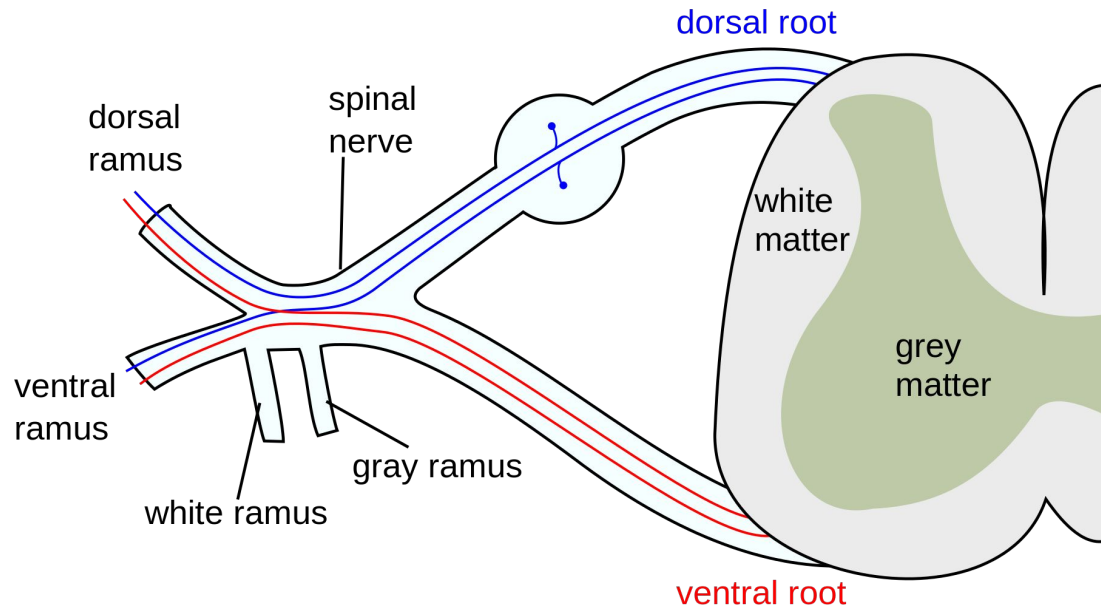
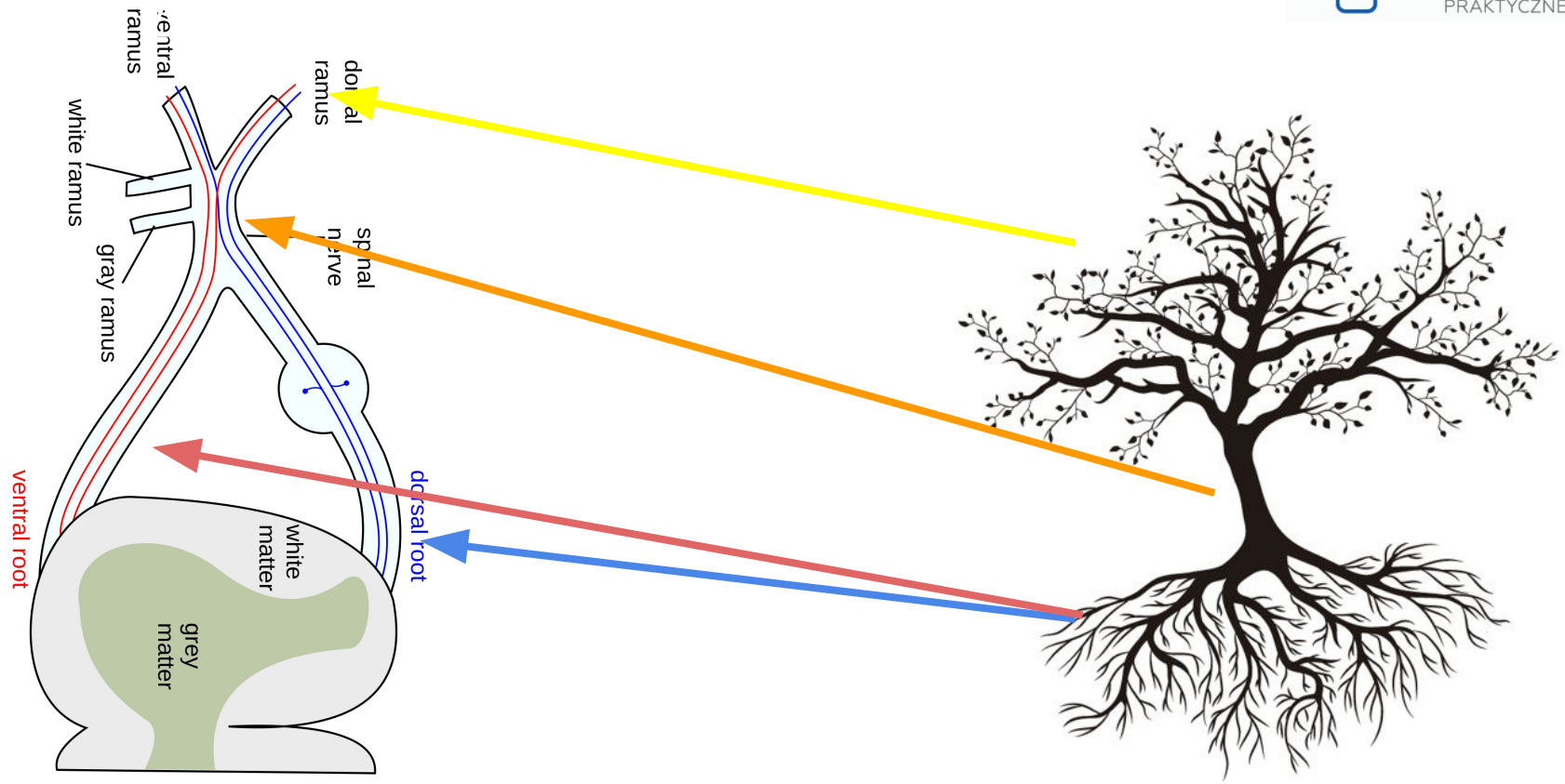


Techniczne aspekty procedur małoinwazyjnych w obrębie kręgosłupa LS przy pomocy RTG

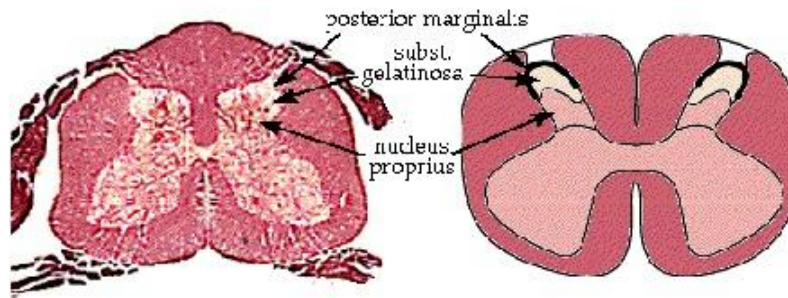
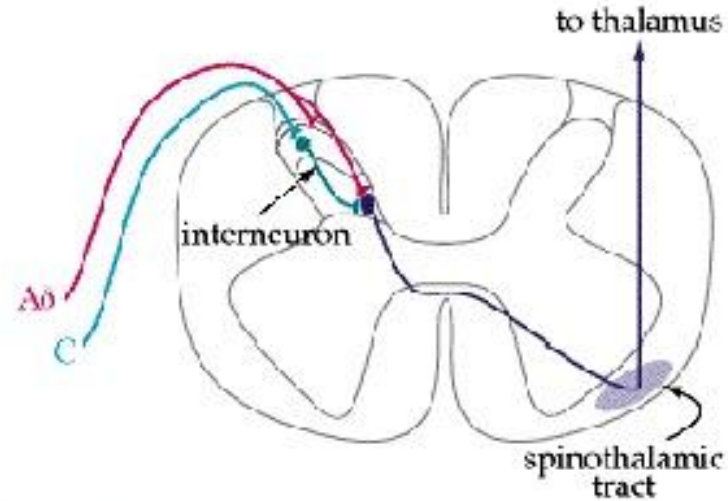
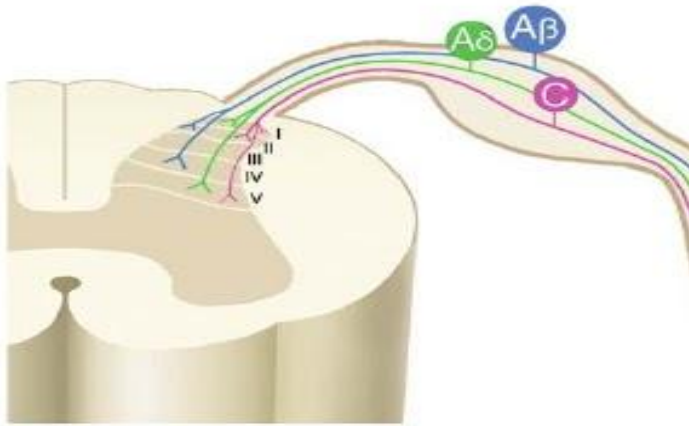
Łukasz Kubaszewski
Poznań

Unerwienie stawów - anatomia





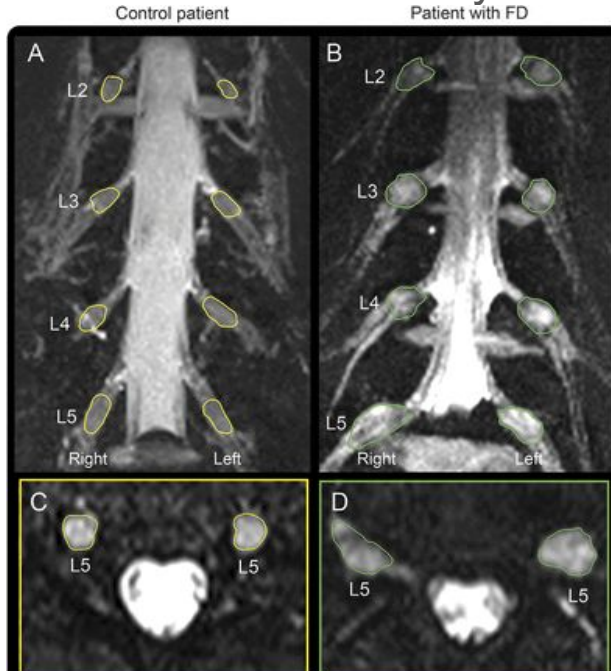
Drogi czuciowe (bólowe)



