

Igor B. Mekjavič¹

Alu folija kot pripomoček za toplotno zaščito podhlajenih: da ali ne

Thermal Protection Offered by Metallized Plastic Sheeting

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: hipotermija, ogrevanje, alu folija

V pričujoči raziskavi smo ocenili toplotno zaščito, ki jo nudi alu folija gornikom v različnih simuliranih pogojih. Zdravi moški preiskovanci (N = 4) so sodelovali pri 11 poskusih. Pri vsakem poskusu smo posnemali določene pogoje. Med 2-urnim poskusom smo merili rektalno temperaturo, temperaturo v požiralniku, štiri kožne temperature, porabo kisika, minutni dihalni volumen in posneli elektrokardiogram. Na podlagi meritev smo izračunali izgubo telesne toplote. Samo povprečna kožna temperatura je bila značilno višja med poskusi, pri katerih so preiskovanci nosili alu folijo. Na podlagi rezultatov smo zaključili, da alu folija zmanjša konduktivno in konvektivno izgubo toplote, vendar ne vpliva značilno na radiacijsko izgubo toplote. Zmanjšani konvektivna in konduktivna izguba toplote nista povezani z reflektivnostjo materiala, ampak z nepropustnostjo za vodo in zrak.

ABSTRACT

KEY WORDS: hypothermia, rewarming, metallized plastic sheeting

This study evaluated the thermal protection provided by suits made of metallized plastic sheeting (MPS) in a variety of environmental conditions. Four healthy male subjects participated in a total of 11 trials, simulating a range of possible outdoor scenarios. The rectal, esophageal and four skin temperatures, oxygen uptake, minute ventilation and heart rate were measured during 2 hour exposures in a climatic chamber. On the basis of these measurements, body heat storage and the rate of heat loss were also calculated. Only the mean skin temperature was significantly ($P < 0.05$) higher when the subjects wore the MPS suit above their light or heavy clothing. It was concluded that the main benefit of the MPS suit was attenuation of conductive and convective heat loss, and that its effect on radiative heat loss was negligible.

¹ Prof. dr. Igor B. Mekjavič, Inštitut Jožef Štefan, Odsek za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko, Jamova 39, 1000 Ljubljana; Institute of Biomedical and Biomolecular Sciences, Department of Sports and Exercis Science, Faculty of Science, University of Portsmouth, St. Michael's Building, White Swan Road, Portsmouth, P01 2DT Hampshire, Velika Britanija.

UVOD

Pri preprečevanju prekomerne izgube telesne toplote v mrzlem okolju imamo na voljo le omejeno število možnosti. S primernimi oblačili lahko zmanjšamo konduktivno, konvektivno, evaporativno in radiativno izgubo toplote.

Izmenjava toplote med kožo in okoljem po zgoraj navedenih fizikalnih principih je med drugim odvisna tudi od materiala (tekstila) in kroja obleke. Zaščitna obleka lahko vsebuje material z zelo dobro toplotno izolacijsko vrednostjo, ki preprečuje konduktivno izgubo toplote. Če je kroj obleke tak, da je veliko prezračevalnih odprtih (npr. pri vratu, zapetju, pasu, okoli gležnjev itd.), potem je povečana konvektivna izguba toplote. Enako je s prepustnostjo materiala za vodne hlapce. Material mora do določene mere prepuščati vodne hlapce, da pri povečanem naporu izločeni znoj ne bi preprijal materiala. S povečano vsebnostjo vlage se namreč toplotna izolacijska vrednost materiala zmanjša. Izhlapevanje znoja iz kože lahko omogočimo s prezračevanjem, pri čemer se poveča ne samo evaporativna ampak tudi konvektivna izguba telesne toplote. Posebni novejši materiali omogočajo prehod samo vodnih hlapov, ne da bi povečali konvektivno izgubo toplote (npr. Goretex). Različne karakteristike materialov, vgrajenih v obleke, s katerimi lahko vplivamo na izgubo telesne toplote, so:

- nepropustnost za zrak (npr. vetrovke) – zmanjšana konvektivna izguba,
- nepropustnost za vodo – zmanjšana konduktivna izguba,
- toplotna izolacija – zmanjšana konduktivna izguba,
- reflektivnost materiala – zmanjšana radiacijska izguba toplote.

