

დიამეტრი 120 მიკრონი, გარე დიამეტრი 220 მიკრონი და კედლის სისქე 50 მიკრონი. ინოვაციური მეთოდი გამოიხსნა კრიოთერაპიასა და კრიოქირურგიაში გამოსაყენებლად.

საკვანძო სიტყვები: გაცივება თხელი ფენის აირის ნარევით; ინფრაწითელი თერმოგრაფი; კრიოსაქშენები; მაცივებელი აეროზოლი; მოქნილი კაპილარული მილი; პროპან-ბუტანის ნარევი სპორტი; სპორტული მედიცინა.

შესავალი

სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის მიღწევები, სპორტში ახალი სამედიცინო კრიოტექნოლოგიების დანერგვის საშუალებას იძლევა. სიცივის გამოყენებას ტკივილისა და ანთების შესამსუბუქებლად საკმაოდ დიდი ისტორია აქვს. ჯერ კიდევ ძველად იცოდნენ, რომ სისხლჩაქცევის ადგილის გაცივებისას, მაგალითად, ყინულის, თოვლის, ან წყალში დასველებული ქსოვილის მეშვეობით, ტკივილი საკმაოდ სწრაფად ქრებოდა და სისხლჩაქცევები უფრო უმტკივნეულოდ შუშდებოდა. დღეს „კრიოთერაპიის“ კონცეფცია მოიცავს მკურნალობის ფიზიკური მეთოდების კომპლექსს – სითბოს არინებით ზედაბალ და ულტრადაბალ ტემპერატურებზე თხევადი, მყარი და აირადი მუშა სხეულების გამოყენებით. ასეთი გზით გაცივება შესაძლებელია როგორც ადამიანის სხეულის ცალკეული ნაწილების, ისე ადამიანის სრული ორგანიზმის. თანამედროვე სპორტის ერთ-ერთი აქტუალური პრობლემა არის ტრავმების გაზრდილი რისკი. ეს უდავოდ აბრკოლებს სპორტსმენტა ფორმის აღდგენის პრო-

ცესს. სპორტულ მედიცინაში ტრავმირებული ადგილის გაცივებით ტკივილგამაყუჩებელი ეფექტის მისაღწევად გამოიყენება კანზე ცხელი წყლის წასმის პროცედურა ($T_0 = 273-238 K$). ფიზიკურ-ბიოლოგიური თვალსაზრისით ქსოვილის ტემპერატურის კლება ამცირებს ნერვული იმპულსების გადაცემის სიჩქარეს და $278K$ ტემპერატურაზე ნერვული იმპულსები მთლიანად იბლოკება. კრიომედიცინისთვის ძალიან მნიშვნელოვანია ისეთი ინსტრუმენტის არსებობა, რომელსაც ექნება გარკვეული ელასტიკურობა და რომლის გამოყენებაც შესაძლებელი იქნება ქსოვილის კრიოდესტრუქციისათვის ყველაზე მიუწვდომელ ადგილებში.

ძირითადი ნაწილი

სტატიაში კრიოინსტრუმენტი წარმოდგენილია დრეკადი კაპილარული მილის (დიამეტრი დაახლოებით 100 მიკრონი) ან კაპილარული მილების სისტემის სახით, საიდანაც მაცივარი აგენტი მიეწოდება ტრავმის ზონას. პლასტმასის მრავალ სახეობას შორის ასეთი ინსტრუმენტის დასამზადებლად გამოიყენება პოლივინილქლორიდი (PVCL). იგი ითვლება იდეალურ მასალად – იაფი, ადვილად დასამუშავებელი, გამძლე, გამჭვირვალეა და ფოლადთან შედარებით ხასიათდება დაბალი თბოგამტარობით. PVCL უძლებს მაღალ ტემპერატურას და აგრესიულ ქიმიკატებს, რომლებიც გამოიყენება სტერილიზაციისათვის. რბილი PVCL კაპილარული მილები ინარჩუნებს თავის მოქნილობას თხევადი აზოტის ტემპერატურაზეც.

