

DISTURBANCES OF PERCEPTION
IN PATIENTS TREATED OPERATIVELY
BECAUSE OF IDIOPATHIC SCOLIOSIS

Juliusz Huber¹, Andrzej Szulc², Piotr Rogala³,
Maciej Głowacki², Agnieszka Szymankiewicz-Szukała¹,
Aleksandra Kulczyk¹, Joanna Lipiec¹

¹Department of Pathophysiology of Locomotor Organs, Karol Marcinkowski Poznan University of Medical Sciences, Poland

²Department and Clinic of Child Orthopaedic and Traumatology, Karol Marcinkowski Poznan University of Medical Sciences, Poland

³Department of Spinal Surgery, Oncological Orthopaedic and Traumatology, Karol Marcinkowski Poznan University of Medical Sciences, Poland

ABSTRACT

Introduction. Little is known about changes in sensory perception of patients with adolescent idiopathic scoliosis who underwent the surgical correction of spinal curvature.

Aim. The aim of the study was assessment of the sensory perception disturbances before and after surgery of patients treated because of the right thoracic idiopathic scoliosis with methods of intensity of current versus stimulus duration (IC-SD).

Materials and Methods. There were recognised King and Moe type II scoliosis in examined patients. Studies were performed before surgery in 14 patients with the main angle of thoracic scoliosis curvature from 20° to 52° (mean of 48°) at T8-T9, the duration of postoperative observation lasted two years in 12 patients. Two patients denied of the final comparative examination after surgery.

Results. In preoperative examination we found the greatest loss of the sensory perception on the concave side of the thoracic dermatomes, and to the less degree in area of the calf, than in the area of the dorsal part of the foot, in the area of thigh and in the paravertebral area at the lumbar level, respectively. The range of sensory perception was 3 in average preoperatively and 4 at average postoperatively in a scale from 1 to 5. Significant changes in the sensory perception at the thoracic level of the concave side of scoliosis are not caused mainly by thoracosurgery.

Conclusions. The surgical correction of the main thoracic curvature with Cotrel-Dubousset method

ZMIANY W PERCEPCJI CZUCIA U CHORYCH
LECZONYCH OPERACYJNIE Z POWODU
SKOLIOZY IDIOPATYCZNEJ

Juliusz Huber¹, Andrzej Szulc², Piotr Rogala³,
Maciej Głowacki², Agnieszka Szymankiewicz-Szukała¹,
Aleksandra Kulczyk¹, Joanna Lipiec¹

¹Zakład Patofizjologii Narządu Ruchu, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

²Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

³Klinika Chirurgii Kręgosłupa, Ortopedii Onkologicznej i Traumatologii, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

STRESZCZENIE

Wstęp. Mało jest dostępnych danych na temat zmian w percepcji czucia powierzchniowego u chorych z idiopatycznym bocznym skrzywieniem kręgosłupa po operacjach chirurgicznych.

Cel. Celem pracy było określenie zaburzeń percepcji czucia w warunkach przed- i pooperacyjnych u chorych leczonych z powodu skoliozy idiopatycznej z wykorzystaniem metody krzywych pobudliwości czuciowej (IC-SD).

Materiał i metody. U badanych chorych stwierdzono skrzywienia typu II według Kinga i Moe. Badania wykonano w okresie przedoperacyjnym u 14 chorych z kątem skoliozy od 20o do 52o (średnia 48°) na poziomie piersiowym z lokalizacją kręgu szczytowego na wysokości T8-T9 oraz u 12 chorych w okresie 2 lata po wykonaniu operacji. Dwóch chorych zrezygnowało z badania pooperacyjnego.

Wyniki. W badaniu przedoperacyjnym największe deficyty czucia stwierdzono po stronie wklęsłej skoliozy w obszarze dermatomalnym na poziomie piersiowym oraz w mniejszym stopniu kolejno w obszarze unerwienia łydki, w obszarze grzbietu stopy, obszarze uda i w okolicy przykręgosłupowej na poziomie lędźwiowym. Zakres percepcji czucia powierzchniowego w skali pobudliwości 1-5 wyniósł średnio 3 w okresie przedoperacyjnym, a w okresie pooperacyjnym średnio 4. Znaczące zmiany w percepcji czucia na poziomie piersiowym po stronie wklęsłej skoliozy nie są spowodowane głównie torakoplastyką.

