

Učinki hlajenja in kompresije kolena na anteriorno laksnost kolena

Knee cooling and compression effects on knee anterior laxity

Jure Bornšek¹, Renata Vauhnik¹, Miroljub Jakovljević¹

IZVLEČEK

Uvod: Naprave za ohlajanje sklepov omogočajo ohlajevanje in kompresijo hkrati, zaradi česar se izboljša učinkovitost ohlajevanja. Namen raziskave je bil ugotoviti učinke uporabe naprave za hlajenje kolena na anteriorno laksnost kolenskega sklepa. **Metode:** V raziskavo je bilo vključenih deset mladih, zdravih preiskovancev. Protokol je vseboval tri 30-minutne poskuse: ohlajanje s kompresijo, kompresijo in občutek ohlajanja. Zaporedje poskusov je bilo naključno, z vmesnimi 24-urnimi odmori. Merili smo timpanično temperaturo (T_t), povprečno temperaturo kože (T_k), temperaturo kože obravnavanega predela (T_o) in anteriorno laksnost kolenskega sklepa pred vsakim poskusom in po njem z rolimetrom. **Rezultati:** T_t je ostala enaka. T_k se je statistično pomembno povišala med ohlajanjem s hladilnim gelom. Kljub pomembnim spremembam T_o med prvim in drugim poskusom ni bilo pomembnih razlik v anteriorni laksnosti kolenskega sklepa med poskusi. **Zaključki:** Uporaba naprave za hlajenje sklepov pri temperaturah od 5 °C do 24 °C za obdobje 30 minut nima pomembnega učinka na anteriorno laksnost kolenskega sklepa.

Ključne besede: krioterapija, kompresija, občutek hlajenja, anteriorna laksnost kolenskega sklepa.

ABSTRACT

Background: Joint cooling devices allow cooling and compression at the same time and thereby increase the efficiency of cooling. Purpose of this research was to identify the effects of knee cooling device on knee anterior laxity. **Methods:** Ten healthy male young subjects were included in the experiment. Protocol consisted of three 30-minute conditions: cold and compression, compression and sensation of cold. The sequences were random with 24-hour intervals apart. We measured tympanic temperature (T_t), average skin (T_s), and knee skin (T_k) temperature. Knee anterior laxity was measured before and after each condition with the Rolimeter. **Results:** T_t remained stable, while T_s significantly increased during sensation of cold. Despite the significant temperature change of T_k during first and second conditions, there was no significant difference in knee anterior laxity within and between conditions. **Conclusions:** 30-minute knee cooling device application with temperature range from 5 °C to 24 °C has no significant effects on knee anterior laxity.

Key words: cryotherapy, compression, sense of cooling, knee anterior laxity.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: doc. dr. Renata Vauhnik, dipl. fiziot.; e-pošta: renata.vauhnik@zf.uni-lj.si

Prispelo: 20.1.2016

Sprejeto: 3.5.2016

UVOD

Krioterapija je široko uporabljena metoda za zdravljenje akutnih in post akutnih mišično-kostnih ter živčno-mišičnih disfunkcij (Janwantanakul, 2004). Najpomembnejši fiziološki učinki krioterapije so zmanjšanje tkivnega metabolizma, manjša hipoksija, zmanjšanje edema, manjše sproščanje vnetnih mediatorjev in zmanjšanje bolečine (Glenn in sod., 2004). Krioterapija je nepogrešljiva metoda tudi po kirurških posegih, saj zmanjšuje pooperativno bolečino, skrajša čas hospitalizacije ter zmanjša otekanje in uporabo analgetičnih učinkovin (Becher in sod., 2008). Prav tako se pogosto uporablja med športno dejavnostjo. V športu je najpogostejša uporaba ledu in drugih hladilnih sredstev, ki močno znižajo temperaturo tkiva. Čezmerno ohlajanje lahko privede do neželenih učinkov, kot je sprememba viskoznosti in elastičnosti ter s tem tudi biomehanskih lastnosti mehkih tkiv. Športniki se v želji po igranju takoj po uporabi hladilnega sredstva lahko vrnejo v igro. Krioterapija ima lahko tako tudi škodljive učinke. Med najpogostejše omenjenimi so ozeblina (Martin in sod., 2001; Graham in Stevenson, 2004)). Krioterapija lahko zniža prevodno hitrost živca, sinaptična transmisija pa se lahko popolnoma prekine (Herrera in sod., 2010; Graham in Stevenson, 2000; Knight, 2000), poveča se možnost za nastanek poškodb mišic (Bleakley in sod., 2012; Becher in sod., 2008) in vezi (Uchio in sod., 2003).

