

Indicizzata
in
Focus On:
Citata
nel
Journal Citation Reports (ISI)
Sports Science & Medicine (ISI)

MEDICINA DELLO SPORT

RIVISTA DELLA FEDERAZIONE MEDICO SPORTIVA ITALIANA

VOLUME 60 - N. 4 - DICEMBRE 2007



EDIZIONI MINERVA MEDICA

Effect of knee-length elastic graduated compression stockings on aerobic performance in athletes

Effetti dell'uso di gambaletto elastico a compressione graduata sulla prestazione aerobica di atleti

G. P. GANZIT¹, M. MORETTI², M. MILANI³, G. ARPAIA³

¹Institute of Sports Medicine, FMSI, Turin, Italy

²Polycardiography Service, S. Anna Clinical Institute, Brescia, Italy

³Out-patient Unit of Medical Angiology and Non Invasive Vascular Diagnostics
Division of Medicine 2, Civil Hospital, Vimercate (MI), Italy

SUMMARY

Aim. Elastic compression stockings (ECS) may facilitate venous return to the heart during movement by improving muscle pump efficacy and increasing cardiac output. The aim of this study was to examine the effect of knee-length graduated elastic compression stockings (pressure at ankle 20 mm Hg) on aerobic performance.

Methods. Twenty trained cyclists 25-35 years old performed incremental exercise on a cycle ergometer. The workload was increased by 30 watt every 1 min until exhaustion. After a basal test, participants completed two trials 3-5 days apart in a crossover design, in which the athletes were randomly assigned to wear (or not) ECS. Heart rate, O₂ consumption, CO₂ production and minute ventilation were measured during the exercise tests.

Results. A significant increase in maximal workload with the use of ECS (382.5±35 W vs 360±45 W) was noted. Also $\dot{V}O_{2max}$ (4.43±0.46 l/min vs 4.20±0.69) was higher but the difference was not statistically significant; mechanical efficiency, maximal heart rate and ventilation were the same at both tests. Heart rate at submaximal workload with ECS was lower until anaerobic threshold (151±8 bpm vs 155±11 bpm at 270 W), resulting in a significantly higher work pulse.

Conclusion. The better performance with the use of ECS may be due to better cardiocirculatory function. Increased venous return improves end-diastolic volume and stroke volume, thus eliciting a reduced heart rate response to maintain similar cardiac output and a higher cardiac output at maximal heart rate. Wearing ECS during incremental exercise until exhaustion appears to increase workload in trained cyclists.

KEY WORDS: Exercise - Compressive stockings - Cycling - Oxygen consumption - Heart rate.

RIASSUNTO

Obiettivo. Tenuto conto che la compressione elastica progressiva (CEP) può facilitare il ritorno venoso al cuore durante il movimento aumentando l'efficacia della pompa muscolare scopo del presente lavoro è stato quello di esaminare l'effetto dell'uso di gambaletti elastici compressivi (pressione alla caviglia 20 mmHg) sulla prestazione aerobica.

Metodi. Venti ciclisti amatori allenati di età 25-35 anni sono stati sottoposti ad un a carico di lavoro progressivo su ergometro trasportatore. Il carico è stato aumentato di 30 watt ogni minuto sino all'esaurimento. Dopo un test basale, i soggetti sono stati sottoposti a due prove con e senza uso di CEP con un intervallo di 3-5 giorni fra loro. Le modalità della prima prova sono state stabilite con tavola di randomizzazione. Durante il test sono stati valutati in continuazione frequenza cardiaca, consumo di O₂, produzione di CO₂, ventilazione polmonare.

Risultati. Il carico di lavoro massimo è risultato significativamente maggiore usando CEP (382,5 ± 35 watt vs 360 ± 45 watt). Anche $\dot{V}O_{2max}$ (4,43±0,46 l/min vs 4,20±0,69) è risultato più elevato senza raggiungere però la significatività statistica. Il rendimento meccanico, la frequenza massima e la ventilazione massima sono risultati simili. La frequenza car-

diaca ai carichi submassimali sino alla soglia anaerobica è risultata inferiore con CEP (ad esempio a 270 watt, 151 ± 8 vs 155 ± 11 bpm) cosicché il polso di lavoro è risultato significativamente maggiore.

