

Lajšanje simptomov multiple skleroze s hlajenjem

Using cooling strategies to relieve the symptoms of multiple sclerosis

Nina Bogerd^{1,2}

IZVLEČEK

Izhodišče: Ob povišanju telesne temperature ima lahko do 80 odstotkov bolnikov z multiplo sklerozo poslabšanje tako nevroloških kot tudi drugih motoričnih simptomov. Znižanje telesne temperature pa lahko predvidoma pripelje do izboljšanja simptomov. Namen tega dela je, s pregledom literature ugotoviti, ali hlajenje kot metoda za doseglo znižane telesne temperature izboljša simptome multiple skleroze. **Metode dela:** V pregled je bila vključena literatura, objavljena do leta 2012, ki je vsebovala 1) natančen opis uporabljene metode hlajenja in 2) informacijo o vplivu hlajenja na telesno temperaturo. **Rezultati:** Zahtevanim pogojem je ustrezalo osem raziskav. V teh raziskavah je bila kot metoda hlajenja uporabljena bodisi hladna kopel, hladilna obleka ali kapa ali izpostavitve hladnemu zraku. V šestih raziskavah so poročali o znižanju temperature telesnega jedra od 0,2 do 2,1 °C. Sedem raziskav izmed osmih je poročalo o izboljšanju simptomov multiple skleroze med hlajenjem in do dveh ur po hlajenju. Najpogosteje se je izboljšanje simptomov kazalo v izboljšani moči in hoji ter zmanjšani utrujenosti. **Sklep:** Na podlagi pregleda literature lahko ugotavljamo, da je hlajenje učinkovita metoda za trenutno izboljšanje simptomov multiple skleroze.

Ključne besede: multipla skleroza, hlajenje, telesna temperatura

ABSTRACT

Introduction: In about 80% of multiple sclerosis patients increased body temperature causes a deterioration of neurological and other motoric symptoms. On the other hand, it is suggested that cooling causes a relief in the symptoms. The aim of the present literature review was to identify if cooling, as a method for decreasing body temperature, relieves the symptoms of multiple sclerosis. **Methods:** The review was composed of the literature published by 2012. Only the literature giving detailed information on 1) the cooling method applied and 2) the effect of cooling on body temperature was included. **Results:** Based on the given criteria, eight studies were included in this review. In these, cooling was provided using either cold baths, cooling suits and hat, or cold air exposure. In six studies, a decrease in body core temperature of 0.2 to 2.1 °C was observed. In seven studies, cooling coincided with a relief in the symptoms during, and in one study, also two hours after the cooling. On general, the improvements were observed as improvements in muscle strength and gait, and a decrease in fatigue. **Conclusion:** It is concluded that cooling represents an efficient method for a temporary relief in the symptoms of multiple sclerosis.

Key words: multiple sclerosis, cooling, body temperature

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Oddelek za fizioterapijo, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana, Slovenija

² EMPA St. Gallen, Laboratory for Protection and Physiology, Lerchenfeldstrasse 5, 9014 St. Gallen, Švica

Korespondenca/Correspondence: asist. dr. Nina Bogerd, dipl. fiziot.; e-pošta: nina.bogerd@gmail.com

Prispelo: 07.05.2012

Sprejeto: 04.06.2012

UVOD

Multipla skleroza (MS) je avtoimunska bolezen centralnega živčnega sistema. Najpogosteje se pojavi med 20. in 40. letom in prizadene dvakrat več žensk kot moških (1, 2). Je progresivna in neozdravljiva bolezen. V Sloveniji je po podatkih Združenja multiple skleroze obolelih več kot 2500 oseb. Povzročitelj ali povzročitelji bolezni niso znani, najverjetneje pa na nastanek bolezni vplivajo genetski dejavniki in okolje. Tarča avtoimunskega odgovora so oligodendrociti, ki so v centralnem živčnem sistemu odgovorni za sintezo mielina (2, 3). Mielin je gradnik mielinske ovojnice, ki spiralno ovija akson in omogoča saltatorno prevajanje akcijskih potencialov. Mielinska ovojnica je prekinjena z Ranvierovimi zažemki, kjer zaradi visoke gostote natrijevih (Na^+) kanalov prihaja do ojačitve akcijskega potenciala. Zaradi omejene funkcije oligodendrocitov prihaja do propada mielinskih ovojnic in s tem do motenj v prevajanju akcijskih potencialov. Motnje v prevajanju akcijskih potencialov pa vodijo do 1) upočasnitve prevajanja, 2) spontanega proženja akcijskih potencialov, 3) spontanega preskoka akcijskega potenciala med sosednjima aksonoma in 4) zastoja v prevajanju akcijskih potencialov v primeru zvišane temperature v okolici aksona (2, 3).