Wnioski. Korekcja chirurgiczna skoliozy za pomocą metody Cotrel-Dubousset wpływa nie tylko na po-

improves not only the afferent spinal transmission but also the disturbed the sensory perception 2 years in postoperative observation.

Key words: proprioception, scoliosis, intensity of current vs. stimulus duration studies, surgical correction

INTRODUCTION

Disturbances in the sensory perception of patients with the adolescent idiopathic scoliosis (AIS) in different areas of the body are the consequences of the pathological changes in sensory fibers of the dorsal spinal roots at thoracic and lumbar levels. The basic neurological examination of the sensory disturbances does not fully show the real state of the patient's perception (Greenberg 1997). There is a possibility that changes in sensory perception of patients with scoliosis are the secondary phenomenon with the reference to the primary pathologies in supraspinal transmission of the afferent pathways mainly to the contralateral sensory cortex (Geissele et al 1991; Cheng et al 1999). In previous studies we have shown the significant pathological lateralization in spinal transmission in patients with AIS from the level of the receptor to the contralateral sensory cortex using the repetitive tests of somatosensory evoked potential recordings (Rogała et al 1996). Changes of potentials in AIS patients were found first of all at the level of the main thoracic curvature and to the less degree at the level of the lumbar curvature. The apex of the main thoracic curvature was a site where pathologies in transmission of nerve impulses within the ascending fibres of the dorsal and dorsolateral funiculi were caused by compression and/or ischemic changes. Disturbances in the sensory perception may come from the compression within the dorsal roots especially on the concave side of the main curvature at T9 and T10 vertebrae (Sawatzky et al 1997).

AIM

The aim of this work is ascertaining the disturbances in the sensory perception with intensity of current versus stimulus duration method (IC-SD) pre- and postoperatively in patients with AIS treated with the Cotrel-Dubousset corrective instrumentation. This simple neurophysiological method allows for estimation of the not only superficial but

prawę aferentnego przewodnictwa rdzeniowego, ale również znacząco poprawia zaburzoną percepcję czucia w dwuletnim procesie leczenia chorych.

Słowa kluczowe: propriocepcja, skolioza, badanie natężenia bodźca vs. czasu trwania bodźca, korekcja chirurgiczna

WSTĘP

Zaburzenia percepcji czucia u chorych z młodzieńczą skoliozą idiopatyczną (AIS) w różnych obszarach ciała tłumaczone są zmianami patologicznymi w obrębie włókien czuciowych korzeni grzbietowych na poziomach piersiowym i lędźwiowym. Dotychczasowe badania prowadzone były z wykorzystaniem elementów podstawowego badania neurologicznego zaburzeń czucia i nie wydają się one odzwierciedlać rzeczywistego stanu chorego (Greenberg 1997). Istnieje możliwość, że zaburzenia czucia u chorych ze skoliozą mają charakter wtórny do pierwotnych patologii w przewodnictwie nadrdzeniowym szlaków aferentnych do poziomu głównie drugostronnej kory czuciowej (Geissele i wsp. 1991; Cheng i wsp. 1999). W poprzednich badaniach wykazaliśmy poprzez powtarzalne testy rejestracji somatosensorycznych potencjałów wywołanych znaczące zaburzenia (lateralizację) przewodnictwa aferentnego rdzeniowego u chorych ze skoliozą idiopatyczną od poziomu receptora do drugostronnej kory czuciowej mózgu (Rogała i wsp. 1996). Zmiany te miały miejsce na skutek nieprawidłowej (bocznej) krzywizny kręgosłupa głównie od poziomu piersiowego aniżeli lędźwiowego, w miejscu największego skrzywienia boczno-kręgosłupa, wpływającego na zaburzenia transmisji impulsów nerwowych w obrębie włókien wstępujących sznurów grzbietowych i grzbietowo-bocznych istoty białej rdzenia kręgowego. Powstały one na skutek zmian uciskowych (lub i niedokrwiennych). Zaburzenia percepcji czucia u chorych ze skoliozą mogą wynikać ze zmian uciskowych w obrębie korzeni grzbietowych głównie po stronie wklęsłej skrzywienia, najbardziej na poziomie kręgow T9 i T10 (Sawatzky i wsp. 1997).