Conclusioni. La migliore prestazione con CEP può dipendere dalle migliori efficienza cardiocircolatoria. L'aumento del ritorno venoso incrementa il volume caridaco telediastolico e la gettata sistolica, in modo che per la stessa portata cardiaca la frequenza è minore ed alla frequenza cardiaca massima la gettata è maggiore. Quindi l'utilizzazione della CEP durante un esercizio progressivo sino all'esaurimento determina aumento del lavoro massimo in ciclisti amatori allenati.

PAROLE CHIAVE: Esercizio - Gambaletto elastico - Ciclismo - Consumo di ossigeno - Frequenza cardiaca.

The biomechanics of venous systemic circulation are less frequently studied than those of arterial circulation, despite their having several important physiological functions: blood reserve, regulation of blood volume and post-capillary resistance, and right ventricular preload. Venous insufficiency of the lower extremities is commonly treated with the application of compression hosiery. Graduated compression from the proximal to the distal area improves deep venous return, reduces superficial venous flow, prevents cutaneous venous stasis, reduces edema and pain, and can improve venous return also in healthy subjects.¹ External compression of up to 30 mm Hg does not reduce arterial flow; in fact, some studies have reported an increased arterial flow in healthy subjects and in the upper extremities.² External pressure is thought to increase tissue pressure and to reduce transmural vascular pressure, owing to vasodilatation of the small arteries and the arterioles by reflex return, resulting in increased blood flow.

Aerobic training increases arteriole dilatation, i.e. the vasodilatory capacity of muscles, and venous capacitance in the muscles used for exercising as well as those less used.³⁻⁵ Regular physical activity also leads to increased plasma volume,⁶ which occurs after aerobic exercising,^{7,8} accompanied by reduced heart rate due to increase systolic stroke.⁹

Exercise can cause fatigue and muscle pain. The anaerobic consumption of glycogen raises levels of inorganic acids (lactic acid and inorganic phosphates) responsible for fatigue and mechanical anomalies. The use of elastic compression stockings (ECS) reduces the levels of lactic acid^{10,11} and increases blood flow to the extremities and venous return.^{12,13}

The aim of this study was to determine whether use of ECS (20 mm Hg at the ankle) had an effect

Le proprietà biomeccaniche della parte venosa della circolazione sistemica sono meno studiate di quella arteriosa nonostante abbia importanti funzioni fisiologiche quali le funzioni di riserva ematica, controllo del volume ematico, controllo della resistenza postcapillare, funzione di precarico per il ventricolo destro. Interventi meccanici come le calze elastiche hanno ampia applicazione nel trattamento dell'insufficienza venosa degli arti inferiori. L'aumento progressivo della compressione dalla zona prossimale a quella distale migliora il ritorno venoso profondo, riduce il flusso venoso superficiale, previene la stasi venosa a livello cutaneo, riduce l'edema ed il dolore. Il ritorno venoso aumenta con la compressione elastica progressiva anche nei soggetti normali¹. La compressione esterna almeno sino a 30 mmHg non limita d'altra parte il flusso arterioso anzi alcuni autori hanno rilevato aumento del flusso anche in soggetti sani e negli arti superiori². Si ritiene che la pressione esterna aumenti la pressione tissutale e riduca quindi la pressione vascolare trasmurale. Questo fatto determina per via riflessa vasodilatazione delle piccole arterie e delle arteriole con conseguente aumento del flusso ematico.

L'allenamento aerobico aumenta la dilatazione arteriolare e cioè la capacità vasodilatatoria dei muscoli utilizzati ma anche la capacità venosa sia nei muscoli utilizzati nell'esercizio che in altri muscoli meno utilizzati³⁻⁵. L'attività fisica regolare tipicamente determina anche un aumento del volume plasmatico⁶. L'aumento del volume plasmatico che si verifica anche dopo un esercizio aerobico^{7,8} si accompagna a riduzione della frequenza cardiaca, dovuta ad aumento della gittata sistolica⁹.