Poznamo več tehnik krioterapije, kot so vrečke ledu, kriopak, mrzli obkladki, ledene kopeli, hladilna razpršila in geli, kriomasaža in uporaba hladilnih naprav (Knight, 1995). Uporaba hladilnih naprav omogoča kombinacijo hlajenja in kompresije (Janwantanakul, 2006). Merrick in sodelavci (1993) priporočajo kombinacijo obojega, ker to vodi v večje znižanje temperature tkiva, saj kompresija izboljša stik med kožo in hladilnim sredstvom ter zmanjšuje krvni pretok na mestu zdravljenja. Z namestitvijo posebnih manšet, ki se tesno prilegajo delu telesu, omogoča konstantno hlajenje pri izbrani temperaturi. Med ohlajanjem sklepa se zniža tudi temperatura sklepne ovojnice in struktur znotraj sklepnega prostora (Martin in sod., 2001). Globlje ležeča tkiva oddajajo toploto, da bi segrela ohlajena površinska tkiva, kar pomeni, da večje znižanje temperature na površini kože vodi do večjega znižanja temperature globljih

tkiv (Janwantanakul, 2004). Kako močno se bo znižala temperatura tkiva, je odvisno tudi od debeline kože in podkožja, saj se pri osebah z večjo količino maščevja temperatura ne zniža tako močno kot pri osebah z manjšo količino maščevja (Janwantanakul, 2006). Maščevje je namreč tkivo, ki vsebuje malo vode in je zato slabši toplotni prevodnik (Michlowitz, 1996).

Čeprav so Benoit in sodelavci (1996) ugotovili, da kopeli od 15 °C do 40 °C nimajo vpliva na anteriorno laksnost kolenskega sklepa, pa Petrofsky in sodelavci (2013) opozarjajo, da sprememba temperature križnih ligamentov povzroča spremembo njihove laksnosti. Povečana anteriorna laksnost je dejavnik tveganja za poškodbo sprednje križne vezi (Uhorchak in sod., 2003) in poškodbo kolena (Vauhnik in sod., 2008). Namen raziskave je bil ugotoviti, ali hlajenje s kompresijo in posamezni učinki (kompresija, hlajenje in občutek ohlajanja) povečajo anteriorno laksnost kolenskega sklepa.

METODE

Raziskavo je odobrila komisija Republike Slovenije za medicinsko etiko (štev.: 58/06/10). Vsi preiskovanci so bili seznanjeni z namenom, potekom in ciljem raziskave ter so podpisali izjavo o prostovoljnem sodelovanju.

V raziskavi so sodelovali zdravi preiskovanci, stari od 20 do 30 let, z indeksom telesne mase med 19,9 in 24,9 kg/m², nekadilci, ki niso bili preobčutljivi na hlad ali hladilni gel. Šest ur pred začetkom raziskave niso smeli zaužiti kave ali podobnega poživila ali alkohola, se izpostaviti neposrednemu vplivu sonca ali vožnji v klimatiziranem vozilu. Vsi preiskovanci so bili oblečeni v lahka športna oblačila. Raziskava je potekala na Zdravstveni fakulteti v Ljubljani, v prostoru, v katerem so bili enaki pogoji za vse preiskovance (povprečna temperatura (standardni odklon) 24,5 (1,0) °C, vlažnost 35 (10) odstotkov)). Raziskava je bila izvedena v desetih dneh. Vsi postopki so bili opravljeni na desni strani, ko so preiskovanci ležali na hrbtu.