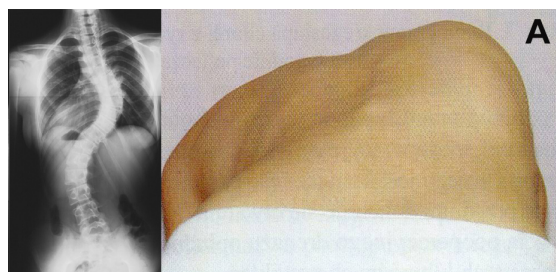
CEL

Celem obecnej pracy było określenie zaburzeń percepcji czucia w warunkach przed i pooperacyjnych u chorych leczonych z powodu skoliozy idiopatycznej z wykorzystaniem metody krzywej pobudliwości czuciowej. Tego rodzaju proste badanie neurofizjologiczne pozwala na określenie deficytów czucia powierzchniowego i głębokiego.

also deep sensory loss. The hypothesis has been undertaken that decompression of the spinal roots at T9-T10 on the concave side improves the sensory perception in patients with AIS.

MATERIAL AND METHODS

The study was performed in 14 patients (females aged 11 to 20 years) with preoperative scoliosis angle of 20° to 52° at the level of thoracic vertebrae location (peak at T8-T9) (Figure 1A) and in 12 patients after two years when the corrective surgery using Cotrel-Dubouset (CD) instrumentation was performed (Figure 1B). In 14 cases of surgically treated patients, the concave site of scoliosis was located on the left side.



Sformułowano hipotezę, że dekompresja korzeni rdzeniowych na poziomie T9-T10 po stronie wklęsłej poprawia percepcję czuciową u chorych z AIS.

MATERIAŁ I METODY

Badania wykonano u 14 chorych (płci żeńskiej w wieku od 11 do 20 lat) w okresie przedoperacyjnym z kątem skoliozy od 20° do 52° na poziomie piersiowym z lokalizacją kręgu szczytowego na wysokości T8-T9 (Rycina 1A) oraz u 12 chorych w okresie 2 lata po wykonaniu operacji korekcyjnej z wykorzystaniem instrumentacji Cotrel-Dubouset (CD) (Rycina 1B). W 14 przypadkach operowanych chorych strona wklęsła skoliozy zlokalizowana była po stronie lewej.

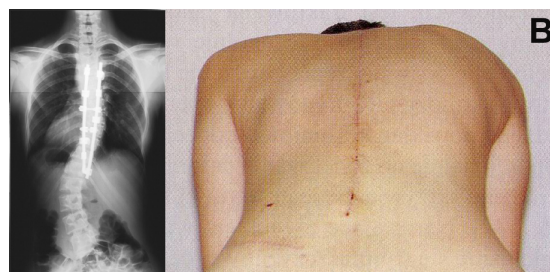


Figure 1. Examples of X-rays and the posture in one of patients (A) before and (B) after the surgical correction of scoliosis.

Rycina 1. Przykłady rentgenogramów oraz sylwetki jednej z badanych chorych przed (A) i po (B) zabiegu korekcji skoliozy.

In all patients the surgical correction of the scoliosis curvature with CD method together with resection of the rib's gibbous (thoracoplasty) was performed in Department and Clinic of Child Orthopaedic and Traumatology in Poznań. Neurophysiological examinations were performed twice in Department of Pathophysiology of Locomotor Organs. All patients and their supervisors gave their conscious consent for the diagnostic examinations and publication of their results with the rigour of anonymous. Studies were also approved by the Local Bioethical Committee.

IS-CD studies (sometimes cited in the literature as electrical perception threshold) were performed in all patients with using of chronaximeter in the reference to areas covering m. erector spinae C2 - C3, m. erector spinae T8 -T9, m. erector spinae L4- L5, m. rectus femoris L4, m. gastrocnemius L5, m. extensor digitorum longus S1 dermatomes. The range of electrical stimulus duration was from 0.5 to 0.05

U wszystkich chorych wykonano korekcję skrzywienia skoliozy metodą CD z resekcją garbu żebrowego (torakoplastyka). Operacje były wykonywane przez ten sam zespół chirurgów Katedry i Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej w Poznaniu. Badania neurofizjologiczne zostały przeprowadzone dwukrotnie w Zakładzie Patofizjologii Narządu Ruchu Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu. Wszyscy chorzy lub ich opiekunowie złożyli świadomą zgodę na badania diagnostyczne i publikację ich rezultatów z zachowaniem rygoru anonimowości. Badania zostały także zaaprobowane przez lokalną Komisję Bioetyczną Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu.