L'esercizio può causare fatica e dolore muscolare. L'utilizzazione anaerobica del glicogeno determina aumento degli acidi inorganici (ac. lattico e fosfati inorganici) che sono responsabili della fatica e delle anomalie meccaniche. L'uso di compressione elastica dopo un esercizio in sportivi diminuisce i livelli di acido lattico^{10,11}, aumenta il flusso ematico agli arti e il ritorno venoso^{12,13}.

on aerobic performance of trained amateur athletes.

Materials and methods

This crossover, case-controlled, randomized study included 20 trained amateur cyclists (age range, 25-35 years), similar in body structure (max height 185 cm, max weight 85 kg) who volunteered to participate. Inclusion criteria were:

- written informed consent;
- previous experience with maximal exertion testing;
- absence of contraindications to maximal exertion testing;
- lower limb matched to size of the study ECS;
- absence of clinical signs of arterial disease or phlebopathy;
- absence of skin contact allergies or allergy to ECS.

The ECS size was selected by measuring ankle and calf circumference and leg length from the foot to the knee. Subjects were assisted in putting on the ECS, when needed, and correct wearing of the stocking was checked.

The trials were carried out under controlled laboratory conditions (temperature 22-24° C; humidity 55-65%; atmospheric pressure 745-756 mm Hg) during the afternoon and at least 3 h since the last meal. The cycle ergometry tests consisted of incremental loading of 30 W per minute until exhaustion; test parameters were: heart rate (HR) measured using an electrocardiograph; pulmonary ventilation, oxygen consumption and carbon dioxide production as measured using a metabolimeter. The tests were repeated in triplicate several days apart over a period of 3-5 days under similar conditions.

The first test was taken as the baseline trial; in the other two, the subject was assessed with or without the ECS according to a randomized list. The study ECS were furnished by Cizeta Medicali (Cuggiono, Italy). One half of the study sample (10 subjects) was evaluated at the Institute of Sports Medicine, Turin, using a Vmax spirometer (Sensor Medics) and a cycle ergometer (Lode); the other half was assessed at the Center for Sports Medicine, Brescia, using a Quarkb2 ergospirometer (Cosmed) and an Ergobike cycle ergometer (Daum).

Scopo del presente studio è stato quello di valutare se l'uso di una calza elastica (20 mmHg di compressione alla caviglia) sia in grado di influenzare la performance aerobica in atleti amatoriali allenati.

Materiali e metodi

Lo studio è di tipo cross-over caso/controllo randomizzato.

Sono stati presi in considerazione 20 atleti amatoriali allenati (ciclisti), di età compresa tra 25 e 35 anni, di struttura corporea simile (max h 185 cm; max w 85 Kg) che hanno accettato di partecipare allo studio volontariamente. I criteri di inclusione sono stati inoltre i seguenti:

- consenso informato scritto;
- precedente esecuzione di test da sforzo massimale;
- assenza di controindicazioni alla esecuzione di test da sforzo massimali intervenute dopo l'esecuzione dell'ultimo;
- corrispondenza tra le misure dell'arto inferiore dell'atleta e la tabella di vestibilità delle calze elastiche in sperimentazione;
- assenza di segni clinici rilevabili di arteriopatia o flebopatia a qualunque stadio evolutivo;
- assenza di allergia cutanea da contatto o di allergia a calze elastiche.

La taglia della calza utilizzata è stata scelta valutando la circonferenza della caviglia e del polpaccio oltre che la lunghezza della gamba dalla base del piede alla rima geniena. Inoltre è stata fornita assistenza in caso di necessità per la vestizione ed è stata verificata la corretta vestibilità.

Le prove sono state eseguite in laboratorio con temperatura di 22-24 °C, umidità del 55-65% e pressione atmosferica di 745-756 mmHg nelle ore pomeridiane ad almeno 3 ore dal pasto.