DRG

Skupiska ciał komórek czuciowych

W obrębie kanałów korzeniowych

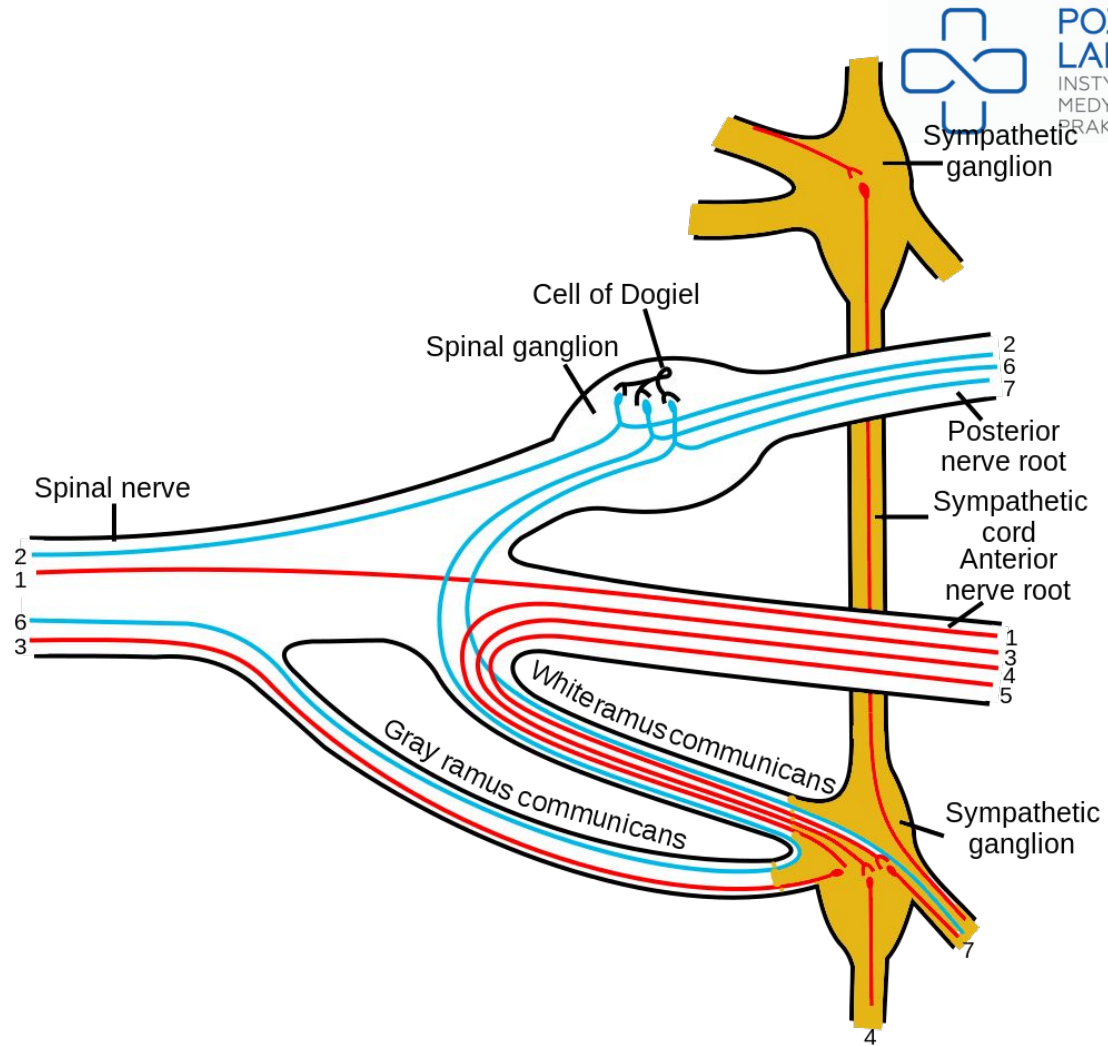


Gałęzie

- brzuszne
- **grzbietowe**
- łączące szare - pień współczulny
- zatokowo-kręgowe

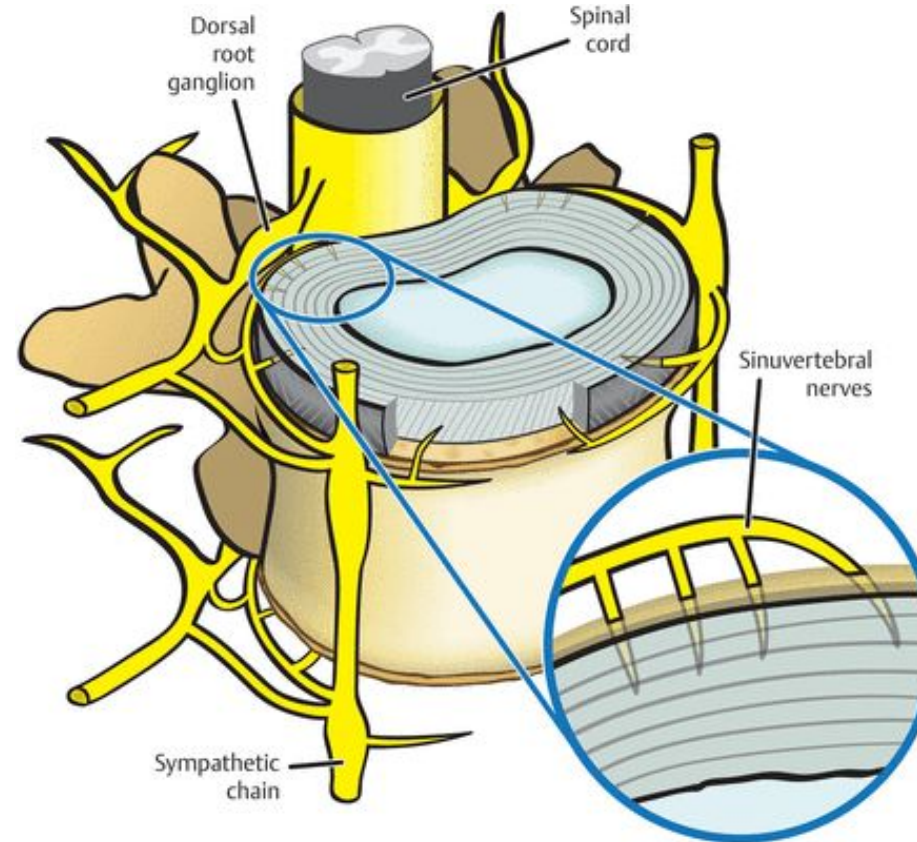
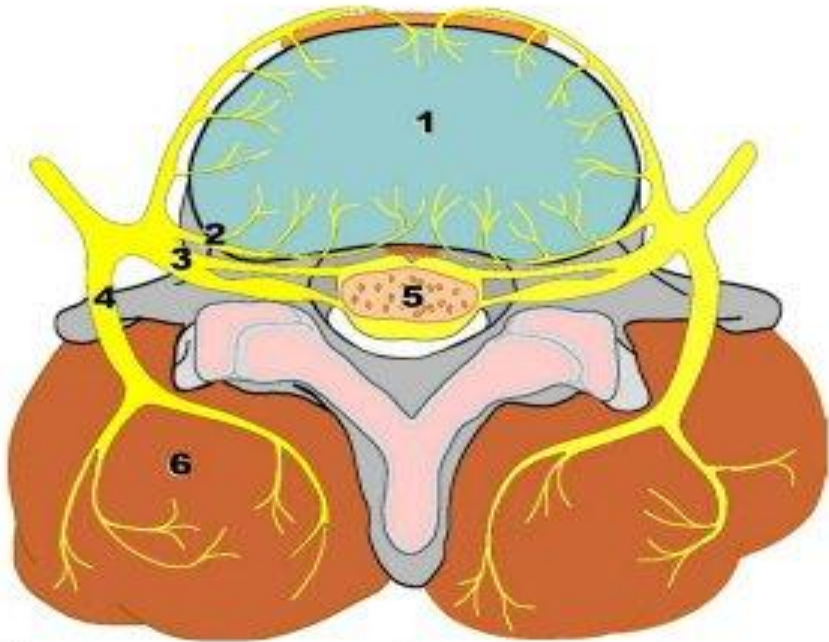
Włókna

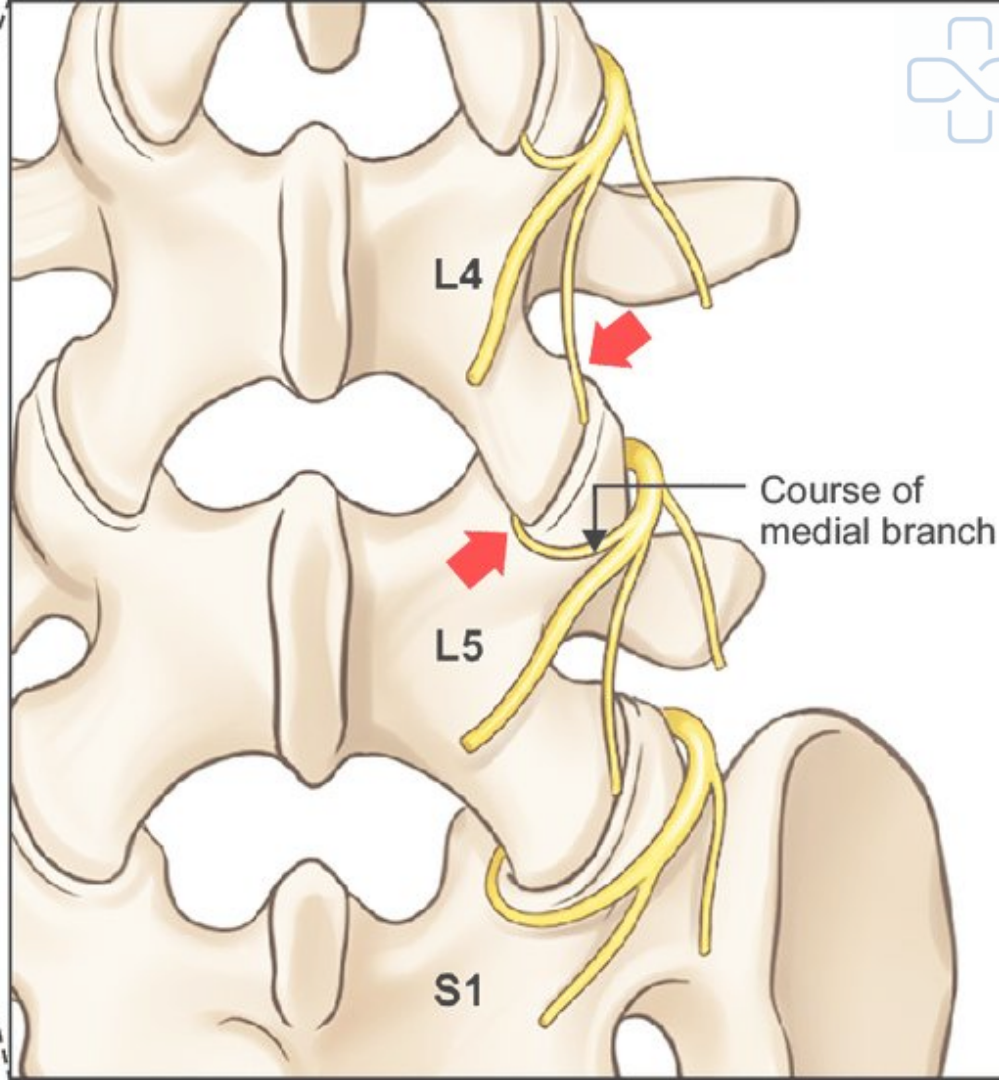
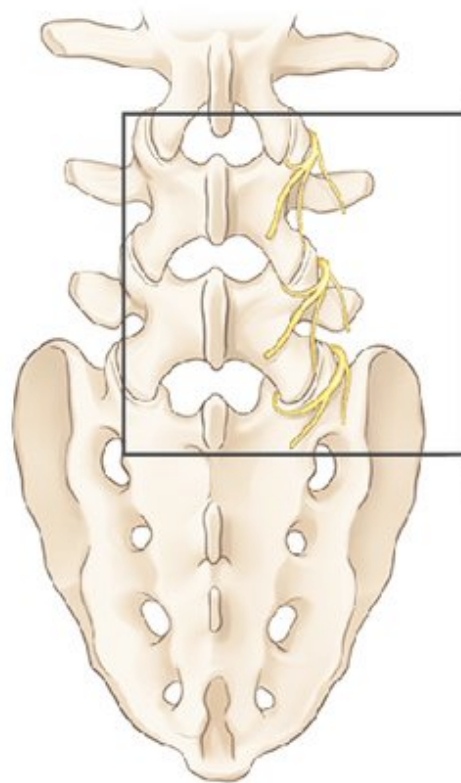
- czuciowe
- ruchowe
- autonomiczne