U tych chorych zostały wykonane badania obustronnej percepcji czucia z wykorzystaniem chronaksymetru jako narzędzia badawczego metody IC-SD (krzywe pobudliwości czuciowej, niekiedy w literaturze określane jako badania elektrycznego progu pobudliwości). Testy wykonywano stymulatorem jednocanałowym przy lokalizacji elektrody stymulującej monopolarnej w okolicach nad:

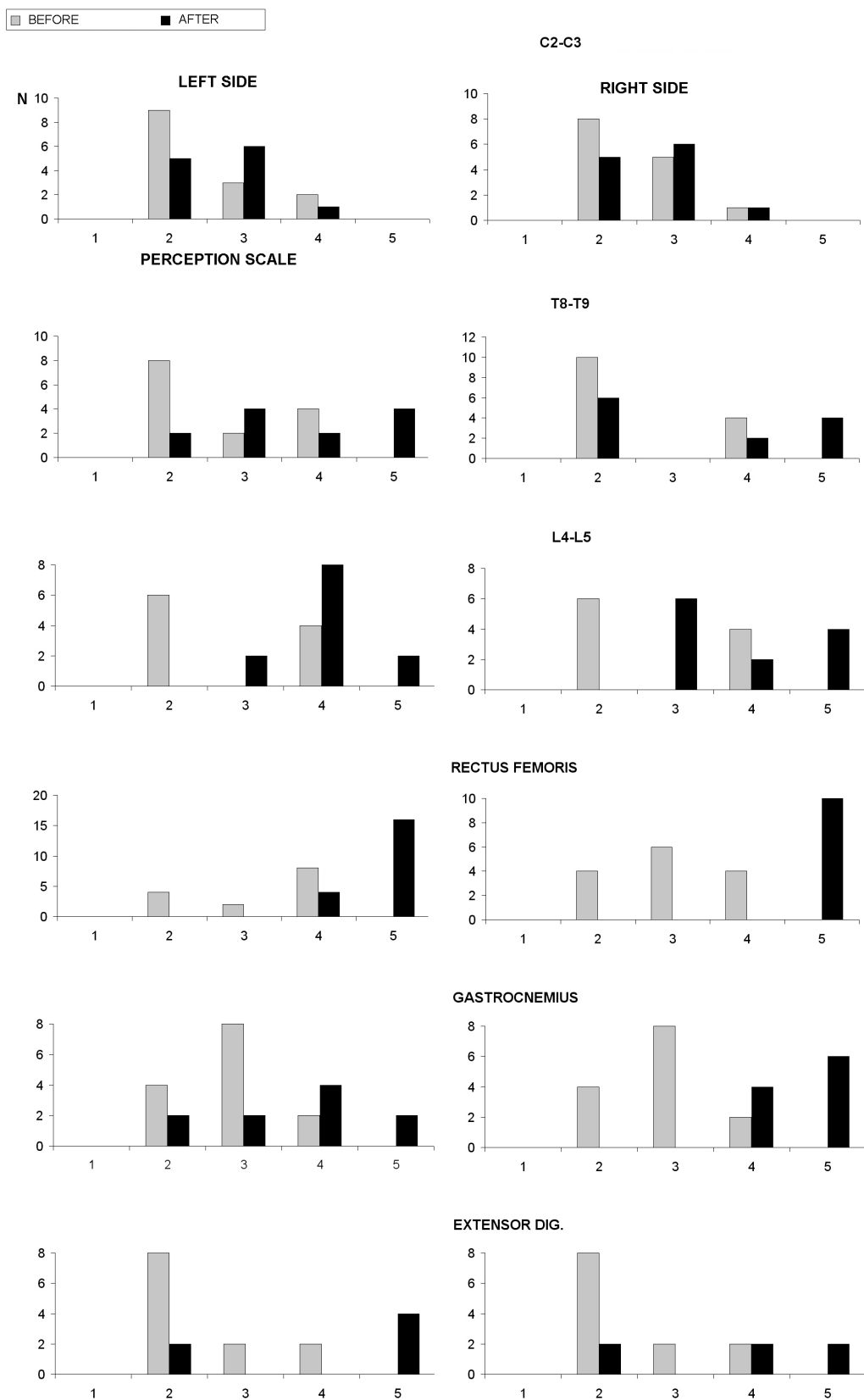
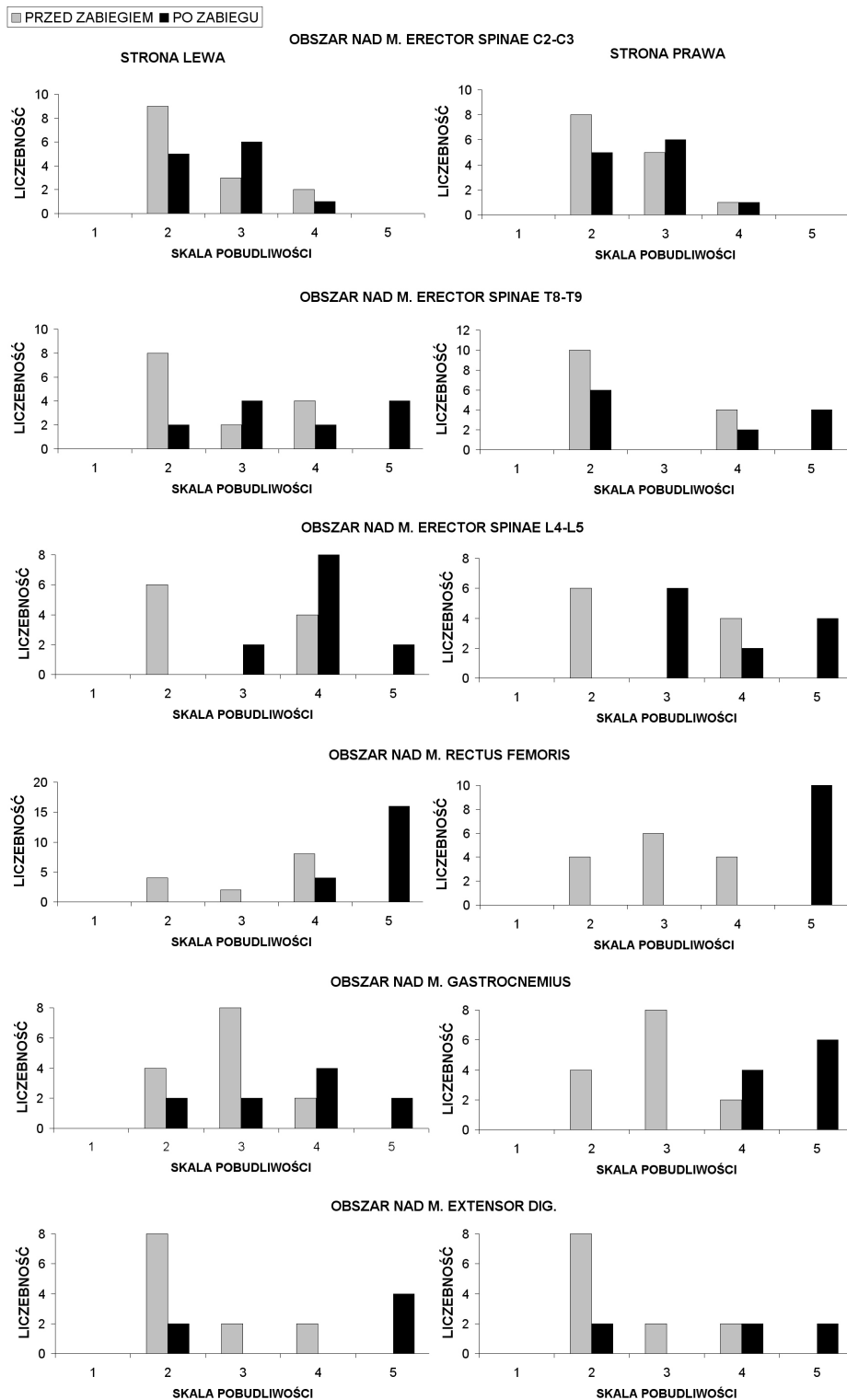


