

Vztahy pro převod HU jednotek na Youngův modul

V tabulkách níže jsou uvedeny dostupné korelační vztahy pro přepočítání hustoty, resp. Hounsfieldových jednotek na Youngův modul E [MPa] pro vybrané kostní tkáně. Vztahy pro zjištění hustoty závisí na nastavení CT zařízení, ose řezu a typu kostní tkáně. Vysvětlivky k daným zkratkám použitých v tabulkách jsou uvedeny na konci této kapitoly.

Korelační vztahy:

Mandibula

Hustota	R ²	Osa	Youngův modul E (MPa)	R ²	Skener	Literatura
$\rho = 1,205 * HU + 139$		A-P	$E = 2,349 * \rho^{2,15}$			L7

Femur – distální

Hustota	R ²	Osa	Youngův modul E (MPa)	R ²	Skener	Literatura
$\rho = 1,205 * HU + 139$	0,77	A-P	$E = 0,01 * \rho^{1,79}$	0,93	S1	L1
$\rho = 1,205 * HU + 139$	0,77	A-P	$E = 2,99 * \rho - 423$	0,84	S1	L1
$\rho = 1,205 * HU + 139$	0,77	M-L	$E = 0,01 * \rho^{1,82}$	0,91	S1	L1
$\rho = 1,205 * HU + 139$	0,77	M-L	$E = 2,84 * \rho - 416$	0,85	S1	L1
$\rho = 1,205 * HU + 139$	0,77	S-I	$E = 0,82 * \rho^{1,27}$	0,95	S1	L1
$\rho = 1,205 * HU + 139$	0,77	S-I	$E = 5,27 * \rho - 384$	0,91	S1	L1

Femur – proximální

Hustota	R ²	Osa	Youngův modul E (MPa)	R ²	Skener	Literatura
$\rho = 1,067 * HU + 131$	0,84	A-P	$E = 0,004 * \rho^{2,01}$	0,91	S1	L1
$\rho = 1,067 * HU + 131$	0,84	A-P	$E = 3,91 * \rho - 657$	0,90	S1	L1
$\rho = 1,067 * HU + 131$	0,84	M-L	$E = 0,01 * \rho^{1,86}$	0,89	S1	L1
$\rho = 1,067 * HU + 131$	0,84	M-L	$E = 3,64 * \rho - 506$	0,89	S1	L1
$\rho = 1,067 * HU + 131$	0,84	S-I	$E = 0,58 * \rho^{1,30}$	0,94	S1	L1
$\rho = 1,067 * HU + 131$	0,84	S-I	$E = 4,56 * \rho - 331$	0,90	S1	L1

Humerus – proximální

Hustota	R ²	Osa	Youngův modul E (MPa)	R ²	Skener	Literatura
$\rho = 0,624 * HU + 173$	0,83	A-P	$E = 2,22 * \rho - 169$	0,88	S1	L1
$\rho = 0,624 * HU + 173$	0,83	A-P	$E = 0,06 * \rho ^ 1,57$	0,86	S1	L1
$\rho = 0,624 * HU + 173$	0,83	M-L	$E = 2,50 * \rho - 201$	0,86	S1	L1
$\rho = 0,624 * HU + 173$	0,83	M-L	$E = 0,07 * \rho ^ 1,55$	0,86	S1	L1
$\rho = 0,624 * HU + 173$	0,83	S-I	$E = 0,32 * \rho ^ 1,41$	0,92	S1	L1
$\rho = 0,624 * HU + 173$	0,83	S-I	$E = 4,25 * \rho - 270$	0,92	S1	L1

Hlavní oblasti v metafýze

Hustota	R ²	Osa	Youngův modul E (MPa)	R ²	Skener	Literatura
$\rho = 1 * HU$		A	$E = 1.3665 * \rho - 38.644$	0,79	S3	L2
$\rho = 1 * HU$		A-P	$E = 1.6201 * \rho - 97.448$	0,68	S3	L2
$\rho = 1 * HU$		M-L	$E = 1.0976 * \rho - 60.822$	0,43	S3	L2
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 1.3988 * \rho + 39.069$	0,58	S3	L2

Páteř – bederní oblast

Hustota	R ²	Osa	Youngův modul E (MPa)	R ²	Skener	Literatura
$\rho = 1.122 * HU + 47$	0,69	A-P	$E = 1.92 * \rho - 170$	0,92	S1	L1
$\rho = 1.122 * HU + 47$	0,69	A-P	$E = 0.02 * \rho ^ 1.69$	0,86	S1	L1
$\rho = 1.122 * HU + 47$	0,69	M-L	$E = 2.20 * \rho - 209$	0,94	S1	L1
$\rho = 1.122 * HU + 47$	0,69	M-L	$E = 0.02 * \rho ^ 1.75$	0,89	S1	L1
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 7.136 * \rho - 172.3$	0,73	S4	L3
$\rho = 1.122 * HU + 47$	0,69	S-I	$E = 5.82 * \rho - 349$	0,96	S1	L1
$\rho = 1.122 * HU + 47$	0,69	S-I	$E = 0.63 * \rho ^ 1.35$	0,94	S1	L1

