

МЕХАНІЧНА МІЦНІСТЬ ВЕЛИКОГОМІЛКОВИХ КІСТОК ЩУРІВ У ВІКОВОМУ АСПЕКТІ

Масленко А.О., Шаповал М.М. студ., Ткач Г.Ф.

СумДУ, кафедра анатомії людини

Механічні випробування зразків композитних матеріалів, до яких належать кістки, викликають труднощі, оскільки їм притаманні такі властивості як крихкість і в'язкість одночасно.

Вивчення особливостей механічних параметрів було проведено на 70 білих лабораторних щурах самцях 7 вікових груп. За класифікацією Западнюк В.І. (1983), життєвий цикл щура поділяється на 4 періоди та 9 вікових груп. В нашому експерименті були задіяні щурі підсосного віку (15 днів), інфантильного (30 днів), ювенільного (80 днів), молодого (210 днів), зрілого віку (435 днів), передстаречого (630 днів) та старечого віку (810 днів).

Для дослідження тривкісних властивостей виділяли великогомілкову кістку та проводили визначення тривкості на розрив, згин і стиск, а також мікротвердість.

Максимальна швидкість зростання числа твердості кісткової тканини великогомілкової кістки відбувається в період з підсосного до ювенільного віку – від $121,49 \pm 0,37$ ккс/мм² до $165,90 \pm 0,24$ ккс/мм² та становить 36,55%. Темпи приросту мікротвердості уповільнюються в молодому віці та зростають у зрілому віковому періоді. Число твердості при цьому є максимальним та становить $183,02 \pm 0,12$ ккс/мм². У подальшому відбувається зменшення мікротвердості кісткової тканини. У період від зрілого до передстаречого віку даний показник зменшується на 17,04% - з $183,02 \pm 0,12$ ккс/мм² до $151,84 \pm 0,42$ ккс/мм² та в період з передстаречого до старечого віку – на 3,21% - до $146,98 \pm 0,31$ ккс/мм².

Параметри міцності великогомілкових кісток тварин мають виражену вікову залежність. Межа тривкості на стискання у тварин підсосного віку становить лише $9,09 \pm 0,17$ кгс/мм² та стрімко зростає у щурів інфантильного віку на 56,85% ($p \leq 0,05$) – до $22,22 \pm 0,21$ кгс/мм². У подальшому відбувається зростання даного показника у порівнянні з інфантильними щурами на 20,44% ($p \leq 0,05$) у тварин ювенільного віку та на 20,36% ($p \leq 0,05$) – у щурів молодого віку.

У тварин молодого та зрілого віку не відбувається достовірного зростання межі тривкості на стискання у порівнянні зі щурами попередніх вікових груп, проте відмічається динаміка зменшення показника у передстаречому віці до $38,27 \pm 0,14$ кгс/мм². У тварин старечого віку межа тривкості на стискання значно зменшується, що обумовлене віковими особливостями мінерального та органічного компоненту органа. Зменшення показника міцності у порівнянні з тваринами зрілого віку становить 20,28% ($p \leq 0,05$), досягаючи $32,91 \pm 0,07$ кгс/мм². Таке зменшення тривкості буде обумовлювати значний ризик переломів у тварин старечого віку.

Модуль Юнга є фізичною величиною, яка характеризує властивість матеріала здійснювати опір до розтягнення/стискання при пружній деформації. Модуль Юнга кісток тварин розраховується теоретично як відношення межі міцності та відносної повздовжньої деформації зразка. З експерименту видно, що Модуль Юнга поступово зростає з підсосного до передстаречого віку, складаючи при цьому $27070 \pm 123,56$ та зменшується до $22767 \pm 95,4$ у тварин старечого віку.

Жорсткість поперечного перетину має основоположне значення в опорі матеріалів та характеризує здатність конструктивних елементів деформуватись під час зовнішнього впливу без суттєвої зміни геометричних розмірів. Таким чином, даний показник характеризує можливість кістки до опору без порушення її цілісності, тобто травмування. Жорсткість поперечного перетину поступово зростає з підсосного до ювенільного віку з $2,14 \pm 0,12$ до $22,94 \pm 0,65$. У подальшому зазначений параметр зростає майже вдвічі за кожний віковий проміжок, досягаючи $109,63 \pm 0,82$ у тварин передстаречого віку, що характеризує високу стійкість кісток даних вікової групи до деформацій. У щурів старечого віку відбувається суттєве зменшення даного параметру міцності, різниця у порівнянні з попереднім віковим періодом становить 17,97% ($p \leq 0,05$).

Межа міцності на розтягнення є дещо меншою, ніж на стискання, що обумовлено вектором діючих на кістку сил з переважанням стискання. Вікові особливості міцності на розтягнення полягають у стрімкому зростанні межі міцності з підсосного до ювенільного віку. Так, показник тривкості на розтягнення великогомілкових кісток зростає до періоду інфантильного віку майже у 5 разів – з $6,7 \pm 0,07$ кгс/мм² до $28,8 \pm 0,11$ кгс/мм². У тварин молодого, зрілого та передстаречого віку тривкість на розтягнення залишається майже стабільною та складає відповідно $32,20 \pm 0,17$ кгс/мм², $31,30 \pm 0,25$ кгс/мм² та $28,40 \pm 0,21$ кгс/мм². Лише у тварин старечого віку відбувається зменшення тривкості на розтягнення. При цьому різниця з показником зрілого віку становить 23,01% ($p \leq 0,05$). Вивчення межі міцності на згин показало відмінність параметру міцності від вектора навантаження на кістку. При цьому кісткова тканина великогомілкової кістки є більш стійкою до передньо-задніх навантажень, ніж від бічних. Така відмінність може бути обумовлена мікроскопічною будовою органа, а саме орієнтацією мінералізованих колагенових волокон, що складають пластинки остеонів. Межа міцності на згин у передньо-задньому напрямі незначно зростає з підсосного до ювенільного віку з $13,54 \pm 0,09$ кгс/мм² до $20,21 \pm 0,15$ кгс/мм².

Таким чином, параметри міцності характеризуються зростанням числа твердості кісткової тканини з підсосного до зрілого вікового періоду та значним зменшенням у передстаречому та старечому віці. Межа міцності на стискання та розтягнення має подібну динаміку, при цьому показник тривкості на згинання зменшується в динаміці спостереження, що свідчить про втрату еластичності кістки з віком.