Figure 3. Comparison of the results from studies of perception sensation in certain areas of the body on the concave side (left side) and convex (right) of scoliosis in 14 patients examined preoperatively, and 12 patients 2 years after surgical correction of scoliosis.



Rycina 3. Porównanie wyników badań percepcji czucia w określonych obszarach ciała po stronie wklęsłej (strona lewa) i wypukłej (strona prawa) skoliozy u 14 chorych badanych w okresie przedoperacyjnym oraz u 12 chorych 2 lata po chirurgicznej korekcji skoliozy.

ms with steps in sequences 0.5, 0.2, 0.1, 0.05ms, respectively. The intensity stimulus was tested from 0 to 25mA. Monopolar type of stimulation was applied to the areas indicated in figure 2. Cathode being simultaneously the ground electrode was placed in immediate vicinity of the anode.

Because the examined patients represented type II scoliosis according to King and Moe (two lateral curvature of scoliosis, the first with higher-value angle in the thoracic spine, and the second with a lower value in the lumbar spine), the disorder may have the pathological consequences in the lower extremities, in areas of the body with somatotopical innervation L4-S1. Anode - stimulation electrode was placed over each of the above mentioned points for a particular anatomical dermatome (Figure 2). The negative electrode (cathode) which is also a ground electrode (reference) was placed in the close proximity to stimulated point. Sensory perception range was specified in the five-point scale: 1 - perception abolished, 2 – perception clearly reduced, 3 - perception slightly reduced, 4 - the lower physiological limit, 5 - normal sensory perception.

During a pilot study in examined patients we found that when type II of King and Moe curvature

m. erector spinae C2 - C3, m. erector spinae T8 –T 9, m. erector spinae L4 - L5, m. rectus femoris L4, m. gastrocnemius L5, m. extensor digitorum longus S1. Zakres stosowanego bodźca prostokątnego zawierał się od 0 do 25mA. Czas trwania bodźca stymulującego zawierał się w zakresie 0.5 do 0.05 ms w sekwencjach 0.5, 0.2, 0.1, 0.05ms. Elektroda dodatnia – stymulacyjna była umieszczona nad każdym z wyżej wymienionych punktów anatomicznych w zakresie określonego dermatomu (Rycina 2). Elektroda ujemna będąca równocześnie elektrodą uziemiającą (odniesienia), była umieszczana w bezpośredniej bliskości punktu stymulowanego. Zakres percepcji czucia określono w pięciostopniowej skali: 1- pobudliwość czuciowa zniesiona, 2- wyraźnie obniżona, 3- nieznacznie obniżona, 4- w dolnej granicy normy, 5- pobudliwość czuciowa prawidłowa.

Ponieważ u badanych chorych stwierdzono rodzaj skrzywienia typu II według Kinga i Moe (dwie krzywizny skrzywienia boczowego, pierwsza o większej wartości kątowej w odcinku piersiowym kręgosłupa oraz druga o mniejszej wartości w odcinku lędźwiowym kręgosłupa), podobne zaburzenia mogły być spodziewane w obrębie kończyn dolnych,

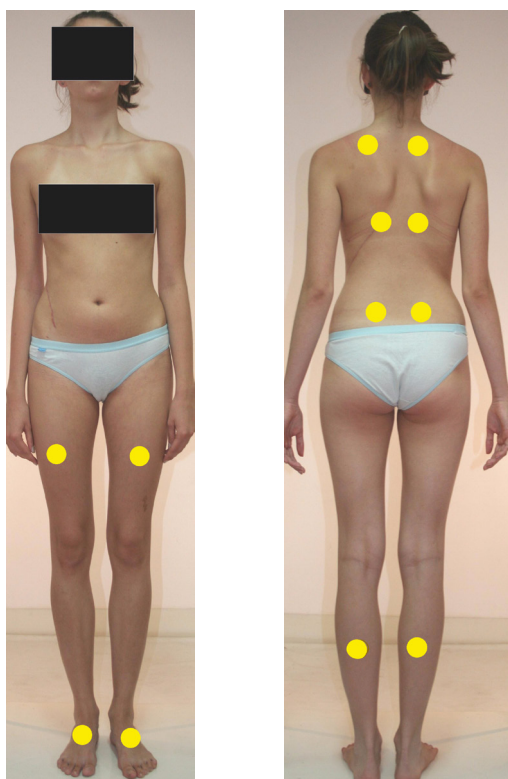


Figure 2 Location of the anode in the IC-SD perception study in areas of the body over the paravertebral muscles in the cervical, thoracic and lumbar spine and the femoral, tibial, peroneal innervation.

Rycina 2. Lokalizacja elektrody dodatniej stymulatora w badaniu percepcji czucia w obszarach ciała nad mięśniami przykręgosłupowymi w odcinku szyjnym, piersiowym i lędźwiowym oraz w zakresie unerwienia nerwu udowego, nerwu piszczelowego oraz nerwu strzałkowego.

is observed the similar described to the above sensory disturbances can be observed in lower extremities in areas somatotopically innervated by L4 to S1 neuromers. Disorders of perception sensation in the area of the lower angle of the scapula are also described, as one of the most common late complications after thoracosurgery, which is an inevitable element of surgical correction of scoliosis.

