

# Spis treści

<b>Wstęp</b>	<b>11</b>
<b>Część I.</b>	<b>19</b>
<b>Rozdział 1. Rozchodzenie się fal ultradźwiękowych w tkankach</b>	<b>21</b>
1.1. Wprowadzenie	21
1.2. Charakterystyczne wielkości opisujące falę	22
1.2.1. Częstotliwość i pulsacja	23
1.2.2. Długość fali i liczba falowa	23
1.2.3. Prędkość fal ultradźwiękowych	24
1.2.4. Impedancja akustyczna	25
1.3. Odbicie i załamanie fali	25
1.4. Rozproszenie fali ultradźwiękowej	29
1.5. Moc i natężenie fali akustycznej	31
1.6. Tłumienie	31
1.6.1. Mechanizm absorpcji ultradźwięków w tkankach	32
<b>Rozdział 2. Obrazowanie ultrasonograficzne</b>	<b>37</b>
2.1. Wprowadzenie	37
2.2. Prezentacja A	38
2.3. Prezentacja B	43
2.3.1. Skala szarości	44
2.4. Prezentacja typu M	45
2.5. Dwuwymiarowa prezentacja B	46
2.6. Rozdzielczość obrazowania ultrasonograficznego	48
2.6.1. Rozdzielczość osiowa	49
2.6.2. Rozdzielczość poprzeczna	52
2.6.3. Rozdzielczość kontrastowa	54
2.6.4. Rozdzielczość czasowa	54
2.6.5. Rozdzielczość w elewacji	55
2.7. Głowice ultradźwiękowe	55
2.8. Formowanie wiązek skanujących	57
2.9. Obrazowanie trzywymiarowe 3D	65
2.10. Obrazowanie harmoniczne	68
2.11. Pomiar w ultrasonografii	71

<b>Rozdział 3. Obrazowanie z użyciem środków kontrastujących</b>	<b>75</b>
3.1. Wprowadzenie . . . . .	75
3.2. Własności rezonansowe pęcherzyków gazu . . . . .	75
3.3. Środki kontrastujące . . . . .	78
<b>Rozdział 4. Elastografia</b>	<b>83</b>
4.1. Wprowadzenie . . . . .	83
4.2. Elastografia statyczna – kompresyjna . . . . .	87
4.3. Elastografia dynamiczna – akustyczna siła promieniowania . . . . .	91
<b>Rozdział 5. Ultradźwięki w badaniu przepływu krwi</b>	<b>99</b>
5.1. Wprowadzenie . . . . .	99
5.2. Zjawisko Dopplera . . . . .	101
5.3. Metoda fali ciągłej i metoda impulsowa . . . . .	105
5.3.1. Metoda fali ciągłej . . . . .	106
5.3.2. Metoda impulsowa . . . . .	107
5.4. Aliasing . . . . .	108
5.5. Obrazowanie przepływu krwi . . . . .	112
5.5.1. Wprowadzenie . . . . .	112
5.5.2. Kodowanie kolorem prędkości przepływu krwi . . . . .	113
5.6. Optymalizacja kolorowego obrazowania przepływu krwi . . . . .	120
<b>Rozdział 6. Wybrane zastosowania pomiarów dopplerowskich</b>	<b>123</b>
6.1. Wprowadzenie . . . . .	123
6.2. Badanie tętnicy szyjnej wspólnej . . . . .	124
6.3. Badanie tętnicy szyjnej wewnętrznej i zewnętrznej . . . . .	125
6.4. Badanie tętnicy kręgowej . . . . .	132
6.5. Badanie przepływu w naczyniach wewnątrzczaszkowych . . . . .	132
6.5.1. Wprowadzenie . . . . .	132
6.5.2. Badanie przepływu w tętnicy mózgu środkowej . . . . .	134
6.5.3. Badanie przepływu w tętnicy mózgu przedniej ACA . . . . .	134
6.5.4. Badanie przepływu w tętnicy mózgu tylnej PCA . . . . .	135
6.5.5. Badanie przepływu w tętnicy podstawnej BA . . . . .	136
6.6. Badanie kończyn dolnych . . . . .	137
6.6.1. Diagnostyczna wartość kształtu krzywej prędkości przepływu krwi . . . . .	137
6.6.2. Pomiary ciśnienia skurczowego w kończynie . . . . .	139

