

## STRESZCZENIE

### Wprowadzenie

Choroba zwyrodnieniowa stawów to jedna z najczęściej występujących przewlekłych chorób dotyczących układu mięśniowo- szkieletowego, która charakteryzuje się postępującym przebiegiem. Najczęściej zlokalizowana jest w stawie kolanowym. W następstwie gonartrozy dochodzi do zainicjowania stanu zapalnego, nasilenia dolegliwości bólowych, zmniejszenia siły mięśniowej, upośledzenia stabilności oraz występowania porannej sztywności stawowej. Postępujący charakter choroby stymulowany jest obecnością przewlekłego stanu zapalnego, który uniemożliwia regenerację tkanek. W konsekwencji występowania stanu zapalnego dobór odpowiednich metod leczenia powinien być ukierunkowany na monitorowanie temperatury powierzchniowej, której wartości są zależne od toczącego się zapalenia. W monitorowaniu temperatury powierzchniowej i jej odstępstw od norm fizjologicznych coraz częściej wykorzystuje się termowizję w podczerwieni jako bezinwazyjną, bezkontaktową oraz rzetelną metodę, która przedstawia wizualnie (w postaci termogramu), w czasie rzeczywistym rozkład powierzchniowej temperatury całego ciała lub wybranego obszaru. Dodatkowo doniesienia naukowe potwierdzają, że metoda IRT znajduje zastosowanie również w ocenie skuteczności leczenia, które potencjalnie może oddziaływać na temperaturę powierzchniową. W gonartrozie z uwagi na postępujący stan zapalny najczęściej wdraża się terapię zimnem. Jednym z takich zabiegów jest krioterapia miejscowa ciekłym azotem. Jest to metoda, która wykorzystuje pary azotu ( $-160^{\circ}\text{C}$ ) do obniżenia temperatury, a tym samym stanu zapalnego najprawdopodobniej poprzez zmniejszenie czynników prozapalnych przy jednoczesnym wzroście substancji przeciwzapalnych, redukcji dolegliwości bólowych dzięki spowolnieniu przewodnictwa nerwowego, zmniejszenia obrzęku poprzez zmianę przepuszczalności przez błony biologiczne oraz miejscowym zmniejszeniu przepływu krwi, a także poprawy jakości życia pacjenta.

**Celem głównym** przeprowadzonych badań była analiza termowizyjna odczynu skórniego jako odpowiedzi na krioterapię miejscową wraz z oceną skuteczności terapeutycznej serii zabiegów u pacjentów z chorobą zwyrodnieniową stawów kolanowych.