Raziskava je vključevala tri poskuse. V prvem poskusu smo vrednotili učinek hlajenja in kompresije in smo uporabili hladilno napravo z manšeto za koleno (slika 1) Knee Cryo/Cuff

(Aircast Incorporated, ZDA), v kateri je bila temperatura vode 5 °C. Hladilna naprava ne omogoča nadzora nad jakostjo kompresije. Površina delovanja manšete je razvidna s slike 1. V drugem poskusu, v katerem smo vrednotili učinek kompresije, smo prav tako uporabili Knee Cryo/Cuff, v katerem je bila temperatura vode 24 °C. V obeh poskusih je bila višinska razlika med manšeto in posodo 0,8 m. V tretjem poskusu smo vrednotili učinek občutenja hladu. Namesto hladilne naprave smo nanесли hladilni gel (Ice Power Cold Gel, Fysioline Oy Pharma, Finska), ki je vseboval 3,5 odstotka mentola in 8 odstotkov etanola. Na koleno smo namazali 10 cm gela. Vsak poskus je trajal 30 minut. Zaporedje poskusov je bilo naključno in uravnoteženo, s štiriindvajseturnim vmesnim premorom.



Slika 1: Položaj preiskovanca med hlajenjem s hladilno napravo z manšeto za koleno Knee Cryo/Cuff (Aircast Incorporated, ZDA). Manšeta ima v predelu poplitealne jame odprtino, ki preprečuje premočan pritisk na venski sistem (McDowell in sod., 1994).

V vsakem poskusu so bile opravljene meritve translacije golenice v anteriorni smeri (anteriorna laksnost kolenskega sklepa) z artrometrom Rolimeter (50A, Aircast Incorporated, ZDA) (slika 2). Rolimeter je poceni naprava, enostavna za uporabo in daje v primerjavi z drugimi napravami veljavne rezultate (Schuster in sod., 2004; Balash in sod., 1999), ne glede na izkušnje posameznika (Hatcher in sod., 2005). Pred postopkom in po njem smo vsakemu preiskovancu namestili na kolenski sklep artrometer ter izmerili translacijo golenice v anteriorni smeri pri 20° fleksije in pri 80° fleksije v kolenskem sklepu. Vsako meritev smo ponovili trikrat, rezultat pa je bil povprečje

treh meritev. V vseh treh poskusih je bil postopek enak in v skladu z navodili proizvajalca artrometra (Aircast, Operator's Manual) (Aircast, 2000).

Timpanično temperaturo (T_t) smo merili pred postopkom in po njem z infrardečim termometrom (Gentle Temp 510, Omron, Japonska). Temperaturo kože smo merili na štirih mestih (nad prsnico, nadlaket anteriorno, anteriorni del stegna in medialni del goleni) z laserskim infrardečim termometerom (InfraRed Thermometer, IR-380, Voltcraft, Taiwan). Povprečno temperaturo kože (T_k) smo izračunali po Ramanathanovi (1964) formuli. Temperaturo kože na obravnavanem predelu (T_o) smo merili s termometrom s termočlenom (302 K/J Thermometer, Voltcraft, Taiwan) na treh mestih (na predelu lateralne in medialne sklepne špranje ter dva cm pod pogačico – na kiti mišice kvadriceps). T_o je bila povprečje treh meritev. Debelino kožne gube stegna smo merili s kaliperjem (Baseline, ZDA), čas ohlajevanja pa s kronometerom (Microsplit, Tag Heuer, Švica).