Povišana telesna temperatura lahko pri bolnikih z multiplo sklerozo povzroči poslabšanje motoričnih in drugih nevroloških ter psiholoških simptomov. Ta pojav, ki ga je leta 1890 prvič dokumentiral nemški oftalmolog Wilhelm Uhthoff, prizadene od 60 do 80 odstotkov bolnikov z multiplo sklerozo (4–6). Uhthoff je opazil, da se pri obolelih po telesni dejavnosti pojavi poslabšanje ostrine vida ter zaznave barv in vidnega polja. Poleg motenj vida je pri nekaterih bolnikih opazil tudi poslabšanje ali pa pojav novih nevroloških in drugih motoričnih simptomov. Uhthoff je opažene spremembe pripisal telesni dejavnosti in ne povišani telesni temperaturi, ki lahko spremlja telesno dejavnost (7, 8). Leta 1961 je oftalmolog Ricklefs za opis poslabšanja simptomov, povezanih s povišano telesno temperaturo, prvi uporabil izraz Uhthoffsov fenomen. Ugotavljanje prisotnosti Uhthoffsovega fenomena pa se je naprej uporabljalo kot podlaga pri razvoju diagnostične metode za prepoznavanje obolenosti z multiplo sklerozo (5, 8). Natančneje, pri tej diagnostični

metodi se obolelega s sumom na to bolezen potopi v vročo vodo. Potop v vročo vodo vodi v zvišanje telesne temperature, kar v primeru prisotnosti multiple skleroze pri termosenzitivnih bolnikih izzove trenutno poslabšanje simptomov. To diagnostično metodo so veliko uporabljali v 70. in 80. letih prejšnjega stoletja. Ireverzibilno poslabšanje simptomov, ki jih je metoda lahko izzvala, in razvoj sodobnih diagnostičnih naprav sta povzročila prenehanje njene uporabe. Kljub temu pa je raziskovalno delo v času njene uporabe omogočilo prepoznavanje in razumevanje mehanizmov, odgovornih za poslabšanje simptomov in/ali pojav novih simptomov pri izpostavitvi bolnika z multiplo sklerozo toplemu okolju (9–11).

Poslabšanje in/ali pojav novih simptomov lahko opazimo pri zvišani telesni temperaturi, ki jo lahko povzroči telesna dejavnost ali pa razmere v okolju, ki preprečujejo učinkovito izmenjavo toplote med okoljem in telesom. Po drugi strani pa znižanje telesne temperature prek učinkovite izmenjave toplote med telesnim jedrom, površino telesa in okolico lahko privede do izboljšanje simptomov. Izboljšanje simptomov s hlajenjem lahko razložimo z mehanizmom varnostnega prevodnega faktorja (5, 11–13). Varnostni prevodni faktor je definiran kot razmerje med 1) dejansko napetostjo na Ranvierovem zažemku in 2) napetostjo, ki je potrebna za začetek depolarizacije membrane (5, 11). To razmerje pri neprizadetem nevronu znaša od tri do pet, kar pomeni, da je akcijski potencial, ki potuje med dvema sosednjima Ranvierovima zažemkoma, od tri- do petkrat večji od tistega, ki je v resnici potreben za sprožitev depolarizacije. Po začetku depolarizacije jakost akcijskega potenciala pada obratnosorazmerno z razdaljo. Zato za uspešen prevod akcijskih potencialov mielizirani deli niso poljubno dolgi, temveč so prekinjeni z Ranvierovimi zažemki, kjer prihaja do ojačitve akcijskih potencialov. Pri nevronu, pri katerem pride do propada mielinske ovojnice, se razdalja med Ranvierovima zažemkoma poveča in tako se varnostni prevodni faktor približa vrednosti ena. To pomeni, da je napetost na Ranvierovem zažemku enaka tisti, ki je potrebna za sprožitev depolarizacij. Tako razmerje predstavlja kritično vrednost, saj zmanjšanje jakosti akcijskega potenciala lahko povzroči zastoj v prevajanju akcijskega potenciala (3, 12). Na omenjeno