<b>Rozdział 7. Podstawowe prawa rządzące przepływami krwi w tętnicach</b>	<b>143</b>
7.1. Wprowadzenie	143
7.2. Przepływ cieczy lepkich – przepływ Poiseuille’a	144
7.3. Prawo zachowania masy – równanie ciągłości	148
7.4. Prawo Bernoulliego – przepływ przez zwężenia	149
7.5. Czas połowicznego spadku ciśnienia	153
7.6. Wypływ cieczy przez otwór w zbiorniku	154
7.7. Liczba Reynoldsa	155
7.8. Odległość wlotowa	157
7.9. Opór naczyniowy	158
7.10. Wpływ elastyczności naczyń i oporów przepływu na kształt krzywej prędkości przepływu krwi; teoria powietrznika	160
7.11. Pulsujący przepływ krwi, profile przepływu	163
7.12. Prędkość fali tętna	169
7.13. Indeks pulsacji PI	172
7.14. Indeks oporowy RI	173
<b>Rozdział 8. Bezpieczeństwo badań ultrasonograficznych</b>	<b>177</b>
8.1. Wprowadzenie	177
8.2. Parametry pola ultradźwiękowego	178
8.3. Fizyczny mechanizm oddziaływania ultradźwięków na tkankę biologiczną	180
8.3.1. Mechanizm termiczny	182
8.3.2. Mechanizm kawitacyjny	183
8.4. Wskaźniki – termiczne i mechaniczne	184
8.4.1. Wskaźnik termiczny TI	185
8.4.2. Wskaźnik mechaniczny MI	186
8.5. Dawki ultradźwiękowe	188
8.6. Ultradźwięki terapeutyczne dużej mocy	189
8.6.1. Wprowadzenie	189
8.6.2. Zwiększenie wychwytu leków pod wpływem ultradźwięków	191
8.6.3. Sonotromboliza	192
8.6.4. Ogniskowane ultradźwięki o dużych natężeniach	193
8.6.5. Hemostaza	193
8.7. Wnioski	194
<b>Część II.</b>	<b>201</b>
<b>Rozdział 9. Rozchodzenie się fal akustycznych</b>	<b>203</b>
9.1. Wprowadzenie	203
9.2. Oscylator mechaniczny	204
9.3. Energia drgań	208
9.4. Odształcenie ciała stałego	209
9.5. Liniowe równanie falowe	209
9.6. Fale w ośrodkach jednorodnych	214
9.6.1. Równanie stanu dla cieczy	215

9.6.2.	Równanie sił Eulera . . . . .	216
9.6.3.	Równanie ciągłości . . . . .	217
9.6.4.	Potencjał prędkości akustycznej . . . . .	218
9.7.	Impedancja akustyczna . . . . .	221
9.8.	Odbicie i załamanie fali . . . . .	223
9.9.	Energia, natężenie i moc fali akustycznej . . . . .	228
9.10.	Nieliniowa propagacja fal . . . . .	231
9.11.	Ciśnienie promieniowania i siła promieniowania . . . . .	234
9.12.	Streaming . . . . .	238
9.13.	Kawitacja . . . . .	241
9.14.	Pomiar natężenia ultradźwięków . . . . .	242
<b>Rozdział 10. Promieniowanie źródeł ultradźwiękowych</b>		<b>253</b>
10.1.	Wprowadzenie . . . . .	253
10.2.	Promieniowanie pulsującej kuli . . . . .	255
10.3.	Promieniowanie przetwornika płaskiego . . . . .	260
10.3.1.	Funkcja Greena . . . . .	260
10.3.2.	Pole dalekie . . . . .	263
10.3.3.	Pole bliskie . . . . .	268
10.4.	Promieniowanie przetworników prostokątnych . . . . .	273
10.5.	Ogniskowanie wiązki ultradźwiękowej . . . . .	275
10.5.1.	Przetworniki sferyczne . . . . .	276
10.5.2.	Soczewki ultradźwiękowe . . . . .	284
10.5.3.	Ogniskowanie elektroniczne . . . . .	285
10.6.	Odpowiedź impulsowa . . . . .	286
<b>Rozdział 11. Generacja fal ultradźwiękowych</b>		<b>301</b>
11.1.	Wprowadzenie . . . . .	301
11.2.	Przetworniki piezoelektryczne . . . . .	303
11.3.	Schemat zastępczy przetwornika piezoelektrycznego drgającego tłokowo . . . . .	305
11.4.	Impedancja elektryczna przetwornika . . . . .	311
11.5.	Dopasowanie przetwornika do nadajnika i odbiornika . . . . .	315
11.6.	Akustyczne dopasowanie przetwornika do obciążenia . . . . .	318
11.7.	Nowe typy przetworników USG . . . . .	324
11.8.	Podsumowanie . . . . .	326
<b>Rozdział 12. Głowice wieloelementowe o szyku liniowym</b>		<b>331</b>
12.1.	Wprowadzenie . . . . .	331
12.2.	Pole promieniowania źródła liniowego . . . . .	334
12.2.1.	Pole bliskie . . . . .	335
12.2.2.	Przejsięcie między polem bliskim i dalekim . . . . .	337
12.3.	Wyznaczanie pól promieniowania za pomocą transformaty Fouriera . . . . .	339
12.4.	Podstawy szyków liniowych . . . . .	341
12.5.	Dodawanie apertur . . . . .	345
12.6.	Formowanie wiązek ultradźwiękowych . . . . .	347

