

Próba wykorzystania termografii do monitorowania regeneratu kostnego w czasie wydłużania kończyn – doniesieniestępne

Use of Thermography to Monitor the Bone Regenerate During Limb Lengthening – Preliminary Communication

Leszek Morasiewicz^{1(A,B,E,F,G)}, Krzysztof Dudek^{2(A,B,C,D)}, Wiktor Orzechowski^{1(B,D,G)},
Mirosław Kulej^{1(D,G)}, Marek Stępniewski^{3(E,F)}

¹ Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Akademia Medyczna, Wrocław

² Instytut Konstrukcji i Eksploracji Maszyn, Politechnika Wrocławska

³ Oddział Kliniczny Chirurgii Urazowo-Ortopedyjnej, Akademicki Szpital Kliniczny, Wrocław

¹ Department of Orthopaedic and Traumatologic Surgery, Wrocław Medical University

² Institute of Machine Design and Operation, Wrocław University of Technology

³ Department of Traumatologic and Orthopaedic Surgery, Medical University Teaching Hospital, Wrocław

STRESZCZENIE

Wstęp. Rutynowo oceny regeneratu kostnego dokonuje się na podstawie zdjęć rentgenowskich wykonywanych co 7-14 dni w okresie dystrakcji i co 14-28 dni w okresie stabilizacji. Z procesem regeneracji tkanek, występującym w czasie tworzenia się nowej kości oraz wzrostem aktywności metabolicznej wydłużanych tkanek związany jest wzrost temperatury. Celem pracy była próba ustalenia charakteru związku między stanem regeneratu ocenianym na podstawie obrazu rentgenowskiego a obrazem termograficznym powierzchni wydłużanej kończyny rejestrowanym w sposób nieinwazyjny kamerą termograficzną, co w przyszłości pozwoliłoby wyeliminować część badań rentgenowskich.

Materiał i metody. U 18 chorych (9 kobiet i 9 mężczyzn) w wieku od 12 do 74 lat przeprowadzono wydłużanie kości metodą dystrakcyjnej osteogenezy wg Ilizarowa. Wydłużanymi segmentami były: podudzie – u 13 pacjentów, udo – u 4 pacjentów i przedramię – u 1 pacjenta. Ocenę stanu regeneratu dokonywano w ramach okresowych kontroli ambulatoryjnych na podstawie zdjęć rentgenowskich, porównując je z termogramami, na podstawie których wyznaczano wskaźniki termiczne – różnicę temperatury kończyny wydłużanej w miejscu jej wydłużania i kończyny symetrycznej na tym samym poziomie oraz różnicę temperatury kończyny wydłużanej w miejscu jej wydłużania i w wybranych pobliskich punktach.

Wyniki. Analiza statystyczna wyników monitorowania dystrakcyjnej osteogenezy umożliwiła ustalenie statystycznie istotnego związku między stanem regeneratu a wskaźnikami termicznymi. Najsilniejszy związek między obrazem rentgenowskim a termogramem uzyskano w widoku od przodu dla kości podudzi. Przeciętne wartości współczynnika korelacji Spearmana wynosiły dla kości piszczelowych $rS = 0,925$ ($p < 0,01$), a dla kości udowych $rS = 0,724$ ($p < 0,05$).

Wnioski. Termografia jako nieinwazyjna metoda pomiaru temperatury jest cennym uzupełnieniem klasycznych metod diagnostycznych i może być z powodzeniem wykorzystywana do monitorowania i oceny procesów tworzenia i przebudowy regeneratu we wszystkich fazach leczenia. Szczególnie nadaje się do oceny stanu regeneratu kości piszczelowej. Silny związek stanu regeneratu ze wskaźnikami termicznymi mierzony współczynnikiem korelacji Spearmana w większości przypadków umożliwia zmniejszenie liczby zdjęć rentgenowskich nawet o 50%. Ponadto termografia umożliwia wcześnie wykrywanie zapaleń tkanek miękkich przy drutach Kirschnera.