Gli atleti sono stati sottoposti a test su cicloergometro con carico progressivo di 30 watt per minuto sino all'esaurimento con controllo della frequenza cardiaca con metodo elettrocardiografico, della ventilazione polmonare, del consumo di ossigeno e della produzione di anidride carbonica con metabolimetro.

Ogni atleta ha ripetuto il test per tre volte a distanza di pochi giorni l'uno dall'altro, (minimo 3, massimo 5) in ambiente climatizzato, nelle stesse ore della giornata rispetto ai precedenti.

Il primo test è stato considerato "basale", il secondo ed il terzo test sono quelli di valutazione ed ese-

TABLE I.—Anthropometric characteristics of subjects.
TABELLA I.—Caratteristiche antropometriche dei soggetti.

Age (yrs)	29.9±4.3
Height (cm)	177.5±3.5
Weight (kg)	71.9±4.5
Body-Mass Index	23±0.1

Results

At baseline the study group had a mean weight of 71.9±4.5 kg and a mean height of 177.5±3.5 cm; body weight remained substantially unchanged during the study period (Table I).

Maximal work was greater with use of the ECS than without (382.5 W *versus* 360 W) (Table II). Analysis of variance for repeated measures showed that this difference was statistically significant ($P<0.05$). Maximal HR at this load was similar in the two tests (177 bpm); oxygen consumption was higher with use of the ECS (4.43 l/min *versus* 4.20 l/min) but this difference was not statistically significant. Maximal oxygen pulse was 25.1 ml with *versus* 23.3 ml without the use of the ECS; the work pulse was 130 J with *versus* 122 J without the use of the ECS. Maximum pulmonary ventilation was greater without the use of the ECS (148 l/min *versus* 142 l/min); this difference was not statistically significant. Greater ventilation led to a slight decrease in partial end-

guiti rispettivamente con e senza calza elastica indossata in sequenza stabilita con tavole di randomizzazione. I gambaletti elastici utilizzati per la sperimentazione sono stati forniti dalla Ditta CIZETA Medicali, Cuggiono-Italia.

10 soggetti sono stati testati presso l'Istituto di Medicina dello Sport FMSI di Torino con spiroergometro Vmax Sensor Medics e cicloergometro elettronico Lode, altri 10 presso il Centro di Medicina dello sport di Brescia con ergospirometro Quarkb² COSMED e cicloergometro Ergobike Daum.

Risultati

Le misure antropometriche riportate alla Tabella I evidenziano che il gruppo di atleti presentava al controllo iniziale un peso medio di 71,9 kg (DS 4,5) ed un'altezza media di 177,5 cm (DS 3,5). Il peso non ha presentato alle misurazioni successive differenze significative.

Il lavoro massimo sostenuto è stato maggiore con l'uso di calze elastiche 382,5 watt rispetto a 360 watt senza uso di calze (Tabella II). L'analisi della varianza per misure ripetute evidenzia una significatività statistica a $P<0,05$. La frequenza cardiaca massima a questo carico è risultato simile nelle 2 condizioni sperimentali (177 batt/min) mentre il consumo di ossigeno (4,43 vs 4,20 l/min) è risultato superiore nella prova con le calze elastiche quantunque la differenza non raggiunge la significatività statistica. Pertanto il polso di ossigeno

TABLE II.—Parameters measured at maximal load and anaerobic threshold.
TABELLA II.—Parametri rilevati al carico massimale ed alla soglia anaerobica.