Do nedavnega se je razvoj zaščitne opreme osredotočil predvsem na prve tri karakteristike. Z razvojem alu folije (angl. *metallized plastic sheeting*, MPS) v šestdesetih letih prejšnjega stoletja pa se je ponudila možnost za preprečevanje tudi radiativnih izgub telesne toplote na ta način, da se tak reflektivni material vgrajuje v obleke. Učinkovitost takega pristopa pri zmanjševanju radiacijske izgube telesne toplote je vprašljiva, ker je

v primerjavi z ostalimi mehanizmi izgube telesne toplote (konduktivna, konvektivna in evaporativna) radiativna izguba relativno majhna. Ne glede na ta dejstva se je alu folija začela množično uporabljati kot sredstvo za preprečevanje prekomernih izgub telesne toplote in celo za ogrevanje podhlajenih. Pri slednjem obstaja hipoteza, da toplota, ki jo alu folija odbije, ogreva kožo in na ta način pripomore k ogrevanju telesa.

V številnih raziskavah so proučili uporabnost alu folije ali »vesoljske odeje« (angl. *space blanket*) kot sredstva za preprečevanje prekomerne izgube telesne toplote (1–4). V vseh raziskavah so zaključili, da je alu folija neuporabna kot zaščitno sredstvo: zelo lahko se poškoduje (trga), ne ponuja toplotne izolacije in njena reflektivna sposobnost je brez pomena pri preprečevanju izgube telesne toplote. Na terenu se toplota izgublja predvsem zaradi povečane konduktivne in konvektivne izgube toplote.

Britanska komisija za gornišтво v svojem poročilu o alu foliji zelo ostro kritizira njeno uporabo na podlagi nedokazanih in celo zavajajočih komentarjev glede njenih pozitivnih lastnosti (4). Kljub temu se v zaključku tega poročila omenja uporabnost kakršnega koli za zrak in vodo nepropustnega materiala, tesno ovitega okoli telesa, kot način za zmanjševanje konduktivne in konvektivne izgube toplote. Na podlagi teh ugotovitev oziroma priporočil se je alu folija začela tržiti v obliki rešilne obleke, ki si jo gornik v slučaju nesreče obleče povrh svoje zaščitne obleke. S tem naj bi si izboljšal toplotno zaščito in zavrl postopek podhlajevanja.

Ocena te hipoteze je bil cilj pričujoče raziskave.

METODOLOGIJA

Preiskovanci

V raziskavi so sodelovali štirje zdravi moški preiskovanci. Sodelovanje v raziskavi je odobril zdravnik na podlagi zdravniškega pregleda. Pogoj za sodelovanje v raziskavi je bila tudi dobra fizična pripravljenost (5). Fizikalne karakteristike preiskovancev so podane v tabeli 1. Preiskovanci so bili podrobno seznanjeni z metodologijo raziskave in so se zavedali, da lahko prekinajo poskus oziro-

Tabela 1. Fizikalne karakteristike preiskovancev.

Preiskovanec	Starost (leta)	Višina (m)	Telesna teža (kg)	Telesna maščoba (%)
1	23	172,2	73,0	9,3
2	22	183,2	76,3	8,6
3	24	184,0	87,7	10,1
4	24	185,7	91,0	10,0

ma odstopijo od raziskave kadarkoli. Pred začetkom sodelovanja so podpisali prostovoljni pristanek k sodelovanju pri raziskavi. Metodologijo raziskave je odobrila Etična komisija Univerze Simon Fraser v Kanadi, kjer je raziskava tudi bila opravljena.

Protokol

Na osnovi 11 različnih poskusov, pri katerih so sodelovali vsi preiskovanci, smo opravili 6 primerjav o uporabnosti alu folije v različnih simuliranih razmerah (tabela 2). Preiskovanci so med testiranjem nosili lahka (poletna) ali težka (zimska) oblačila. Lahko oblačilo so sestavljali: majica, spodnje hlače, platnene hlače («kavbojke»), srajca, nogavice, lahki športni čevlji in rokavice. Težko oblačilo so sestavljali: majica, spodnje hlače, srajca, debelejši pulover, hlače (debelejše), volnene nogavice, škornji, kapa, športna zimska jakna in rokavice. Preiskovanci so med testiranjem nosili tudi toplotno zaščito za ušesa.

V poskusu smo posnemali poletne in zimske situacije, v katerih je gornik dalj časa izpostavljen okolju, ki lahko povzroči podhladitev: lažja oblačila pri temperaturi 0°C v brezvetrju ali z vetrom, težja oblačila pri temperaturi -20°C v brezvetrju ali z vetrom, mokra lažja oblačila pri temperaturi 0°C in vetrom, potopitev do vratu v vodo pri temperaturi 10°C. V teh situacijah smo ocenili učinek zaščitne obleke, izdelane iz alu folije, na izgubo telesne toplote.

