

## 1.) Ábrajegyzék

- 3.1. ábra: Nyaki izmok előlnézetben (Szilágyi Géza 2020) ...**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 3.2. ábra: Nyaki izmok oldalnézetben (Szilágyi Géza 2020) ..**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 3.3 ábra: Fej-nyak modell (a) elülső, (b) oldalsó és (c) hátulnézetben. (Danka és mtsai. 2022) .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 3.4. ábra: Az emberi nyaki gerinc anatómiája izmok nélkül (Kalmár László 2018) ..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 3.5. ábra: C1 (Atlas) és C2 (Axis) csigolyák (Kalmár László 2018) ..**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 3.6. ábra: (a) A nyaki gerinc végeelem modellje, (b) C1 (Atlas) és C2 (Axis) csigolyák ínszalagokkal (Danka és mtsai. 2022) .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 3.7. ábra: Rugalmas megtámasztások, szabad izomvégek (piros) kapcsológerendákkal (kék) történő bekötése a C7 csigolyához (Danka és mtsai. 2022) ...**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 4.1. ábra: A harántcsíkolt izomszövet hierarchikus felépítése. (Lamsfuss és Bargmann 2022) .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 4.2. ábra: Vázizom felépítése mikro-, mezo-, és makrotartományban. (Wang és mtsai. 2022) .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 6.1.1. ábra: Kontrakció típusok az izom hosszváltozásának függvényében (Dr Váczi Márk 2015).....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 7.1.4.1. ábra: Neo-Hooke és Mooney-Rivlin modellek .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 7.2.1.1. ábra: Maxwell féle anyagmodell (Kaliszky, Kurutzné Kovács, és Szilágyi 2000)**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 7.2.1.2. ábra: Relaxáció és kúszás hatása a Maxwell féle anyagra (Kaliszky és mtsai. 2000) .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 7.2.2.1. ábra: Kelvin-Voigt-féle anyagmodell (Kaliszky és mtsai. 2000)... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 7.2.2.2. ábra: Kelvin-Voigt-féle anyag kúszása és relaxációja (Kaliszky és mtsai. 2000). **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 7.2.3.1. ábra: Hill féle három elemből összetevődő modell (Ford 2013).... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
- 7.2.3.2. ábra: Hill féle modell elmélete (Ghosh, Srivastava, és Roy 2023) **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

7.2.3.3. ábra: Hill típusú izommodellek (Arslan és mtsai. 2019).....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

9.1.3.1. ábra: Nyaki izomzat nyírási modulusának tájékoztató értéke több forrás alapján 1. forrás:(Yucesoy és mtsai. 2016) ; 2. forrás: (Lima és mtsai. 2014); 3. forrás: (Gennisson és mtsai. 2008).....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

9.1.3.2. ábra: Gastrocnemius lábizomzat kompressziómodulusának értéke a terhelés függvényében (Shin és mtsai. 2009) .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

9.1.4.1. ábra: C10 anyagállandó értéke (Suijker és mtsai. 2016).....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

9.1.4.2. ábra: C01 anyagállandó értéke (Sjödin és mtsai. 2016) .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

9.1.4.3. ábra: Ligamentum nuchae/nyakizom-kötőszövet (Dean és Mitchell 2002)..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

9.1.4.4. ábra: Filamentum Flavum/sárga szalag (Stephanie és Peter F. 2018)..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

9.1.4.5. ábra: Ligamentum interspinale/csigolyaív szalag (Jake és Malte 2016)..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

9.1.5.1. tábla: Ogden anyagmodell MU1 paramétertartománya összefoglalva..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

10.1. ábra: Lineárisan rugalmas rúdelem és testelem összehasonlítása ..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

10.2. ábra: Lineárisan rugalmas rúdelem Ansys modellje és az erőkonvergencia vizsgálat eredménydiagrammja .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

10.4. ábra: Sűrű szálkiosztással helyettesített izomrost .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

10.5. ábra: Rostköteg mechanikai modellje Ansys 2022-ben: A-befogás; B-előírt elmozdulás .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

10.6. ábra: Teljes deformációs ábra Mooney Rivlin tesztmodelre túl nagy erőbevezetés esetén .....**Hiba! A könyvjelző nem létezik.**