Słowa kluczowe: Ilizarow, termografia, regenerat kostny, wydłużanie kończyn

SUMMARY

Background. Bone regenerate is routinely assessed on X-ray images obtained every 7 to 14 days in the distraction period and every 14 to 28 days during the stabilisation period. Tissue reconstruction during new bone formation and increased metabolism in the tissues being lengthened are associated with an increase in the temperature of the limb. The aim of this study was to establish a correlation between the bone regenerate, assessed on the basis of X-ray evidence, and thermographic images of the limb registered in a non-invasive manner with a thermographic camera. A positive correlation would enable a reduction in the number of X-ray studies in the future.

Material and methods. Bone lengthening using the Ilizarov technique of distraction osteogenesis was performed in 18 patients (9 men and 9 women) aged 12-74. The lengthened segments included the crus in 13 patients, the thigh in 4 patients and lower arm in 1 patient. Assessments of the bone regenerate were made during periodic follow-up visits on the basis of X-ray images and compared to thermographic images, on the basis of which thermal indices were established. The indices comprised the difference in the temperatures between the lengthened limb at the lengthening site and the contralateral limb at the same level, as well as the difference in the temperature of the lengthened limb at the lengthening site and at selected nearby points.

Results. A statistical analysis of the results of the monitoring of distraction osteogenesis established a statistically significant correlation between the regenerate status and thermal indices. The strongest correlation between X-ray and thermographic images was obtained in the frontal view for the crural bones. Mean values of Spearman's correlation coefficient for the tibia and femur were $rS = 0.925$ ($p < 0.01$) and 0.724 ($p < 0.05$), respectively.

Conclusions. As a non-invasive method of measuring temperature thermography is a valuable adjunct to the traditional diagnostic methods and can be used successfully to monitor and evaluate the formation and remodelling of the regenerate at all stages of the treatment. It is particularly useful for the assessment of the bone regenerate in the tibia. The robust correlation between the regenerate and thermal indices measured with Spearman's correlation index enables a reduction in the number of radiographic studies of up to 50% in most cases. Moreover, thermography enables early detection of soft tissue inflammation around Kirschner wires.

Key words: Ilizarov, thermography, bone regenerate, limb lengthening

WSTĘP

Istotnym problemem w monitorowaniu wydłużania kończyn jest konieczność bardzo częstego wykonywania zdjęć rentgenowskich celem określenia prawidłowego tempa dystrakcji kończyny. Przeciętne tempo dystrukcji zostało określone przez Ilizarowa na 1 mm w ciągu doby. Jednak w wielu wypadkach tempo to musi być korygowane w górę lub w dół, tak, aby nie dopuścić do uszkodzenia tworzącego się regeneratu kostnego lub do jego przedwczesnego zrosnięcia się.

Dotychczas podejmowane próby monitorowania stanu regeneratu kostnego powstającego w czasie dystrukcyjnej osteogenezy innymi metodami, poza rutynowo stosowanym badaniem rentgenowskim, mają różnorodne ograniczenia.

Do metod tych zalicza się badanie ultrasonograficzne, densytometrię oraz tomografię komputerową i jądrowy rezonans magnetyczny, a także cyfrową ocenę radiogramów.

Te dwie ostatnie techniki diagnostyczne są stosowane dopiero w okresie po usunięciu stabilizatora [1] i jako stosunkowo drogie, trudniej dostępne i narażające badanego na działanie promieniowania jonizującego, nie mogą być zalecane jako powszechnie i nieobojętne dla zdrowia, szczególnie u dzieci.

Natomiast badanie ultrasonograficzne jest miarodajne przede wszystkim w początkowej fazie dystrukcji, kiedy istnieje jeszcze tzw. „szpara dystrukcyjna” [2,3,4,5]. W momencie formowania się tkanki kostnej w obrębie regeneratu kostnego, co ma miejsce już w stosunkowo wczesnej fazie wydłużania, szczególnie w obrębie regeneratu znajdującego się bliżej końców odłamów kostnych [6,7,8], ocenienie stanu regeneratu tym badaniem nie zdaje egzaminu.

Densytometria oparta na absorpcjometrii wiązki fotonów (Dual Photon Absorptiometry) jest natomiast badaniem dającym dobrą информацию o stanie regeneratu kostnego dopiero w jego fazie przebudowy w tkankę kostną [9], a nie mającą istotnego znaczenia diagnostycznego w trakcie dystrukcji, kiedy dochodzi najczęściej do zaburzeń w formowaniu regeneratu kostnego.