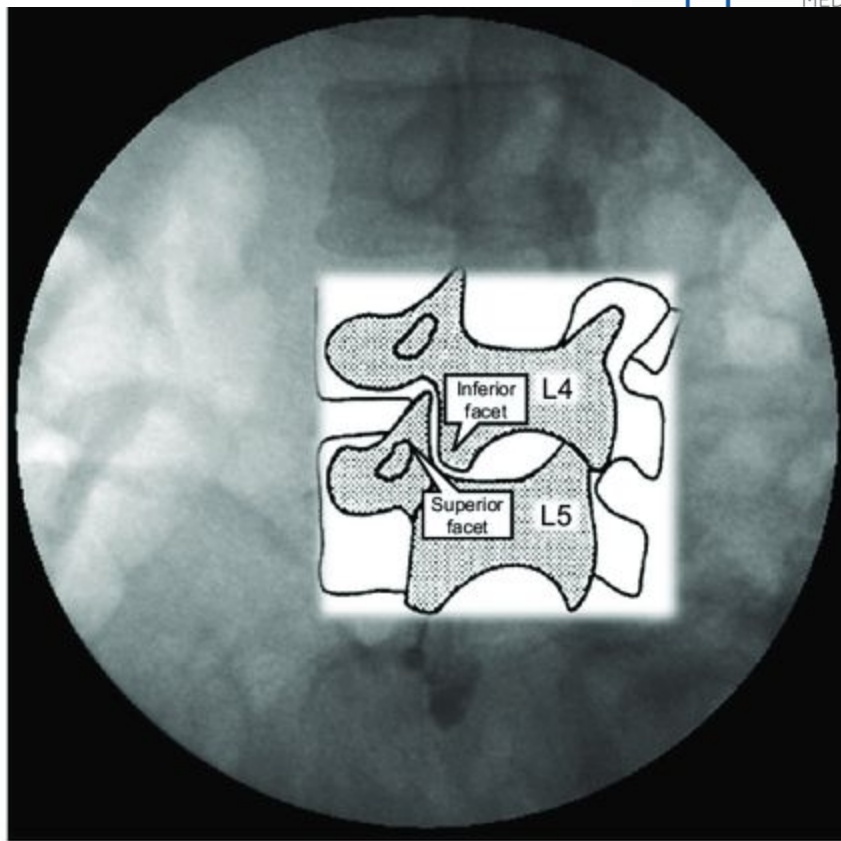
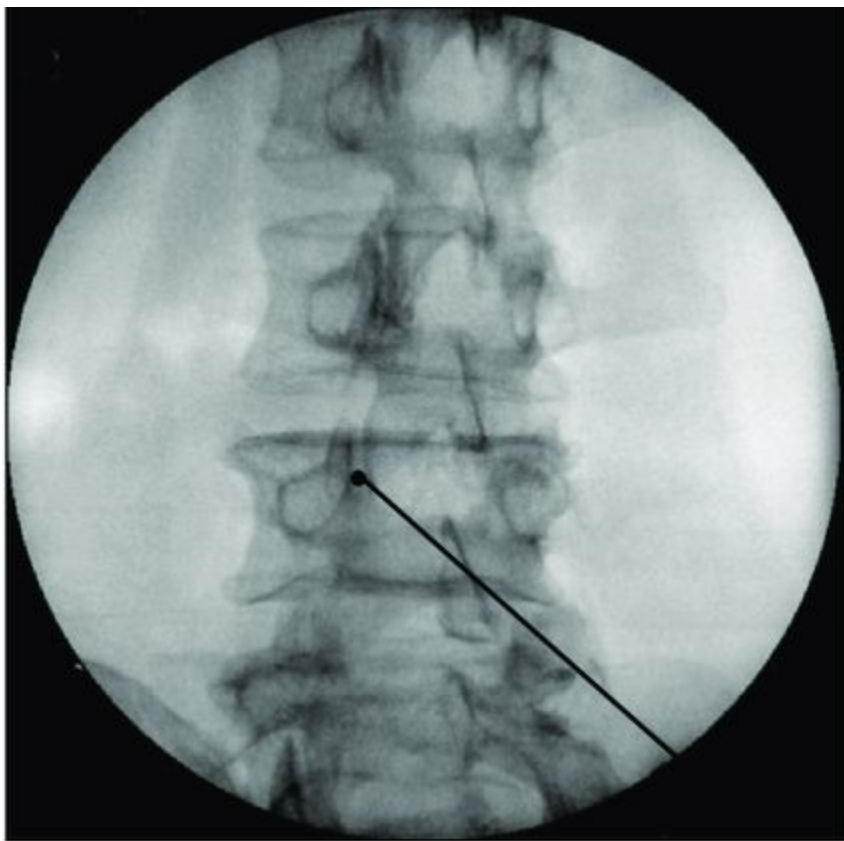


Gałęzie

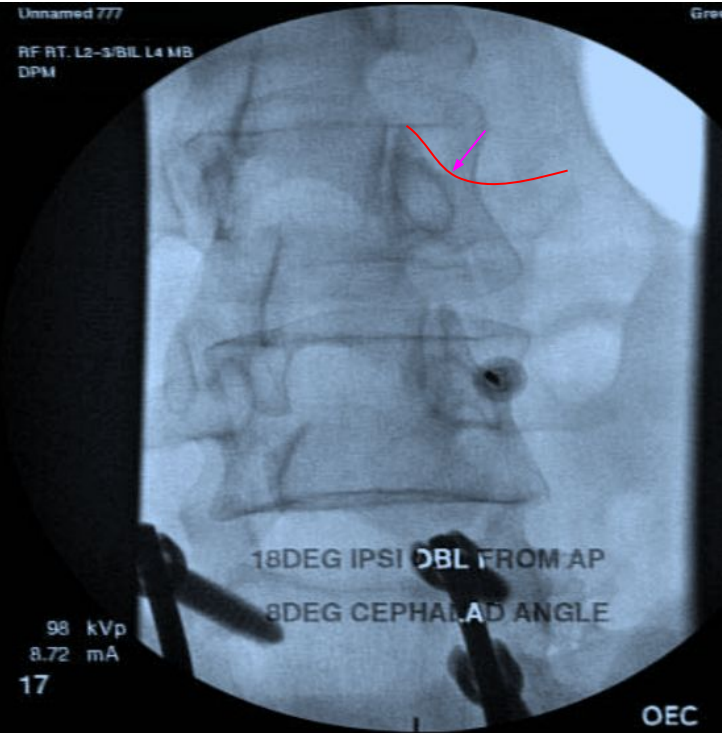
- brzuszne
- **grzbietowe**
- łączące szare - pień współczulny
- zatokowo-kręgowo