## 2.) Felhasznált irodalmak

- [1.] Arslan, Yunus Ziya, Derya Karabulut, Faruk Ortes, és Marko Popovic. 2019. „Exoskeletons, Exomusculatures, Exosuits: Dynamic Modeling and Simulation”. O. 305–31 in.
- [2.] Bazrgari, B., A. Shirazi-Adl, és N. Arjmand. 2007. „Biomechanics of human cervical spine ligaments: a finite element model study. 1;32(10):E317-25.” *Spine (Phila Pa 1976)*. doi: 10.1097/BRS.0b013e318054d879. PMID: 17471183.
- [3.] Bej, MJ. 2012. „Influence of loading rate on the mechanical properties of human supraspinatus tendon”. *Journal of Biomechanics* 45(5):872–76.
- [4.] Binder-Markey, Benjamin I., Danielle Sychowski, és Richard L. Lieber. 2021. „Systematic Review of Skeletal Muscle Passive Mechanics Experimental Methodology”. *Journal of Biomechanics* 129:110839. doi: 10.1016/j.jbiomech.2021.110839.
- [5.] Danka, Dávid, Péter Szloboda, István Nyáry, és Imre Bojtár. 2022. „The Fracture of the Human Cervical Spine”. *Materials Today: Proceedings* 62:2495–2501. doi: 10.1016/j.matpr.2022.02.627.
- [6.] Dean, N. A., és B. S. Mitchell. 2002. „Clinical Anatomy of the Ligamentum Nuchae”. *Functional Anatomy Seminars - Functional Anatomic Palpation Systems™ | Functional Range Release™*. Elérés 2023. április 26. (<https://functionalanatomyblog.com/2010/07/06/clinical-anatomy-of-the-ligamentum-nuchae/>).
- [7.] Dr Váczi Márk. 2015. „A vázizom működésének neuromechanikai alapjai”.
- [8.] Feher, Joseph. 2017. „3.5 - Contractile Mechanisms in Skeletal Muscle”. O. 305–17 in *Quantitative Human Physiology (Second Edition)*, szerkesztette J. Feher. Boston: Academic Press.
- [9.] Ford, Jonathan M. 2013. „Skeletal Muscle Contraction Simulation: A Comparison in Modeling”.
- [10.] Gennisson, J. L., C. Cornu, S. Catheline, M. Fink, és P. Portero. 2008. „Human muscle hardness assessment during incremental isometric contraction using transient elastography.” *Journal of biomechanics*(41(10)):2305-2311. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.05.023>.
- [11.] Ghosh, Saswath, Abhishek Kumar Srivastava, és Sitikantha Roy. 2023. „Dynamic modeling of pneumatic braided muscle actuator based on Hill muscle model”. *International Journal of Non-Linear Mechanics* 150:104340. doi: 10.1016/j.ijnonlinmec.2022.104340.
- [12.] Green, M. A., és R. Sinkus. 2005. „In Vivo Quantification of the Mechanical Properties of Human Soft Tissues Using Ultrasound”. doi: 10.1109/TMI.2005.843936.

- [13.] Jake, Lemon, és Petersen Malte. 2016. „Back Ligament Injury Causes, Symptoms & Treatments”. *Spine Connection*. Elérés 2023. május 9. (<https://spineconnection.org/back-pain-conditions/ligament-injuries/>).
- [14.] Jerzy, A. Zoladz. 2019. *Muscle and Exercise Physiology*.
- [15.] Kaliszky, Sándor, Márta Kurutzné Kovács, és György Szilágyi. 2000. „Szilárdságtan tankönyv 10. fejezet”.
- [16.] Kalmár László. 2018. „A nyaki gerinc anatómiája”. *Kalmár László*. Elérés 2023. február 25. (<https://kalmarlaszlo.hu/a-nyaki-gerinc-anatomiaja/>).
- [17.] Kuthe, Chetan D., és Rashmi V. Uddanwadiker. 2016. „Investigation of Effect of Fiber Orientation on Mechanical Behavior of Skeletal Muscle”. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials* 14(2):e154-162. doi: 10.5301/jabfm.5000275.
- [18.] Lamsfuss, Jens, és Swantje Bargmann. 2022. „Computational Modeling of Damage in the Hierarchical Microstructure of Skeletal Muscles”. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 134:105386. doi: 10.1016/j.jmbbm.2022.105386.
- [19.] Lima, L. C. J., L. F. de Oliveira, T. M. M. Vieira, R. C. Araújo, D. G. de Freitas, és A. O. de Andrade. 2014. „Mechanical properties of the sternocleidomastoid and suboccipital muscles in subjects with chronic neck pain.” *Manual therapy* 19(4):349–55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.math.2014.02.003>.
- [20.] Meyer, Gretchen, és Richard Lieber. 2012. „Skeletal muscle fibrosis develops in response to desmin deletion”. *American journal of physiology. Cell physiology* 302:C1609-20. doi: 10.1152/ajpcell.00441.2011.
- [21.] Mooney, M. 1940. „A Theory of Large Elastic Deformation”. *Journal of Applied Physics* 11(9):582–92. doi: 10.1063/1.1712836.
- [22.] Naser, Naghavi, és Rouhi Gholamreza. 2015. „Material Properties of Human Neck Ligaments”. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering* (IJAME 2015/4.):115-124.
- [23.] Ogden, Raymond William, és Rodney Hill. 1997. „Large deformation isotropic elasticity – on the correlation of theory and experiment for incompressible rubberlike solids”. *Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences* 326(1567):565–84. doi: 10.1098/rspa.1972.0026.
- [24.] Rivlin, R. S. 1948. „Large Elastic Deformations of Isotropic Materials. IV. Further Developments of the General Theory”. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A* 241:379–97. doi: 10.1098/rsta.1948.0024.
- [25.] S. Saladin, Kenneth. 2023. *Anatomy and Physiology : The Unity of Form and Function*.
- [26.] Shin, D. D., J. A. Hodgson, V. R. Edgerton, és S. Sinha. 2009. „In vivo intramuscular pressure and tendon strain during locomotion in the human