Z kolei cyfrowa analiza radiogramów, dająca możliwość stosunkowo dobrej oceny porównawczej jakości tkanki kostnej wymaga wykonania zdjęć rentgenowskich odpowiednio standaryzowanych, co nie jest w wielu wypadkach osiągalne w praktyce [10].

Termografia jako nieinwazyjna i bezkontaktowa metoda pomiaru temperatury nadaje się doskonale do badania procesów cieplnych zachodzących na powierzchni ciała ludzkiego oraz w tkankach leżących bezpośrednio pod skórą [11,12,13]. Przeprowadzenie

BACKGROUND

The need to obtain radiographs frequently in order to determine an optimum rate of limb distraction constitutes a significant problem in monitoring limb lengthening. The average rate of distraction was specified by Ilizarov as 1 mm per day. However, in many cases the rate needs to be up- or down-regulated to prevent damage to the forming bone regenerate or prevent premature union.

Different techniques other than of the routine X-ray examination which have been used so far in monitoring the formation of bone regenerate during distraction osteogenesis have various limitations.

They include ultrasonography, densitometry as well as computer tomography, MRI and digital assessment of radiographs.

The latter two diagnostic techniques are employed only after the fixator has been removed [1] and due to the fact that they are relatively expensive, not readily available and expose the patient to ionising radiation, they cannot be recommended as safe methods for common use, in particular for children.

Ultrasonography, in turn, is reliable chiefly during the initial stage of distraction in which there still exists the so called distraction gap [2,3,4,5]. Ultrasonographic assessment during bone tissue formation within the regenerate, which takes place during a relatively early stage of lengthening, especially within a regenerate located near the ends of bone fragments [6,7,8], is not effective.

Dual photon absorptiometry provides valuable information about the status of the bone regenerate only at the stage of its remodelling into bone tissue [9], and does not have diagnostic significance during distraction, when disturbances in the formation of the bone regenerate occur most frequently.

Digital analysis of radiographs, which affords a relatively good comparison of bone tissue quality, relies on the availability of appropriately standardised X-ray images, which, in many cases, cannot be achieved in practice [10].

Thermography as a non-invasive and contact-free technique for measuring temperature is an excellent choice for the examination of thermal processes which occur on the surface of the human body as well as in the tissues located directly under the dermis [11,12,13]. An examination of limb surface temperature distribution performed in 175 controls [14] served to prepare a "thermal map" of normal limbs (Fig. 1) and establish a 95% confidence interval for differences in the surface temperatures of the crus between the left or right lower limb. Temperature differences exceeding 0.5°C should be considered pathologic.

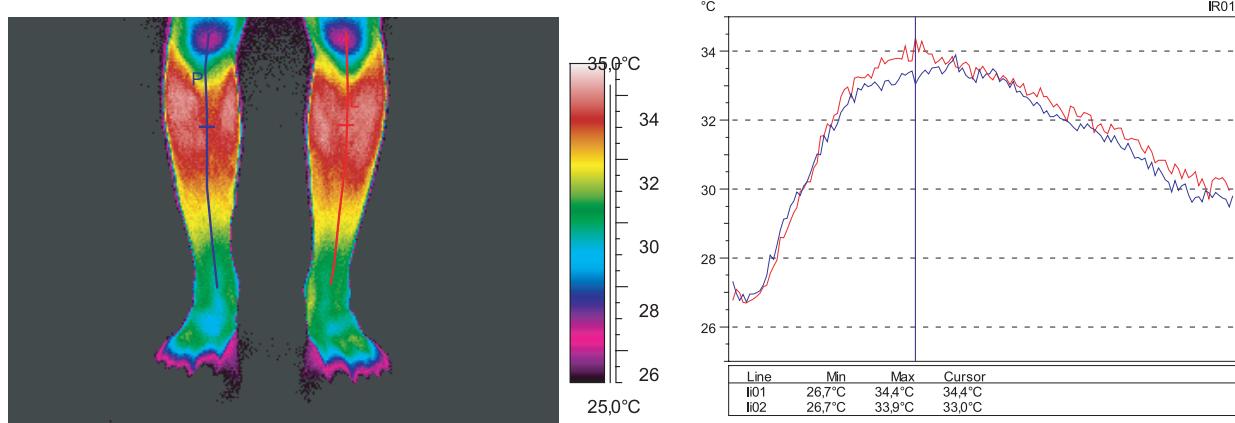
badań rozkładu temperatury powierzchni kończyn w 175 osobowej grupie kontrolnej [14] pozwoliło opracować „mapę termiczną” kończyn zdrowych (Ryc. 1) oraz 95% przedział ufności dla różnicy między temperaturami powierzchni podudzi kończyny dolnej lewej i prawej. Różnice temperatur przekraczające $0,5^{\circ}\text{C}$ należy uznać za patologiczne.

