



Sekcja
Sygnałów,
Układów
i Systemów
Elektronicznych



Andrzej Materka

Analiza obrazów 3D naczyń krwionośnych



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

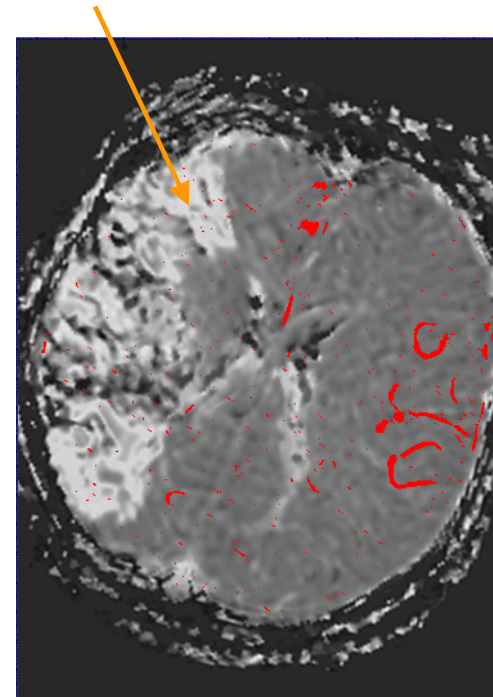
90-924 Łódź, ul. Wólczańska 211/215, bud. B9
tel. 042 636 0065
www.eletel.p.lodz.pl, ie@p.lodz.pl

Diagnostyka naczyń krwionośnych mózgu

Zwężone naczynie



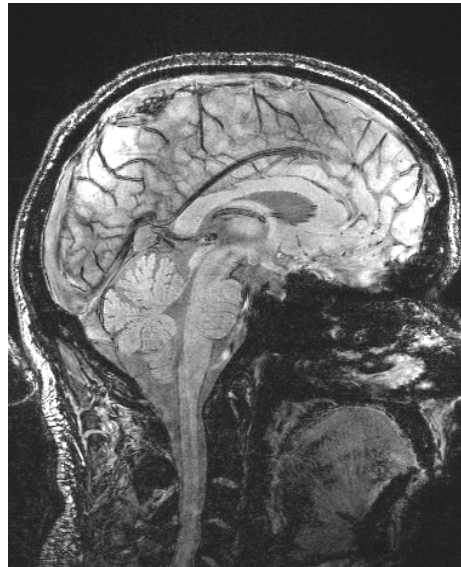
Efekt udaru mózgu



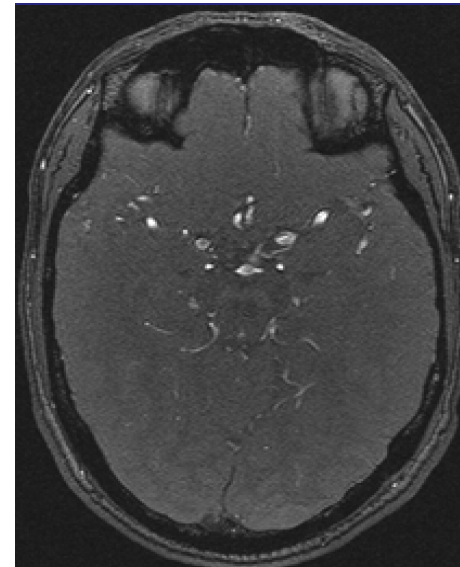
Wykrywanie chorób i dysfunkcji naczyń, planowanie operacji chirurgicznych, szkolenie medyczne, obszary odniesienia dla fMRI.



Nieinwazyjne zobrazowanie MRI naczyń mózgu



• MRA SWI (żyły)



MRA ToF (tętnice)

- Obrazowanie podatności magnetycznej krwi żyłnej (SWI)
- Obrazowanie czasu przelotu krwi tętniczej (ToF)
- Jednoczesna akwizycja (krótki czas badania, niepotrzebne dopasowywanie obrazów)
- Niepotrzebny środek cieniujący



Jürgen R. Reichenbach, Jena,
kierownik zespołu niemieckiego



Arvid Lundervold, Bergen,
kierownik zespołu norweskiego



Andrzej Materka, Łódź,
kierownik zespołu polskiego

„Opracowanie szybkich nieinwazyjnych sekwencji angiografii rezonansu magnetycznego do segmentacji oraz ilościowej analizy układu naczyń tętniczych i żylnych na obrazach 3D dużej rozdzielczości”, projekt specjalny MNiSW DWM/36/DFG/2007, 2007-10