Obleka iz alu folije (Alert Manufacturing Ltd., Britanska Kolumbija, Kanada), kakršno smo uporabili pri testiranju, se trži kot obleka za preprečevanje podhladitve. Sestavljena je iz dveh delov: hlač in jakne s kapuco. Obleka je iz polietilena, njena notranja stran je prevlečena z aluminijem. Na gležnjih, zapestju in okoli pasu so samolepilni listi, s katerimi se lahko zatesni morebitne vire pre-

zračevanja oziroma konduktivne izgube toplote.

Po tem, ko smo preiskovancem namestili vse meritvene sonde, so se oblekli v ustrezna testna oblačila in premestili v klimatsko sobo (Tenney Engineering, New Jersey, ZDA), kjer so bili pogoji v okolju že predhodno pripravljeni. Temperaturo zraka smo lahko uravnavali do 1°C natančno. Po potrebi smo veter s hitrostjo 3,5 ms⁻¹ ustvarili z dvema velikima ventilatorjema. Preiskovanci so med 2-urnim poskusom v klimatski komori sedeli. Pri poskusih s potopitvijo do vratu v vodo so se preiskovanci, oblečeni v testna oblačila, namestili v kad, v kateri je bila voda pri 10°C. Temperatura zraka med potopitvijo je bila 22°C. Poskus smo zaustavili: a) po želji preiskovanca, b) po zahtevi preiskovalca, c) če je temperatura telesnega jedra padla na 35°C oziroma za 2°C od začetka poskusa, č) če je temperatura telesnega jedra bila pod 36°C dalj kot eno uro. Po končanem poskusu smo preiskovance ogreli v vroči kopeli, v kateri se je temperatura gibala med 37 in 41°C (po želji preiskovanca). Po vsakem končanem poskusu smo zabeležili tudi subjektivna mnenja preiskovancev.

Merilni instrumenti

Pri vsakem poskusu smo v minutnem intervalu merili temperaturo telesnega jedra (T_c, °C) z rektalnim (Tre) in ezofagealnim (Tes) termometrom. Rektalni termometer (Yellow Springs Instruments, Yellow Springs Ohio, ZDA) so preiskovanci vstavili sami in ga namestili 15 cm za anusom. Ezofagealni termometer (baker-konstantan termočlen) smo vstavili skozi nos in ga v požiralniku namestili s pomočjo elektrokardiograma v višini miokarda (6). Kožno temperaturo smo merili s termočlenom (baker-konstantan) na štirih lokacijah: nadlakt, prsni koš, stegno, meča.

Povprečno kožno temperaturo (T_{sk}) smo izračunali na podlagi formule, ki jo je predlagal Ramanathan (7):

$$T_{sk} (\text{°C}) = 0,3 (T_{nadlaket} + T_{prsi}) + 0,2 (T_{stegno} + T_{meča}).$$

Toplotno kapaciteto telesa smo izračunali na podlagi T_{re} in T_{sk} po formuli (8):

$$H (\text{kcal}) = 0,83 W (0,65 T_{re} + 0,35 T_{sk})$$

kjer je

0,83 = specifična toplota telesa ($\text{cal} \cdot \text{g}^{-1}$)

W = telesna teža (kg).

Na mestih, na katerih smo merili T_{sk} , smo namestili tudi senzorje za pretok toplote (Thermonetics heat flux sensors). Povprečni pretok toplote ($Q, W \cdot \text{m}^{-2}$) smo izračunali z enako enačbo kot za T_{sk} .

EKG smo merili s Fukuda Denshi FD-13 (Japonska) elektrokardiografom. Minutno porabo kisika smo izračunali na podlagi ekspiratornega minutnega volumna (Parkinson Cowan Dry Gas Ventilation Meter, ZDA) in vsebnosti kisika in ogljikovega dioksida v izdihanem zraku. Vsebnost kisika v izdihanem zraku smo merili s kisikovim analizatorjem Applied Electrochemistry model S-3A (ZDA), vsebnost ogljikovega dioksida pa z infrardečim kapnografom Statham Godart (Nizozemska).

Med poskusom so preiskovanci neprekinjeno dihali skozi dihalni ventil.