	No.	With stocking	Without stocking	P value
$\dot{V}O_{2max}$ (l/min)	20	4.198±0.694	4.43±0.46	
$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg min)	20	59±5	62.3±6.34	
Heart rate (bpm)	20	177±5	176.6±12.3	
Maximal workload (W)	20	360±45	382.5±34.93	<0.05
Workload at AT (W)	20	300±36	300±37.42	
$\dot{V}O_2$ AT (l/min)	20	3.300±0.400	3.398±0.415	
% $\dot{V}O_{2max}$ AT	20	78.3±4.7	77.73±2	
Heart rate at AT (bpm)	20	169±15	169.6±13.5	
VE max (l/min)	20	147.6±17.4	142±17.19	
VE at AT (l/min)	20	98.5±9.7	95.9±10.82	
RR max (breaths/min)	20	50.3±10.2	44.4±9.8	
End-tidal CO_2 (mm Hg)	20	28.9±2.7	35.51±7.02	
End-tidal O_2 (mm Hg)	20	97.5±4	98.04±3.81	
VE/ $\dot{V}O_2$ at AT (l/l)	20	28.4±2.2	28.4±2.4	
VE/ $\dot{V}CO_2$ at AT (l/l)	20	29±2.7	28.9±2.8	
RQ at AT	20	0.978±0.013	0.982±0.017	

$\dot{V}O_{2max}$ denotes maximal oxygen uptake; AT anaerobic threshold; VE minute ventilation; RR respiratory rate; VE/ $\dot{V}O_2$ ventilatory equivalent of oxygen; VE/ $\dot{V}CO_2$ ventilatory equivalent of carbon dioxide; RQ respiratory quotient; plus-minus values are means ±SD.

TABLE III.—Heart rate at the same workload without and with ECS.

TABELLA III. — Frequenza cardiaca allo stesso carico di lavoro senza e con CEP.

W	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
Without stocking (bpm)	88.3 ±15.2	95.2 ±14.8	102.1 ±13.0	110.6 ±13.1	118.7 ±12.8	127.6 ±13.2	138.5 ±12.7	146.4 ±12.8	155.6 ±10.8	163.1 ±11.1
With stocking (bpm)	83.7 ±11.7	89.8 ±9.9	98.5 ±10.4	106.4 ±9.7	114.8 ±10.9	123.9 ±10.8	133.4 ±9.9	142.7 ±8.7	150.7 ±8.1	160.1 ±8.1

Plus-minus values are means ±SD.

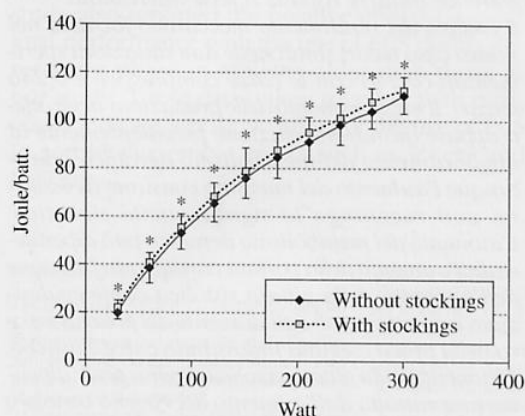


Figure 1.—Trend of work pulse in relation to workload (loads less than anaerobic threshold) with and without elastic pressure stocking. * $P < 0.01$.

Figure 1. — Andamento del polso di lavoro in funzione del carico (al di sotto della soglia anaerobica) con e senza CEP.

tidal CO_2 pressure (PETCO_2) (28.9 mm Hg versus 35.5 mm Hg). This difference appeared to be related to increased maximal respiratory rate (50 breaths/min versus 44 breaths/min). The absolute $\dot{V}\text{O}_2$ and ventilatory values at ventilatory anaerobic threshold were slightly higher on average with use of the EPS; however, the $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ values in percent at anaerobic threshold were 78% in both tests. The O_2 and CO_2 values were also the same in both tests. HR at all workloads up to anaerobic threshold was 4 bpm less on average with use of the ECS ($P > 0.01$) (Table III). The work pulse as an expression of cardiac efficiency was greater with use of the ECS (Figure 1).

Discussion and conclusions

The use of graduated compression stockings was shown to improve aerobic performance in

massimo è risultato con le calze di 25,1 ml/batt contro 23,3 senza ed il polso di lavoro di 130 Joule/batt contro 122 senza calze elastiche.

La ventilazione polmonare massima è stata per contro maggiore nella prova senza calze 148 l/min rispetto a 142 senza calze elastiche. La differenza non è risultata statisticamente significativa. Questa maggior ventilazione ha determinato una tendenziale diminuzione della pressione parziale della CO_2 nella parte terminale dell'espiazione (28,9 contro 35,5).

