applied physiology*. 2004 Dec;93(3):347-52.
- [17] Downie SP, Raynor SM, Firmin DN, Wood NB, Thom SA, Hughes AD, et al. Effects of elastic compression stockings on wall shear stress in deep and superficial veins of the calf. *American journal of physiology*. 2008 May;294(5):H2112-20.
- [18] Maton B, Thiney G, Dang S, Tra S, Bassez S, Wicart P, et al. Human muscle fatigue and elastic compressive stockings. *European journal of applied physiology*. 2006 Jul;97(4):432-42.