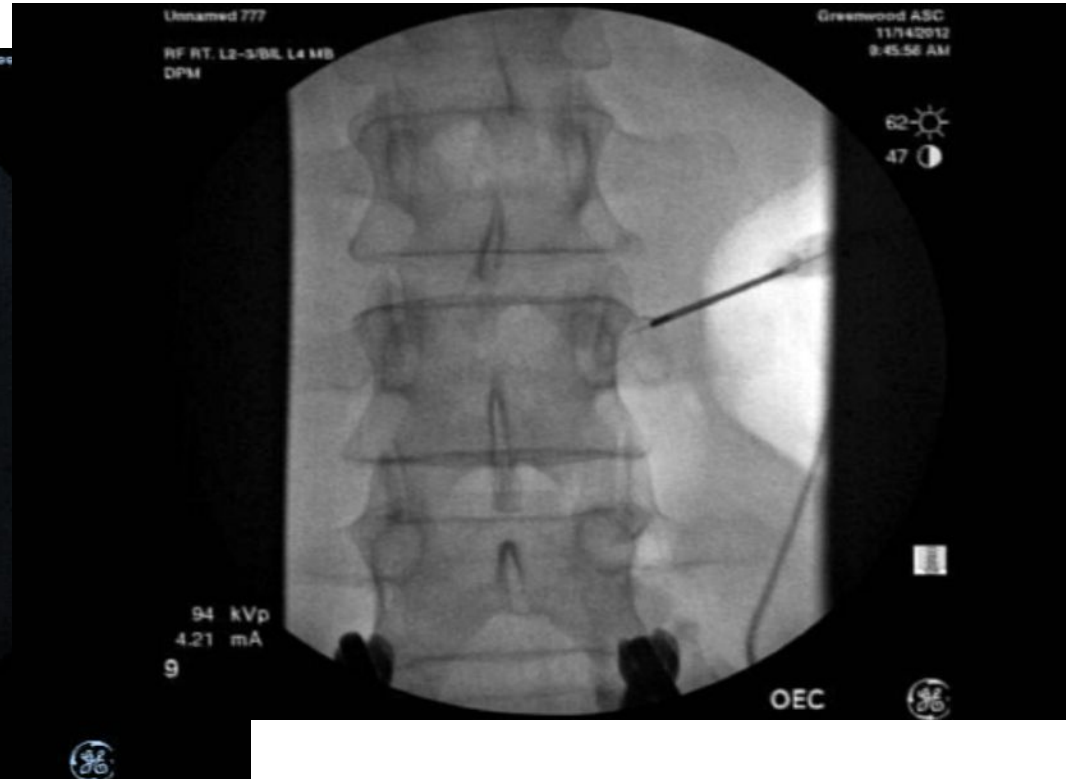




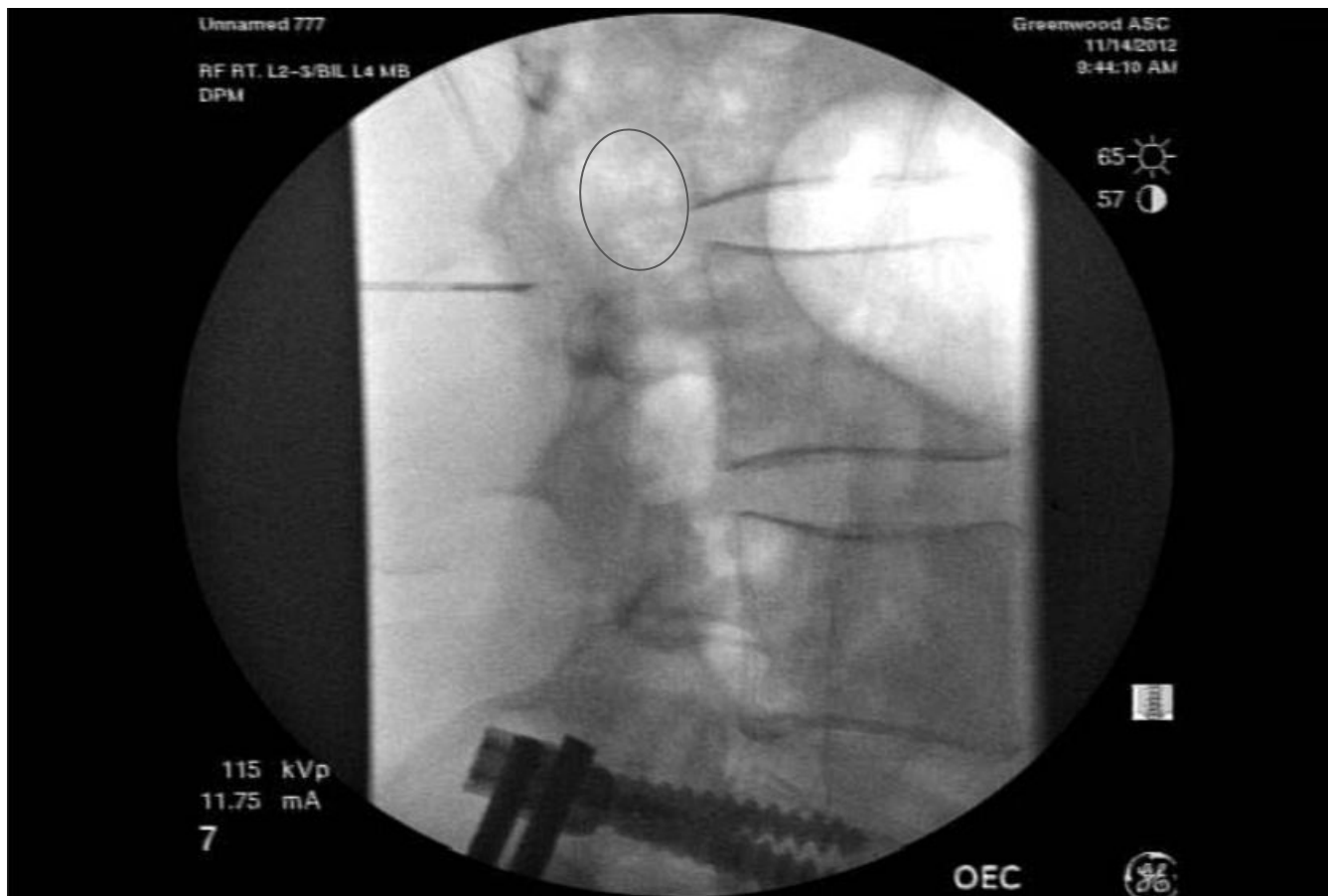
Projekcja skośna



Projekcja AP



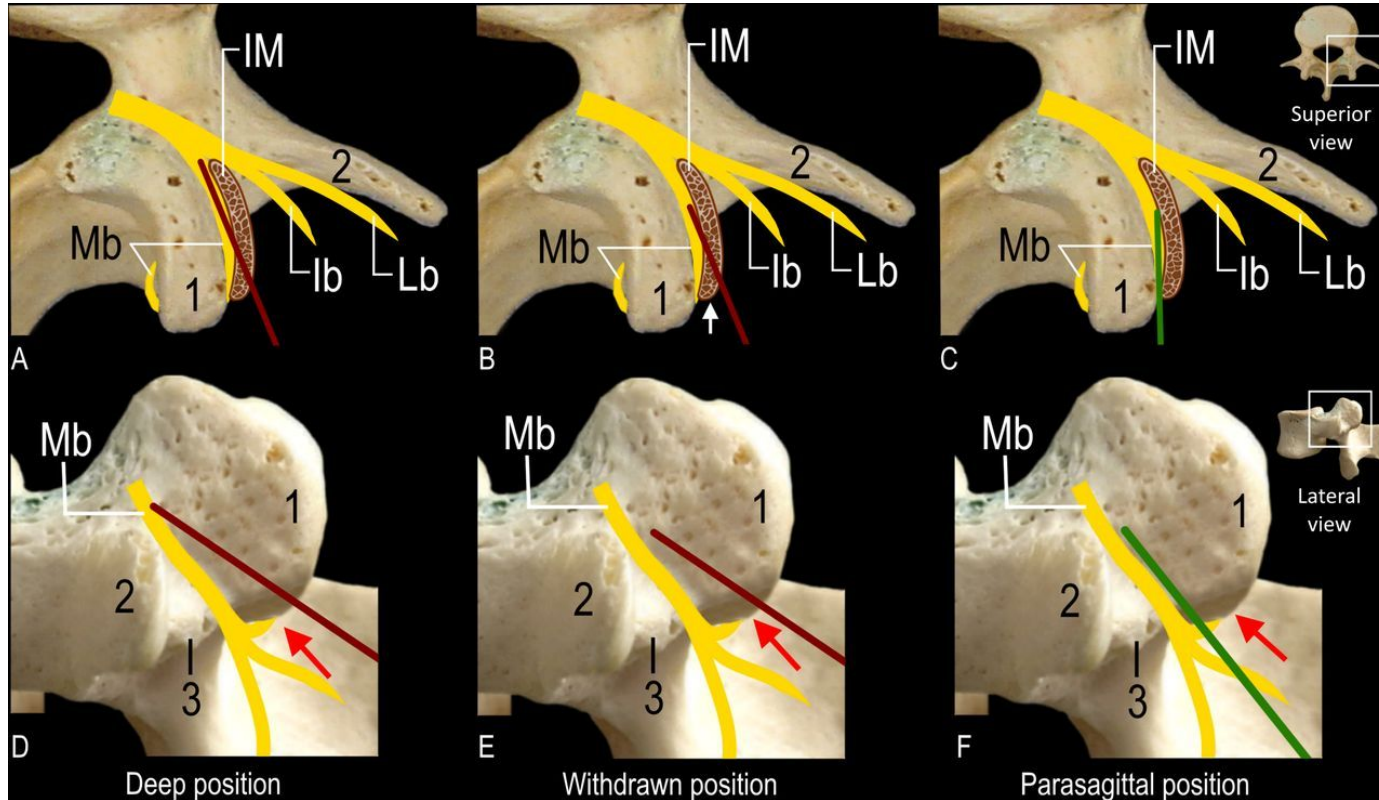
Lokalizacja elektrody w projekcji bocznej



Gałąź grzbietowa L5

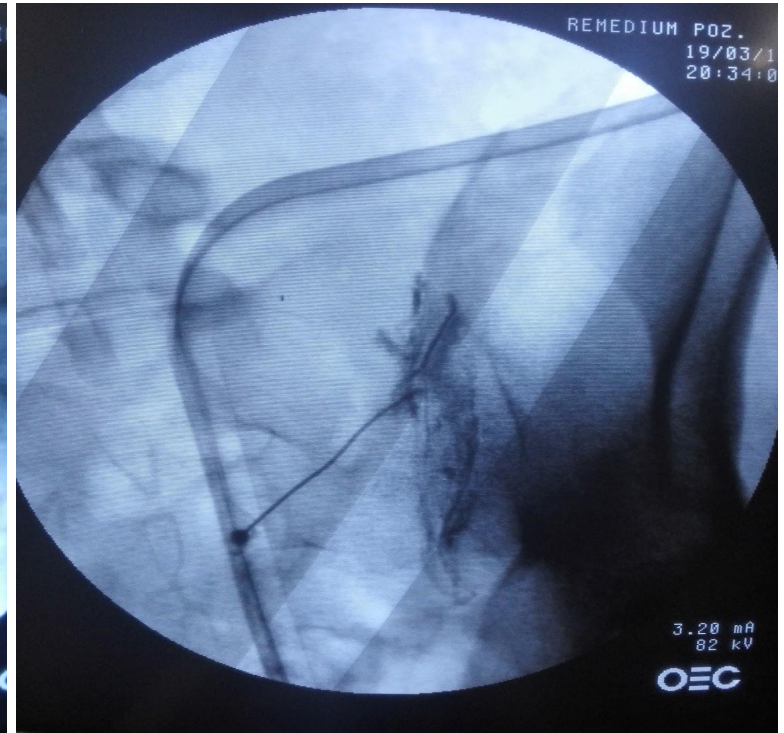
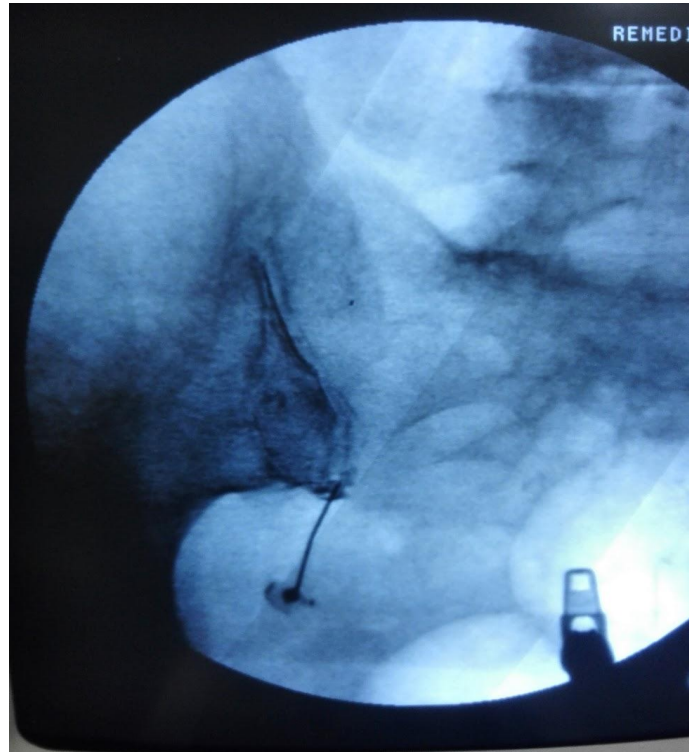