Slika 2: Rolimeter (spodaj) in meritve translacijskega premika golenice pri 20° fleksije v kolenskem sklepu (zgoraj) (Panisset in sod., 2012)

Rezultati so bili predstavljeni z opisno statistiko (povprečje (standardni odklon)). Za vrednotenje razlik pred namestitvijo hladilne naprave in po njej z različnimi temperaturami vode in hladilnega gela smo uporabili parni Studentov test t ($p \leq 0,05$). Za ugotavljanje razlik med tremi poskusi smo uporabili enosmerno analizo variance ($p \leq 0,05$). Če je slednja pokazala, da so razlike statistično pomembne, je bil opravljen Tukeyjev *post hoc* test ($p \leq 0,05$). Statistična obdelava podatkov je bila opravljena s statističnim programom VassarStats

(VassarStats: Website for Statistical Computation, ZDA).

REZULTATI

V raziskavi je sodelovalo 10 preiskovancev, starih 23,6 (2,2) leta, visokih 182,3 (7,2) cm, s telesno težo 75,5 (8,8) kg, z indeksom telesne mase 22,6 (1,1) kg/m² in z debelino kožne gube stegna 9,7 (1,1) mm.

T_t se znotraj in med poskusi ni pomembno spreminjala. T_k se je pomembno zvišala v poskusu,

v katerem smo nanесли hladilni gel (tabela 1). Med poskusi je obstajala pomembna razlika ($p < 0,029$). *Post hoc* test je pokazal pomembno razliko ($p < 0,05$) med vrednostmi poskusa »ohlajanje in kompresija« in poskusa »občutek ohlajanja« (tabela 1). Po pričakovanjih je prišlo do največjih sprememb v T_o . Do pomembnih sprememb je prišlo v poskusih »ohlajanje in kompresija« ter »kompresija« (tabela 1). Med poskusi je obstajala pomembna razlika ($p < 0,001$). *Post hoc* test je pokazal pomembno ($p < 0,01$) razliko med T_o posameznih poskusov (tabela 1).

Tabela 1: Povprečne vrednosti timpanične temperature (T_t), povprečne temperature kože (T_k), lokalne temperature kože na področju ohlajanja (T_o) pred postopkom in po njem ter temperaturnih sprememb v vseh treh poskusih

Knee Cryo/Cuff ($T_{vode} = 5\text{ °C}$); kompresija in ohlajanje				
	Pred postopkom	Po postopku	Razlika	P
T_t (°C)	35,9 (0,4)	36,1 (0,3)	0,2 (0,2)	SN
T_k (°C)	33,4 (0,4)	33,4 (0,3)	0,0 (0,2)	SN
T_o (°C)	31,9 (0,7)	23,1 (0,8)	-8,8 (0,6)	< 0,001
Knee Cryo/Cuff ($T_{vode} = 24\text{ °C}$); kompresija				
	Pred postopkom	Po postopku	Razlika	P
T_t (°C)	35,8 (0,3)	36,0 (0,3)	0,2 (0,3)	SN
T_k (°C)	33,5 (0,4)	33,5 (0,5)	0,0 (0,6)	SN
T_o (°C)	32,1 (0,7)	29,1 (0,5)	-3,0 (0,7)	< 0,001
Ice Power Cold Gel; občutek ohlajanja				
	Pred postopkom	Po postopku	Razlika	P
T_t (°C)	35,9 (0,5)	36,1 (0,4)	0,2 (0,3)	SN
T_k (°C)	33,4 (0,5)	33,9 (0,2)	0,5 (0,5)	< 0,05
T_o (°C)	32,3 (0,4)	32,0 (0,4)	-0,3 (0,2)	SN

P – verjetnost; *SN* – statistično nepomembno

Tabela 2: Rezultati meritev anteriorne translacije golenice

Knee Cryo/Cuff ($T_{vode} = 5\text{ °C}$); kompresija in ohlajanje				
	Pred postopkom	Po postopku	Razlika	P
20° fleksije (mm)	6,75 (0,92)	6,85 (0,98)	0,10 (0,08)	SN
80° fleksije (mm)	5,31 (1,23)	5,46 (1,22)	0,15 (0,05)	SN
Knee Cryo/Cuff ($T_{vode} = 24\text{ °C}$); kompresija				
	Pred postopkom	Po postopku	Razlika	P
20° fleksije (mm)	7,13 (0,82)	7,30 (0,85)	0,17 (0,03)	SN
80° fleksije (mm)	5,55 (1,13)	5,49 (1,15)	0,05 (0,02)	SN
Ice Power Cold Gel; občutek ohlajanja				
	Pred postopkom	Po postopku	Razlika	P
20° fleksije (mm)	6,91 (1,09)	6,98 (1,06)	0,07 (0,04)	SN
80° fleksije (mm)	5,30 (1,23)	5,39 (1,26)	0,09 (0,03)	SN