kritično vrednost pa lahko pozitivno vpliva upočasnitev prevajanja akcijskega potenciala, ki ga dosežemo z znižanjem temperature v okolici aksona. Natančneje, znižana temperatura podaljša čas odprtosti maloštevilnih Na^+ kanalov, ki so pod prizadeto mielinsko ovojnico. Zaradi večjega prehoda Na^+ ionov pride do ojačitve depolarizacije in s tem do zvišanja varnostnega prevodnega faktorja, kar omogoči uspešno prevajanje akcijskega potenciala vzdolž demieliziranega aksona.

Pri preučevanju odgovornih mehanizmov za izboljšanje simptomov s hlajenjem pa je treba upoštevati tudi presnovne dejavnike, kot je dušikov monoksid (NO) (3, 14, 15). Povečana koncentracija NO, ki se sprošča kot stranski produkt vnetnih procesov, lahko prav tako povzroči zastoj v prevajanju akcijskih potencialov (3, 15). Natančneje, hlajenje vpliva na aktivnost simpatičnega živčnega sistema, tako da povzroči povečano sproščanje adrenalina. Povečana koncentracija adrenalina vpliva na aktivnost levkocitov in zmanjšuje koncentracijo NO, kar ima za posledico zmanjšanje verjetnosti za zastoj akcijskega potenciala. Beenakker *et al.* (15) je pri hlajenju s hladilnim jopičem ugotovil 41-odstotno znižanje koncentracije NO, kar je posledično povezal z izboljšanjem nevroloških in motoričnih funkcij preiskovalnih bolnikov z MS.

Če povzamemo: pri do 80 odstotkov bolnikov z multiplo sklerozo se simptomi poslabšajo v primeru povišane proizvodnje toplote ali pa neučinkovite izmenjave toplote med okolico in telesom, ki vodi v zvišano telesno temperaturo. Predvideva se, da lahko poslabšanje simptomov pri termosenzitivnih bolnikih z multiplo sklerozo omilimo ali preprečimo s hlajenjem. Namen tega dela je s pregledom znanstvene literature ugotoviti, ali je hlajenje učinkovita metoda za zmanjšanje simptomov MS.

METODE DELA

Znanstvena literatura, objavljena v angleškem jeziku, je bila iskana s pomočjo brskalnikov »PubMed, Science Direct in Google Scholar«. Pri iskanju so bile uporabljene naslednje ključne besede v angleškem jeziku » *cooling, multiple sclerosis, cooling vest, cooling systems, and cooling methods*«. V pregled je bila vključena literatura objavljena do leta 2012, ki je vsebovala

1) natančen opis uporabljene metode hlajenja in 2) informacijo o vplivu hlajenja na telesno temperaturo.

REZULTATI

Prej omenjenim merilom je zadostilo osem raziskav (15–22), katerih povzetki so predstavljeni v tabeli 1. Uporabljene metode hlajenja so bile hladne kopeli, hladilne obleke ali kapa ter izpostavitve hladnemu zraku. Hladna kopel je bila uporabljena v dveh raziskavah (16, 19), hladilna obleka v obliki jopiča je bila uporabljena v petih (15, 17, 18, 20, 21), hladilna kapa (22) in izpostavitve hladnemu zraku pa v eni raziskavi (16). Med hlajenjem je bilo v eni raziskavi izpostavljeno celo telo (16), v eni telo do vratu (16), v sedmih raziskavah so bili hlajenju izpostavljeni trup, vrat in glava (15–21), v eni raziskavi samo glava in vrat (22) in v dveh raziskavah spodnje okončine (16, 19). V sedmih raziskavah je bila izbrana metoda hlajenja aplicirana enkrat (15–19, 20, 22), v dveh raziskavah pa večkrat (18, 21). V primeru večkratne aplikacije hlajenja je bilo hlajenje aplicirano od dva- do trikrat na dan znotraj šestih tednov. Enkratna izpostavitve pa je trajala v eni raziskavi do opaznega izboljšanja simptomov multiple skleroze (16), v eni raziskavi 20 min (19), v štirih od 30 do 45 min (17, 18, 20, 21) in v dveh raziskavah 60 min (15, 22).