## **Materialy i metody**

Badania zostały przeprowadzone w Katedrze i Zakładzie Diagnostyki Funkcjonalnej i Medycyny Fizykalnej Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie w latach 2019-2021. Grupę badaną stanowiło 60 osób (33- K, 27- M) w wieku od 22 do 84 roku życia. Rekrutację ochotników przeprowadzono odrębnie dla grupy badanej i grupy odniesienia. Do grupy badanej rekrutowano osoby powyżej 60 r. ż., z zdiagnozowaną chorobą zwyrodnieniową stawu/ów kolanowych, natomiast do grupy odniesienia rekrutowano młodych dorosłych poniżej 30 r. ż. bez stwierdzonej gonartrozy. Ochotników poddano kwalifikacji lekarskiej, następnie osobom zakwalifikowanym do badań przedstawiono zaplanowane procedury badawcze, poinformowano o ewentualnym ryzyku oraz możliwym wystąpieniu dyskomfortu wynikającym z procedury doświadczenia oraz od każdego z uczestników uzyskano świadome pisemne zgody na udział w badaniu. Badanie zostało podzielone na trzy etapy. W pierwszym etapie badań przeprowadzono indywidualne pomiary antropometryczne (masa i wysokość ciała), wykonano dokładną analizę składu ciała za pomocą DXA, oraz przeprowadzono pomiar spoczynkowej średniej temperatury (IRT) powierzchniowej obszaru stawów kolanowych. Dalsze procedury badawcze zrealizowane w pierwszym etapie badań dotyczące subiektywnej oceny stawu kolanowego(KOOS), oceny dolegliwości bólowych(VAS), pracy całkowitej (TW) oraz średniej mocy (PA) w teście izokinetycznym za pomocą dynamometru izokinetycznego oraz stabilności testami: zmodyfikowany kliniczny test równowagi sensorycznej(m- CTSIB) oraz test oceny błędów równowagi (BESS) przeprowadzonych na platformie stabilometrycznej zostały przeprowadzone wyłącznie w grupie z gonartrozą. W drugim etapie badań przeprowadzono indywidualnie 10 zabiegów miejscowej krioterapii z wykorzystaniem ciekłego azotu zarówno w grupie z gonartrozą jak i grupie odniesienia. Minimum 48 godzin po ostatnim z serii zabiegów LC grupa badana z gonartrozą została ponownie poddana termograficznej ocenie temperatury powierzchniowej obszaru stawu kolanowego oraz tożsamej ocenie funkcjonalnej jak w pierwszym etapie. Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono za pomocą programu Statistica 13.3 (Statistica PL, StatSoft). Rozkład danych ilościowych został zbadany za pomocą Testu Kołmogorowa- Smirnowa. Zmienne charakteryzujące grupę badaną tj. wiek, masa ciała [kg], wysokość ciała [m], BMI [kg/ m<sup>2</sup>], BMC [kg] FM [kg], FFM [kg]

oraz wyniki testu BESS i m-CTSIB, bezwzględną jak i względną wartość temperatury powierzchniowej stawu kolanowego ocenianą w poszczególnych punktach czasowych cechował rozkład normalny danych. Wartości zmiennych ilościowych testu TW i PA oraz zmiennych porządkowych tj.: KOOS, VAS cechował rozkład odbiegający od normalnego. Analizę porównawczą międzygrupową przeprowadzono za pomocą testu t studenta dla prób niezależnych w odniesieniu do zmiennych o rozkładzie normalnym natomiast dla zmiennych o rozkładzie danych odbiegającym od normalnego zastosowaniem testu U Manna-Whitneya. Analizy zmian w czasie bezwzględnej wartości temperatury powierzchniowej obszaru stawu kolanowego po ekspozycji jak i zmiany  $\Delta$  temperatury powierzchniowej wykonano jednoczynnikową analizę wariancji dla powtarzanych pomiarów. Analizę uzupełniono testami post-hoc HSD Tukeya w celu szczegółowej oceny istotności różnic pomiędzy poszczególnymi pkt czasowymi pomiaru temperatury powierzchniowej obszaru stawu kolanowego w czasie 60 minut od ekspozycji.

## **Wyniki**

Wykazano istotne różnice w zawartości minerału kostnego i masy tłuszczowej, pomiędzy grupą z gonartrozą, a grupą odniesienia. Stwierdzono istotnie wyższą wartość spoczynkowej temperatury powierzchniowej obszaru stawów kolanowych w grupie z gonartrozą w porównaniu do grupy odniesienia. Potwierdzono istotne obniżenie temperatury powierzchniowej obszaru stawów kolanowych jako odpowiedzi pozabiegowej na LC, dodatkowo wykazano, że temperatura powierzchniowa po 60 minutach od zakończenia zabiegu nie powróciła do wartości wyjściowej sprzed zabiegu, dalej pozostając istotnie statystycznie niższą. Ponadto wykazano, że seria zabiegów LC istotnie obniżyła wartość spoczynkową temperatury powierzchniowej stawów kolanowych w grupie z gonartrozą po zakończeniu zabiegów. Wyniki analizy statystycznej wykazały również poprawę stabilności, zmniejszenie dolegliwości bólowych oraz zwiększenie średniej mocy zginaczy stawu kolanowego. Analiza statystyczna wykazała również istotną subiektywną poprawę w obszarze subiektywnej oceny objawów gonartrozy, dolegliwości bólowych, czynności życia codziennego, aktywność sportowa i rekreacyjna oraz jakość życia w kwestionariuszu KOOS. Wartości wskaźników mocy oraz pracy całkowitej prostowników oraz zginaczy stawu kolanowego uległy istotnej poprawie.