P – verjetnost; *SN* – statistično nepomembno

Vrednosti translacije golenice v anteriorni smeri se niso pomembno razlikovale tako znotraj kot med poskusi (tabela 2).

RAZPRAVA

S poskusi smo prikazali, da ohlajanje kolena s temperaturo 5 °C in kompresijo za 30 minut ne spremeni anteriorne laksnosti kolenskega sklepa. Prav tako smo prikazali, da tudi posamezni komponenti postopka, kompresija in občutek ohlajanja, ne spremenita anteriorne laksnosti kolenskega sklepa pri zdravih preiskovancih. Vzroke lahko iščemo v previsoki temperaturi vode ali prekratnem času ohlajanja. Martin in sodelavci (2002) so 60 minut ohlajevali kolenski sklep s hladilno napravo, v kateri je bila ledena voda (temperatura približno 0 °C), in ugotovili padec znotraj sklepne temperature za 2,7 °C. Glenn in sodelavci (2004) so se v svoji raziskavi osredotočili na vpliv krioterapije po rekonstrukciji sprednje križne vezi. Po 60 minutah hlajenja s hladilno napravo, v kateri je bila ledeno mrzla voda, so izmerili znižanje temperature na površini kože obravnavanega dela za 12,3 °C ter padec znotraj sklepne temperature za 2,7 °C. Podobno raziskavo so izvedli Martin in sodelavci (2001), saj so raziskovali vpliv krioterapije po artroskopiji kolena. Po 120 minutah hlajenja s hladilno napravo, v kateri je bila ledena voda, so ugotovili padec znotraj sklepne temperature za 3,0 °C. Pomemben je podatek, da so vodo v hladilni napravi zamenjali na vsakih 30 minut in tako preprečili čezmeren dvig temperature vode. Oosterveld in Rasker (1994) sta za hlajenje uporabila led in sta po 30 minutah izmerila padec temperature na koži za 16,2 °C ter 4,4 °C znotraj kolenskega sklepa. Uchio in sodelavci (2003) so ohlajali koleno 15 minut s temperaturo vode 4 °C, ki so jo vzdrževali ves čas hlajenja in izmerili pomembno manjšo anteriorno laksnost kolenskega sklepa. V našem poskusu je bila temperatura vode 5 °C in po 30 minutah se je temperatura na površini kože kolena znižala za 8,7 °C. Da je bila sprememba temperature na površini kože kolena premajhna, potrjujejo izsledki Dahlstedta in sodelavcev (1996), ki so dokazali, da je treba znižati temperaturo na površini kože na vsaj 20 °C, da lahko pričakujemo znižanje temperature znotraj sklepa. Podobno kot v naši raziskavi Benoit in sodelavci (1996) niso ugotovili sprememb anteriorne laksnosti kolena po hlajenju kolena.

Hladili so 20 minut v vodi, ki je imela temperaturo 15 °C.

Podobne rezultate smo dobili v drugem poskusu, v katerem je bila voda v hladilni napravi sobne temperature (24 °C). Po 30-minutnem ohlajanju se je temperatura na površini kože kolena znižala za 2,95 °C in ugotovili smo, da kompresija ni vplivala na anteriorno laksnost kolenskega sklepa. Na podlagi v prvem delu opisanih raziskav smo pričakovali, da hlajenje s sobno temperaturo vode ne bo povzročilo spremembe anteriorne laksnosti kolenskega sklepa in lahko njen vpliv izključimo. Podobno je zaključil Janwantanakul (2006), ki je ugotovil, da različne stopnje kompresije nimajo vpliva na moč hlajenja in tako posledično ne vplivajo na spremembo anteriorne laksnosti kolenskega sklepa.