La maggior ventilazione sembra correlata all'aumento della frequenza respiratoria massima (50 atti/min rispetto a 44). I valori assoluti di $\dot{V}\text{O}_2$ e di ventilazione risultano in media a livello della soglia anaerobica ventilatoria lievemente più alti nella prova con calze elastiche. Ma i valori di soglia anaerobica in percento del $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ risultano invariati nelle due prove e pari al 78%. Così come gli equivalenti ventilatori dell' O_2 e della CO_2 . La frequenza cardiaca risulta a tutti i carichi di lavoro sino alla soglia anaerobica minore mediamente di 4 batt/min nella prova eseguita con calze elastiche ad un livello di significatività $P > 0.01$ (Tabella III). Il polso di lavoro espressione dell'efficienza cardiaca risulta quindi superiore nelle prove eseguite con le calze (Figura 1).

Discussione e conclusioni

L'uso di gambaletto elastico a compressione progressiva ha dimostrato di migliorare le prestazioni aerobiche di atleti sani consentendo di raggiungere un carico di lavoro maggiore.

Questo aumento può trovare spiegazione nell'aumento del consumo di ossigeno, nel miglioramento del rendimento meccanico, nella tolleranza ad una maggiore produzione di acido lattico. In atleti di 63 anni Chatard et al. avevano evidenziato come l'uso di calze durante la fase di recupero dopo un lavoro esauriente di 5 minuti al cicloergometro determinava una riduzione della concentrazione di lattato ematico e dell'ematocrito ed un aumento della rimozione di lattato misurati duran-

healthy athletes. The greater workload may be due to increased oxygen consumption, improved mechanical efficiency, and tolerance to augmented production of lactic acid. In their study on 63-year-old athletes, Chatard and co-workers reported that the use of ECS during recovery after 5 min of exhaustive work on a cycle ergometer reduced levels of lactic acid and hematocrit and increased the removal of lactate measured during the recovery phase, which led to a 2.1% improvement in performance after 80 min, without significantly changing lactic acid concentration at the end of exercise. In a previous study, we did not find changes in lactate levels after exhaustive exercise on a treadmill.¹⁴ A change in performance appears improbable, given that all subjects were athletes who trained regularly on bicycles, even though the proprioceptive effect of the ECS could have induced an interesting reflexive response.¹⁵⁻¹⁶ Calculation of mechanical efficiency produced substantially similar values on both tests (0.248 with versus 0.246 without use of ECS). Enhanced performance appears to be related chiefly to improved aerobic metabolism, even if the increase in maximal oxygen consumption was not statistically significant. Increased aerobic metabolism may be due to greater cardiac output in relation to augmented systolic output, as indirectly demonstrated by increased work pulse rate in the test with use of the ECS. Increased systolic output appears to depend mainly on increased venous return and on volume of diastolic refilling.

There is experimental evidence for increased venous flow due to muscular contraction even in healthy subjects wearing ECS.¹ By the same token, aerobic training tends to increase venous blood in the feet⁴ and plasma volume.^{17, 18} Furthermore, plasma volume increases during aerobic exercise.¹⁹ The effect on arterial flow is unclear, although there is evidence for increased arterial flow to the calf. Thorsson *et al.*²⁰ found a reduction in flow at a compression of 40 mm Hg, double that used in our study.

As variously reported, response is subjective, so that any increase in performance, although probable, will depend on a host of factors related to the subject's cardiocirculatory and metabolic condition, as well as other characteristics of the individual athlete. It has been shown that trained athletes with demonstrated orthostatic disorders have a significantly larger venous blood reserve in the lower extremities.²¹ Hence the