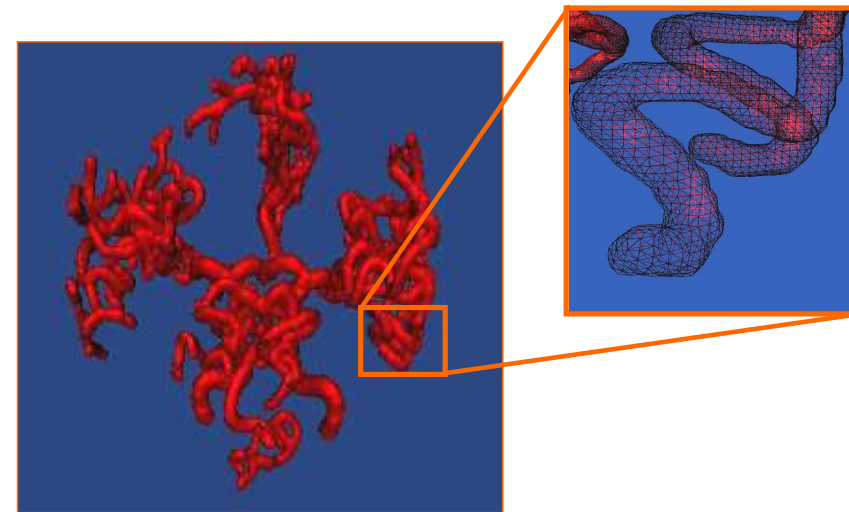


Modelowanie naczyń mózgu

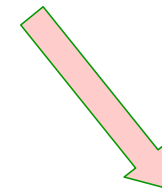


3D MRI (obraz rastrowy)