Modyfikacje położenia



Staw krzyżowo-biodrowy

Staw krzyżowo-biodrowy



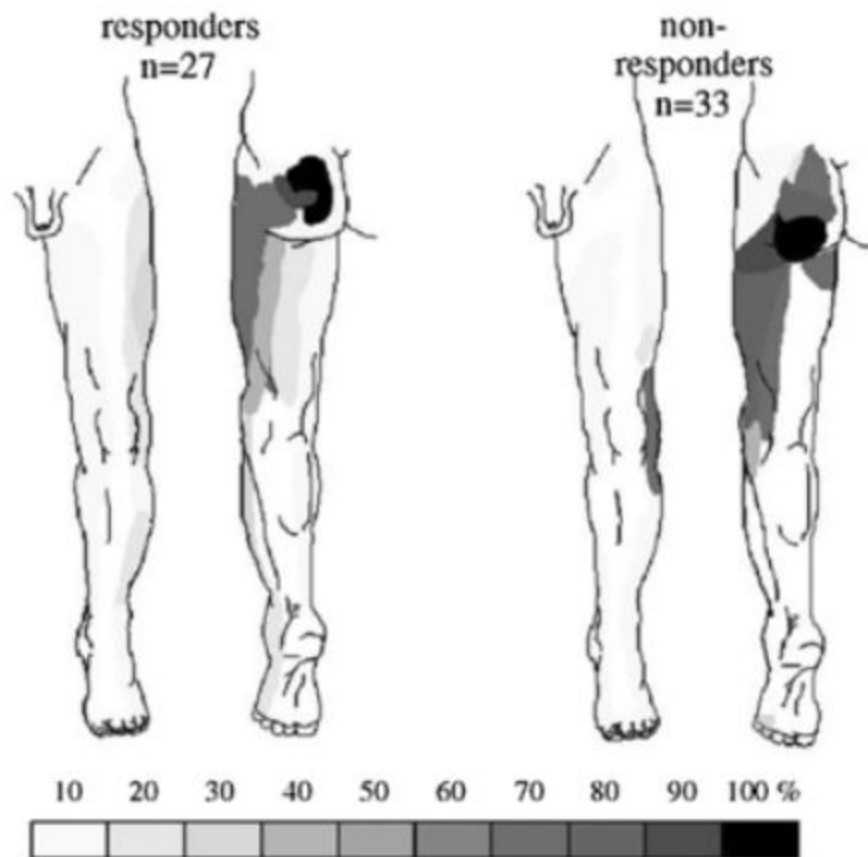
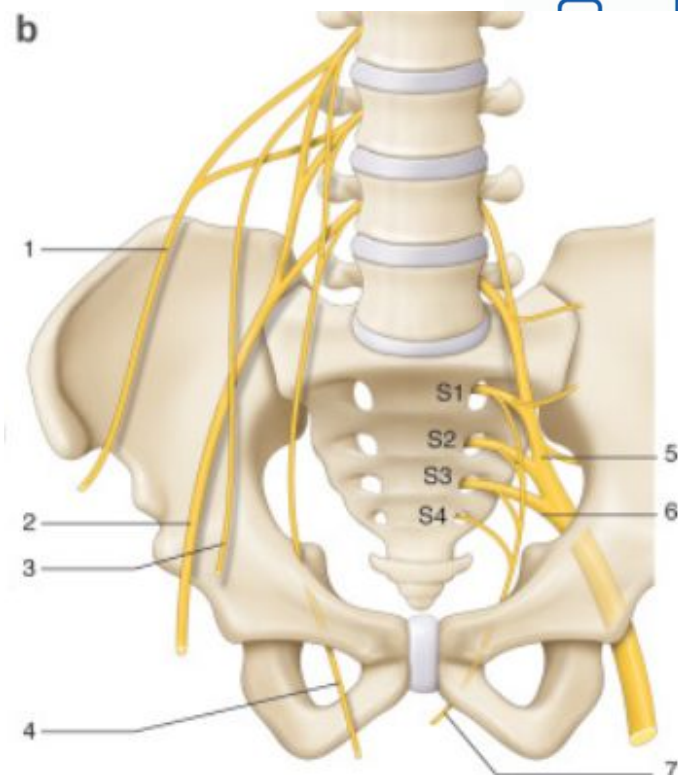
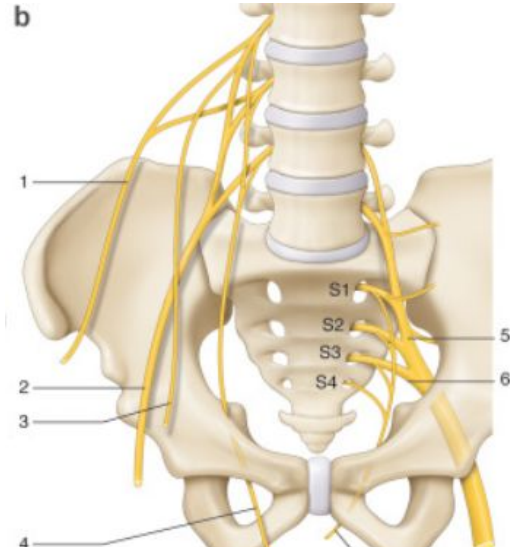


Figure 4 Pain referral from the sacroiliac joint. Van der Wurff et al., 2006 [33].



Staw krzyżowo-biodrowy

b



Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research 105 (2019) S31–S42



Contents lists available at ScienceDirect

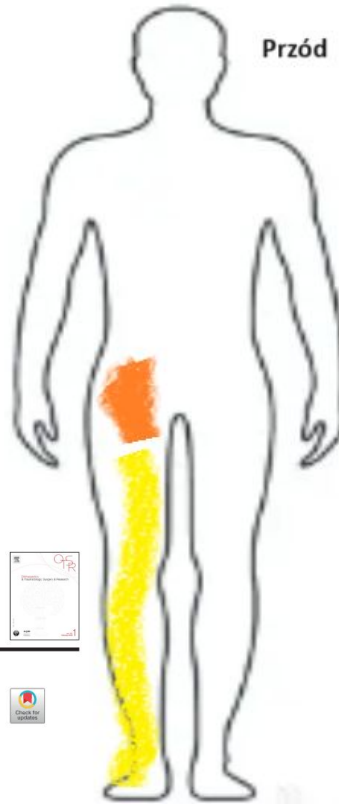
Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research

journal homepage: www.elsevier.com

Review article

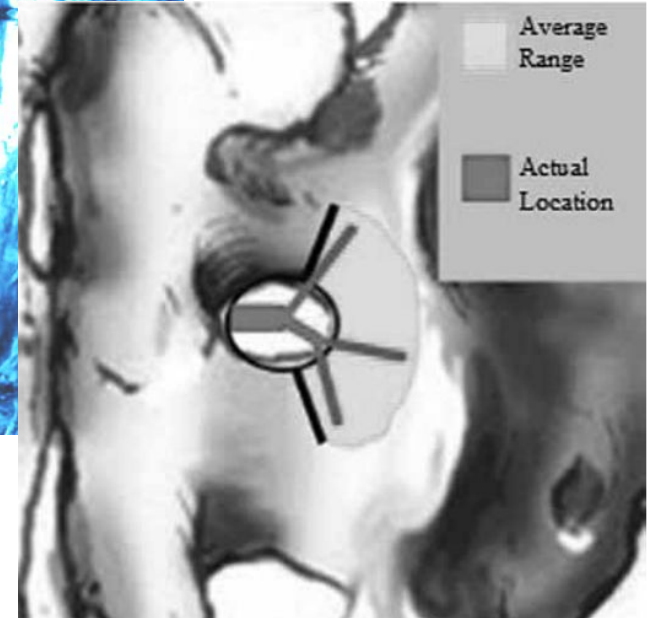
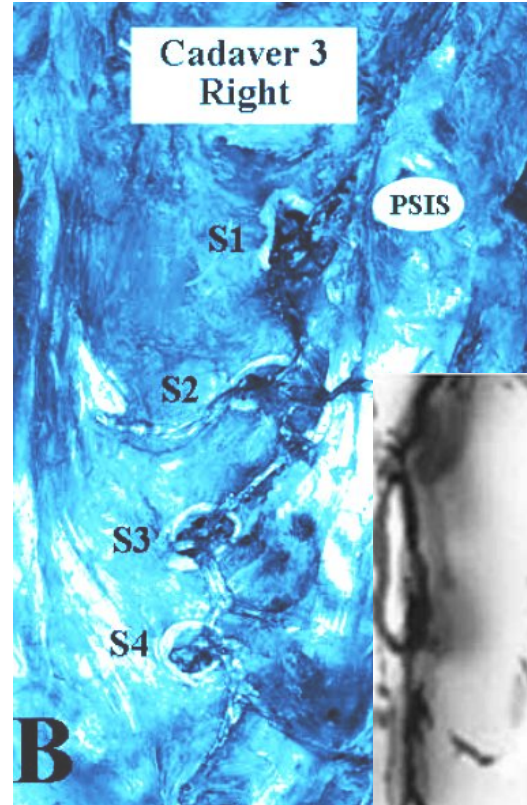
The sacro-iliac joint: A potentially painful enigma. Update on the diagnosis and treatment of pain from micro-trauma

Jean Charles Le Huec^{a,b,*}, Andreas Tsoupras^c, Amelie Leglise^b, Paul Heraudet^b, Gabriel Celarier^b, Bengt Sturresson^d



Średni zakres rozgałęzień
bocznych otworu krzyżowego
grzbietowego wynosił od “godziny”

1 do 5 po prawej stronie.



