

# Wpływ laseroterapii wysokoenergetycznej na proces zrostu kostnego

## The influence of High Intensity Laser Therapy on bone regeneration

Małgorzata Łukowicz<sup>1</sup>, Justyna Szymańska<sup>1</sup>, Agnieszka Skopowska<sup>1</sup>, Magdalena Weber-Rajek<sup>1</sup>, Katarzyna Ciechanowska-Mendyk<sup>1</sup>, Katarzyna Buszko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra i Zakład Laseroterapii i Fizjoterapii, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. M. Skłodowskiej-Curie 9, 85-094 Bydgoszcz, tel. +48 (52) 585-34-85, e-mail: kizterfiz@cm.umk.pl

<sup>2</sup> Katedra Podstaw Teoretycznych Nuk Biomedycznych i Informatyki Medycznej, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. M. Skłodowskiej-Curie 9, 85-094 Bydgoszcz

### Streszczenie

**Wstęp.** Laseroterapia wysokoenergetyczna HILT (*High Intensity Laser Therapy*) jest nowoczesną metodą fizykalną stosowaną w leczeniu schorzeń mięśniowo-szkieletowych. Energia świetlna znacznie przyspiesza metabolizm komórkowy i stymuluje procesy regeneracji naczyń, włókien nerwowych, tkanki łącznej, co jest szczególnie pożądane w procesie gojenia się złamań.

**Cel pracy.** Celem pracy była ocena wpływu laseroterapii wysokoenergetycznej HILT na procesy regeneracji kości po złamaniu oraz ocena jej skuteczności w leczeniu dolegliwości bólowych spowodowanych urazem.

**Materiał i metody.** Badaniu poddano 22-osobową grupę pacjentów ze złamaniami w okolicy nadgarstka. Okolicę złamania naświetlano laserem o parametrach: długość fali  $\lambda = 880$  nm, moc  $P=1500$  mW, gęstość energii  $ED=4$  J/cm<sup>2</sup>. Przed i po serii 10 zabiegów HILT pacjentom pobrano krew w celu oznaczenia markerów obrotu kostnego: osteokalcyny (OC, marker kościotworzenia) i markera resorpcji kości, C-końcowego telopeptydu kolagenu typu I (CTX). Dodatkowo oceniono wpływ terapii HILT na dolegliwości bólowe, za pomocą skali VAS (*Visual Analogue Scale*) oraz zmodyfikowanego kwestionariusza Leitinena.

**Wyniki i wnioski.** Wyniki badań wskazują na silne działanie analgetyczne terapii HILT. Badania stężenia wskaźników metabolizmu kostnego nie potwierdziły wpływu terapii na procesy obrotu kostnego, wykazując jednocześnie, że we wczesnym okresie po złamaniu nie odnotowuje się odstępstw od normy.

**Słowa kluczowe:** HILT, laseroterapia wysokoenergetyczna, zrost kostny, markery obrotu kostnego

### Abstract

**Introduction.** High Intensity Laser Therapy (HILT) is a quite new method in physical therapy. There is not enough information on the influence of a therapeutic high intensity light on human body. It is well known that electromagnetic radiation influences the metabolism and stimulates vascularisation, as well as proliferation of many cells, among them osteoblasts.

**Aim.** The aim of this work was to evaluate the changes in bone metabolism after bone fracture in patients subjected to this kind of laser irradiation (HILT).

**Material and method.** The group of 22 patients with a radial bone fracture was subjected to the therapy HILT ( $\lambda = 880$  nm,  $P=1500$  mW,  $ED=4$  J/cm<sup>2</sup>). Before and after the treatment the biochemical markers of bone turnover were evaluated, as well as pain level was estimated.

**Results and conclusions.** The obtained results confirmed good analgesic effect of HILT, already just after first administration. The examination of biochemical markers of bone turnover did not confirm the influence of HILT on the process of bone healing.