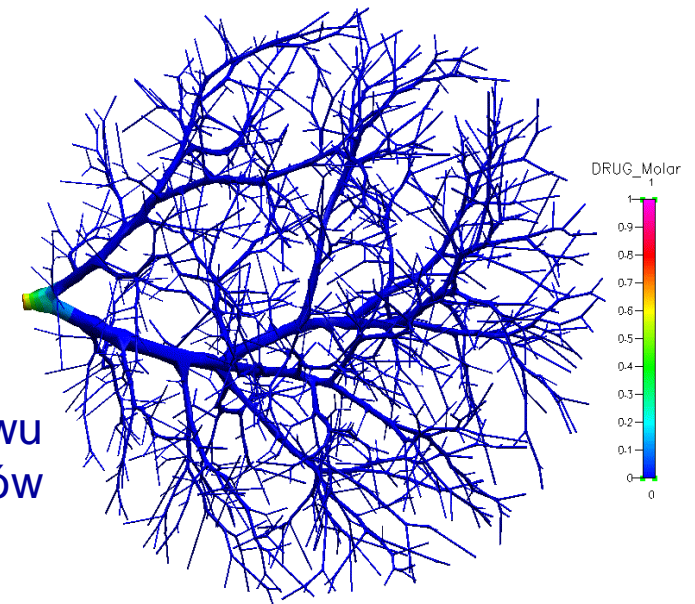
Segmentacja,
modelowanie



Model geometryczny

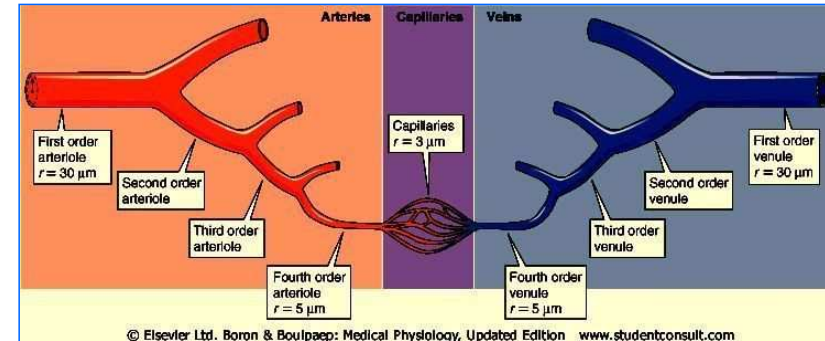


Symulacja przepływu
krwi i leków





Parametry drzew naczyń krwionośnych

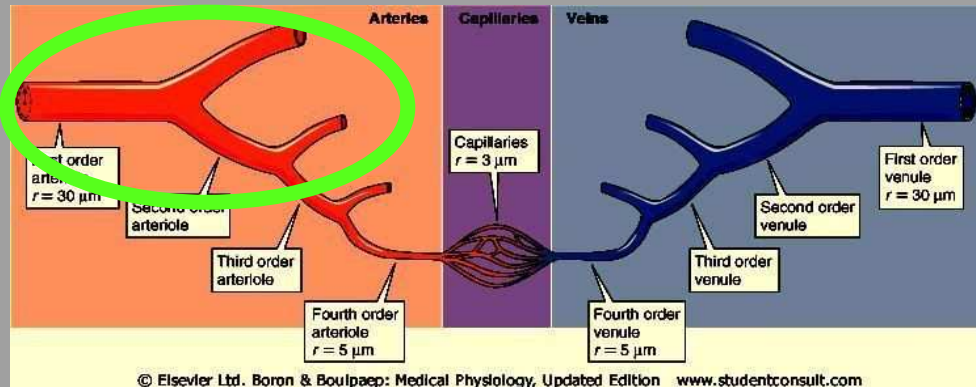


Keener, Snyder, Mathematical Physiology II: System Physiology, Springer 2009

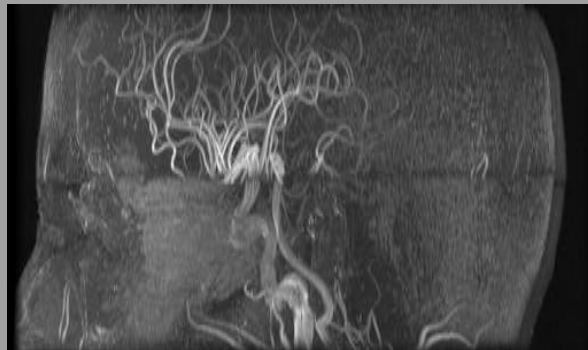
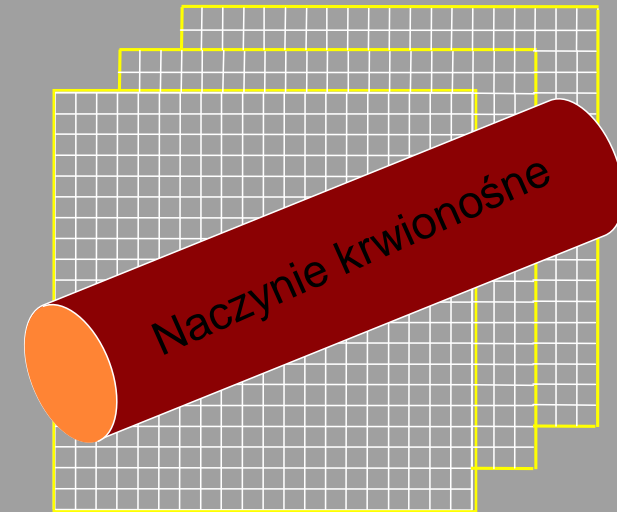
Naczynie krwionośne	D [mm]	A [cm ²]	P [mm Hg]	v [cm/s]
Aorta	25	2,5	100	33
Małe tętnice	5	20	100	30
Tętniczki	0,3	40	85	15
Naczynia włosowate	0,06	2500	30	0,03
Żyłki	0,2	250	10	0,5
Małe żyły	5	80		2
Żyły główne	30	8	2	20



Modelowanie geometryczne „grubych” naczyń



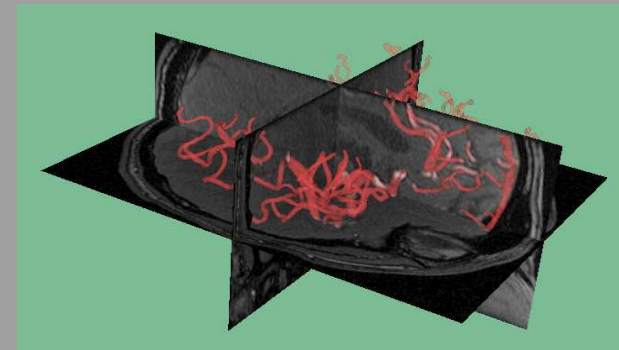
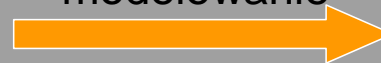
Obraz rastrowy 3D