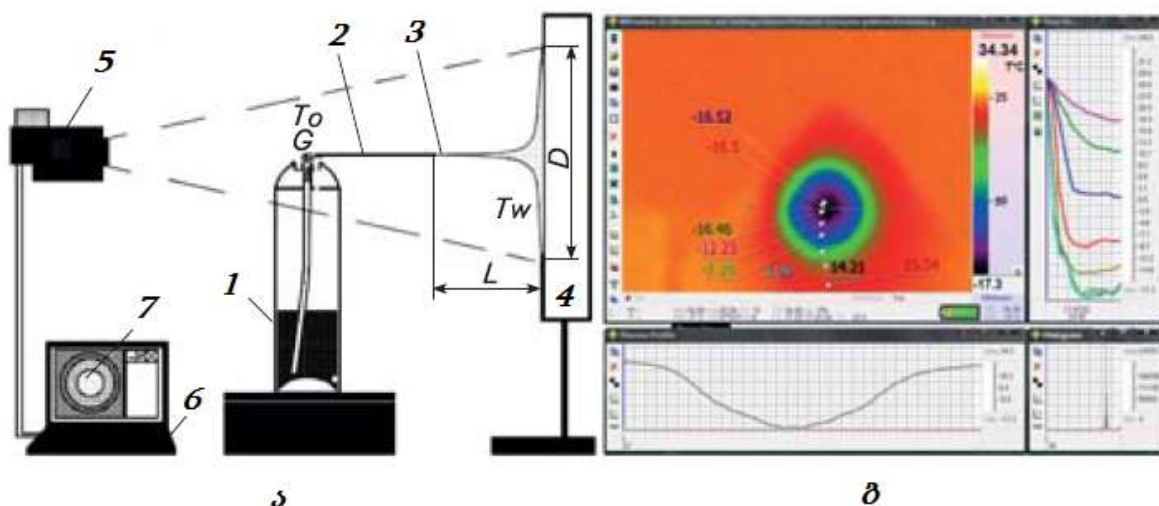
კვლევის მეთოდები. კრიოინსტრუმენტის – დრეკადი კაპილარული მილის კვლევისათვის შე-

ვიმუშავებთ ექსპერიმენტული სტენდი, რომელიც გამოსახულია პირველ სურ-ზე.

მაცივარ აგენტად გამოყენებული პროპან-ბუტანის 40/60 % ნარევი გაჯერების მდგომარეობაში ისხმება ბალონში პოზ.-1. ექსპერიმენტის ჩატარებისას ნარევი კაპილარული მილიდან იფრქვეოდა სპეციალურ ლატექსის საფარზე, რომელიც განთავსებულია ვერტიკალურად. ვიდეოპარატურის (5) მეშვეობით ფიქსირდებოდა დასველების დაფარვის დიამეტრი. ტემპერატურული ველის ანათვალის ასაღებად გამოვიყენეთ ინფრაწითელი თერმოგრაფი.

ნარევი თერმოგრაფიდან იფრქვეოდა $t = 8,5$ წამის განმავლობაში სამი სურათისა და ზედაპირზე დასველების მაქსიმალური სიდიდის ლაქის გადასაღებად. ზედაპირზე გაფრქვევის დაშორება იცვლებოდა $l = 0,001 - 0,1$ მეტრის დიაპაზონში. $8,5$ წამის შემდეგ გაშხეფება წყდება და ვაკვირდებით დასველებული ზედაპირის ტემპერატურას.