**Keywords:** HILT, high intensity laser therapy, ostosis

### Wstęp

Laseroterapia niskoenergetyczna LLLT (*Low Level Laser Therapy*) jest powszechnie stosowaną metodą fizykoterapii [1, 2]. Wyniki badań laboratoryjnych prowadzonych w zakresie biostymulacji potwierdzają pozytywne rezultaty oddziaływania niskoenergetycznego promieniowania laserowego, co stało się podstawą zastosowania laserów w terapii klinicznej [3-7]. Od kilku lat na rynku europejskim dostępne są również aparaty do laseroterapii wysokoenergetycznej HILT (*High Intensity Laser Therapy*), w których moc promieniowania przekracza 500 mW. Stosowanie tak wysokiej mocy prowadzi do wzrostu temperatury tkanek poddanych naświetlaniu, dlatego szczególnie ważne jest prawidłowe zaprogramowanie i przeprowadzenie zabiegu [8, 9]. Skuteczność metody HILT w leczeniu urazów sportowych, zmiana zwyrodnieniowych stawów czy zespołów bólowych skłania do poszukiwania nowych wskazań dla tej nowatorskiej terapii.

Celem niniejszej pracy jest ocena wpływu laseroterapii wysokoenergetycznej HILT na procesy regeneracji kości po złamaniu. Oceniano również działanie analgetyczne terapii.

### Materiał i metoda

Grupę badawczą stanowiły 22 osoby: 15 kobiet i 7 mężczyzn ze świeżymi złamaniami okolicy nasady dalszej kości promieniowej. Średnia wieku pacjentów wynosiła 52 lata  $\pm$  8,9 lat. W celu oceny wpływu terapii HILT na procesy zrostu kostnego pacjentom dwukrotnie pobrano krew (przed 1. zabiegiem oraz po 6 miesiącach od ostatniego zabiegu laseroterapii wysokoenergetycznej), w celu oznaczenia markerów metabolizmu kostnego. Okres od dnia złamania do pierwszego pobrania krwi wynosił tydzień. W badanym materiale oznaczono stężenie wskaźnika resorpcji tkanki kostnej C-końcowych usieciowanych telopeptydów kolagenu typu I (CTX) oraz wskaźnika tworzenia tkanki kostnej osteokalcyny (OC). Krew pobrano od pacjentów będących na czczo, przed godziną 9 rano. Badania przeprowadzono, stosując ogólnie przyjęte procedury oznaczania markerów obrotu kostnego. Po pierwszym pobraniu krwi pacjenci poddani zostali terapii HILT, seria 10 zabiegów o następujących para-

metrach:  $\lambda = 880 \text{ nm}$ ,  $P=1500 \text{ mW}$ ,  $ED=4 \text{ J/cm}^2$ . Naświetlanie odbywało się poprzez otwory wykonane w opatrunku gipsowym. Zabiegi wykonywano na okolicę złamania techniką punktową, kontaktową. Przed oraz po serii zabiegów oceniono dolegliwości bólowe zgodnie ze skalą VAS oraz zmodyfikowanym kwestionariuszem Leitinena. Po 9 miesiącach od zakończenia terapii, badaniu kontrolnemu poddano 13 pacjentów z 22-osobowej grupy (7 kobiet w wieku pomenopauzalnym, 6 mężczyzn w wieku 30-50 lat). Przeprowadzono analizę statystyczną otrzymanych wyników badań na poziomie istotności  $p=0,05$ . W celu porównania efektów działania terapii zastosowano test kolejności par Wilcoxon.

## Wyniki

Wyniki badań wskazują na skuteczne działanie analgetyczne terapii HILT (tabela 1, rys. 1) w leczeniu dolegliwości związanych z urazem tkanek po złamaniu. Efekt ten został potwierdzony testem VAS ( $p<0,07$ ) oraz kwestionariuszem Leitinena, w którym potwierdzono statystycznie istotny wpływ terapii HILT na zmniejszenie intensywności bólu ( $p<0,01$ ) oraz zmniejszenie ilości przyjmowanych środków przeciwbólowych ( $p<0,04$ ) (tabela 1, rys. 1-3). Częstość występowania bólu oraz ograniczenie aktywności ruchowej nie uległy istotnej zmianie. Badania stężenia wskaźników metabolizmu kostnego nie potwierdziły wpływu terapii na procesy resorpcji i kościotworzenia, powodujące w efekcie przyrost masy kostnej. Nie stwierdzono zmian stężenia wskaźnika resorpcji tkanki kostnej CTX (tabela 1 i 2, rys. 4) oraz wskaźnika kościotworzenia OC (tabela 1 i 2, rys. 4).