3D MRI raster data

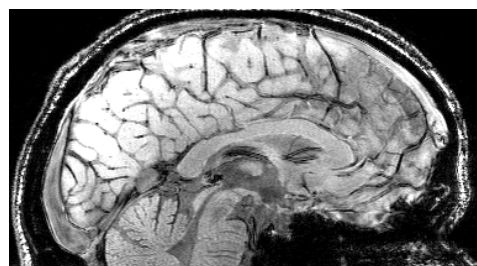
© Marek Kocinski

Segmentacja,
śledzenie,
modelowanie

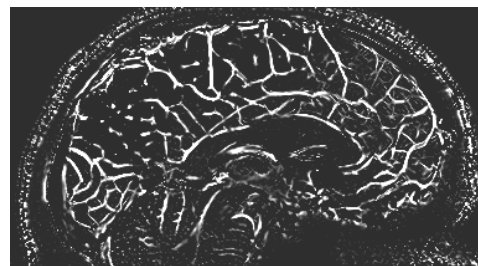


Model drzewa naczyń
(wektory, triangulacja)

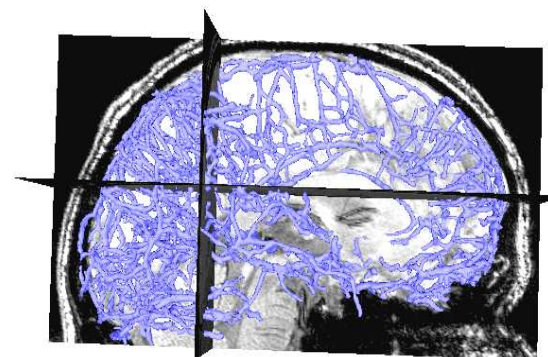
Modelowanie geometryczne



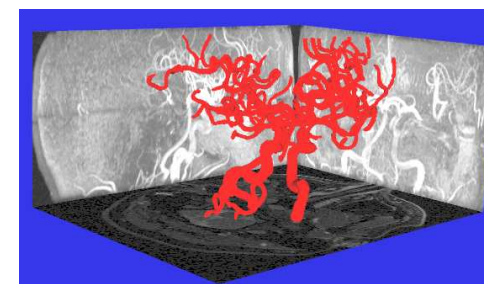
3D MRI



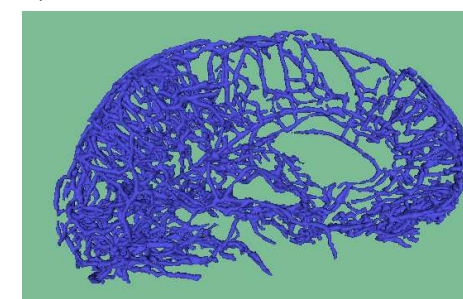
Funkcja unaczynienia



Progowanie, segmentacja



Wygładzanie powierzchni



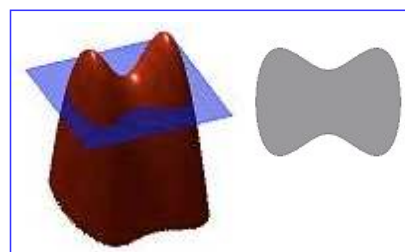
Wizualizacja

$$H = \begin{bmatrix} L_{xx} & L_{xy} & L_{xz} \\ L_{yx} & L_{yy} & L_{yz} \\ L_{zx} & L_{zy} & L_{zz} \end{bmatrix}$$

$$|\lambda_3| \leq |\lambda_2| \leq |\lambda_1|$$

Algorytmy

- - Filtracja wieloskalowa
- - Progowanie, rozrost regionu
- - Morfologia matematyczna
- - Parametryczne modele deformowalne (**active contours**)
- - Metoda poziomicowa (**level set**)
- - „Marching cubes”