V šestih raziskavah (16–18, 20–22) so opazili znižanje temperature telesnega jedra. Telesna temperatura je bila merjena v ušesu (15, 19), ustih (16–18, 20) ali v zadnjiku (18, 20–22). Znižanje temperature telesnega jedra je segalo od 0,2 do 2,1 °C. V dveh raziskavah (15, 19), v katerih je bila temperatura telesnega jedra merjena v ušesu, sprememba v temperaturi ni bila zaznana.

Preučevanje učinka hlajenja ni bilo omejeno na določen simptom, temveč na široko paleto simptomov. Štiri raziskave poročajo o izboljšani hoji (16–18, 22), tri o izboljšani mišični moči (16–18), dve raziskavi poročata o zmanjšanju utrujenosti (15, 17) in dve o izboljšani zaznavi dražljajev (16, 17). Drugi simptomi, ki so bili raziskani le v eni raziskavi in o katerih je poročano izboljšanje, so bili ravnotežje (15), produkcija NO (15), zavedanje (16), razpoloženje (16), koordinacija (16), spretnost (18), mobilnost (18)

refleksi (16), pisava (17), EDSS (angl. expanded disability status scale) (17) in opravljanje vsakdanjih aktivnosti (21). Ena raziskava (20), ki poroča a vplivu hlajenja na evocirane potenciale,

poroča le o majhnih spremembah. Ena raziskava pa poroča o zmanjšanju spastičnosti (18) medtem ko druga o povišanju (19).

Tabela 1: Povzetek raziskav, ki so preučevale vpliv hlajenja na simptome multiple skleroze

Raziskave	Preiskovanci	Preiskovani parametri	Hlajenje			Sprememba temperature telesnega jedra	Sprememba parametrov preiskovanih
			Tip	Trajanje	Temperatura	Mesto	
Beenakker <i>et al.</i> (15)	5 žensk 5 moških	utrujenost, ravnotežje pri odprtih očeh, mišična moč, produkcija NO	hladilna obleka	60 min	hladilna mešanica, ohlajenja na 7 °C	trup, vrat in glava	$T_{ušesna}$ / utrujenost↑, ravnotežje pri odprtih očeh / in zaprtih očeh ↑, mišična moč ↑, NO ↓
Watson (16)	4 ženske 4 moški	zavedanje, razpoloženje, motorična funkcija, hoja, koordinacija, refleksi, zaznavanje dražljajev	hladna kopel	do opaženega izboljšanja simptomov	21,1–26,6 °C (hladna kopel) 4,5 °C (hladen zrak)	do pasu ali do vratu celo telo	T_{oralna} ↓ do 2,1 °C ↑ vseh simptomov, razen težjih in dolgo prisotnih
Capello <i>et al.</i> (17)	2 ženski 4 moški	EDSS, moč, utrujenost, ataksija, zaznavanje dražljajev, hoja, pisava	hladilna obleka enkratno večkratno	45 min 2-krat na dan 45 min 30 dni	-	trup, vrat in glava	T_{oralna} ↓ 0,7 °C en – in večkratno: moč↑ utrujenost↑, ataksija↑, zaznavanje dražljajev↑ večkratno: EDSS↑
Kinnman <i>et al.</i> (18)	11 žensk 9 moških	spastičnost, mobilnost, hoja, mišična moč, spretnost, moč prijema	hladilna obleka	45 min	mešanica vode in glicerola, ohlajena na 10 °C	trup, vrat in glava	T_{oralna} ↓ do 0,3 °C $T_{rektalna}$ ↓ do 0,2 °C spastičnost↑, mobilnost↑, hoja ↑, mišična moč↑, spretnost ↑, moč prijema↑
Chiara <i>et al.</i> (19)	12 žensk 2 moška	spastičnost	hladna kopel	20 min	24 °C	spodnje okončine in trup	$T_{ušesna}$ / spastičnost ↓
Kinnman <i>et al.</i> (20)	6 žensk 6 moških	evocirani potenciali	hladilna obleka	40 min	mešanica vode in glicerola, ohlajena na 10 °C	trup, vrat in glava	$T_{rektalna}$ ↓ 0,27°C T_{oralna} ↓ 0,39°C majhne spremembe v nekaterih evociranih potencialih
Kinnman <i>et al.</i> (21)	4 ženske 4 moški	motorične in miselne zmoglosti, dnevne aktivnosti	hladilna obleka nošena med dnevnimi aktivnostmi	od 2- do 3-krat na dan, 40 min, 6 tednov	mešanica vode in glicerola, ohlajena na 10 °C	trup, vrat in glava	$T_{rektalna}$ ↓ 0,21°C ↑ vseh simptomov
(Reynolds <i>et al.</i> (22)	6 žensk	mišična moč, hoja	hladilna kapa	60 min	hladilna mešanica, ohlajenja na 10 °C	glava in vrat	$T_{rektalna}$ ↓ 0,37 °C mišična moč / hoja ↑