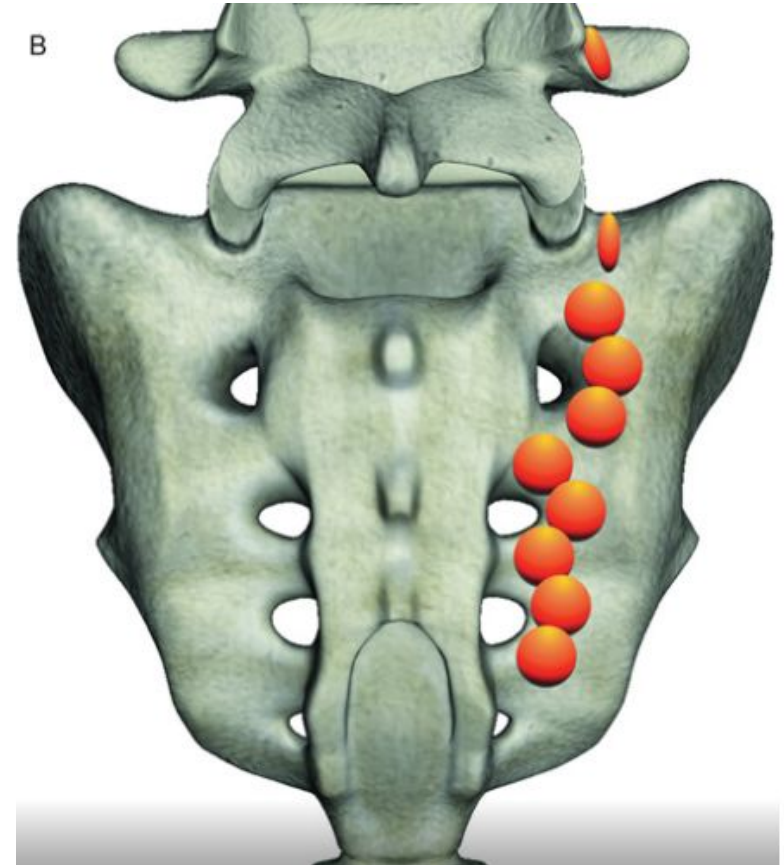
Techniki wykonywania termolezji

Technika palisadowa

- “godzina 1-5” strona prawa

Elektroda równoległa
wielopunktowa

Technika endoskopowa



RFA typu igieł



Wprowadzanie igły pod RTG -zasady bezpieczeństwa

1. Pozycjonowanie celu końcówką igły -	
2. Wprowadzenie przez skórę i powieź - stabilna igła	
3. <i>"Fine adjustment"</i>	

RFA

Typy generatorów RFA

- Tradycyjne RFA: 60-90 st. C przez 60-90 sekund
- Chłodzone wodą (Cooled) RFA - dzięki zastosowaniu sondy z przepływem płynu nie dochodzi do wzrostu impedancji w okolicy elektrody z powodu denaturacji tkanek

Paramtery

► J Korean Neurosurg Soc. 2010 Sep 30;48(3):240–243. doi: [10.3340/jkns.2010.48.3.240](https://doi.org/10.3340/jkns.2010.48.3.240)

The Efficacy of Repeated Radiofrequency Medial Branch Neurotomy for Lumbar Facet Syndrome

[Jung Hee Son](#)¹, [Sang Dae Kim](#)¹, [Se Hoon Kim](#)¹, [Dong Jun Lim](#)¹, [Jung Yul Park](#)^{1,✉}

● Stymulacja sensoryczna

- 50 Hz - celem wywołania parestezji w obszarze zaopatrzenia nerwu
 - W przedziale **0.3 V - 0.9 V**

● Stymulacja motoryczna

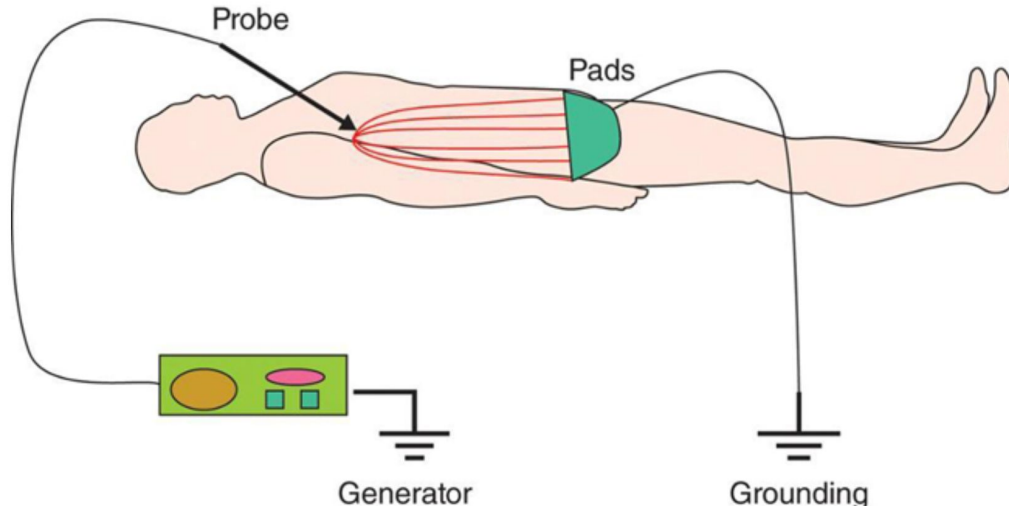
- 2Hz- w celu potwierdzenia prawidłowego położenia elektrody i uniknięcia uszkodzenia nerwów ruchowych
 - do **1,5 x** stymulacji czuciowej - do 2 V

● Opór

- W zakresie 300-600 Ω
 - 1000 Ω rdzeń, 200 Ω krążek międzykręgowy, niskie wartości - możliwe naczynie

- Źródło energii: Generator RF wytwarza prąd przemienny o bardzo wysokiej częstotliwości (zazwyczaj w zakresie 350–500 kHz).
- Aplikacja prądu: Prąd ten jest dostarczany do tkanki docelowej za pośrednictwem cienkiej, izolowanej elektrody, której jedynie nieizolowana końcówka jest aktywna. Elektroda powrotną - neutralną - umieszczone na skórze pacjenta (np. na plecach lub udzie).

○

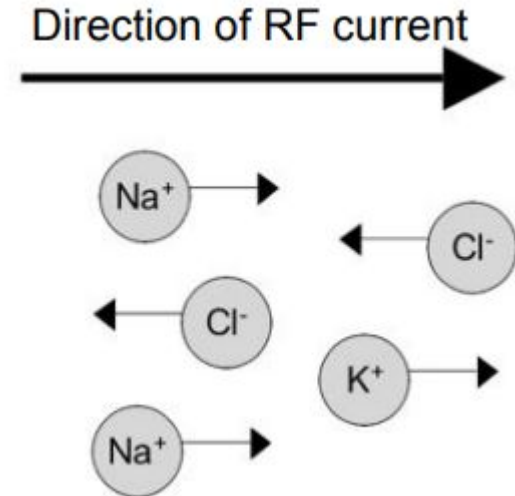
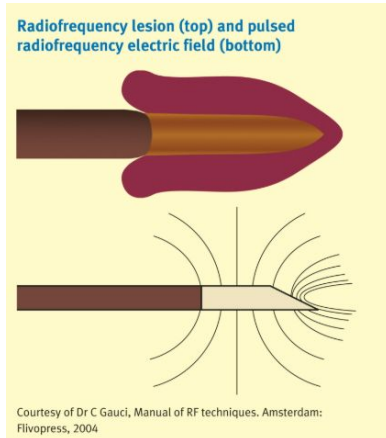


Mały rozmiar końcówki elektrody tworzy duży strumień energii, w przeciwieństwie do elektrody uziemiającej (która ma dużą powierzchnię, dzięki czemu unika się oparzeń skóry)

Jak RFA generuje ciepło?

Mechanizm, różni się od zwykłego ogrzewania przewodzenia.

Ogrzewanie oporowe (ohmic heating/joule heating) wywołane szybko oscylującym prądem o wysokiej częstotliwości.

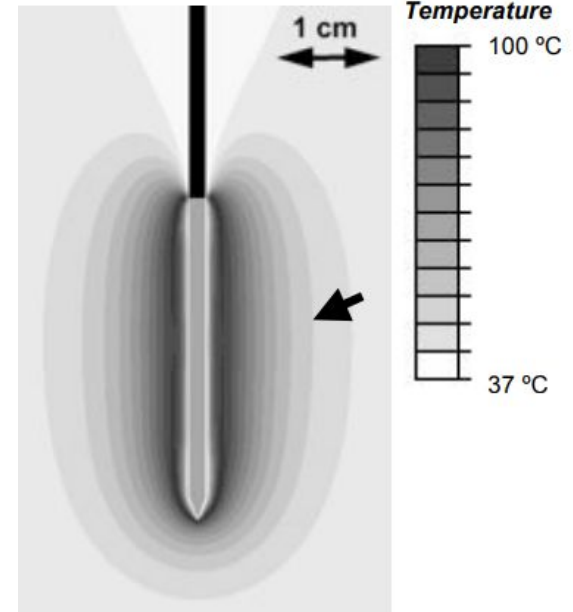


Inne generatory energetyczne

Kluczowa różnica: W przeciwieństwie do np. lasera, który dostarcza energię świetlną absorbowaną przez tkankę,

RF generuje ciepło bezpośrednio w tkance poprzez ruch jonów.

To sprawia, że efekt jest bardzo zlokalizowany i kontrolowany



RFA - skuteczność LS

	Skuteczność	Uwagi
Redukcja Bólu	50-80%	Średnia redukcja w skali VAS/NRS w ciągu pierwszych 3-6 miesięcy.
Efekt Terapeutyczny	6-24 miesięcy	Czas powrotu bólu do poziomu wyjściowego. Średnio 9-12 miesięcy dla stawów międzywyrostkowych.
Efektywność Procedury	60-85%	Odsetek pacjentów, którzy osiągają >50% redukcję bólu.

Podsumowanie i Wnioski

1. **Wysoka Skuteczność:** Zarówno dla kręgosłupa lędźwiowego, jak i szyjnego, termolezja zapewnia znaczącą (>50%) redukcję bólu u większości pacjentów.
2. **Długotrwały Efekt:** Uzyskana ulga w bólu nie jest chwilowa; utrzymuje się średnio przez 9-18 miesięcy, co znacząco poprawia jakość życia.
3. Najważniejszym **czynnikiem prognostycznym** jest dodatnia, przejściowa odpowiedź na blokadę diagnostyczną przed zabiegiem.
4. **Bezpieczeństwo:** Zabieg jest uznawany za bezpieczny, z niskim profilem powikłań (głównie przemijające drętwienie lub dyskomfort w miejscu nakłucia).

p_(ulsed) RF

Standardowe Parametry Terapeutyczne pRF

- Igła: 20-22G, końcówka aktywna 5-10 mm.
- Nawigacja: Fluoro / USG / TK
- Test sensoryczny: 50 Hz, 0.3–0.5 V.
- Tryb pulsacyjny:
 - Temperatura: 42°C
 - Napięcie: 45 V
 - Czas: 90–120 sekund
 - Cykle: 2–3 powtórzenia
- Częstotliwość zabiegów: Dostosowywana indywidualnie do pacjenta; często wymagane są powtórzenia.