A. Materka, Posiedzenie SSUISE KEiT PAN, Warszawa, 20 listopada 2009



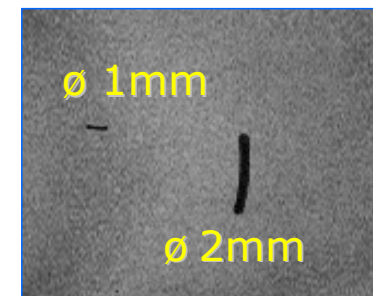
Walidacja

Losowość obrazów → niepewność, błędy

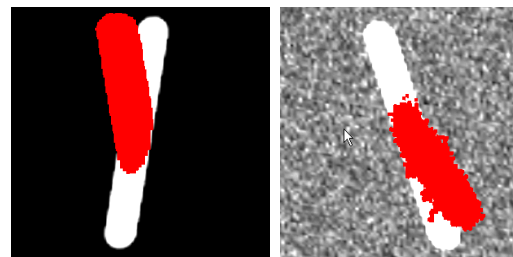
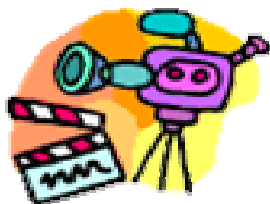
- Zmienność biologiczna
(tkanki, organy, pacjenci, choroby, norma, patologia)
- Technika akwizycji obrazu
(zdolność rozdzielcza, dyskretyzacja, projekcja obiektu, kwantowanie intensywności, zniekształcenia geometryczne, ruch pacjenta w trakcie pomiaru, zakłócenia szumowe)
- Metody przetwarzania obrazu
(parametry filtru przetwarzania wstępnego, próg binaryzacji, stopień kompresji obrazu)



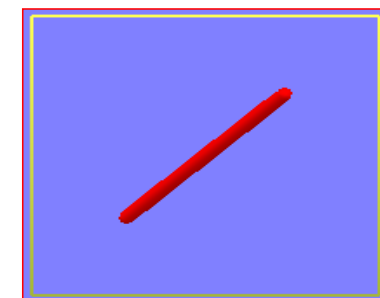
Fizyczne obiekty testowe



Przekrój MRI



Wpływ zakłóceń: $\sigma = 0,3$

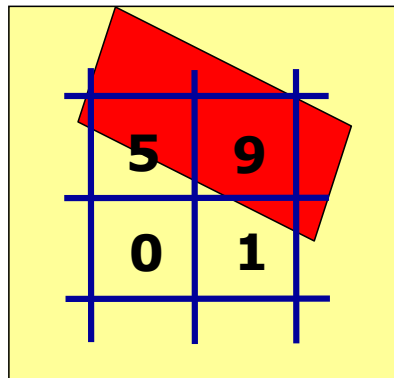
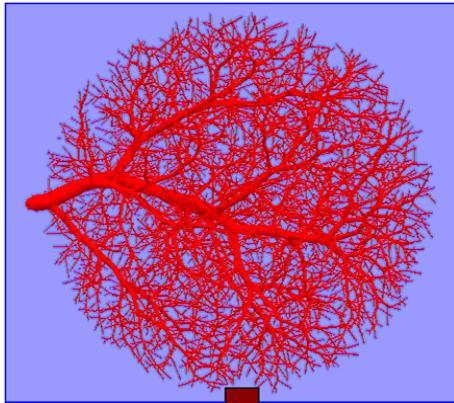


Fantom numeryczny

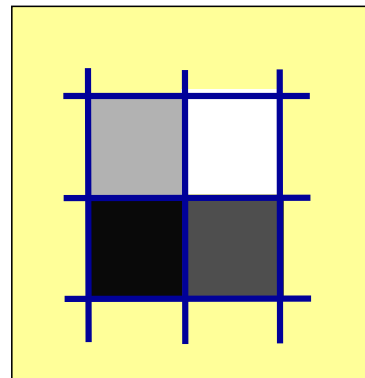


Symulacja procesu formowania MRI

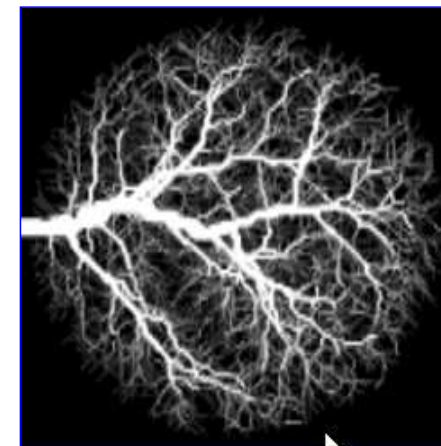
Symulowane drzewo naczyń krwionośnych



Raster obrazu



Piksle obrazu



Obraz MIP

<http://www-creatis.insa-lyon.fr/menu/ivolumique/segmentation/simri-hbc/index-us.html>