The period of postoperative follow-up was two years. The postoperative follow-up included compensation or decompensation of the trunk in correlation with the research of proprioception and balance. Observation was made before surgery, three months after surgery and the final examination was after about two years of CD correction.

RESULTS

As can be seen in Figure 3, the largest preoperative sensory deficits were found on the concave side of scoliosis at thoracic level (T8-T9) and to a lesser extent in the area of the calf (L5), the dorsum of the foot area (S1), in the area of thigh (L4) and the paravertebral area at the lumbar level (L4-L5). Range of sensory perception on a scale 1-5 of excitability was 3 on average preoperatively and 4 postoperatively average ($p \leq 0.001$). Our calculations revealed that the reduction of sensory perception in the thoracic surgery after thoracoplasty was 5 cm (length) x 10cm (width) on average with respect to the midline. Two years after surgery the sensory perception deficits in this area have disappeared.

In the final evaluation of 12 patients there was found an improvement in spinal afferent transmission and sensation of perception. Two-year post-treatment observation in patients treated with CD method suggests a beneficial effect of the curvature correction and trunk compensation.

DISCUSSION

It seems that the sensory perception disorder in AIS may be partially or completely induced by the damage during surgical procedures and involves the afferent nerve endings within paravertebral ligaments (Cheng et al, 1999), or caused by primary sensory perception dysfunction of the origin in the central nervous system (Geissele et al, 1991; Greenberg, 1997). The reason may also be the main curvature of scoliosis, and some authors consider a change in the perception of sensation caused by implementation of the corrective instrumentation (Pratt et al, 2002).

w obszarach ciała z unerwieniem somatotycznym L4-S1. Zaburzenia percepcji czucia w okolicy dolnego kąta łopatki są również opisywane, jako jedne z najczęstszych późnych powikłań po torakoplastyce, będącej nieuniknionym elementem chirurgicznej korekcji skoliozy.

Okres obserwacji pooperacyjnej wynosił dwa lata. W obserwacji pooperacyjnej uwzględniono kompensację bądź dekompensację tułowia w korelacji z badaniami proprioceptywnymi i równowagi. Obserwacji dokonano przed zabiegiem operacyjnym, trzy miesiące po zabiegu i w badaniu końcowym po około dwóch latach od korekcji CD.

WYNIKI

Jak można zauważyć na rycinie 3, w badaniu przedoperacyjnym największe deficyty czucia stwierdzono po stronie wklęsłej skoliozy w obszarze na poziomie piersiowym (T8-T9) oraz w mniejszym stopniu kolejno w obszarze łydki (L5), w obszarze grzbietu stopy (S1), w obszarze uda (L4) i w okolicy przykręgosłupowej na poziomie lędźwiowym (L4-L5). Zakres percepcji czucia w skali pobudliwości 1-5 wyniósł średnio 3 w okresie przedoperacyjnym, a w okresie pooperacyjnym średnio 4 ($p \leq 0,001$). Z naszych obliczeń wynika, że obniżenie percepcji czucia w odcinku piersiowym po zabiegach torakoplastyki wynosił średnio 5 cm (długość) x 10cm (szerokość) w odniesieniu do linii pośrodkowej. Dwa lata po wykonaniu zabiegu deficyty percepcji czucia w tym obszarze znacząco ustępowały.

W końcowej ocenie u 12 chorych stwierdziliśmy poprawę aferentnego przewodnictwa rdzeniowego i percepcji czucia. Dwuletnia obserwacja po leczeniu msi metodą CD sugeruje korzystny wpływ korekcji skrzywienia i kompensacji tułowia.

DYSKUSJA

Wydaje się, że zaburzenia percepcji czucia w AIS mogą być wywołane częściowym lub całkowitym uszkodzeniem w czasie zabiegów operacyjnych aferentnych zakończeń nerwowych w obrębie uszkodzonych więzadeł przykręgowych (Cheng i wsp. 1999), lub pierwotną dysfunkcją percepcji czucia o pochodzeniu z centralnego układu nerwowego (Geissele i wsp. 1991; Greenberg 1997). Przyczyną może być również skrzywienie główne, a niektórzy autorzy rozpatrują zmiany w percepcji czucia wywołane instrumentacją korekcyjną (Pratt i wsp. 2002).

As follows from the results of our research, the sensory perception disorder occurred already before surgery. The surgery itself, as in previous studies carried out by us (Rogala et al, 1996), affects not only the improvement of spinal afferent transmission, but also significantly improves the impaired sensory perception in a period of two years after treatment. Significant changes in the sensory perception at the level of the thoracic scoliosis concave side are not primarily due to the thoracoplasty (Sawatzky et al, 1997).