Częstotliwość 2 Hz vs. 4 Hz

ORIGINAL RESEARCH
Pulsed Radiofrequency 2 Hz Preserves the Dorsal Root Ganglion Neuron Physiological Ca^{2+} Influx, Cytosolic ATP Level, $\Delta\psi\text{m}$, and pERK Compared to 4 Hz: An Insight on the Safety of Pulsed Radiofrequency in Pain Management

Ristiawan Muji Laksono¹, Taufiq Agus Siswagama¹, Fa'urinda Riam Prabu Nery¹, Walter van der Weegen², Willy Halim³

Obie częstotliwości nie aktywowały znacząco neuronów DRG,

- PRF 2 Hz lepiej zachowywał właściwości fizjologiczne zdrowych neuronów niż PRF 4 Hz.
- PRF 2 Hz jest preferowaną częstotliwością w zastosowaniach klinicznych w terapii ukierunkowanej na neurony.

Neurony DRG wystawione na działanie PRF o częstotliwości 2 Hz nie doświadczyły istotnej zmiany napływu Ca^{2+} , natomiast PRF o częstotliwości 4 Hz spowodował istotny spadek napływu Ca^{2+} w porównaniu z poziomem podstawowym. PRF o częstotliwości 2 Hz nie spowodowało zmiany $\Delta\psi\text{m}$, natomiast PRF o częstotliwości 4 Hz spowodował istotny spadek $\Delta\psi\text{m}$ ($p < 0,05$). Zarówno PRF o częstotliwości 2, jak i 4 Hz skutkowało istotnym wzrostem stężenia cytozolowego ATP, ale w grupie PRF o częstotliwości 2 Hz stężenie cytozolowego ATP było wyższe niż w grupie 4 Hz ($p < 0,05$). Zarówno PRF o częstotliwości 2, jak i 4 Hz nie wykazało istotnej różnicy w intensywności pERK w porównaniu z grupą kontrolną ($p > 0,05$), co wskazuje na brak istotnej aktywacji neuronów.

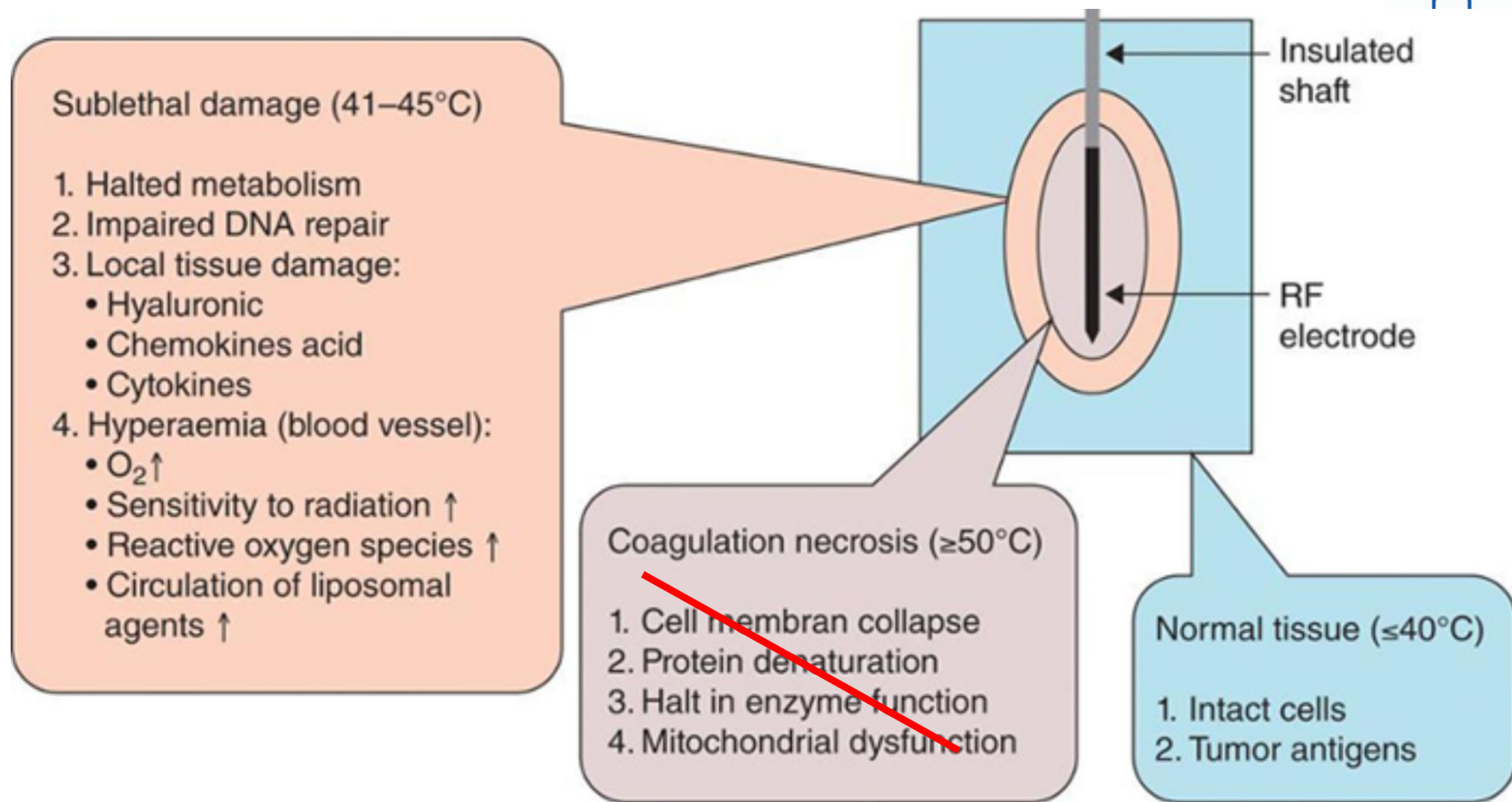
Inne parametry

Napięcie i czas trwania również odgrywają rolę,

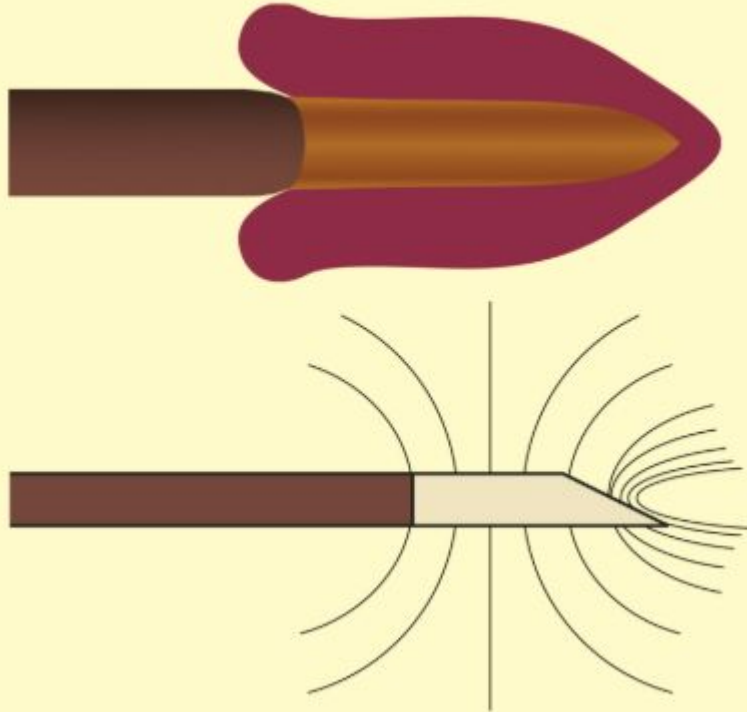
Badania sugerują, że:

- wyższe napięcie
- dłuższy czas trwania

mogą prowadzić do lepszych rezultatów.



Radiofrequency lesion (top) and pulsed
radiofrequency electric field (bottom)