**SIMRI –
A versatile interactive
3D MRI simulator**

$$\frac{dM_z}{dt} = \gamma(\vec{M} \times \vec{B})_z + \frac{M_0 - M_z}{T_1}$$

$$\frac{dM_x}{dt} = \gamma(\vec{M} \times \vec{B})_x - \frac{M_x}{T_2}$$

$$\frac{dM_y}{dt} = \gamma(\vec{M} \times \vec{B})_y - \frac{M_y}{T_2}$$



Analiza cieńszych naczyń: tekstura

© Elsevier Ltd. Boron & Boulpaep: Medical Physiology, Updated Edition www.studentconsult.com

Raster obrazu

Naczynie krwionośne

Model drzewa (symulacja komputerowa)

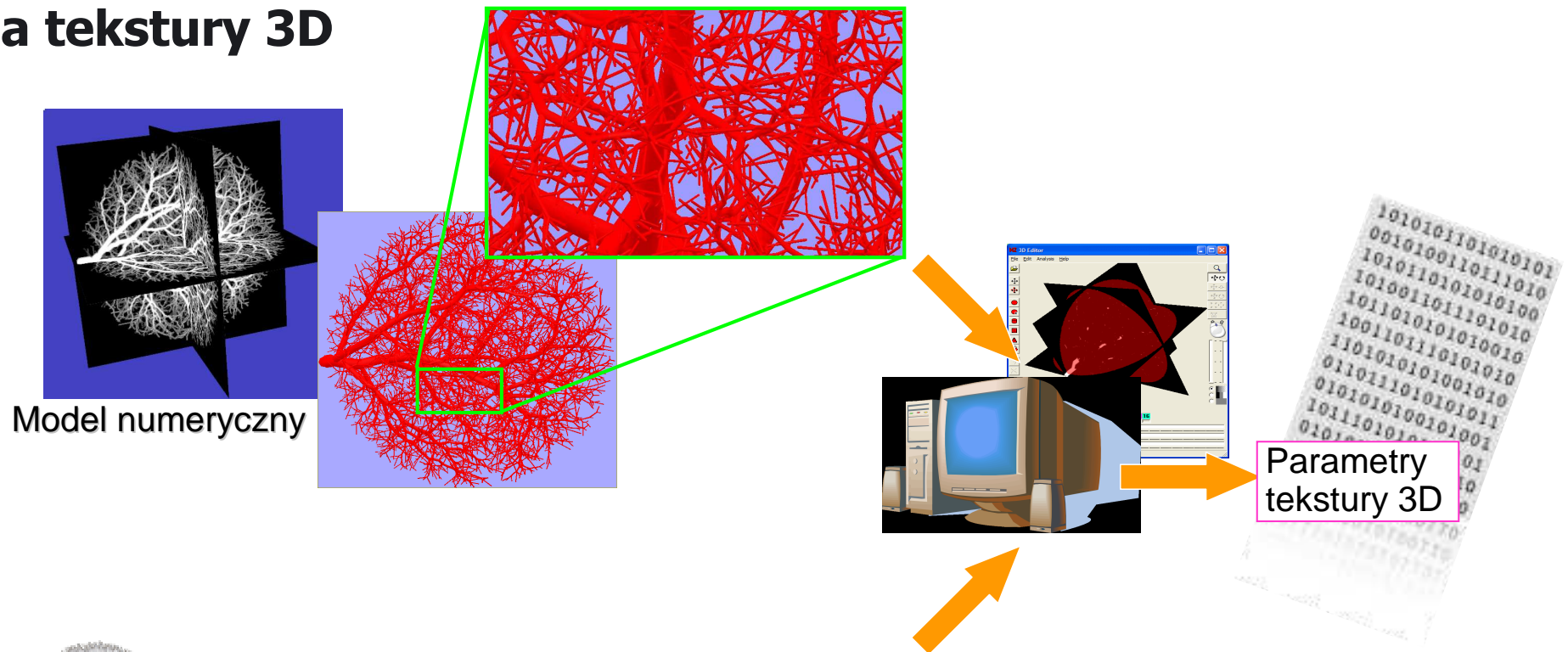