Mając powyższe na uwadze dokonano próby zastosowania nieinwazyjnej metody diagnostycznej jaką jest termografia do uzupełnienia rutynowych badań rentgenowskich.

Przy wydłużaniu kości kończyn metodą Ilizarowa, z tworzeniem się regeneratu kostnego, a potem z jego przebudową, związany jest wzrost aktywności metabolicznej tkanek oraz lokalny wzrost temperatury (Ryc. 2) [15]. Stąd zainteresowanie autorów możliwością wykorzystania bezpiecznej dla pacjentów techniki termograficznej jako uzupełniającej metody oceny stanu regeneratu kostnego, a zwłaszcza dia-

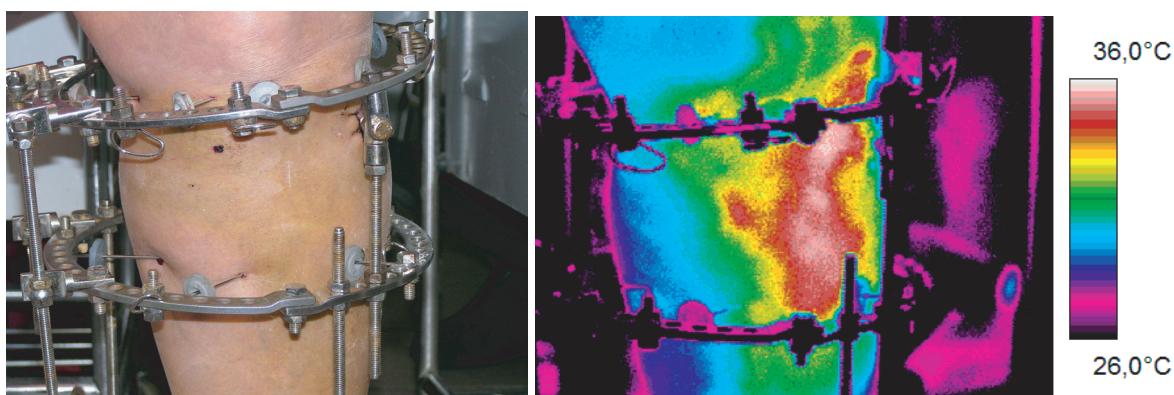
Bearing the above in mind, a trial was undertaken of the non-invasive diagnostic technique of thermography as an adjunct to the standard X-ray examination.

An increase in the metabolic activity of tissues as well as a local increase in the temperature (Fig. 2) [15] during limb lengthening with the Ilizarov technique are associated with the formation of the bone regenerate and later with its remodelling; hence the authors' interest in using this patient-friendly technique for the assessment of the bone regenerate, particularly in the diagnosis of disturbances in new bone formation. The finding that the temperature of the dermis over the distraction gap is similar to the temperature of the symmetric counterpart on the healthy limb may indicate that the lengthening has been too rapid and the process of osteogenesis has been disturbed or even interrupted (Fig. 3).



Ryc. 1. Termogram oraz profil temperaturowy kończyn dolnych osoby z grupy kontrolnej (widoczna symetria temperatury kończyny dolnej lewej i prawej)

Fig. 1. Lower limb thermogram and temperature profile of a healthy control (visible temperature symmetry between the left and right lower limb)