12.6.1. Odchylenie wiązki . . . . .	349
12.6.2. Ogniskowanie i odchylenie wiązki . . . . .	351
12.7. Rozdzielczość w azymucie . . . . .	356
12.8. Głębokość ogniska szyku liniowego ogniskowanego . . . . .	360
<b>Rozdział 13. Apertury syntetyczne</b>	<b>369</b>
13.1. Wprowadzenie . . . . .	369
13.2. Apertura efektywna w syntezie wiązek skanujących . . . . .	371
13.3. Syntetyczna Apertura Ogniskująca . . . . .	374
13.4. Wielelementowa Syntetyczna Apertura Ogniskująca . . . . .	378
13.5. Syntetyczna Apertura Odbiorcza . . . . .	384
13.6. Syntetyczna Apertura Nadawcza . . . . .	387
13.7. Podsumowanie . . . . .	390
<b>Rozdział 14. Ultrasonografia kodowana</b>	<b>393</b>
14.1. Wprowadzenie . . . . .	393
14.2. Liniowa modulacja częstotliwości – chirp . . . . .	397
14.3. Kody Barkera . . . . .	401
14.4. Kody Golaya . . . . .	403
14.5. Synteza kodów Golaya . . . . .	405
14.6. Wpływ pasma przetworników na kompresję kodów Golaya . . . . .	408
14.7. Wzajemnie ortogonalne komplementarne kody Golaya . . . . .	412
<b>Rozdział 15. Tłumienie fal akustycznych</b>	<b>421</b>
15.1. Wprowadzenie . . . . .	421
15.2. Mechanizm absorpcji ultradźwięków w tkankach . . . . .	424
15.3. Dyspersja fali ultradźwiękowej . . . . .	429
15.4. Rozproszenie ultradźwięków . . . . .	433
15.5. Różnicowanie tkanek na podstawie statystycznych rozkładów ech . . . . .	437
15.5.1. Wprowadzenie . . . . .	437
15.5.2. Model Rayleigh'a . . . . .	439
15.5.3. Model Rice'a . . . . .	446
15.5.4. Rozkłady statystyczne rozproszenia dla ograniczonej liczby rozpraszaczy . . . . .	449
15.6. Rozproszenie ultradźwięków we krwi . . . . .	456
<b>Rozdział 16. Dopplerowska metoda fali ciągłej</b>	<b>467</b>
16.1. Wprowadzenie . . . . .	467
16.2. Detekcja sygnału dopplerowskiego . . . . .	467
16.3. Wyznaczanie kierunku przepływu krwi . . . . .	469

<b>Rozdział 17. Dopplerowska metoda impulsowa</b>	<b>473</b>
17.1. Wprowadzenie	473
17.2. Jednoczesny pomiar odległości i prędkości	477
17.3. Analiza parametrów impulsowej techniki dopplerowskiej	478
17.3.1. Pomiar położenia obiektu rozpraszającego	478
17.3.2. Rozdzielczość podłużna	481
17.3.3. Dokładność pomiaru prędkości obiektu	482
17.3.4. Poszerzenie impulsowego widma dopplerowskiego	483
17.3.5. Jednoczesny pomiar prędkości i odległości	486
17.4. Wyznaczanie średniej częstotliwości dopplerowskiej	491
<b>Dodatek 1. Skala decybelowa (dB)</b>	<b>499</b>
<b>Dodatek 2. Jednostki miar SI</b>	<b>503</b>
<b>Dodatek 3. Słownik pojęć spotykanych w ultrasonografii</b>	<b>505</b>
<b>Skorowidz</b>	<b>517</b>