## **Wnioski**

Wykazano, że gonartroza przyczynia się do występowania podwyższonej spoczynkowej powierzchniowej temperatury w obszarze stawu kolanowego, co dodatkowo możemy potwierdzić wykorzystując metodę termowizyjną. Po zabiegu krioterapii miejscowej przebieg odczynu termicznego zarówno w grupie z gonartrozą jak i bez stwierdzonych zmian zwyrodnieniowych charakteryzował się istotnym obniżeniem temperatury bezpośrednio po zabiegu oraz jej powolnym wzrostem w czasie 60 minutowej obserwacji, jednakże z zachowaniem istotnego zróżnicowania temperatury powierzchniowej między grupami. Seria 10 zabiegów krioterapii miejscowej istotnie statystycznie wpłynęła na obniżenie temperatury powierzchniowej w eksponowanym stawie, co jest następstwem działania przeciwzapalnego u osób z gonartrozą, pomimo iż temperatura powierzchniowa istotnie uległa obniżeniu to wciąż pozostaje istotnie wyższa od temperatury u osób bez zdiagnozowanych zmian zwyrodnieniowych. Seria 10 zabiegów krioterapii miejscowej wpłynęła na poprawę stanu funkcjonalnego u pacjentów z chorobą zwyrodnieniową stawów kolanowych w oparciu o poprawę stabilności, medianę mocy oraz pracy zginaczy i prostowników stawu kolanowego oraz obniżenia dolegliwości bólowych.

## **ABSTRAKT**

### **Introduction**

Osteoarthritis is one of the most common chronic diseases affecting the musculoskeletal system, which is characterized by a progressive course. It is most often localized in the knee joint.

Gonarthrosis followed by the initiation of inflammation, increased pain, decreased muscle strength, impaired stability and the occurrence of morning joint stiffness. The progressive nature of the disease is stimulated by the presence of chronic inflammation, which prevents tissue regeneration. As a consequence of the presence of inflammation, the selection of appropriate treatment methods should be directed at monitoring the surface temperature, the values of which are dependent on the on going inflammation. In monitoring surface temperature and its deviations from physiological norms, infrared thermal imaging is increasingly being used as a non-invasive, non-contact and reliable method that presents visually (in the form of a thermogram), in real time, the distribution of surface temperature of the entire body or a selected area. In addition, scientific reports confirm that the IRT method is also applicable in assessing the effectiveness of treatments that potentially affect surface temperature. In gonarthrosis, due to progressive inflammation, cold therapy is most often implemented. One such treatment is local cryo therapy with liquid nitrogen. This is a method that uses nitrogen vapor ( $-160^{\circ}\text{C}$ ) to reduce temperature and thus inflammation most likely by reducing pro-inflammatory factors while increasing anti-inflammatory substances, reducing pain by slowing nerve conduction, reducing swelling by altering permeability through biological membranes and locally reducing blood flow, and improving the patient's quality of life.

**The main objective** of the conducted study was the thermal imaging analysis of the skin reaction as a response to local cryotherapy along with the evaluation of the therapeutic efficacy of a series of treatments in patients with knee osteoarthritis.