Rezultati tretjega poskusa so pokazali, da se 30 minut po nanosu hladilnega gela anteriorna laksnost ne spremeni pri 20° in 80° fleksije v kolenskem sklepu. V tem delu raziskave se je temperatura obravnavanega predela znižala le za 0,3 °C. Prišlo pa je do pomembnega zvišanja T_k , kar si lahko razlagamo tako, da smo z nanosom hladilnega gela, ki vsebuje mentol, dražili za hlad občutljiva aferentna vlakna (Shafer et al., 1986), kar je verjetno izzvalo obrambni mehanizem telesa pred ohlajevanjem (Kozyreva in sod., 2013), ki vključuje lokalno vazokonstrikcijo in ohranjanje telesne toplote (Tajino in sod., 2007).

ZAKLJUČEK

Rezultati raziskave so pokazali, da uporaba hladilne naprave (kompresija in hlajenje) in njenih posameznih učinkov (kompresija in občutek ohlajanja) ne vplivajo na anteriorno laksnost kolenskega sklepa, če ohlajamo s temperaturo 5 °C ali več. Hladilna naprava se je izkazala za varno metodo krioterapije, saj pri nobenem od preiskovancev ni prišlo do sprememb anteriorne laksnosti kolenskega sklepa. Povečana anteriorna laksnost je dejavnik tveganja za poškodbo kolena (Uhorchak in sod., 2003; Vauhnik in sod., 2008). Pomembno je poznati dejavnike, ki bi lahko povečali anteriorno laksnost kolenskega sklepa in tako posredno povečali dejavnik tveganja za poškodbo kolena.