**Tabela 1** Porównanie wyników badań przed i po terapii HILT testem Wilcoxon

Wskaźnik	Poziom p
VAS przed & VAS po	0,007
Test Leitinena: I przed & I po (intensywność bólu)	0,011
Test Leitinena: III przed & III po (stosowanie leków p/bólowych)	0,043
CTX2 & CTX1	0,463
OC2 & OC1	0,552

**Tabela 2** Stężenia wskaźników CTX i OC przed (1) i po (2) terapii HILT

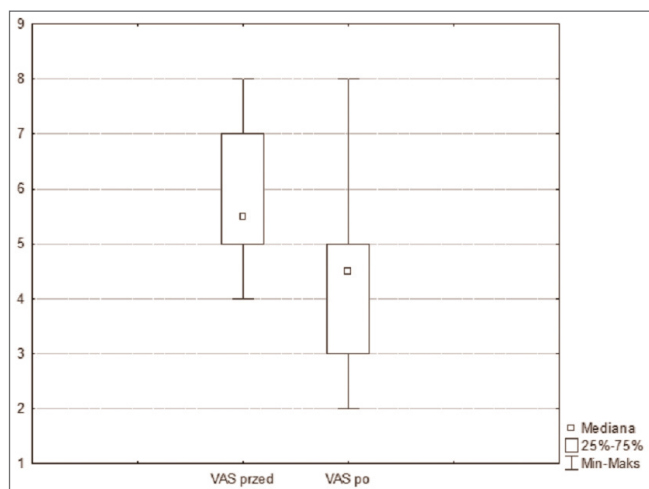
PACJENTKI PO MENOPAUZIE	CTX (ng/ml)		OC (ng/ml)	
	CTX1	CTX2	OC1	OC2
Pacjentka 1	0,171	0,147	15,100	15,730
Pacjentka 2	0,370	0,425	35,120	35,280
Pacjentka 3	0,571	0,372	34,420	28,020
Pacjentka 4	0,448	0,451	23,930	29,490
Pacjentka 5	1,080	0,955	53,530	50,750
Pacjentka 6	0,382	0,534	21,730	30,240
Pacjentka 7	0,466	0,366	23,830	22,010
PACJENCI 30-50	CTX1	CTX2	OC1	OC2
Pacjent 1	0,716	0,581	35,810	34,250
Pacjent 2	0,383	0,481	20,030	22,020
Pacjent 3	0,622	0,671	31,870	37,110
Pacjent 4	1,190	0,443	58,770	38,640
Pacjent 5	0,358	0,518	18,230	24,720
Pacjent 6	0,393	0,299	17,910	20,570

## Dyskusja

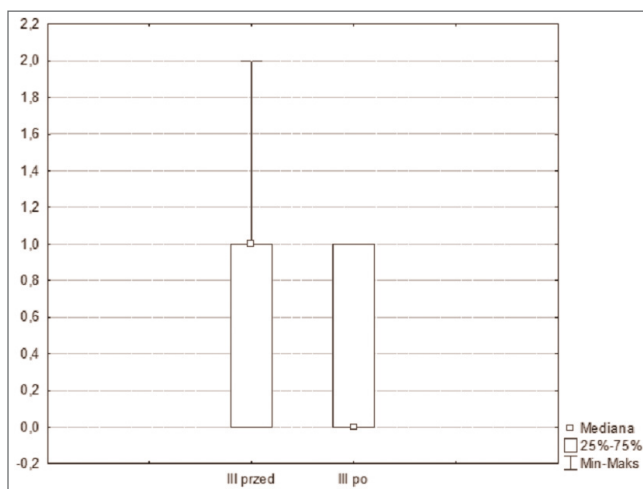
Proces gojenia się kości po złamaniu to następujące po sobie reakcje ogólnoustrojowe i miejscowe, które zatrzymywane są z chwilą odzyskania przez kość jej biomechanicznej sprawności. Leczenie złamań kości w głównej mierze polega na ustabilizowaniu miejsca złamania, w celu docisku jej odłamów i wywołania bezpośredniego gojenia.