ANALIZA

Na podlagi primerjav, ki so prikazane v tabeli 2 (primerjave A do F), smo ocenili učinkovitost obleke iz alu folije v simuliranih pogojih:

- Primerjava A je ocenila učinkovitost toplotne izolacije alufolije.
- Primerjava B je ocenila učinkovitost reflektivne karakteristike alu folije. Radiativno komponento toplotne izmenjave smo ocenili tako, da smo primerjali rezultate poskusa, pri katerem je preiskovanec imel na sebi zaščitno obleko iz alu folije, z rezultati poskusa, pri katerem je bila zaščitna obleka iz črnega polietilena. V primerjavi z alu folijo, ki naj bi odbijala infrardeče žarke in s tem ogrevala kožo, pa črna folija vpija infrardeče žarke. Reflektivna sposobnost alu folije bi se morala najbolj izkazati pri primerjavi rezultatov teh dveh poskusov.
- Primerjava C je ocenila zračno nepropustnost obleke iz alu folije.
- Primerjava Č je ocenila, kako učinkovita je alu folija, ko so preiskovanci toplotno zaščiteni s težkimi oblačili.
- Primerjava D je ocenila učinkovitost obleke iz alu folije, v primeru, da je preiskovanec premočen in izpostavljen vetru.
- Primerjava E je ocenila uporabnost alu folije med potopitvijo v hladni vodi.

REZULTATI

Primerjava A

Čeprav razlika v T_{re} med poskusi ni bila značilna, je bila T_{sk} vedno višja v poskusu z alu folijo. Kožna temperatura je bila 6°C višja med poskusom z alu folijo; po dveh urah je

Tabela 2. Simulirane razmere v okolju s katerimi smo testirali učinkovitost obleke iz alu folije.

Primerjava	Veter	Temperatura	Oblačila	alu folija
A	brezvetrije	0°C	poletna – suha	NE DA
B	brezvetrije	0°C	poletna – suha	DA črna folija
C	veter	0°C	poletna – suha	NE DA
Č	brezvetrije	-20°C	zimsko – suha	NE DA
D	veter	0°C	poletna – mokra	NE DA
E	v vodi (do vratu)	10°C	poletna	NE DA

bila končna povprečna temperatura 23°C brez alu folije in 29°C z alufolijo. Povprečni pretok toplote je bil tudi manjši z alu folijo (100 kcal·m⁻²) v primerjavi s poskusom, v katerem preiskovanci niso nosili alu folije (150 kcal·m⁻²). Pojavila se je težnja, čeprav ne značilna, za večjo porabo kisika v poskusu brez alu folije. Po končanem 2-urnem poskusu je telesna toplotna kapaciteta padla za 300 kcal brez alu folije v primerjavi s 125 kcal z alu folijo.

Primerjava B

Rezultati te primerjave so podobni rezultatom primerjave A zgoraj, pri čem so bili rezultati poskusa, pri katerem so namesto alu folije preiskovanci nosili črni polietilen, podobni rezultatom poskusa v primerjavi A, pri katerem preiskovanci niso imeli alu folije. V poskusu z alu folijo je bila Tre v povprečju neznatno višja z alu folijo. Prav tako je bila tudi Tsk neznatno večja (2°C). Pretok toplote je bil 10% manjši. Razlike v porabi kisika ni bilo.

Primerjava C

V tej primerjavi so bili pogoji enaki kot v primerjavi A (lahko oblačilo, temperatura zraka = 0°C), le da so v enem poskusu bili preiskovanci izpostavljeni vetru z močjo 3,5 ms⁻¹, v drugem pa je bilo v klimatski sobi brezvetrje. Po 60 do 90 minutah je bil v poskusu z alu folijo padec Tre znatno manjši (-0,73°C·uro⁻¹) kot brez alu folije (-1,1°C·uro⁻¹). Tudi Tsk je bila znatno nižja brez alu folije (20°C) kot z njo (28°C).

Primerjava Č

V poskusu, kjer je bila zračna temperatura -20°C in so preiskovancu bili oblečeni v težja oblačila, učinek alu folije ni bil razviden.

Primerjava D

Najbolj razvidne razlike so bile med poskusi, pri katerih so preiskovanci sedeli v vetru pri 0°C z mokro obleko, z alu folijo ali brez nje. Padec Tre je bil 1,6°C brez alu folije v primerjavi z -0,9°C z alu folijo. Razlike v odzivu Tes ni bilo. Tsk se je stabilizirala pri 26°C z alu folijo in pri 18°C brez nje. Pretok toplote je

bil tudi znatno povečan brez alu folije, kar je povzročilo 100% večjo izgubo v telesni toplotni kapaciteti. Po 80 minutah je bil brez alu folije povprečen padec toplotne kapacitete 380 kcal; z alu folijo je bil padec le 190 kcal. Poraba kisika je bila večja brez alu folije.