LITERATURA

- Balasch H, Schiller M, Friebel H, Hoffmann F (1999). Evaluation of anterior knee joint instability with the Rolimeter. A test in comparison with manual assessment and measuring with the KT-1000 arthrometer. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7 (4): 204–8.
- Becher C, Springer J, Feil S, Cerulli G, Paessler HH (2008). Intra-articular temperatures of the knee in sports - an in-vivo study of jogging and alpine skiing. *BMC Musculoskeletal Disord* 9: 46.
- Benoit TG, Martin DE, Perrin DH (1996). Hot and cold whirlpool treatments and knee joint laxity. *J Athl Train* 31 (3): 242–4.
- Bleakley CM, Costello JT, Glasgow PD (2012). Should athletes return to sport after applying ice? A systematic review of the effect of local cooling on functional performance. *Sports Med* 42 (1): 69–87.
- Butler DL, Noyes FR, Grood ES (1980). Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. A biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am* 62 (2): 259–70.
- Campero M, Baumann TK, Bostock H, Ochoa JL (2009). Human cutaneous C fibres activated by cooling, heating and menthol. *J Physiol* 587(Pt 23): 5633–52.
- Dahlstedt L, Samuelson P, Dalen N (1996). Cryotherapy after cruciate knee surgery. *Acta Orthop Scand* 67 (3): 255–7.
- Glenn RE, Spindler KP, Warren TA, McCarty EC, Secic M (2004). Cryotherapy decreases intraarticular temperature after ACL reconstruction. *Clin Orthop* 421: 268–72.
- Graham CA, Stevenson J (2000). Frozen chips: an unusual cause of severe frostbite injury. *Br J Sports Med* 34 (5): 382–4.
- Hatcher J, Hatcher A, Arbuthnot J, McNicholas M (2005). An investigation to examine the inter-tester and intra-tester reliability of the Rolimeter knee tester, and its sensitivity in identifying knee joint laxity. *J Orthop Res* 23 (6): 1399–403.
- Herrera E, Sandoval MC, Camargo DM, Salvini TF (2010). Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage, and cold water immersion. *Phys Ther* 90 (4): 581–91.
- Janwantanakul P (2004). Different rate of cooling time and magnitude of cooling temperature during ice bag treatment with and without damp towel wrap. *Phys Ther Sport* 5 (3): 156–61.
- Janwantanakul P (2006). Cold pack/skin interface temperature during ice treatment with various levels of compression. *Physiotherapy* 92 (4): 254–9.
- Kannus P (2000). Structure of the tendon connective tissue. *Scand J Med Sci* 10 (6): 312–20.
- Knight KL (1995). Cryotherapy in sport injury management. *Champaign: Human Kinetics*: 3–11.
- Kozyreva TV, Tkachenko EY, Khranova GM (2013). Effects of pharmacological activation of TRPM8 ion channels on the thermoregulatory responses during warming. *Bull Exp Biol Med* 155 (3): 335–8.
- Martin SS, Spindler KP, Tarter JW, Detwiler K (2002). Does cryotherapy affect intraarticular temperature after knee arthroscopy? *Clin Orthop* 400: 184–9.
- Martin SS, Spindler KP, Tarter JW, Detwiler K, Petersen HA (2001). Cryotherapy: an effective modality for decreasing intraarticular temperature after knee arthroscopy. *Am J Sports Med* 29 (3): 288–91.
- McDowell JH, McFarland EG, Nalli BJ (1994). Use of cryotherapy for orthopaedic patients. *Orthop Nurs* 13 (5): 21–30.
- Merrick MA, Knight KL, Ingersoll CD, Potteiger JA (1993). The effects of ice and compression wraps on intramuscular temperature at various depths. *J Athl Train* 28 (3): 236–45.
- Michlowitz SL (1996). Thermal agents in rehabilitation. 3rd edition. Philadelphia: F. A. Davis Company: 78–102.
- Oosterveld FGJ, Rasker JJ (1994). Effects of local heat and cold treatment on surface and articular temperature of arthritic knees. *Arthritis Rheum* 37 (11): 1578–82.
- Panisset JC, Ntagiopoulos PG, Saggin PR, Dejour D (2012). A comparison of TelosTM stress radiography versus RolimeterTM in the diagnosis of different patterns of anterior cruciate ligament tears. *Orthop Traumatol Surg Res* 98 (7): 751–8.
- Petrofsky JS, Laymon M, Lee H (2013). Effect of heat and cold on tendon flexibility and force to flex the human knee. *Med Sci Monit* 19: 661–7.
- Ramanathan NL (1964). A new weighting system for mean surface temperature of the human body. *J Appl Physiol* 19: 531–3.
- Rolimeter 50A operator's manual for measuring anterior/posterior knee laxity (2000). Summit: Aircast.
- Schafer K, Braun A, Isenberg C (1986). Effect of menthol on cold receptor activity. *J Gen Physiol* 88: 757–76.
- Schuster AJ, McNicholas MJ, Wachtl SW, McGurty DW, Jakob RP (2004). A new mechanical testing device for measuring anteroposterior knee laxity. *Am J Sports Med* 32 (7): 1731–5.
- Tajino K, Matsumura K, Kosada, et al. (2007). Application of menthol to the skin of whole trunk in mice induces autonomic and behavioral heat – gain responses. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 293 (5): 2128–35.
- Uchio Y, Ochi M, Fujihara A, Adachi N, Iwasa J, Sakai Y (2003). Cryotherapy influences joint laxity

- and position sense of the healthy knee joint. *Arch Phys Med Rehab* 84 (1): 131–5.
31. Uhorchak JM, Scoville CR, Williams GN, Arciero RA, St Pierre P, Taylor DC (2003). Risk factors associated with noncontact injury of anterior cruciate ligament: a prospective four-year evaluation. *Am J Sports Med* 31: 831–42.
32. Vauhnik R, Morrissey MC, Rutherford OM, Turk Z, Piliš IA, Pohar M (2008) Knee anterior laxity: a risk factor for traumatic knee injury among sportswomen? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16: 823–33.