Ryc. 2. Fotografia i termogram lewego podudzia na wysokości blizny

Fig. 2. Photograph and thermogram of the left crus at the level of the scar

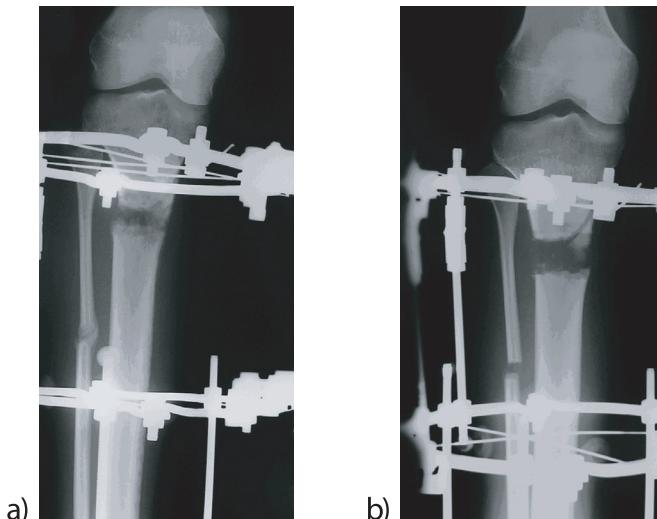


Fig. 3. Rentgenogramy wydłużanego podudzia z prawidłowo przebudowującym się regeneratem kostnym (a) i z zaburzonym tworzeniem się regeneratu kostnego (b)

Fig. 3. Radiographs of the lengthened crus with normal bone regenerate remodelling (a) and disturbed formation of the bone regenerate (b)

gnozowania zaburzenia procesu tworzenia się nowej kości. Jeżeli temperatura skóry nad szczeriną dystrakcyjną jest zbliżona do temperatury symetrycznego miejsca na kończynie zdrowej, to najprawdopodobniej miało miejsce zbyt szybkie wydłużanie i proces osteogenezy został zaburzony, a nawet przerwany (Ryc. 3).

MATERIAŁ I METODA

Badaniom poddano 18 chorych (9 kobiet i 9 mężczyzn) w wieku od 12 do 74 lat, u których od grudnia 2003 do lutego 2005 r. przeprowadzono wydłużanie kończyn metodą Ilizarowa. Wydłużanymi segmentami były: podudzie (u 13 pacjentów), udo (4 pacjentów) i przedramię (1 pacjent). W ramach okresowych (tygodniowych) kontroli ambulatoryjnych na podstawie zdjęć rtg oceniano stan regeneratu (w skali dziesięciopunktowej: 1 – brak tworzenia regeneratu, 10 – całkowity zrost kości), a równocześnie za pomocą kamery termowizyjnej rejestrowano z czterech stron rozkład temperatury kończyny wydłużanej i kończyny symetrycznej. Na podstawie uzyskanych termogramów w widoku od przodu wyznaczone zostały następujące wskaźniki termiczne (Ryc. 4):

- różnica temperatur skóry nad szczeriną dystrakcyjną kończyny operowanej i nie operowanej na tym samym poziomie – ΔT_1 ($\Delta T_1 = T_1 - T_1'$);
- różnica temperatury kończyny wydłużanej w miejscu szczeriny i 10 mm ponad znajdująącym się powyżej szczeriny pierścieniem aparatu Ilizarowa – ΔT_2 ($\Delta T_2 = T_1 - T_2$);

MATERIALS AND METHODS

A total of 18 patients (9 men and 9 women) aged 12-74, who underwent limb lengthening with the Ilizarov technique from December 2003 to February 2005, were enrolled in the study. The lengthened segments included the crus (13 patients), thigh (4 patients) and forearm (1 patient). The regenerate was assessed during periodic (weekly) follow-up visits on the basis of X-ray images (on a 10-point scale: 1 pt – no regenerate formation, 10 pts – complete bone union). The distribution of temperature in the lengthened and symmetric limbs was recorded from four sides with a thermovision camera. The following thermal indices (Fig. 4) were obtained on the basis of frontal thermograms:

- the difference in the temperature of the dermis over the distraction gap of the operated limb vs. non-operated limb on the same level – ΔT_1 ($\Delta T_1 = T_1 - T_1'$);
- the difference in the temperature of the lengthened limb at the site of the gap and 10 mm over the ring of the Ilizarov apparatus located above the gap – ΔT_2 ($\Delta T_2 = T_1 - T_2$);

- różnica temperatury kończyny wydłużanej w miejscu szczeliny i 10 mm poniżej znajdującego się pod szczeriną pierścienia aparatu Ilizarowa – ΔT_3 ($\Delta T_3 = T_1 - T_3$).