As it can be concluded from the literature review regarding the perception in patients with scoliosis, similar studies using the method used in this study were not performed. The attention should be paid to the high sensitivity of method, which determines the excitability threshold of receptors in the surface and deep tissues, as electric stimulus triggered by the anode can penetrate through and spread in accordance with the distribution fields spherically up to a depth of three centimetres.

REFERENCES

- Cheng JCY**, Guo X, Sher AH, Chan YL, Metreweli C. Correlation between curve severity, somatosensory evoked potentials, and magnetic resonance imaging in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 1999;24:1679-1684.
- Geissele AE**, Kransdorf MJ, Geyer CA, Jelinek JS, Van Dam BE. Magnetic Resonance Imaging of the brain stem in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 1991;16,7:761-763.
- Greenberg MS**. Handbook of neurosurgery. Fourth edition. Greenbegr Graphics, Inc. Lakeland, Florida 1997.
- Pratt RK**, **Burwell RG**, Cole AA, Webb JK. Patient and parental perception of adolescent idiopathic scoliosis before and after surgery in comparison with surface and radiographic measurements, *Spine* 2002;15;27,14:1543-1550.
- Rogala P**, Huber J, Głowacki M. Somatosensory evoked potentials recorded in patients with the familiar idiopathic scoliosis have the same properties both in parents and their children. *Acta Orthop. Scand.* 1996;67,272: 113.
- Sawatzky B**, Tredwell S, Anderson D. Postural control and trunk imbalance following Cotrel-Dubouset instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis, *Gait and Posture* 1997;5;116-119.

Jak wynika z rezultatów naszych badań, zaburzenia percepcji czucia występowały już przed zabiegiem operacyjnym. Sam zabieg operacyjny, podobnie jak w poprzednich wykonanych przez nas badaniach (Rogala i wsp. 1996), wpływa nie tylko na poprawę aferentnego przewodnictwa rdzeniowego, ale również znacząco poprawia zaburzoną percepcję czucia w dwuletnim procesie leczenia chorych. Znaczące zmiany w percepcji czucia na poziomie piersiowym po stronie wklęsłej skoliozy nie są spowodowane głównie torakoplastyką (Sawatzky i wsp. 1997).

Jak wynika z przeglądu literatury odnośnie podobnych badań percepcji czucia z użyciem metody stosowanej w niniejszej pracy, podobnych badań prospektywnych nie wykonywano. Należy zwrócić uwagę na dużą czułość metody, za jej pomocą określa się próg pobudliwości receptorów czucia powierzchniowego i głębokiego, ponieważ bodziec elektryczny wywołany przez anodę może przenikać przez wszystkie tkanki i rozprzestrzeniać się zgodnie z rozkładem pól sferycznie, aż na głębokość trzech centymetrów.

PIŚMIENNICTWO

- Cheng JCY**, Guo X, Sher AH, Chan YL, Metreweli C. Correlation between curve severity, somatosensory evoked potentials, and magnetic resonance imaging in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 1999;24:1679-1684.
- Geissele AE**, Kransdorf MJ, Geyer CA, Jelinek JS, Van Dam BE. Magnetic Resonance Imaging of the brain stem in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 1991;16,7:761-763.
- Greenberg MS**. Handbook of neurosurgery. Fourth edition. Greenbegr Graphics, Inc. Lakeland, Florida 1997.
- Pratt RK**, **Burwell RG**, Cole AA, Webb JK. Patient and parental perception of adolescent idiopathic scoliosis before and after surgery in comparison with surface and radiographic measurements, *Spine* 2002;15;27,14:1543-1550.
- Rogala P**, Huber J, Głowacki M. Somatosensory evoked potentials recorded in patients with the familiar idiopathic scoliosis have the same properties both in parents and their children. *Acta Orthop. Scand.* 1996;67,272: 113.
- Sawatzky B**, Tredwell S, Anderson D. Postural control and trunk imbalance following Cotrel-Dubouset instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis, *Gait and Posture* 1997;5;116-119.

Author responsible for correspondence: Piotr Rogala, Department of Spinal Surgery, Oncological Orthopaedic and Traumatology, Poznan University of Medical Sciences, Poland, e-mail: gabinet.rogala@gmail.com

Autor do korespondencji: Piotr Rogala, Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, e-mail: gabinet.rogala@gmail.com