te la fase di recupero che consentiva dopo 80 min di migliorare del 2,1% la prestazione, senza però variazioni significative delle concentrazioni di lattato al termine dello sforzo. Anche noi in un precedente lavoro non avevamo evidenziato variazioni del lattato al termine di un lavoro esauriente di corsa su ergometro trasportatore¹⁴. Appare inoltre improbabile una variazione del rendimento tenuto conto che i soggetti testati erano tutti atleti che da anni si allenano regolarmente su bicicletta, quantunque l'effetto propriocettivo della compressione elastica potrebbe indurre risposte riflesse interessanti^{15, 16}. Il calcolo del rendimento meccanico fornisce nel nostro caso valori simili nelle due situazioni sperimentali (0,248 con le calze compressive e 0,246 senza). Il miglioramento delle prestazioni negli atleti appare quindi in relazione prevalentemente al miglioramento del metabolismo aerobico quantunque l'aumento del massimo consumo di ossigeno non raggiunga la significatività statistica. L'aumento del metabolismo aerobico può dipendere dall'aumento della portata cardiaca in funzione dell'aumento della gittata sistolica come evidenziato indirettamente dall'aumento del polso di lavoro nella prova eseguita indossando calze elastiche. L'aumento della gittata sistolica sembra poter dipendere soprattutto dall'aumento del ritorno venoso e quindi dal volume di riempimento diastolico.

Vi sono infatti evidenze sperimentali dell'aumento del flusso venoso dovuto alla contrazione muscolare indossando calze elastiche¹ anche nel soggetto sano.

*D'altra parte l'allenamento aerobico tende ad aumentare il contenuto venoso a livello dei piedi⁴ e il volume plasmatico^{17, 18}. Inoltre, il volume plasmatico aumenta durante l'esercizio aerobico¹⁹. I risultati sul flusso arterioso non sono univoci anche se prevalgono quelli che evidenziano un aumento anche del flusso arterioso nel polpaccio. Solo nel lavoro di Thorsson *et al.* è stata misurata una riduzione del flusso con una compressione però di 40 mmHg, il doppio di quella utilizzata nel presente lavoro²⁰.*

Come già rilevato anche da vari autori le risposte sono soggettive per cui l'eventuale incremento di prestazioni quantunque probabile non è certo e dipende da fattori al momento non precisabili e connessi con la situazione cardiocircolatoria e metabolica nonché ai fattori limitanti caratteristici del singolo atleta. È stato rilevato che gli atleti allenati che evidenziano disturbi ortostatici presentano un significativo aumento della riserva ematica venosa a livello degli arti inferiori²¹. Quindi gli effetti più o meno marcati dell'uso dei gambaletti elastici potrebbe dipendere proprio dall'entità della capacità venosa degli arti inferiori.

effect of the use of ECS could depend precisely on the venous capacitance of the lower extremities.

Our subjects reported no discomfort wearing the ECS. This has also been noted in other studies. For example, in a study by Chatard in which thigh-length ECS were used in runners, only 20% of subjects referred feeling uncomfortable. This situation could have a negative effect on achieving maximal performance and implies considerable compliance with use of the hosiery. The study also reported the positive effects on maximal performance with the use of ECS during the recovery phase in athletes older than those in our study. These data, taken together with ours, could indicate a positive effect of the use of ECS in aerobic-anaerobic sports such as soccer and basketball.

Gli atleti non hanno segnalato sensazione di disagio nel vestire le calze elastiche. Questa è una conclusione comune ad altri lavori. Ad esempio in un lavoro precedente di Chatard in cui erano state usate calze complete sino alla coscia in attività di corsa solo il 20% dei soggetti avevano segnalato disagio. Indubbiamente questa situazione potrebbe avere effetti negativi su una prestazione massimale che implica una componente di impegno volontario non indifferente.

Questi stessi autori hanno messo in evidenza effetti positivi sulle prestazioni massimali con l'uso di gambaletti elastici compressivi nelle fasi di recupero, in atleti ciclisti più anziani dei nostri. Questi dati abbinati ai nostri risultati potrebbero indicare un effetto positivo dell'uso di calze elastiche anche in sport aerobici-anaerobici alternati come il calcio e la pallacanestro.