Simbol / označuje odsotnost spremembe; - označuje odsotnost podatka; ↑ označuje izboljšanje simptomov; ↓ označuje poslabšanje simptomov ali pa znižanje koncentracij dušikovega monoksida (NO); EDSS angl. expanded disability status scale

RAZPRAVA

Pregled literature predlaga, da je hlajenje in s tem znižanje temperature telesnega jedra učinkovita

metoda za trenutno izboljšanje simptomov multiple skleroze.

Watson (16) je predlagal, da se simptomi, ki jih povzroča multipla skleroza, izboljšajo le ob zadostnem znižanju temperature telesnega jedra. Pregledana literatura (15–22) kaže, da so uporabljene metode hlajenja v večini znižale temperaturo telesnega jedra do vrednosti, ki je povzročila izboljšanje simptomov. Temperatura telesnega jedra je bila znižana v razponu od 0,2 do 2,1 °C (16–18, 20–22). Temperatura je bila merjena v ušesu (15, 19), ustih (16–18, 20) ali v zadnjiku (18, 20–22). Kljub mogočim odstopanjem v temperaturi telesnega jedra zaradi različnega mesta merjenja (23) je znižanje temperature razen v raziskavi Chiara *et al.* (19) in Beenakker *et al.* (15) sovpadlo z izboljšanjem simptomov. V raziskavi, ki so jo opravili Chiara *et al.* (19), v kateri znižanja temperature telesnega jedra ni bilo, ni prišlo do izboljšanja, temveč do poslabšanja simptomov. Chiara *et al.* (19) so predpostavili, da sta znižanje temperature telesnega jedra preprečila vazokonstrikcija kožnih kapilar in tresenje. Predvidoma je prvi mehanizem povzročil premik tople krvi iz kože v telesno jedro, drugi pa povišano proizvodnjo toplote. Omenjena fiziološka mehanizma sta najverjetneje vodila do zvišanja temperature telesnega jedra, o čemer pogosto poročajo tudi raziskave, ki preučujejo termoregulacijske odgovore v odnosu s hladnim okoljem (24, 25). Predpostavko Watsona (16) pa so potrdili tudi Reynolds *et al.* (22). S preučevanjem vpliva občutka hlajenja s hkratnim znižanjem temperature telesnega jedra ali brez njega so namreč dokazali, da občutek hladu na koži v odsotnosti znižane temperature telesnega jedra ne vodi v izboljšanje simptomov multiple skleroze. Na učinkovito izmenjavo toplote med telesnim jedrom in okolico pa pomembno vpliva tudi odstotek podkožnega maščevja. Pri posameznikih z višjim odstotkom podkožnega maščevja lahko pričakujemo počasnejše ohlajevanje telesnega jedra (26). Pregled literature torej predlaga, da je za izboljšanje simptomov potrebno ne le znižanje temperature kože, temveč tudi temperature telesnega jedra. Za učinkovito hlajenje je torej potrebna aplikacija ustrezne jakosti hlajenja ob upoštevanju antropometričnih značilnosti bolnika.