Laseroterapia wysokoenergetyczna (*High Intense Laser Therapy* – HILT) jest obiecującą metodą wspomagającą leczenie wielu dolegliwości narządu ruchu. Zwiększenie mocy promieniowania może skutkować większą penetracją promieniowania w głąb tkanek i stymulacją okostnej do proliferacji. Większość badań, w których obserwowano efekty fotobiologiczne, dotyczy jednak niskoenergetycznego promieniowania laserowego [10-12]. W literaturze autorzy opisują działanie osteogenetyczne promieniowania laserowego małej mocy; wiele prac dotyczy wpływu promieniowania na hodowlę osteoblastów *in vitro* [13-17]. Stosowane gęstości energii nie przekraczają  $25 \text{ J/cm}^2$ , a w większości przypadków oscylują na poziomie od jednego do kilku  $\text{J/cm}^2$ , przy mocach promieniowania laserowego do  $100 \text{ mW}$ . Gatev stosował laseroterapię niskoenergetyczną w przypadkach złamania nasady dalszej kości promieniowej [18]. Pomiędzy 5. a 8. dniem od urazu wycinano otwór w opatrunku gipsowym i naświetlano eksponowaną powierzchnię. Parametry zabiegu: laser He-Ne ( $632,8 \text{ nm}$ ); gęstości mocy  $2 \text{ mW/cm}^2$ , czas 5 minut. Zabiegi wykonywane były 5 razy w tygodniu (łącznie 10 zabiegów). Wykazano: radiograficznie istotne statystycznie zwiększenie konsolidacji złamania, mniejszą liczbę powikłań w postaci obrzęków, algodystrofii, osteoporozy, zespołu kanału nadgarstka. Biostymulacyjne działanie promieniowania laserowego niskiej mocy zostało wykorzystane przy przyspieszaniu leczenia trudno zrastających się złamań kości długich i w przypadkach wytworzenia się stawów rzekomych [19, 20]. Głównym mechanizmem lepszej regeneracji jest przyspieszona proliferacja komórek, która możliwa jest dzięki intensyfikacji metabolizmu. Zachęteni wynikami wpływu promieniowania laserowego małej mocy na zwiększenie proliferacji osteoblastów w badaniach *in vitro*, autorzy podjęli próbę zastosowania wysokoenergetycznego lasera jako bodźca stymulującego zrost kostny *in vivo*.

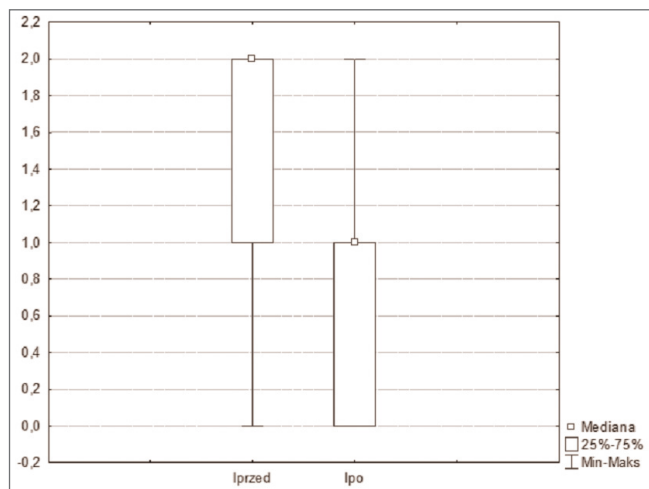
Biochemiczne markery obrotu kostnego reprezentują nowoczesne i wysoce specyficzne wskaźniki procesów resorpcji i ko-



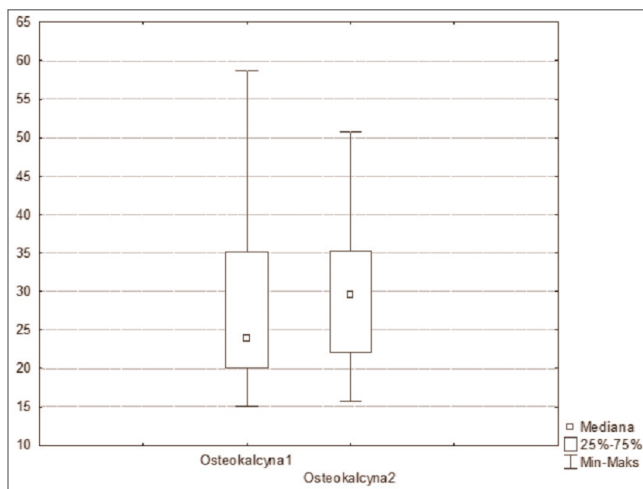
**Rys. 1** Wykres pudełkowy oceny intensywności bólu w skali VAS przed i po terapii HILT