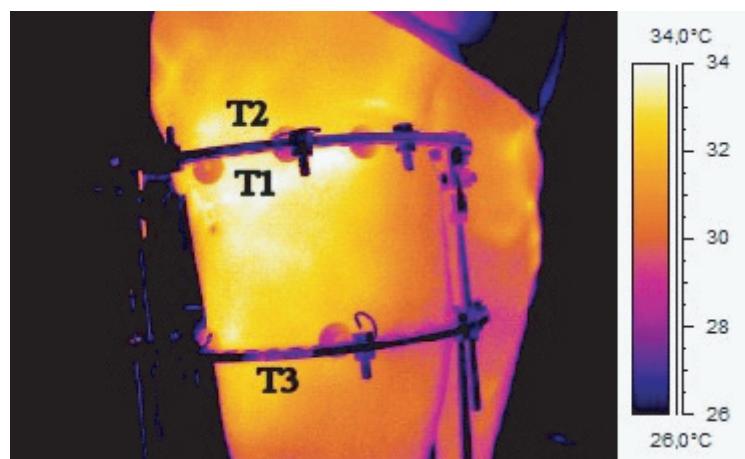
WYNIKI

Analizie statystycznej poddano wartości wskaźników temperaturowych wyznaczonych z 72 termogramów oraz punktowe oceny stanu regeneratu na podstawie 72 zdjęć rentgenowskich wykonanych w różnych fazach procesu wydłużania. Zaobserwowano statystycznie istotny związek między wskaźnikami termicznymi a oceną punktową ($p < 0,05$). Najsilniejszy związek między obrazem rentgenowskim a termogramem uzyskano w widoku od przodu dla kości podudzi. Współczynnik korelacji Spearmana między oceną punktową a wskaźnikiem ΔT_1 wynosił dla kości piszczelowych: $rS = 0,925$ ($p < 0,01$), a dla kości udowych:

- the difference in the temperature of the lengthened limb at the site of the gap and 10 mm below the ring of the Ilizarov apparatus located below the gap – ΔT_3 ($\Delta T_3 = T_1 - T_3$).

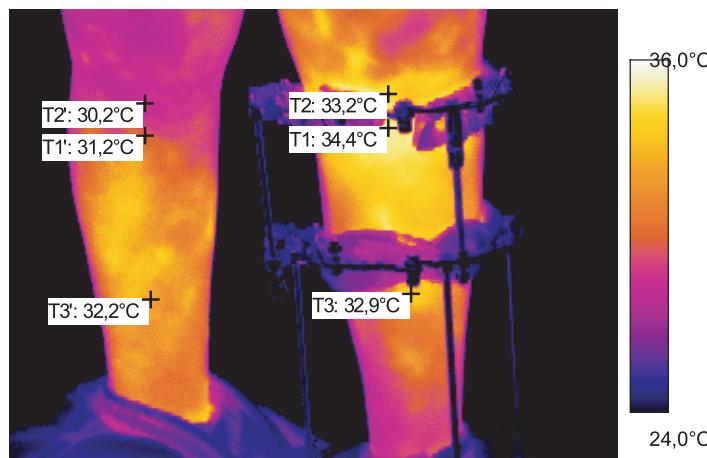
RESULTS

The values of the thermal indices established on the basis of 72 thermograms and bone regenerate assessment scores calculated on the basis of 72 X-ray images performed during different stages of the lengthening process were compared in a statistical analysis. The analysis showed a statistically significant correlation between the thermal indices and the assessment scores ($p < 0.05$). The strongest correlation between radiographs and thermograms was observed for the crural bones in the frontal view. Spearman's correlation coefficient between the assessment score and the index ΔT_1 was $rS = 0.925$



Ryc. 4. Miejsca pomiaru temperatury

Fig. 4. Sites of temperature measurement



Ryc. 5. Przykładowy termogram przedniej powierzchni kończyn (lewa wydłużana) z zaznaczonymi punktami pomiarowymi służącymi do wyznaczania wskaźników termicznych

Fig. 5. Sample thermogram of the anterior surface of the limbs (left limb is being lengthened) with measurement points for the determination of thermal indices

$rS = 0,724$ ($p < 0,05$). Wskaźniki ΔT_2 i ΔT_3 korelowały z oceną punktową stanu regeneratu gorzej, odpowiednio dla kości piszczelowych: 0,823 i 0,689, a dla kości udowych: 0,645 i 0,517 (dla wszystkich $p < 0,05$).