© Marek Kocinski

MaZda & B11

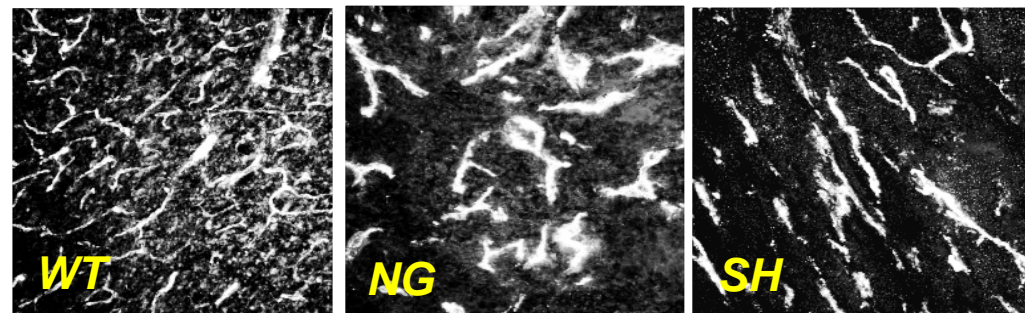
Analiza tekstury 3D

Rzeczywiste obrazy (mikroskop konfokalny)

Analiza tekstury 3D



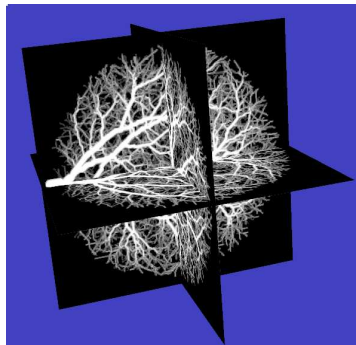
http://webzoom.freewebs.com/crittercity/Newest%20backgrounds/white_rat_big.gif



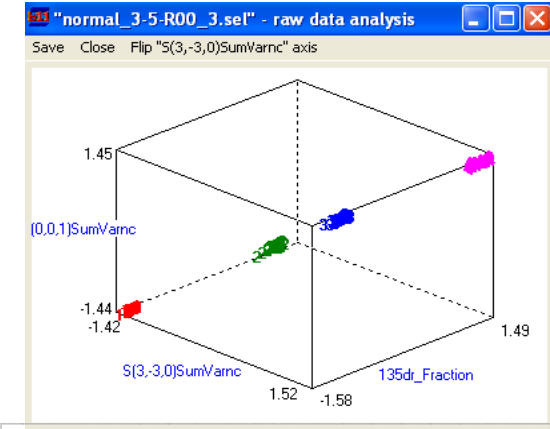
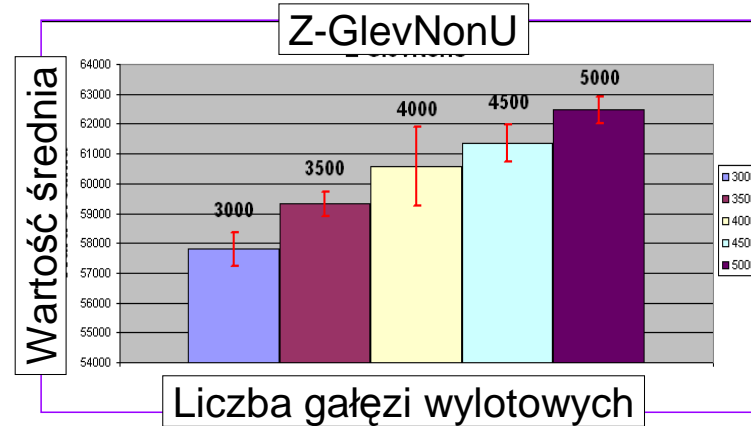
Genetycznie zaindukowane komórki nowotworowe



Analiza tekstury



Model numeryczny

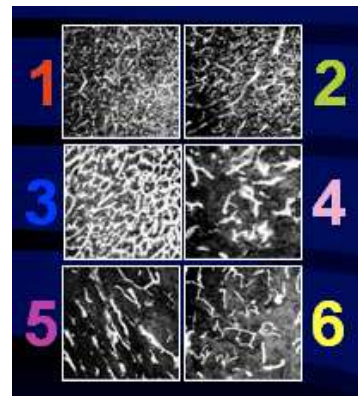


4 klasy lepkości krwi
(1,0 cP; 3,6 cP; 5 cP; 10 cP)

