

Obsah

Předmluva	10
1 Problematika biomechaniky lidských kloubů	15
1.1 Stručný nástin historie vývoje aloartroplastiky .	15
1.2 Biomechanika lidského skeletu	21
1.3 Anatomie lidského skeletu	22
1.4 Funkce velkých lidských kloubů	24
1.5 Tribologie lidských kloubů	31
2 Biomechanika lidských kloubů a vazivových tkání	33
2.1 Úvod do biomechaniky	33
2.2 Biomechanika velkých lidských kloubů	37
2.2.1 Problémy biomechaniky kloubů	37
2.3 Mechanické vlastnosti lidských tkání	55
2.4 Základy mechaniky kontinua	56
2.4.1 Tenzor napětí a deformace	57
2.4.2 Zobecněný Hookeův zákon	65
2.4.3 Okrajové úlohy teorie pružnosti	68
2.4.4 Energetické úvahy	70
2.4.5 Variační principy	73
2.5 Základní problémy matematické simulace funkce lidských kloubů a jejich totálních náhrad (TEP)	76
2.5.1 Pohybové rovnice, okrajové, kontaktní a počáteční podmínky	76
2.5.2 Viskoelasticita a plasticita	89

3	Totální náhrady lidských kloubů	97
3.1	Úvod	97
3.2	Konstrukce totálních náhrad lidských kloubů . . .	98
3.3	Metalurgie kovových komponent totálních náhrad	104
3.3.1	Technologie výroby a materiály používané při výrobě totálních náhrad lidských kloubů	104
3.3.2	Nerezavějící oceli	107
3.3.3	Kobaltové slitiny	110
3.3.4	Titanové slitiny	114
3.3.5	Shrnutí	118
3.4	Plastické hmoty	119
3.5	Keramické materiály	122
3.6	Kompozitní materiály	126
3.7	Porézní povrchy	128
3.7.1	Kovové porézní povrchy	128
3.7.2	Keramické porézní povrchy	129
3.8	Kostní cement	130
3.9	Tribologie náhrad lidských kloubů	132
3.10	Statické a dynamické namáhání totálních náhrad	137
3.11	Únavové lomy náhrad lidských kloubů, koroze kovových implantátů	141
3.12	Požadavky kladené na totální náhrady lidských kloubů	143
3.13	Náhrady kyčelního kloubu	144
3.13.1	Indikace aloplastiky kyčelního kloubu . . .	144
3.13.2	Konstrukce náhrad kyčelního kloubu . . .	145
3.13.3	Totální náhrady kyčelního kloubu	147
3.14	Náhrady kolenního kloubu	154
3.14.1	Indikace aloplastiky kolenního kloubu . . .	154
3.14.2	Konstrukce náhrad kolenního kloubu . . .	155
3.14.3	Totální náhrady kolenního kloubu	157
3.15	Náhrady ramenního, loketního, hlezenného kloubu, zápěstí a drobných kloubů ruky	159
3.15.1	Umělá náhrada ramenního kloubu	159
3.15.2	Umělá náhrada loketního kloubu	160
3.15.3	Umělé náhrady hlezenného kloubu, zápěstí a drobných kloubů ruky	161
3.16	Léčení zlomenin torakolumbální páteře	162

3.17	Léčení zlomenin zevní a vnitřní fixací	163
3.18	Postup při návrhu náhrad lidských kloubů	165
3.18.1	Metodika řízení nového zdravotnického prostředku (ZP)	165
3.18.2	Poznámky ke konstrukci náhrad lidských kloubů	169
3.19	Zkušenosti z praxe	175
3.19.1	Polyetylen a polyetylenový otěr	175
3.19.2	Materiály používané k výrobě endoprotéz a osteosyntetických implantátů	178
3.19.3	Technologie výroby	185
4	Matematicko-biomechanické modely dílčích částí lidského skeletu, kloubů a jejich náhrad	187
4.1	Matematicko-biomechanický model kyčelního kloubu a jeho totálních náhrad	191
4.1.1	Úvod	191
4.1.2	Anatomie kyčelního kloubu	191
4.1.3	Biomechanika totálních náhrad kyčelního kloubu	198
4.2	Matematický model kyčelního kloubu a jeho umělých náhrad	200
4.2.1	Matematický model kyčelního kloubu a jeho totální náhrady založené na okrajových úlohách termopružnosti	200
4.2.2	Matematický model kyčelního kloubu a jeho totální náhrady založené na kompozitních materiálech – metoda homogenizace	204
4.2.3	Matematický model kyčelního kloubu a jeho totální náhrady založené na kontaktních úlohách v lineární a nelineární (termo-)pružnosti	211
4.3	Biomechanická analýza některých artroplastických operací kyčle s využitím matematického modelování	216
4.3.1	Některé srovnávací analýzy Harrisovy acetabuloplastiky a metody „controlled fracture“ dle Dunna při implantaci TEP kyčle	216