## **Materials and methods**

The study was conducted in the Department of Functional Diagnostics and Physical Medicine of the Pomeranian Medical University in Szczecin in 2019- 2021. The study group consisted of 60 subjects (33- F, 27- M) aged from 22 to 84 years. Volunteers were recruited separately for the study group and the reference group. The study group recruited individuals over the age of 60 with diagnosed osteoarthritis of the knee joint(s), while the reference group recruited young adults under the age of 30 without diagnosed gonarthrosis. Volunteers were medically qualified, then those qualified for the study were presented with the planned study procedures, informed of the possible risks and possible discomfort resulting from the experimental procedure, and from each of the participants, informed written consents to participate in the study were obtained. The study was divided into three stages. In the first stage of the study, individual anthropometric measurements (weight and height) were taken, a thorough body composition analysis was performed using DXA, and resting average temperature (IRT) of the superficial knee joint area was measured. Further research procedures implemented in the first stage of the study concerning subjective evaluation of the knee joint (KOOS), evaluation of pain (VAS), total work (TW) and mean power (PA) in the isokinetic test using an isokinetic dynamometer, and stability tests: modified clinical sensory balance test (m- CTSIB) and balance error score test (BESS) conducted on a stabilometric platform were carried out only in the group with gonarthrosis. In the second stage of the study, 10 treatments of local cryotherapy using liquid nitrogen were carried out individually in both the group with gonarthrosis and the reference group. A minimum of 48 hours after the last of the series of LC treatments, the study group with gonarthrosis was again subjected to thermographic evaluation of the surface temperature of the knee joint area and the same functional evaluation as in the first stage.

Statistical analysis of the obtained results was carried out using Statistica 13.3 (Statistica PL, StatSoft). The distribution of quantitative data was examined using the Kolmogorov-Smirnov Test. The variables characterizing the study group, i.e., age, body weight [kg], body height [m], BMI [kg/ m<sup>2</sup>], BMC [kg] FM [kg], FFM [kg], and the results of the BESS and m- CTSIB test, the absolute as well as the relative value of the surface temperature of the knee joint evaluated at each time point were characterized by a normal distribution of the data. The values of quantitative variables i.e. TW and PA test and ordinal variables i.e: KOOS, VAS were characterized by a distribution deviating from normal. Intergroup comparative analysis was carried out using the test of.

Student's t test for independent samples for variables with normal distribution, while for variables with data distribution deviating from normal distribution using Mann-Whitney U test. Analyses of changes over time in the absolute value of the surface temperature of the knee joint area after exposure as well as the change in  $\Delta$  surface temperature were performed by one-way analysis of variance for repeated measurements. The analysis was supplemented with Tukey's HSD post hoc tests to assess in detail the significance of differences between different time points of the measurement of the surface temperature of the knee joint area at 60 minutes after exposure.

## **Results**

Significant differences were found in bone mineral content and fat mass, between the group with gonarthrosis and the reference group. There was a significantly higher value of resting surface temperature of the knee joint area in the group with gonarthrosis compared to the reference group. A significant reduction in the surface temperature of the knee joint area as a post-treatment response to LC was confirmed, in addition, it was shown that the surface temperature 60 minutes after the end of the treatment did not return to the pre-treatment baseline value, continuing to remain statistically significantly lower. In addition, it was shown that a series of LC treatments significantly reduced the resting value of knee joint surface temperature in the group with gonarthrosis after the treatments. The results of the statistical analysis also showed an improvement in stability, a reduction in pain and an increase in the average power of the knee joint flexors. Statistical analysis also showed significant subjective improvement in the areas of subjective assessment of gonarthrosis symptoms, pain complaints, activities of daily living, sports and recreational activities, and quality of life on the KOOS questionnaire. The values of the indexes of average power and total work of the extensors and flexors of the knee joint improved significantly.

## **Conclusions**

It has been shown that gonarthrosis contributes to the presence of elevated resting surface temperature in the knee joint area, which we can further confirm using the thermal imaging method. After the local cryotherapy treatment, the course of the thermal reaction in both the group with gonarthrosis and without the identified degenerative changes was

characterized by a significant decrease in temperature immediately after the treatment and its slow increase during the 60-minute observation, however, with a significant variation in surface temperature between the groups. A series of 10 treatments of local cryotherapy had a statistically significant effect on lowering the surface temperature in the exposed joint, which is a consequence of the anti-inflammatory effect in people with gonarthrosis, although the surface temperature significantly decreased it still remains significantly higher than that of people without diagnosed degenerative changes. A series of 10 topical cryotherapy treatments improved functional status in patients with knee osteoarthritis based on improved stability, median power and work of knee flexors and extensors, as well as reduced pain.