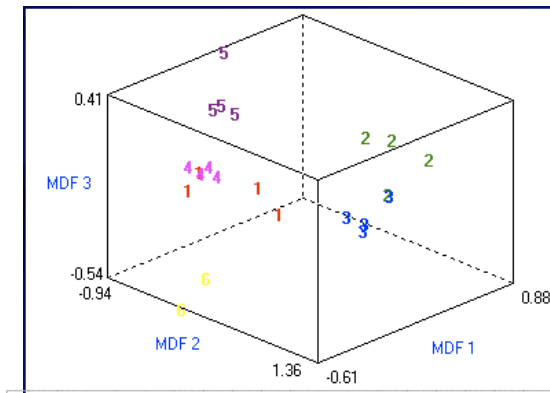
Dane rzeczywiste



http://webzoom.freewebs.com/criticity/Newest%20backgrounds/white_rat_big.gif



Obrazy 3D z mikroskopu konfokalnego

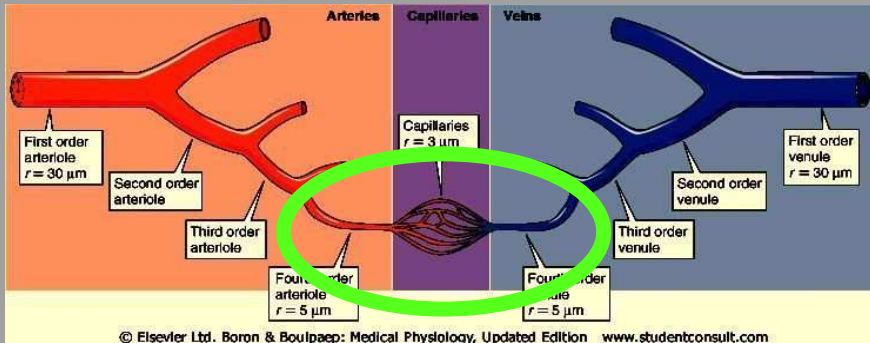


6 klas nowotworowych naczyń krwionośnych

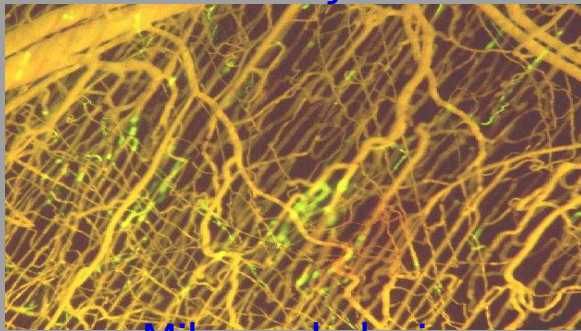




Naczynia włosowate: model przedziałowy

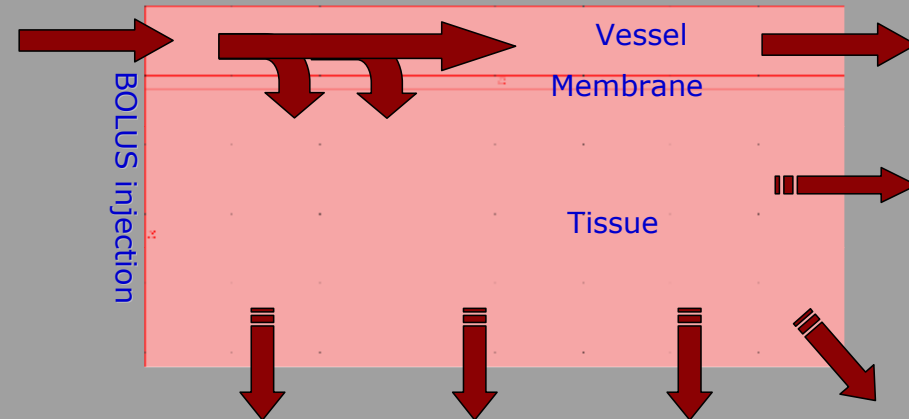


Perfuzja



Mikrocyrkulacja

Gyenge et al., AJP Heart, 1999



© Marek Kocinski





Podsumowanie

- Analiza tekstury 3D może być zastosowana do opisu ilościowego naczyń krwionośnych o średnicach porównywalnych do rozmiaru rastra.
- Analiza tekstury obrazów 3D umożliwia klasyfikację drzew naczyń krwionośnych o różnej architekturze.
- Połączenie 3 modeli (**naczynia grube, cienkie, kapilary**) jest otwartym problemem naukowym.