Primerjava E

Razlike v fizioloških odzivih med poskusoma, pri katerih so preiskovanci sedeli do vratu v 10°C vodi, v enem z alu folijo, v drugem pa brez, ni bilo.

Primerjava poskusov z alu folijo in brez nje

Glede na majhno število preiskovancev (N = 4) nismo opravili statistične primerjave med rezultati različnih poskusov. Učinkovitost alu folije smo vendarle statistično ovrednotili tako, da smo primerjali rezultate vseh poskusov, pri katerih so preiskovanci bili zaščiteni z alu folijo z rezultati vseh poskusov, kjer niso nosili alu folije. Torej, združili smo rezultate primerjav A, C, Č in D v dve skupini: z alu folijo in brez nje. Hipotezo, da alu folija zmanjša izgubo telesne toplote, razvidno iz odzivov rektalne, požiralnikove in kožne temperature ter toplotnih tokov, smo ocenili z enosmernim t-testom. Samo kožna temperatura je bila značilno (p < 0,05) nižja med poskusi z alu folijo kot v poskusih brez nje.

RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

Na podlagi opravljenih primerjav rezultatov vseh 11 poskusov lahko zaključimo, da reflektivna karakteristika alu folije ne prepreči radiativne izgube toplote in ne vpliva na potek podhladitve v okolju z 0°C. Največji učinek alu folije je pri preprečevanju konvektivne izgube toplote. Če se lahko alu folijo namesti tako, da je prezračevanje skozi rokave, okoli pasu, vratu in pri gležnjih čim manjše, potem sloj zraka, ujet med alu folijo in kožo, nudi določeno mero toplotne izolacije. Od vseh poskusov so bili daleč najbolj očitni učinki alu folije razvidni v tistem poskusu, v katerem so preiskovanci bili izpostavljeni vetru v 0°C, posebej če so bila oblačila premočena. Pomembno je poudariti, da je enaka zaščita bila razvidna pri poskusu, pri katerem je alu

folija bila zamenjana z navadnim črnim polietilenom. Učinkovitost alu folije pri omenjenih simuliranih razmerah v okolju ni bila zaradi reflektivne sposobnosti alu folije, temveč zaradi nepropustnosti za zrak in vodo, kar je lastnost navadnega polietilena. Alu folija ni imela učinkov v poskusih, v katerih so bili preiskovanci oblečeni v težja oblačila. Prav tako ni bilo učinka med potopitvijo v vodo.

Razlika med pričujočo in prejšnjimi raziskavami je ta, da so prejšnje raziskave ocenile učinkovitost alu folije v obliki odeje, v pričujoči raziskavi pa je alu folija bila v obliki obleke. Naši rezultati potrjujejo priporočilo British Mountaineering Councila, da je za zrak in vodo nepropustni material, tesno ovit okoli telesa, učinkovit pri zmanjševanju konduktivne, konvektivne in evaporativne izgube telesne toplote (4). V kolikor ima material reflektivne sposobnosti, kot je to alu folija, obstaja možnost zmanjševanja radiativnih toplotnih izgub, vendar so te v primerjavi z že omenjenimi izgubami minimalne in fiziološko neznatne. Bolj je pomembno, da je material tesno ovit okoli telesa in da ni izmenjave zraka, ujetega v alu foliji, kot pa je pomembno, da je material na notranji strani reflektiven.

Marcus s sodelavci je v svoji raziskavi primerjal učinkovitost 4 različnih materialov: a) polietilen, b) prozorni melinex, c) melinex s slojem aluminija na notranji strani in č) melinex s slojem aluminija na zunanji strani (1). Rezultati, prikazani v tabeli 3, dokazujejo, da je padec povprečne kožne temperature enak za vse materiale, ko so bili preiskovanci izpostavljeni brezvetrju pri -25°C ali vetru z močjo 5 ms^{-1} pri -8°C . Poskusi so bili opravljeni tudi na terenu, kjer so preiskovalci opazili, da pri vetru z močjo, večjo od 10 ms^{-1} , ni mogoče več obvladati alu folije, in da zelo lahko pride do poškodbe materiala. Marcus in sode-

lavci so tudi ovrednotili učinkovitost alu folije pri odbijanju radarskih žarkov. Pri poskusih, pri katerih so bili preiskovanci v rešilnih čolnih na odprtem morju, alu folija ni izboljšala radarske reflektivnosti.