Za dovajanje hlajenja so bile uporabljene hladne kopeli (16, 19), hladilne obleke (15, 17, 18, 20, 21) ali kapa (22) ter izpostavitve hladnemu zraku (16).

Največkrat uporabljena metoda hlajenja je bila uporaba hladilne obleke. Hladilne obleke so bodisi aktivne ali pasivne. Aktivne sisteme sestavljata hladilna enota in jopič s kapo ali brez, v katerega je vшит sistem tub. Sistem tub, po katerih kroži hladna tekočina (voda ali mešanice glicerola in vode), napaja hladilna enota. Pasivne sisteme pa predstavlja jopič, ki vsebuje žepe, v katere namestimo hladilna telesa. Slabost omenjenih sistemov sta predvsem njihova masa in okornost. Natančneje, masa istih oziroma podobnih sistemov, ki se uporabljajo za izboljšanje vadbe v vročem okolju pri športnikih, lahko znaša tudi do 4,5 kg (27–29). Dodatno pa slabost aktivnih sistemov predstavlja tudi njihova nepomičnost, saj za delovanje potrebujejo električno energijo. Prav zato se je pojavila težnja po razvoju lahkih, prenosnih in funkcionalnih hladilnih sistemov. Hladilni jopič, razvit v EMPA St. Gallen (30) (Unico, Alpnachstad, Švica), je prvi tak sistem, ki združuje vse prej naštete lastnosti. Jopič deluje na podlagi izmenjave toplote prek evaporacije, pri čemer masa aktiviranega jopiča znaša približno 300 g (31, 32). Jopič je zgrajen iz trislojnega sistema, pri katerem sta zunanji membrani prepustni za vodno paro, srednji sloj pa je zgrajen iz materiala z visoko zmogljivostjo absorpcije vode. Jopič se aktivira z vbrizganjem hladne vode, pri čemer voda, ki izhlapeva prek membrane, ki meji na okolico, zagotavlja hlajenje na strani, ki je v stiku s kožo. Trislojni sistem je v uporabi tako za izdelavo hladilnega jopiča kot tudi hlač.

Deli telesa, ki so bili najpogostejše izpostavljeni hlajenju, so bili glava (15–18, 20–22) vrat (15–18, 20–22) in trup (15–21). Hlajenje trupa je učinkovito predvsem zaradi velike površine, ki je podvržena hlajenju, hlajenje vratu in glave pa je učinkovito zaradi površinskega položaja ven in arterij ter manjšega vazokonstriksijskega odgovora v primerjavi s preostalim telesom (33). Hladne kopeli, hladilne obleke ali kapa ter izpostavitve hladnemu zraku so bile uporabljene bodisi enkrat (15–20, 22) bodisi večkrat (17, 21). Čas trajanja ene izpostavitve hladnemu okolju je segal od 20 do 60 minut. V primeru večkratne izpostavitve so bili bolniki izpostavljeni hlajenju do trikrat na dan znotraj šestih tednov. Pregled literature kaže na to, da je izboljšanje simptomov multiple skleroze neodvisno od metode hlajenja ali pogostosti izpostavitve. Chiara *et al.* (19) so poročali tudi, da

je bilo izboljšanje simptomov prisotno še do 2 uri po prenehanju hlajenja. Hlajenje je torej metoda, ki ima le trenuten učinek. Natančneje, do izboljšanja simptomov pride med hlajenjem in je prisotno tudi po zaključku hlajenja, vendar le krajši čas. Najbolj učinkovita mesta hlajenja so glava, vrat in trup (33).

Iz pregledanih raziskav (15–22) lahko ugotovimo, da je bil vpliv hlajenja raziskan v povezavi s široko paleto simptomov, ki jih povzroča obolenje z MS. Pozitivni učinki hlajenja niso omejeni na specifičen simptom, temveč lahko pozitivno vplivajo na široko paleto simptomov. Raziskave najpogosteje poročajo o izboljšani moči (16–18), hoji (16–18, 22), zaznavi dražljajev (16, 17) in zmanjšani utrujenosti (15, 17). Med hlajenjem se izboljšajo tudi kognitivne sposobnosti, kot je spomin (16). V primeru preučevanja izboljšanja simptomov zunaj laboratorijskega okolja sta Flensner in Lindencrona (34) poročala o izboljšani splošni kakovosti življenja. Med drugim bolniki poročajo o boljših kognitivnih sposobnostih in boljši socialni integraciji. Pozitivni učinki, ugotovljeni v laboratorijskem okolju, so vidni tudi v bolnikovem domačem okolju, med opravljanjem dejavnosti vsakodnevnega življenja.