Tibia – proximální

Hustota	R ²	Osa	Youngův modul E (MPa)	R ²	Skener	Literatura
$\rho = 0.916 * HU + 114$	0,80	A-P	$E = 0.06 * \rho ^ 1.51$	0,89	S1	L1
$\rho = 0.916 * HU + 114$	0,80	A-P	$E = 1.52 * \rho - 98$	0,86	S1	L1
$\rho = 0.916 * HU + 114$	0,80	M-L	$E = 0.06 * \rho ^ 1.55$	0,90	S1	L1
$\rho = 0.916 * HU + 114$	0,80	M-L	$E = 1.81 * \rho - 124$	0,88	S1	L1
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 82.3 * \rho ^ 8.29$	0,63	S5	L4
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 1.91 * \rho + 33.2$	0,61	S5	L5
$\rho = 0.00130 * HU + 0.103$	0,87	S-I	$E = 1371 * \rho ^ 1.33$	0,63	S5	L4
$\rho = 0.00130 * HU + 0.103$	0,87	S-I	$E = 1173 * \rho - 44.38$	0,55	S5	L6
$\rho = 1 + 0.001 * HU$		S-I	$E = 35.48134 * \rho ^ 11.7$	0,61	S6	L5
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 80.6 * \rho ^ 7.74$	0,63	S7	L4
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 1.76 * \rho + 30.4$	0,61	S7	L4
$\rho = 0.00120 * HU + 0.101$	0,88	S-I	$E = 1371 * \rho ^ 1.33$	0,63	S7	L4
$\rho = 0.00120 * HU + 0.101$	0,88	S-I	$E = 1173 * \rho - 44.38$	0,55	S7	L4
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 1.94 * \rho + 75.1$	0,55	S7	L4
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 116 * \rho ^ 6.85$	0,54	S7	L4
$\rho = 0.00120 * HU + 0.101$	0,88	S-I	$E = 1689 * \rho - 99.4$	0,57	S7	L4
$\rho = 0.00120 * HU + 0.101$	0,88	S-I	$E = 2132 * \rho ^ 1.46$	0,61	S7	L4
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 78.3 * \rho ^ 6.96$	0,64	S8	L4
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 1.54 * \rho + 25.0$	0,61	S8	L4
$\rho = 0.00106 * HU + 0.0949$	0,89	S-I	$E = 1371 * \rho ^ 1.33$	0,63	S8	L4
$\rho = 0.00106 * HU + 0.0949$	0,89	S-I	$E = 1173 * \rho - 44.38$	0,55	S8	L4
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 1.74 * \rho + 59.6$	0,57	S8	L4
$\rho = 1 * HU$		S-I	$E = 109 * \rho ^ 6.33$	0,56	S8	L4
$\rho = 0.00106 * HU + 0.0949$	0,89	S-I	$E = 1689 * \rho - 99.4$	0,57	S8	L4
$\rho = 0.00106 * HU + 0.0949$	0,89	S-I	$E = 2132 * \rho ^ 1.46$	0,61	S8	L4
$\rho = 0.916 * HU + 114$	0,80	S-I	$E = 5.54 * \rho - 326$	0,95	S1	L1
$\rho = 0.916 * HU + 114$	0,80	S-I	$E = 0.51 * \rho ^ 1.37$	0,96	S1	L1

Legenda:**Anatomické osy:**

- A-P Anterior - Posterior
- M-L Medial - Lateral
- S-I Superior - Inferior
- P Paralelní k ose krčku
- A Average
- R Průměrný
- B Ohybový
- C Obvodový

Typ skeneru:

- S1 Phillips Tomoscan AV (120 kVp, 150 mAs)
- S2 Philips Tomoscan AVE1 (120 kVp, 100 mA, 1s)
- S3 Technicare HPS 1440 (130 kVp, 100mA, 4s) / GE 9800
- S4 Philips
- S5 EMI 7070 (140 kVp, 40mA)
- S6 EMI 7070 (140 kVp, 70mA)
- S7 EMI 7070 (120 kVp, 50 mA)
- S8 EMI 7070 (100 kVp, 60 mA)
- S11 Phillips Tomoscan AV (120 kVp, 150 mAs)
- S12 GE 9800 CT (120 kVp, 140 mA)

Reference:

- L1 - Rho, J.Y., Hobatho, M.C., and Ashman, R.B. "Relations of Mechanical Properties to Density and CT Numbers in Human Bone" *Medical Engineering and Physics*, Vol. 17, No. 5 (1995) 347-355
- L2 - Ciarelli, M.J., Goldstein, S.A., Kuhn, J.L., Cody, D.D., Brown, M.B. "Evaluation of Orthogonal Mechanical Properties and Density of Human Trabecular Bone From the Major Metaphyseal Regions with Materials Testing and Computed Tomography" *Journal of Orthopaedic Research*, Vol. 9, No. 5 (1991) 674-682
- L3 - Richard B. Ashman, Peter P. Antich, Jerome Gonzales, Jon A. Anderson, Jae Y. Rho, A comparison of reflection and transmission ultrasonic techniques for measurement of cancellous bone elasticity, *Journal of Biomechanics*, Volume 27, Issue 9, September 1994, Pages 1195-1199
- L4 - Hvid, Ivan, Bentzen, Soren M., Linde, Frank, Mosekilde, Lis, and Pongsoipetch, Buntoing. "X-Ray Quantitative Computed Tomography: The Relations to Physical Properties of Proximal Tibial Trabecular Bone Specimens" *Journal of Biomechanics*, Vol. 22, No. 8/9 (1989) 837-844
- L5 - S.M. Bentzen, I. Hvid, J. Jorgensen, Mechanical strength of tibial trabecular bone evaluated by X-ray computed tomography, *Journal of Biomechanics*, Volume 20, Issue 8, 1987, Pages 743-745,747-752
- L6 – Snyder, S.M., Schneider, E. „Estimation of mechanical properties of cortical bone by computed tomography“ *Journal of Orthopaedic Research*, Vol. *, No. 3 (1991) 422-431
- L7 - O'Mahony A. M., Williams J. L., Spencer P.: Anisotropic elasticity of cortical and cancellous bone in the posterior mandible increases peri-implant stress and strain under oblique loading, *Clin Oral Implants Res.* 2001 Dec;12(6):648-57