**Rys. 3** Ocena stosowania leków przeciwbólowych w skali Leitinena przed i po terapii (III) HILT



**Rys. 2** Wykres pudełkowy oceny intensywności bólu w skali Leitinena przed i po terapii (I) HILT



**Rys. 4** Ocena stężenia CTX przed i po terapii HILT

ściotworzenia [21]. Ich stężenia w surowicy i moczu są wypadkową aktywności wszystkich procesów przebudowy odbywających się w danym momencie w obrębie całego organizmu. Pozwala to przewidzieć ryzyko złamania oraz daje możliwość oceny zmian masy kostnej w wyniku leczenia.

Wskaźnikiem tworzenia tkanki kostnej jest osteokalcyna (OC). Osteokalcyna jest niekolagenowym białkiem macierzy kostnej syntetyzowanym przez osteoblasty. Surowicze poziomy osteokalcyny dobrze korelują z nasileniem procesów kościotworzenia. Jej stężenie wzrasta u kobiet z osteoporozą postmenopauzalną, w nadczynności tarczycy i przynależnych, chorobie Pageta, przerzutach nowotworowych do kości, osteomalacji czy osteodystrofii nerkowej. Wartości referencyjne OC wynoszą: kobiety po menopauzie: 15-46 ng/ml, mężczyźni w wieku 30-50 lat: 14-42 ng/ml. CTX to C-termalnie usieciowane telopeptydy-kolagenu typu I, uwalniane w czasie osteoklastycznej resorpcji kości do krwi, a następnie wydalane z moczem. Oznaczenie CTX w surowicy pozwala już w ciągu 4-8 tygodni od rozpoczęcia terapii stwierdzić, czy zastosowane leczenie przynosi spodziewany efekt, co pozwala upewnić się co do słuszności wyboru metody leczenia lub dokonania jej zmiany [21]. Wartości referencyjne CTX wynoszą u kobiet po menopauzie: do 1008 pg/ml, u mężczyzn w wieku 30-50 lat: do 584 pg/ml.

Oznaczanie markerów obrotu kostnego najczęściej stosuje się w diagnostyce i leczeniu osteoporozy. Celem oznaczenia markerów obrotu kostnego w pierwszym tygodniu po złamaniu oraz po 9 miesiącach od ostatniego dnia terapii była ocena oddziaływania terapii HILT na procesy kościotworzenia po przebytym złamaniu.

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają jedynie wpływ analgetyczny, uzyskany już po 10. dniu terapii HILT. Brak istotnych zmian w stężeniach markerów może być spowodowany zbyt małą grupą badawczą lub krótkim, 10-dniowym okresem trwania terapii. Nie zaobserwowano istotnych różnic w stężeniach markerów obrotu kostnego u pacjentów po złamaniu.

## Wnioski

1. Badania stężenia wskaźników metabolizmu kostnego, przeprowadzone przed i po 10 dniach terapii HILT na okolicę złamania kości promieniowej, nie potwierdzają jej wpływu na procesy resorpcji i kościotworzenia.
2. Należałoby poczynić dłuższe obserwacje dotyczące efektów terapeutycznych HILT, aby uzyskać obiektywną i porównywalną ocenę wyników. ■

## Literatura

1. G.D. Baxter: *Therapeutic Lasers. Theory and practice*, Churchill Livingstone, Edinburgh London, Madrid, Melbourne, New York and Tokyo 1994.
2. W. Glinkowski, L. Pokora: *Lasery w terapii*, Centrum Techniki Laserowej, Warszawa 1992.