Če povzamemo: pregled literature kaže na nedvomen pozitiven učinek hlajenja na široko paleto simptomov, ki jih povzroča obolenje z MS. Učinek hlajenja je individualen in trenuten, za njegovo dosego pa je potrebno ustrezno znižanje temperature telesnega jedra. Bolniku prijazen način znižanja temperature telesnega jedra je uporaba hladilnih jopičev, ki so lahki in bolniku omogočajo mobilnost. Nadaljnje raziskovalno delo bi bilo smotno usmeriti v preučevanje vpliva hlajenja na simptome multiple skleroze med telesno dejavnostjo. Povišana telesna temperatura, do katere prihaja zaradi telesne dejavnosti, je namreč eden izmed pogostih dejavnikov, ki otežujejo življenje bolnikov z multiplo sklerozo.

ZAHVALA

Zahvaljujem se dr. René Rossi, EMPA St. Gallen, Švica, za dano možnost dela pri projektu razvoja in ovrednotenja novega hladilnega jopiča za bolnike z multiplo sklerozo ter dr. Markusu Rothmeierju in Markusu Hessu, Unico Swiss Tex GmbH,

Alpnachstad, Švica, za uspešno sodelovanje pri projektu.

LITERATURA

1. Kesselring J and Beer S (2005). Symptomatic therapy and neurorehabilitation in multiple sclerosis. *Lancet Neurol* 4 (10): 643–52.
2. Compston A and Coles A (2002). Multiple sclerosis. *Lancet* 359 (9313): 1221–31.
3. Smith KJ and McDonald WI (1999). The pathophysiology of multiple sclerosis: the mechanisms underlying the production of symptoms and the natural history of the disease. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 354 (1390): 1649–73.
4. Humm AM, Beer S, Kool J, Magistris MR, Kesselring J, and Rosler KM (2004). Quantification of Uhthoff's phenomenon in multiple sclerosis: a magnetic stimulation study. *Clin Neurophysiol* 115 (11): 2493–501.
5. Davis SL, Wilson TE, White AT, and Frohman EM (2010). Thermoregulation in multiple sclerosis. *J Appl Physiol* 109 (5): 1531–7.
6. Syndulko K, Jafari M, Woldanski A, Baumhefner RW, and Tourtellotte WW (1996). Effects of temperature in multiple sclerosis: a review of the literature. *J Neurol Rehabil* 10 23–34.
7. Selhorst JB and Saul RF (1995). Uhthoff and his symptom. *J Neuroophthalmol* 15 (2): 63–9.
8. Guthrie TC and Nelson DA (1995). Influence of temperature changes on multiple sclerosis: critical review of mechanisms and research potential. *J Neurol Sci* 129 (1): 1–8.
9. Rasminsky M (1973). The effects of temperature on conduction in demyelinated single nerve fibers. *Arch Neurol* 28 (5): 287–92.
10. Rasminsky M and Sears TA (1972). Internodal conduction in undissected demyelinated nerve fibres. *J Physiol* 227 (2): 323–50.
11. Davis FA (1970). Axonal conduction studies based on some considerations of temperature effects in multiple sclerosis. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 28 (3): 281–6.
12. Rutkove SB (2001). Effects of temperature on neuromuscular electrophysiology. *Muscle Nerve* 24 (7): 867–82.
13. Franssen H, Wieneke GH, and Wokke JH (1999). The influence of temperature on conduction block. *Muscle Nerve* 22 (2): 166–73.
14. Smith KJ and Lassmann H (2002). The role of nitric oxide in multiple sclerosis. *Lancet Neurol* 1 (4): 232–41.
15. Beenakker EA, Oparina TI, Hartgring A, Teelken A, Arutjunyan AV, and De Keyser J (2001). Cooling garment treatment in MS: clinical