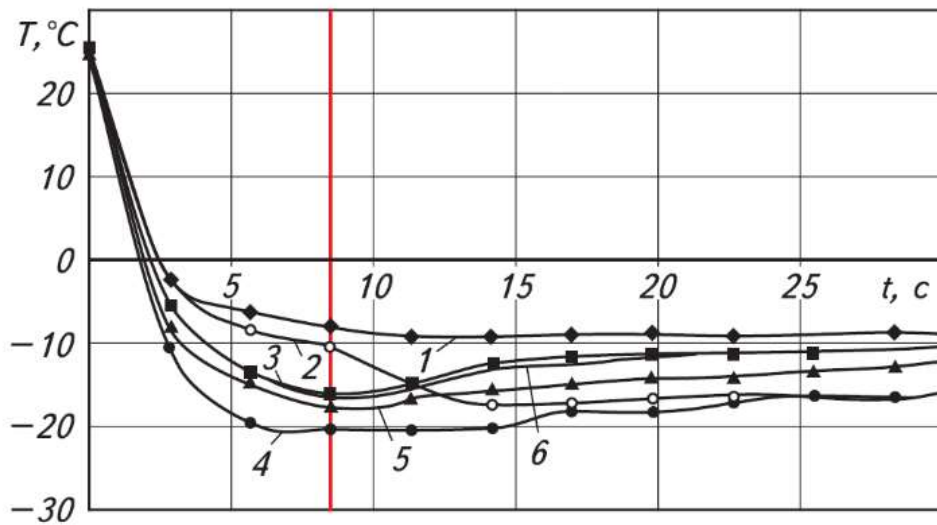
ამ ექსპერიმენტმა მოგვცა დასველების მაქსიმალური D დიამეტრის განსაზღვრისა და გაშხეფების L დაშორების მანძილის განსაზღვრის საშუალება.



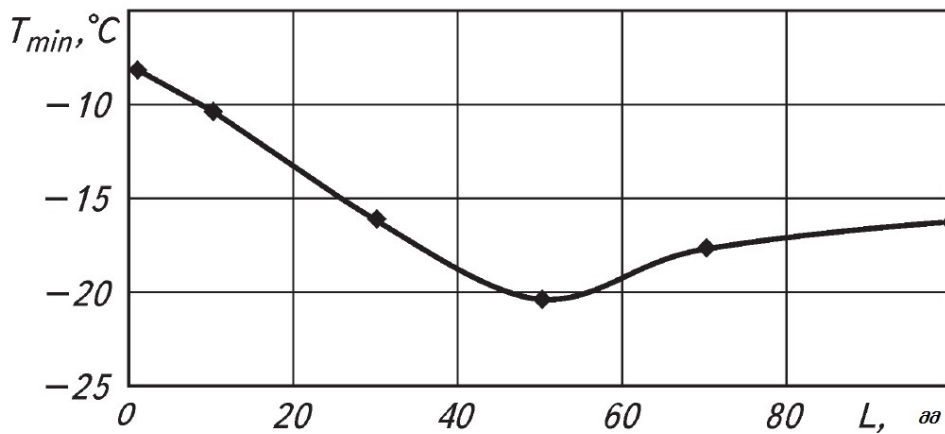
სურ. 1. ექსპერიმენტული სტენდი. ა - ექსპერიმენტული სტენდის სქემა მაცივრული აირსითხიანი ნაკადის მახასიათებლების კვლევისათვის და ტემპერატურული ველების განსაზღვრისათვის მაცივარი აგენტის გაშხეფებისას. 1 - ბალონი, 2 - კაპილარული მილი, 3 - აირსითხიანი ნაკადი, 4 - გასაცივრებული ზედაპირი ლამექსინის დაფარვით, 5 - თერმოგრაფი და ვიდეოპარატურა, 6 - ელექტროგამომთვლელი მანქანა, 7 - თერმოგრაფიდან მიღებული ტემპერატურული ველის ხედი, ბ - თერმოგრაფიდან მიღებული ტემპერატურული ველის მაგალითი.

კვლევის შედეგები. ექსპერიმენტის დროს შემუშავებული იქნა გრაფიკები, რომლებიც ასახავდა გაშხეფების ლაქის შუაში ტემპერატურისა და დროის დამოკიდებულებას (სურ. 2) და ლაქის შუაში

მინიმალური ტემპერატურის მიღწევის დროსა T_{min} და გაშხეფების დაშორებას შორის დამოკიდებულებას L (სურ. 3).



სურ. 2. გაშხეფების ლაქის ცენტრში ტემპერატურის დროში ცვლელადობის გაშხეფების ურთიერთდაშორების დამოკიდებულება 1 – 0,001 მ; 2 – 0,01 მ; 3 – 0,03 მ; 4 – 0,05 მ; 5 – 0,07 მ; 6 – 0,1 მ.