3. P. Fiedor, T. Kęćcik, Z. Niechod: *Zarys klinicznych zastosowań laserów*, Ankar, Warszawa 1995.
4. J. Taradaj: *Lasery w medycynie i rehabilitacji*, Fizjoterapia, vol. 9, 2001, s. 42-47.
5. L. Kujawa, K. Gworys, H. Chmielewski: *Niskoenergetyczne promieniowanie laserowe w rehabilitacji medycznej*, Kwartalnik Ortopedyczny, vol. 2, 2005, s. 89.
6. C. Lucas, M.J.C. Gemert, R.J. Haan: *Efficacy of low-level laser therapy in the management of stage III Decubitus Ulcers: a prospective, observer-blinded multicentre randomised clinical trial*, Lasers Med Sci, vol. 18, 2003, s. 72-77.
7. K. Gaida, R. Koller, C. Isler i in.: *Low level laser therapy – a conservative approach to the burn scar?*, Burns, vol. 30, 2004, s. 362-367.
8. P. Zalewski, M. Łukowicz, A. Zając, J. Szymańska, K. Ciechanowska: *Termowizyjna analiza efektów termicznych laseroterapii wysokoenergetycznej HILT w zależności od dawki promieniowania, długości fali oraz techniki aplikacji*, Inżynieria Biomedyczna – Acta Bio-Optica et Informatica Medica, vol. 14, 2008, s. 62-65.
9. M. Łukowicz, A. Pawlak, J. Pawlikowski, M. Weber-Zimmermann, P. Zalewski: *Laseroterapia wysokoenergetyczna (HILT) – zastosowania kliniczne*, Inżynieria Biomedyczna – Acta Bio-Optica et Informatica Medica, vol. 13, 2007, s. 326-330.
10. M. Yamamoto, K. Tamura, K. Hiratsuka, Y. Abiko: *Stimulation of MCM3 gene expression in osteoblast by low level laser irradiation*, Lasers Med. Sci., vol. 16, 2001, s. 213-217.
11. R. Lubart, H. Breitbart: *Biostimulative effects of low-energy lasers and their implications in medicine*, Drug Develop. Res., vol. 50, 2000, s. 471-475.
12. M.M.E.M. Gerbi, A.M.C. Marques, L.M.P. Ramalho i in.: *Infrared laser light further improves bone healing when associated with bone morphogenic proteins: An in vivo study in a rodent model*, Photomed Laser Surg, vol. 26, 2008, s. 55-60.
13. G.A. Guzzardella, M. Fini, P. Torricelli, G. Giavaresi, R. Giardino: *Laser stimulation on bone defect healing: an in vitro study*, Lasers Med Sci, vol. 17, 2002, s. 216-220.
14. A.L.B. Pinheiro: *Photoengineering of bone repair processes*, Photomed Laser Surg, vol. 24, 2006, s. 169-178.
15. D.S. Blaya, M.B. Guimaraes, H.D. Poza i in.: *Histologic study of the effect of laser therapy on bone repair*, JCDP, vol. 9(6), 2008, s. 1-8.
16. Y. Ozawa, N. Shimizu, G. Kariya, Y. Abiko: *Low-energy laser irradiation stimulates bone nodule formation at early stages of cell culture in rat calvarial cells*, Bone 1998, vol. 22, s. 347-354.
17. A. Stein, D. Benayahu, L. Maltz i in.: *Low-level laser irradiation promotes proliferation and differentiation of human osteoblasts in vitro*, Photomed Laser Surg, vol. 23, 2005, s. 161-166.
18. S. Gatev: *Helium-neon laser radiation in the rehabilitation of fracture patients*, Voprosy Kurortologii i Lechebnoj Fizicheskoj Kultury, vol. 2, 1989, s. 28-30.
19. A.L.B. Pinheiro, M.G. Oliveira, P.P.M. Martins, L.M.P. Ramalho, M.A.M. Oliveira, A.N. Silva Jr., R.A. Nicolau: *Biomodulatory effects of LLLT on bone regeneration*, Laser Ther., vol. 13, 2001, s. 73-79.
20. R. David, M. Nissan, I. Cohen, M. Soudry: *Effect of low-power He-Ne laser on fracture healing in rats*, Lasers Surg Med., vol. 19(4), 1996, s. 458-464.
21. E. Kirylów, G. Kamiński: *Miejsce biochemicznych markerów obrotu kostnego w zaleceniach diagnostyczno-leczniczych osteoporozy*, Pol. Merk. Lek., vol. 25, 2008, s. 148, 368

otrzymano / received: 03.01.2011 r.  
poprawiono / corrected: 15.04.2011 r.  
zaakceptowano / accepted: 05.05.2011 r.