- improvement and decrease in leukocyte NO production. *Neurology* 57 (5): 892–4.
16. Watson CW (1959). Effect of lowering of body temperature on the symptoms and signs of multiple sclerosis. *N Engl J Med* 261 1253–9.
17. Capello E, Gardella M, Leandri M, Abbruzzese G, Minatel C, Tartaglione A, Battaglia M, and Mancardi GL (1995). Lowering body temperature with a cooling suit as symptomatic treatment for thermosensitive multiple sclerosis patients. *Ital J Neurol Sci* 16 (8): 533–9.
18. Kinnman J, Andersson U, Kinnman Y, and Watterqvist L (1997). Temporary improvement of motor function in patients with multiple sclerosis after treatment with cooling suit. *J Neurol Rehab* (11): 109–14.
19. Chiara T, Carlos J, Jr., Martin D, Miller R, and Nadeau S (1998). Cold effect on oxygen uptake, perceived exertion, and spasticity in patients with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 79 (5): 523–8.
20. Kinnman J, Andersson T, and Andersson G (2000). Effect of cooling suit treatment in patients with multiple sclerosis evaluated by evoked potentials. *Scand J Rehabil Med* 32 (1): 16–9.
21. Kinnman J, Andersson U, Wetterqvist L, Kinnman Y, and Andersson U (2000). Cooling suit for multiple sclerosis: functional improvement in daily living? *Scand J Rehabil Med* 32 (1): 20–4.
22. Reynolds LF, Short CA, Westwood DA, and Cheung SS (2011). Head pre-cooling improves symptoms of heat-sensitive multiple sclerosis patients. *Can J Neurol Sci* 38 (1): 106–11.
23. Sund-Levander M, Forsberg C, and Wahren LK (2002). Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review. *Scand J Caring Sci* 16 (2): 122–8.
24. Cheuvront SN, Kolka MA, Cadarette BS, Montain SJ, and Sawka MN (2003). Efficacy of intermittent, regional microclimate cooling. *J Appl Physiol* 94 (5): 1841–8.
25. Kurz A, Sessler DI, Birnbauer F, Illievich UM, and Spiss CK (1995). Thermoregulatory vasoconstriction impairs active core cooling. *Anesthesiology* 82 (4): 870–6.
26. Nielsen B, *Physiology of thermoregulation during swimming*, in *Swimming Medicine IV: proceedings of the fourth International Congress on Swimming Medicine, Stockholm, Sweden*, B. Eriksson and B. Furberg, Editors. 1978, Baltimore : University Park Press
27. Arngrimsson SA, Petitt DS, Stueck MG, Jorgensen DK, and Cureton KJ (2004). Cooling vest worn during active warm-up improves 5-km run performance in the heat. *J Appl Physiol* 96 (5): 1867–74.
28. Hunter I, Hopkins JT, and Casa DJ (2006). Warming up with an ice vest: core body temperature before and after cross-country racing. *J Athl Train* 41 (4): 371–4.
29. Hasegawa H, Takatori T, Komura T, and Yamasaki M (2005). Wearing a cooling jacket during exercise reduces thermal strain and improves endurance exercise performance in a warm environment. *J Strength Cond Res* 19 (1): 122–8.
30. Meyer-Heim A, Rothmaier M, Weder M, Kool J, Schenk P, and Kesselring J (2007). Advanced lightweight cooling-garment technology: functional improvements in thermosensitive patients with multiple sclerosis. *Mult Scler* 13 (2): 232–7.
31. Rothmaier M, Weder M, Meyer-Heim A, and Kesselring J (2008). Design and performance of personal cooling garments based on three-layer laminates. *Medical and Biological Engineering and Computing* 46 (8): 825–32.
32. Bogerd N, Psikuta A, Daanen HaM, and Rossi RM (2010). How to measure thermal effects of personal cooling systems: human, thermal manikin and human simulator study. *Physiol Meas* 31 (9): 1161.
33. Shvartz E (1975). The application of conductive cooling to human operators. *Hum Factors* 17 (5): 438–45.
34. Flensner G and Lindencrona C (1999). The cooling-suit: a study of ten multiple sclerosis patients' experiences in daily life. *J Adv Nurs* 29 (6): 1444–53.