4.3.2	Biomechanická analýza kyčelního kloubu po TEP implantované po zhojené subtrochanterické osteotomii	219
4.3.3	Biomechanická studie intertrochanterické resp. subtrochanterické osteotomie femuru. Simulace varizační a valgizační osteotomie, porovnání namáhání normálního kloubu a kloubu po varizační osteotomii	223
4.3.4	Biomechanická prostorová (3D) analýza kyčelního kloubu po operaci stříšky dle Boswortha s využitím výstupů ze zobrazení z nukleární magnetické rezonance (NMR)	227
4.3.5	Biomechanická analýza uvolněné endoprotézy kyčelního kloubu	232
4.3.6	Biomechanická studie kostních cyst	234
4.4	Matematicko-biomechanický model kolenního kloubu	239
4.4.1	Úvod	239
4.4.2	Anatomie kolenního kloubu	239
4.4.3	Biomechanika kolenního kloubu a jeho náhrad	245
4.4.4	Matematický model kolenního kloubu	249
4.4.5	Biomechanická analýza kolenního kloubu	254
4.5	Matematicko-biomechanický model torakolumbální páteře	259
4.5.1	Úvod	259
4.5.2	Biomechanika páteře	260
4.5.3	Léčba torakolumbálních zlomenin	263
4.5.4	Konstrukce modelu	264
4.5.5	Model páteře	265
4.5.6	Biomechanická analýza zlomenin páteře	269
4.6	Matematicko-biomechanický model ramenního a loketního kloubu	277
4.6.1	Anatomie horní končetiny	277
4.6.2	Biomechanika totálních náhrad ramenního a loketního kloubu	279

4.6.3	Matematický model ramenního a loketního kloubu	280
4.7	Matematicko-biomechanický model zápěstí	282
4.7.1	Anatomické poznámky	283
4.7.2	Biomechanika	287
4.7.3	Fyzikálně-matematická rekonstrukce biomechanického modelu zápěstí	291
4.7.4	Konstrukce matematicko-biomechanického modelu	293
4.7.5	Závěrečné poznámky	298
4.8	Matematicko-biomechanické modely zevní a vnitřní fixace	299
4.8.1	Princip AO klasifikace zlomenin	299
4.8.2	Matematický model zevní a vnitřní fixace	303
4.8.3	Formulace matematického modelu zevní fixace	304
4.8.4	Formulace matematického modelu vnitřní fixace	308
4.8.5	Poznámka k operační technice a pooperační péči	311
4.9	Matematický model generování a šíření tepla v okolí tuhajícího kostního cementu PMMA. Problém nekrózy kosti	312
4.9.1	Matematický model	317
4.10	Modely s nejistými daty	321
4.10.1	Formulace úlohy	321
4.10.2	Metoda nejhoršího scénáře pro nejistá vstupní data	325
5	Matematická analýza a numerické řešení úloh biomechaniky	331
5.1	Metody statické napěťové analýzy totálních náhrad lidských kloubů	331
5.2	2D a 3D napěťové analýzy TEP – založené na okrajových úlohách termopružnosti	332
5.3	Matematická analýza TEP založená na kompozitních materiálech s periodickou strukturou	341

5.4	2D a 3D napěťové analýzy TEP založené na kontaktních úlohách lineární termo-pružnosti – koercivní případ	345
5.4.1	Variační řešení – 2D koercivní případ	348
5.4.2	Numerické řešení problému	353
5.4.3	Algoritmus	356
5.5	Napěťová analýza TEP založená na kontaktních úlohách lineární termopružnosti – semi-koercivní případ	362
5.5.1	Variační řešení – 2D semi-koercivní případ	362
5.5.2	Numerické řešení úlohy metodou konečných prvků	370
5.6	2D a 3D napěťové analýzy totálních náhrad kloubů založené na kontaktních úlohách nelineární termo-pružnosti	373
5.6.1	Formulace úlohy	373
5.6.2	Slabé řešení nelineární úlohy	376
5.7	Numerická aproximace úlohy	382
Dodatky		384
D.0	Přehled symbolů	385
D.1	Tenzory v kartézských souřadných soustavách	386
D.1.1	Ortogonální transformace souřadnic	386
D.1.2	Definice vektorů a tenzorů	387
D.1.3	Hlavní osy a invarianty symetrického tenzoru druhého řádu	388
D.2	Úvod do funkcionálních prostorů a konvexní analýzy	389
D.2.1	Hilbertův a Sobolevovy prostory	389
D.2.2	Úvod do konvexní analýzy	392
D.2.3	Některé základní věty	395
D.3	Úvod do numerických metod variačních rovnic a nerovnic	396
D.3.1	Formulace úloh	396
D.3.2	Metoda konečných prvků	399
D.4	Numerický výpočet funkcionálu potenciální energie	407
D.4.1	Sestavení matice tuhosti	410
D.4.2	Sestavení pravé strany	417

D.5	Některé základní metody řešení soustavy algebraických rovnic	423
D.5.1	Gaussova eliminace	423
D.5.2	Iterační S.O.R. metoda	425
D.5.3	Metoda sdružených gradientů	427
D.6	Metody minimalizace kvadratického funkcionálu s omezením	430
Literatura		437
Rejstřík		463