Wśród 72 wyników badań stwierdzono 9 przypadków, gdy stan regeneratu oceniono jako zły. Dla tych przypadków wartość wskaźnika ΔT_1 wynosiła od $0,2^\circ\text{C}$ do $0,9^\circ\text{C}$ (średnia $0,67^\circ\text{C}$). W pozostałych przypadkach wskaźnik ΔT_1 zawierał się w zakresie od $1,6^\circ\text{C}$ do $3,8^\circ\text{C}$ (średnia $2,5^\circ\text{C}$). Różnica $\Delta T_1 < 1^\circ\text{C}$ świadczyła o przerwaniu procesu tworzenia się regeneratu, co zostało potwierdzone za pomocą zdjęć rentgenowskich.

Z drugiej strony zaobserwowana różnica $\Delta T_1 > 1^\circ\text{C}$ nie zawsze świadczyła o dobrym stanie regeneratu, gdyż w dwóch przypadkach była wynikiem stanu zapalnego tkanek miękkich w okolicy szczeliny dystrakcyjnej.

DYSKUSJA

Badanie termograficzne potwierdziło związek jakości, jak i czasu przebudowy regeneratu z ociepleniem tkanek otaczających regenerat obserwowany zarówno klinicznie, jak i opisywany wcześniej również po innych zabiegach na tkance kostnej [1,11, 12]. W odniesieniu do obrazu rentgenowskiego, szczególny związek stwierdzony w ocenie termogramów wydłużanego podudzia, upoważnia do zastosowania tej metody jako wspomagającej w monitorowaniu wydłużania tego segmentu. Metoda ta może mieć zastosowanie zarówno w początkowej fazie wydłużania, jak i w okresie przebudowy regeneratu, co różni ją od badania ultrasonograficznego wykorzystywanego przede wszystkim do oceny jakości i kształtu regeneratu kostnego w początkowej fazie jego tworzenia [2,3,5]. Natomiast należy podkreślić w tym miejscu, że z całą pewnością termografia nie zastąpi badania rentgenowskiego w kompleksowej ocenie regeneratu kostnego. Można natomiast zaproponować użycie tego badania do określenia rokowania w zaburzeniach tworzenia się regeneratu kostnego.

WNIOSKI

1. Termografia może stanowić uzupełnienie klasycznych metod diagnostycznych i należy spróbować zastosować ją do monitorowania procesów tworzenia się kości we wszystkich fazach wydłużania koźczyn.
2. Na podstawie naszych obserwacji nadaje się ona szczególnie do oceny stanu regeneratu kości piszczelowej.
3. W przypadku stwierdzenia $\Delta T_1 < 1^\circ\text{C}$ należy rozważyć przerwanie wydłużania koźczyny.

($p < 0,01$) for the tibia and 0.724 ($p < 0,05$) for the femur. There was a less definite correlation between the indices ΔT_2 and ΔT_3 , and the regenerate assessment score, with respective Spearman's coefficients of 0.823 and 0.689 for the tibia and 0.645 and 0.517, respectively, for the femur ($p < 0,05$ for all comparisons).

The 72 radiographs revealed poor regenerate status in 9 patients. The value of the ΔT_1 index in these patients amounted to $0.2^\circ\text{C}-0.9^\circ\text{C}$ (mean 0.67°C). In the remaining patients, the ΔT_1 index ranged from 1.6°C to 3.8°C (mean 2.5°C). The finding of $\Delta T_1 < 1^\circ\text{C}$ indicated interrupted regenerate formation, which was also confirmed radiographically.

However, a difference $\Delta T_1 > 1^\circ\text{C}$ did not always indicate good regenerate status since in two patients it was the result of soft tissue inflammation in the vicinity of the distraction gap.