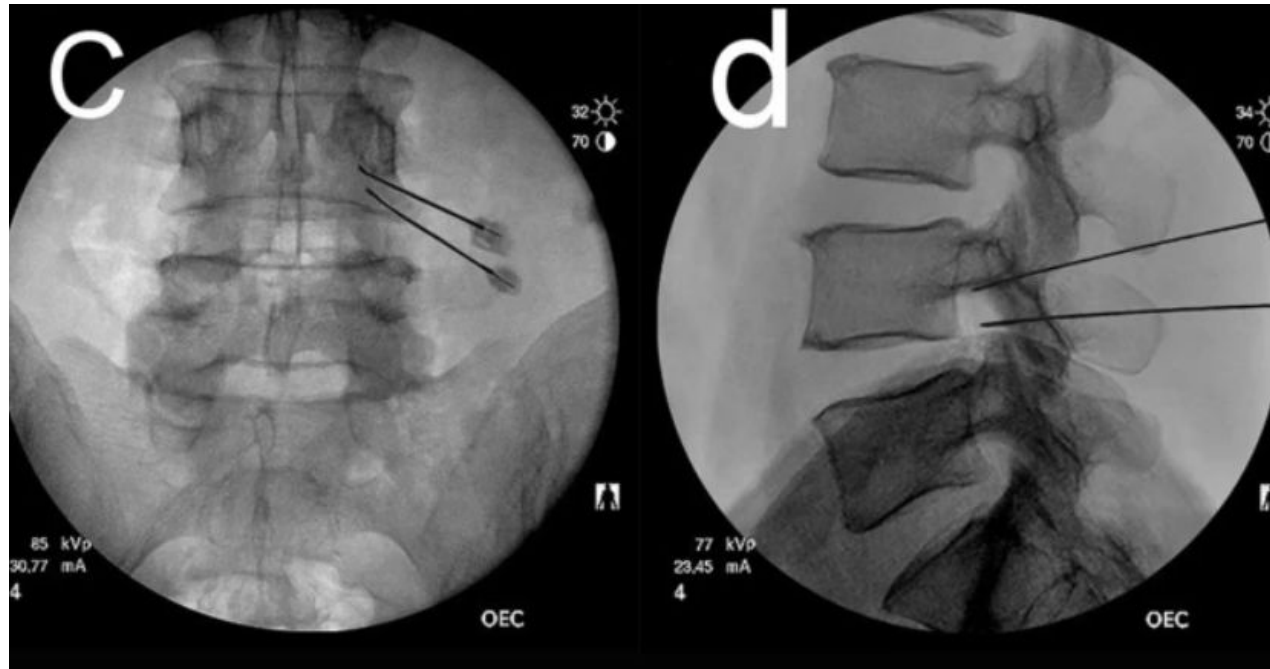


Courtesy of Dr C Gauci, Manual of RF techniques. Amsterdam:
Flivopress, 2004

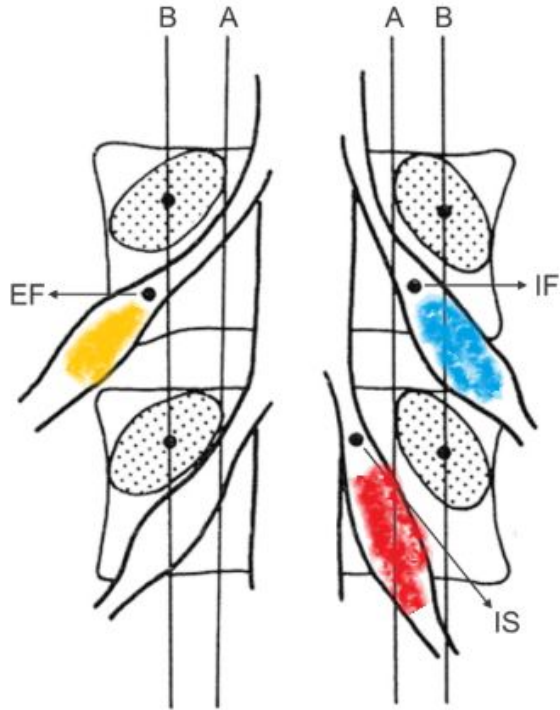
Lokalizacja igły
pRF

**DRG
/
nerw**

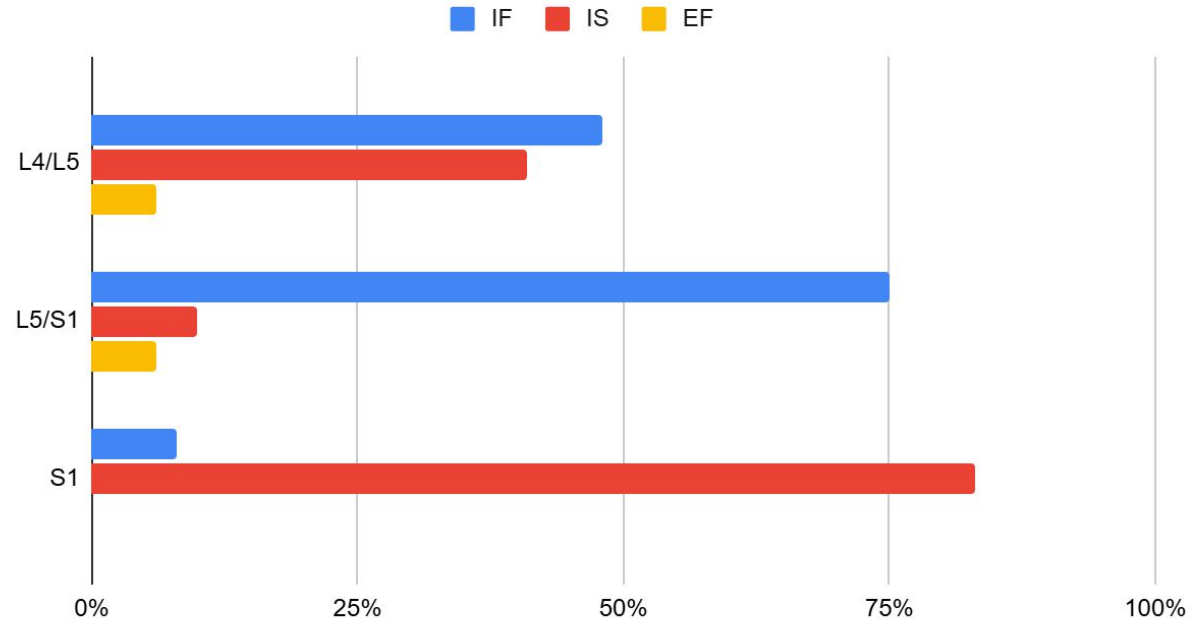
Wykorzystanie 2 igieł



Lokalizacja DRG



IF, IS and EF



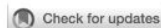
Pulsacyjna Radiofrekwencja (PRF) w Leczeniu Bólu Neuropatycznego

 **frontiers** | Frontiers in Pain Research

TYPE Review
PUBLISHED 12 August 2025
DOI 10.3389/fpain.2025.1544909

Mechanizmy działania i efekty
terapeutyczne

Podsumowanie na podstawie
przeglądu badań



OPEN ACCESS

EDITED BY
Anna Michno,
Medical University of Gdansk, Poland

REVIEWED BY
Binay Biswas,
ESIC Medical College and Hospital, India
Tao Song,
China Medical University, China

*CORRESPONDENCE
Bin Wang

Efficacy of pulsed radiofrequency stimulation in patients with chronic pain: a narrative review

Wei Lin¹, Lingling Lou², Dawei Chu¹, Yidong Lv¹, Liujun Tian¹ and
Bin Wang^{3*}

¹Department of Pain, Weifang People's Hospital, Weifang, Shandong Province, China, ²College of
Clinical Medicine, Shandong Second Medical University, Weifang, Shandong Province, China,

³Department of Neurology II, Affiliated Hospital of Shandong Second Medical University, Weifang,
Shandong Province, China

Mechanizmy Działania - Neuromodulacja i ochrona nerwów

- Brak istotnego uszkodzenia nerwów:
 - PRF powoduje jedynie niewielki obrzęk zmielinizowanych aksonów.
 - Nie wywołuje degeneracji Wallera (w przeciwieństwie do RF).
- Tymczasowe blokowanie sygnału bólowego: Preferencyjnie oddziałuje na włókna czuciowe **A δ** i **C** (przewodzące ból), oszczędzając włókna A β (dotyk, czucie).
- Efekt naprawczy i neuroprotekcyny:
 - Wzrost ekspresji czynników neurotroficznych.
 - Zmniejszenie reakcji zapalnej.
 - Zdolność do odwracania demielinizacji.

Mechanizmy Działania - Hamowanie Substancji Bólowych

pRF działanie na poziomie **rogów tylnych rdzenia** kręgowego:

- Hamowanie produkcji pro-bólowych neuroprzekazników:
 - Obniża poziom glutaminianu, aspartanu, cytruliny.
 - Inhibicja ekspresji Substancji P (SP), zaangażowanej w przekaz bólowy.
- Wzmacnianie układów hamujących ból:
 - Przywraca funkcję synaps GABA-ergicznych (poprzez zwiększenie ekspresji białka KCC2).
 - Wzmacnia noradrenergiczne i serotoninerгіczne (5-HT) zstępujące drogi hamowania bólu.

Mechanizmy Działania - Regulacja Molekularna

pRF **moduluje** kluczowe **szlaki sygnałowe** zaangażowane w plastyczność neuronów i ból:

- Regulacja w dół: Obniża ekspresję BDNF, IGF-2, poziom PI3K, p-ERK.
- Hamowanie fosforylacji: Inhibicja kinaz JNK i p-38.
- Efekt: Zmniejszenie neuroplastyczności bólowej, hamowanie aktywacji komórek glejowych.
- Wpływ na receptory: Hamuje ekspresję receptorów P2X3 i białka Cav2.2 w rogach tylnych rdzenia.

Bezpieczeństwo i zalety terapii pRF

- Wysoki profil bezpieczeństwa:
 - Bardzo niskie ryzyko poważnych powikłań (uszkodzenie nerwu, infekcja, krwawienie).
 - Nie powoduje dysfunkcji ruchowych.
- Kluczowe zalety:
 - Brak uzależnienia lekowego (terapia nieopiodowa).
 - Powtarzalność – zabieg można wykonać wielokrotnie.
 - Minimalny wpływ na codzienne funkcjonowanie pacjenta.

Skuteczność p RF

Sluijter et al. (2008) - Wczesne, wpływowe badanie

"Pulsed radiofrequency for the treatment of radicular pain from lumbar facet joint:
a case series" Pain Practice

- Jedno z pierwszych badań oceniających PRF DRG w bólu korzeniowym.
- Skuteczność: Średnia redukcja bólu wyniosła 70% po 8 tygodniach i 60% po 24 tygodniach (6 miesięcy) w grupie leczonej.
- Okres działania: U większości chorych efekt utrzymywał się przynajmniej 6 miesięcy.

Simopoulos et al. (2015) - Retrospektywna analiza długoterminowa

"Pulsed radiofrequency of the dorsal root ganglia for the treatment of chronic radicular pain: a retrospective analysis" Pain Medicine

- Badanie obserwacyjne długookresowe
- Skuteczność:
 - 50% pacjentów zgłosiło >50% redukcję bólu po 3 miesiącach.
 - 43% pacjentów utrzymało >50% redukcję bólu po 6 miesiącach.
 - 30% pacjentów nadal odczuwało >50% ulgę po 12 miesiącach.
- Okres działania: Efekt u Responderów (osób reagujących na leczenie) utrzymywał się średnio przez 10,5 miesiąca.

Van Boxem et al. (2018) - Przełomowe badanie randomizowane (RCT)

"Pulsed radiofrequency for chronic intractable lumbosacral radicular pain: a randomized controlled trial" Pain

- To wysokiej jakości badanie, które wykazało wyższość PRF nad placebo.
- Skuteczność:
 - Grupa PRF: 60% pacjentów osiągnęło znaczącą ulgę w bólu (≥ 2 punkty w skali NRS) po 3 miesiącach.
 - Grupa pozorowana: 25% pacjentów.
- Okres działania: Znacząca redukcja bólu utrzymywała się przez 3 miesiące (punkt końcowy badania).

Prasad et al. (2020) - Przegląd systematyczny i metaanaliza

"Pulsed radiofrequency for the treatment of lumbar radicular pain: A systematic review and meta-analysis" Pain Physician

- Metaanaliza
- Wnioski: Metaanaliza potwierdziła, że PRF aplikowane do DRG jest skuteczną i bezpieczną metodą leczenia bólu korzeniowego lędźwiowego.
- Skuteczność: Badania wykazały znacząco większą redukcję bólu w grupie PRF w porównaniu z grupą kontrolną w punktach czasowych 1, 3 i 6 miesięcy.

Wyzwania

- Dokładny mechanizm działania wciąż wymaga badań.
- Efekty są zróżnicowane w zależności od choroby i pacjenta.
- Kluczowe znaczenie ma precyzyjny wybór wskazań i celowania.