სურ. 3. ლაქის შუაში მინიმალური ტემპერატურის მიღწევის დროს T_{min} და გაშხეფების L დაშორებას შორის დამოკიდებულება

დასკვნა

მოქნილი კაპილარული მილები, რომელთა შიგა დიამეტრი $d_{შიგა} = 120$ მიკრონს, გარე დიამეტრი $D_{გარე} = 220$ მიკრონს, კედლის სისქე $\delta = 50$ მიკრონს, მოცულობითი ხარჯი $G_v = 15$ მმ³/წმ, გამოირჩეოდა საუკეთესო მახასიათებლებით. მათ მოიპოვეს დიდი პერსპექტივა ლოკალურ კრიოთერა-

პიასა და კრიოქირურგიაში გამოყენებისა. ასეთი კაპილარული მილები ინარჩუნებს ღუნვადობას თხევადი აზოტის დუდილის ტემპერატურაზეც, რაც იძლევა იმის საფუძველს, რომ ასეთი კაპილარული მილები გამოყენებულ იქნეს კრიოლაპარასკოპიაში, ტრანსმატოლოგიაში, სტომატოლოგიასა და სხვა რთული მანიპულაციების დროს.

ლიტერატურა

1. Megrelidze, T., Jafaridze, Z., Suladze, S., Gugulashvili, G., Goletiani, G., Tefnadze, A., Kvirikashvili, G., Omiadze, Z. (2009). *Refrigerator machines (Piston compressors)*. Tbilisi: Technical University. (pp. 52-53.) (In Georgian);
2. Megrelidze, T., Sadagashvili, E., Beruashvili, G., Gugulashvili, G. (2011). Study the optimal working regimes of refrigerator machines with difficult cycle. *Transactions of Georgian Technical University*, 2(480). (In Georgian);
3. Meyer. Training Manual Refrigeration-AC, ICCT, 2004.
4. System Trouble Shooting Measuring Instruments. Danfoss A/S (RC-SM/MWA), 09-2002.
5. Refrigerant Properties Honeywel. Honeywell International Inc., USA, 2006.
6. Bernshtein, A.S. (n.d). *Thermoelectric Generators*.
7. Regel, A. (n.d). *Thermoelectric Generators*.
8. Karchevsky, A. (n.d). I. *Thermoelectric materials*.
9. Samoilevich, A. G. (n.d). *Thermoelectric and thermomagnetic methods of energy conversion*.
10. Iordanishvili, E.K. (n.d). *Thermoelectric Power Sources*.

UDC 615.4

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-4-72-77>

Experimental Study of Possible use of Flexible Capillary Tubes in Cryomedicine

Tamaz Isakadze Academic Department of Mechanical Engineering and Industrial Technology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.

E-mail: tamazisakadze@gmail.com

Givi Gugulashvili Academic Department of Mechanical Engineering and Industrial Technology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.

E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Reviewers:

G. Beruashvili, Associate Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

S. Suladze, Doctor of Technical Sciences, Director of Georgian Refrigerant Recovery and Recycling Center

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Abstract. To cool damaged areas of biological tissue in order to achieve a rapid analgesic effect, the procedure of applying a thin film of a boiling gas mixture to the skin at a temperature of $T_0 = 273 \div 238 \text{ K}$ is widely used. This temperature is easily achieved using a cooling aerosol.

Experimental data were obtained on the temperature distribution on the cooled surface during throttling from nozzles with a diameter of 0.1; 0.5; 1 mm propane-butane mixture per temperature level $T_0 = 240; 248; 258; 263 \text{ K}$ used for sports medicine.

A study was made of flexible capillary tubes with an inner diameter of 120 μm , an outer diameter of 220 μm , and a wall thickness of 50 μm for use in local cryotherapy and cryosurgery.

Keywords: cooling aerosol; cryopaptic; flexible capillary tube; infrared thermograph; propane-butane mixture; sports; sports medicine; thin film cooling of a boiling gas mixture.

განხილვის თარიღი 16.03.2022

შემოსვლის თარიღი 22.04.2022

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 16.12.2022