DISCUSSION

The thermographic assessment confirmed the presence of a correlation between regenerate quality as well as the duration of regenerate remodelling on the one hand and warming of the tissues surrounding the regenerate on the other. This correlation has been observed clinically and has been described following other procedures involving bone tissue [1,11,12]. As far as radiographs are concerned, the particular correlation with crural thermograms provides a rationale for the use of thermography in monitoring the lengthening of this segment. Moreover, thermography can be applied both in the initial stage of lengthening and during the period of regenerate remodelling, which makes it different from ultrasonography, which is primarily used to assess the quality and shape of the bone regenerate during the initial stage of its formation [2,3,5]. However, it is worth mentioning at this point that thermography undoubtedly cannot replace X-ray examinations as a tool of comprehensive assessment of the bone regenerate, whereas it can be suggested as a technique to determine the prognosis in disturbances of bone regenerate formation.

CONCLUSIONS

1. Thermography can be used as an adjunct to traditional diagnostic methods in monitoring bone formation at all stages of limb lengthening.
2. Our observations show that thermography is particularly useful in the assessment of bone regenerate in the tibia.
3. If $\Delta T_1 < 1^\circ\text{C}$, interruption of the process of limb lengthening should be considered.

PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Świątkowski J, Chmielewski W, Macias J, Żarek S. Zastosowanie tomografii komputerowej w ocenie przebudowy kostnej regeneratu po wydłużeniu kończyn metodą Ilizarowa. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1994; (1) 59: 186 -190.
2. Niedzielski K, Synder M, Fabiś J. Wartość badań ultrasonograficznych podczas wydłużen konczyn. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1994; (1) 59: 178 -181
3. Rajewski F, Marciniak W. Wartość ultrasonografii w monitorowaniu wydłużania kończyn. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1992; (57) 1-3: 250-255.
4. Rajewski F. Różnicowanie nowopowstającej kości w wydłużanych segmentach kończyn w oparciu o badanie ultrasonograficzne. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1993; (58) 3: 205-216.
5. Snela S, Gregosiewicz A, Konera W, Karski J. Sonograficzna ocena kostniny poddawanej dystrakcji. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1994; (59) 1: 171-177.
6. Aronson J, Harrison BH, Steward CL, Harp HJ. The histology of osteogenesis by different fixators. Clin Orthop Rel Res 1989; 241: 106-116.
7. Kuryszko J. Mikrostruktura regeneratu kostnego w przebiegu dystrakcji kości. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1994; (59) 1: 19-23.
8. Kuryszko J, Wall A, Morasiewicz L, Szymonis-Szymanowski W, Dragan Sz, Krawczyk A. Powstawanie regeneratu kostnego w operacyjnym wydłużaniu kości otwartą metodą Ilizarowa. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1994; (59) 1: 143-148.
9. Galante VN, Calaffà V, Capozzi M, Molfetta M, Franchin F. Non-invasive methods for the evaluation of ProgressiIn calcification of regenerate bone. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1994; (59) 1: 162-167.
10. Słomczykowski M, Kmiecik M, Wolf L, Kołodziejczyk K. Metoda cyfrowej oceny radiogramów kości. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1995; (60) 3: 211-215.
11. Albert SM, Glickman M, Kallish M. Thermography in Orthopedics. Ann NY Acad Sciences 1964; 121: 157-170.
12. Dudek K. Thermography as a Diagnosis System. SYSTEM Journal of Transdisciplinary System Science 1998; (3) 2: 68-79.
13. Wasilewski K, Deboa D, Królewski J. Badanie termograficzne stawów biodrowych i nasad dalszych kości udowych u dzieci po zabiegach operacyjnych na bliższym końcu kości udowej.. Chir Narz Ruchu Ortop Pol 1995; (60) 3: 181-185.
14. Skiba K, Dudek K, Rutowski R, Wiczkowski E. Termograficzna ocena metod leczenia chirurgicznego urazowych rozerwań ścięgna Achillesa. Advances of Clinical and Experimental Medicine 2005; (14) 3: 485-490.
15. Dudek K, Morasiewicz L, Orzechowski W, Kulej M, Romaszkiewicz P. Thermographic monitoring of the bone reclaim state during lengthen of the limbs. XVI International Meeting ASAMI – Poland; 2005.

Liczba słów/Word count: 3536

Tabele/Tables: 0

Ryciny/Figures: 5

Piśmiennictwo/References: 15

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr n. med. Leszek Morasiewicz

54-101 Wrocław, ul. Lubelska 60

tel./fax: (0-71) 354-40-28, e-mail: lmoras@o2.pl

Otrzymano / Received

Zaakceptowano / Accepted

14.02.2008 r.

01.06.2008 r.