gastrocnemius. , ”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(35):15229-15234. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0901542106>.

- [27.] Sjödin, Simon, Annika Öhrfelt, Gunnar Brinkmalm, Henrik Zetterberg, Kaj Blennow, és Ann Brinkmalm. 2016. „Targeting LAMP2 in human cerebrospinal fluid with a combination of immunopurification and high resolution parallel reaction monitoring mass spectrometry”. *Clinical Proteomics* 13:4. doi: 10.1186/s12014-016-9104-2.
- [28.] Stephanie, Burke, és Ullrich Peter F. 2018. „Ligamentum Flavum | Spine-Health”. Elérés 2023. május 9. (<https://www.spine-health.com/glossary/ligamentum-flavum>).
- [29.] Suijker, Jacqueline J., Marjon van Rijn, Bianca M. Buurman, Gerben ter Riet, Eric P. Moll van Charante, és Sophia E. de Rooij. 2016. „Effects of Nurse-Led Multifactorial Care to Prevent Disability in Community-Living Older People: Cluster Randomized Trial”. *PLoS ONE* 11(7):e0158714. doi: 10.1371/journal.pone.0158714.
- [30.] Szilágyi Géza. 2020. „Izmok funkcionális anatómiája”. Elérés 2023. március 4. (<https://docplayer.hu/141459068-Izmok-funkcionalis-anatomiaja.html>).
- [31.] Thom, J. M., C. I. Morse, K. M. Birch, és M. V. Narici. 2005. „Triceps Surae Muscle Power, Volume, and Quality in Older Versus Younger Healthy Men”. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 60(9):1111–17. doi: 10.1093/gerona/60.9.1111.
- [32.] Wallin, Mathias, és Matti Ristinmaa. 2005. „Deformation gradient based kinematic hardening model”. *International Journal of Plasticity* 21:2025–50. doi: 10.1016/j.ijplas.2005.01.007.
- [33.] Wang, Xiaobo, Zhiyang Zhang, Xiaoyan Ma, Jinghan Wen, Zhirong Geng, és Zhilin Wang. 2015. „Real-time fluorescence assays of alkaline phosphatase and ATP sulfurylase activities based on a novel PPi fluorescent probe”. *Talanta* 137:156–60. doi: 10.1016/j.talanta.2015.01.028.
- [34.] Wang, Yulian, Yueran Zhao, Ming Ren, Yurong Zhou, Lizhong Dong, Xulin Wei, Jianfeng He, Bo Cui, Wang Xiaona, Panpan Xu, Jiangtao Di, és Qingwen Li. 2022. „Artificial muscle fascicles integrated with high-performance actuation properties and energy-storage function”. *Nano Energy* 102:107609. doi: 10.1016/j.nanoen.2022.107609.
- [35.] Yucesoy, C. A., B. H. Koopman, J. L. Gennisson, és G. C. Baan. 2016. „Deformation of human neck muscle: experiment and computational model.” *Annals of biomedical engineering*(44(5)):1575-1588. doi: <https://doi.org/10.1007/s10439-015-1489-9>.