Light in sodelavci so ocenili učinkovitost »reševalnih vreč« iz različnih materialov (polietilen, alu folij) na podlagi terenskih poskusov pri -2°C na nadmorski višini 1000 m (2, 3). Preiskovanci ($N = 4$) so bili oblečeni v suha težja oblačila in so bivakirali v snežni jami 3 ure. Zaključili so, da ni bilo opaznih razlik v odzivih med vrečami iz različnih materialov. Navadna polietilenska vreča je bila boljša, ker je bila bolj odporna proti poškodbi kot alu folija.

Leyland in Mekjavič sta predlagala, da bi »reševalne vreče« iz alu folije, kot so jih ocenili Light in sodelavci, lahko nudile večjo toplotno izolacijo, če bi vsebovale sloj mirujočega zraka. Skonstruirala sta vrečo z dvojno steno, ki se je dala napihniti (9). Na podlagi poskusov na dveh preiskovancih, izpostavljenih okolju 0°C z močjo vetra 5 ms^{-1} , sta ocenila izolacijsko vrednost vreče na 5 do 9 CLO ($1\text{ CLO} = 0,155^{\circ}\text{C m}^{-2}\cdot\text{W}^{-2}$). Znatno večja izolacijska vrednost, pridobljena z naplunjeno vrečo kot z vrečo z enojno steno, je bila rezultat ujetega sloja zraka. Reflektivna karakteristika materiala pri tem ni bila pomembna.

Lahko zaključimo, da je reflektivna lastnost alu folije brez vsakega fiziološkega pomena pri preprečevanju toplotnih izgub ponesrečencev na terenu. Edina učinkovita lastnost je nepropustnost za zrak in vodo, ki pa je odvisna od tega, kako dobro je folija ovita okoli ponesrečenca. Pri močnejšem vetru je alu folija neobvladljiva in se zelo lahko poškoduje. V takem primeru je navadna vreča iz polietilena učinkovitejša.

Tabela 3. Padec povprečne temperature kože (povprečje 5 lokacij) med enourno izpostavitvijo mirzlemu okolju ($N = 9$); (povzeto po (1)).

Razmere v okolju	Prozorni melinex	Polietilen	Melinex alu folija znotraj	Melinex alu folija zunaj
-25°C , brezvetrje	$4,1^{\circ}\text{C}$	$4,8^{\circ}\text{C}$	$4,5^{\circ}\text{C}$	$4,0^{\circ}\text{C}$
-8°C , veter: 5 ms^{-1}	$4,3^{\circ}\text{C}$	$3,3^{\circ}\text{C}$	$4,1^{\circ}\text{C}$	$3,7^{\circ}\text{C}$

LITERATURA

1. Marcus P, Robertson D, Langford R. Metallized plastic sheeting for use in survival. *Aviat Space and Environ Med* 1977; 48: 50-2.
2. Light IM, Norman JN. The thermal properties of a survival bag incorporating metallized plastic sheeting. *Aviat Space and Environ Med* 1980; 51: 367-70.
3. Light IM, Dingwall RHM, Norman JN. The thermal protection offered by lightweight survival systems. *Aviat Space and Environ Med* 1980; 51: 1100-3.
4. British Mountaineering Council. Exposure protection – use of metallized sheets and plastic bags. British Mountaineering Council Circular 73/02. *Off Belay* 1973; 8: 35.
5. Metivier G, Orban WAR. *The physical fitness and work capacity of Canadian adults*. Ottawa, Ontario: Canadian Association for Health, Physical Education, and Recreation (C.A.H.P.E.R.); 1970.
6. Mekjavic IB, Brengelmann GL, Morrison JB. Construction and position verification of a thermocouple esophageal probe. *IEEE Trans Biomed Eng* 1984; 31: 486-8.
7. Ramanathan NC. A new weighting system for mean surface temperature of the human body. *J Appl Physiol* 1964; 19: 531-3.
8. Minard D. Body heat content. In: Hardy JD, Gagge AP, Stolwijk JAJ, eds. *Physiological and Behavioral Temperature Regulation*. Illinois; 1970. p. 345-57.
9. Leyland T, Mekjavic IB. Evaluation of a survival bag made from metallized plastic sheeting. *Unpublished report*; 1986.

Prispelo 6. 10. 2002