References/Bibliografia

- 1) Chabran E, Aubert JT, Martinez-Sancho L *et al*. Effects de la contention élastique sur le flux veineux au cours de mouvements simples et de contractions musculaires du membre inférieur chez le volontaire sain. *J Mal Vasc* 2005;30:98-102.
- 2) Bochmann RP, Seibel W, Haase E *et al*. External compression increase forearm perfusion. *J Appl Physiol* 2005;99:2337-2344.
- 3) Sinoway LI, Shenberger J, Wilson J, McLaughlin D, Musch T, Zelis R. A 30-day forearm work protocol increases maximal forearm blood flow. *J Appl Physiol* 1987;58:2041-2046.
- 4) Kenney WL, Armstrong CG. The effect of aerobic conditioning on venous pooling in the foot. *Med Sci Sports Exerc* 1987; 19: 474-479.
- 5) Boutcher YN, Boutcher SH. Limb vasodilatory capacity and venous capacitance of trained runners and untrained males. *J Appl Physiol* 2005;95:83-97.
- 6) Dill DB, Braithwaite K, Adams WC, Bernauer EN. Blood volume of middle-distance runners: effect of 2300-m altitude and comparison with non-athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1974;6:1-7.
- 7) Greenleaf JE, Convertino VA, Mangseth GR. Plasma volume during stress in man: osmolarity and red cell volume. *J Appl Physiol* 1979;47:1031-8.
- 8) Boutcher YN, Hamer M, Boutcher SH. The effect of acute plasma volume expansion on venous capacitance. *J Sports Med Phys Fitness* 2003;43:105-10.
- 9) Green HJ, Jones LL, Painter DC. Effects of short-term training on cardiac function during prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:488-93.
- 10) Berry MJ, McMurray RG. Effects of graduated compression stocking on blood lactate following an exhaustive bout of exercise. *Am J Phys Med* 1987;66:121-132.
- 11) Chatard JC, Atlaoui D, Farjanel J *et al*. Elastic stocking and leg pain recovery in 63-years old sportmen. *Eur J Appl Physiol* 2004;93:347-352.
- 12) Mayberry JC, Moneta DL, DeFrang RD, Porter JM. The influence of elastic compression stocking on deep venous hemodynamics. *J Vasc Surg* 1991;13:91-99.
- 13) Sparrow RA, Hardy JG, Fentem PH. Effect of 'antiembolism' compression hosiery on leg blood volume. *Br J Surg* 1995;82:53-59.
- 14) Arpaia G, Mastrogiacomo O, Pellicioni E, Grassi F, Ganzit GP, Scondotto G, Cimminiello C. La virtù delle calze. Effetti della compressione elastica sull'efficienza del ritorno venoso: studio sperimentale su un campione di settanta atleti. *Sport & Medicina* 2003;4:27-36.
- 15) Abraham P, Fromy B, Merzeau S, Jardel A, Saumet JL. Dynamics of local pressure-induced cutaneous vasodilatation in the human hand. *Microvasc Res* 2001;61:122-129.
- 16) Fromy B, Abraham P, Saumet JL. Non-nociceptive capsaicin-sensitive nerve terminal stimulation allows for an original vasodilatory reflex in human skin. *Brain res* 1998;16:166-168.
- 17) Brotherhood JB, Brozovic B, Pugh LGC. Hematological status of middle-and-long-distance runners. *Clin Sci Mol Med* 1975;48:139-45.
- 18) Convertino VA. Blood volume: its adaptation to endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:1338-48.
- 19) Convertino VA, Keil LC, Greenleaf JE. Plasma volume, renin and vasopressin responses to graded exercise after training. *J Appl Physiol* 1983; 54:508-14.
- 20) Thorsson O, Hemdall B, Lilja B, Westlin N. The effect of external pressure on intramuscular blood flow at rest and after running. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19:469-73.
- 21) Convertino VA, Doerr DF, Flores JF, Hoffer GW, Buchanan P. Leg size and muscle functions associated with leg compliance. *J Appl Physiol* 1988;64:1017-21.

Address reprint requests to: G. P. Ganzit, Istituto di Medicina dello Sport FMSI di Torino, Via Filadelfia 88, 10134 Torino, Italy