

Влияние низких температур и ионизирующего облучения на физико-механические свойства фиброзной оболочки перикарда и лепестков аортального клапана свиньи

А.А. Горленко, И.П. Михайлова, Б.П. Сандомирский

Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, г. Харьков

Effect of Low Temperatures and Ionizing Irradiation on Physical-Mechanical Properties of Porcine Pericardium Fibrous Membrane and Aortic Valve Leaflets

A.A. Gorlenko, I.P. Mikhailova, B.P. Sandomirsky

Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, Ukraine

Результаты реконструктивных операций с использованием бесклеточного ксеногенного пластического материала зависят от вида и качества имплантатов. Основное влияние на «судьбу» биопротезов оказывает способ их консервирования. Физико-механические параметры биопротезов влияют на физиологические аспекты их функционирования в организме и являются важными общепринятыми характеристиками биоматериала. Данное исследование нацелено на разработку принципиально нового подхода к созданию девитализированных ксенопротезов из ткани перикарда и аортальных створок клапана свиньи с использованием физических факторов (замораживание-отогрев и ионизирующее облучение).

Цель работы – изучить упругопрочностные характеристики ткани перикарда и лепестков аортального клапана свиньи на этапах девитализации при создании бесклеточных ксеногенных материалов. Объектом исследования служили фиброзная оболочка перикарда (ПФ) и лепестки аортального клапана (ЛАК), выделенные у свиней, которые были разделены на 4 группы: нативные (контрольная группа); после замораживания (-196°C) и отогрева; облученные в дозе 25 кГр; после замораживания-отогрева и последующего облучения в дозе 25 кГр. Изучение физико-механических свойств включало определение толщины (h), предела прочности (λ), относительного удлинения (L), запаса деформативной способности (δ) и модуля упругости (E). Деформацию одноосного растяжения ПФ и ЛАК проводили в продольном и поперечном направлениях в зависимости от хода волокон. Статистические данные оценивали по универсальному критерию достоверности Манна-Уитни при помощи программы «SPSS Statistics 17.0».

Результаты исследования показали, что E и λ для ПФ и ЛАК после девитализации во всех направлениях значительно выше, чем у нативных тканей. Уменьшение δ биотканей, подвергнутых девитализации, свидетельствует об увеличении жесткости створок и перикарда. Увеличение жесткости и прочности за счет снижения запаса деформативной способности ксенотканей мы связываем с действием низких температур и ионизирующего облучения, которые инициируют образование cross-linking – связей за счет сшивающей активности фибриллярных белков, которые приводят к более компактному расположению коллагеновых волокон и их структурной стабилизации. Такие изменения при сопоставлении с величиной эксплуатационного напряжения нативных тканей позволяют предположить, что при длительном существовании в организме реципиента данный материал может противостоять физической нагрузке.

The results of reconstructive surgeries using cell-free xenogenic plastic material are in many ways determined by the type and quality of implants. Though, a method of their preservation is of major importance for the fate of biological prostheses. Physical-mechanical parameters of biological prostheses greatly affect physiological aspects of their functioning within an organism, thus being considered as important generally accepted characteristics of biomaterial. The given research is targeted to development of a novel approach to producing devitalized xenoprostheses derived from porcine pericardial tissue and aortic valve leaflets using physical factors (freeze-thawing and ionizing irradiation).

The aim of the research is to investigate stress-strain properties of porcine pericardial tissue and aortic valve leaflets at the stages of devitalization when producing cell-free xenogenic scaffolds. The objects of research were pericardial fibrous membrane (PFM) and aortic valve leaflets (AVL), isolated from pigs, divided into 4 groups: i) native (control group); ii) after freezing (-196°C) and thawing; iii) irradiated with a dose of 25 kGray; iv) after freeze-thawing and subsequent irradiation with a dose of 25 kGray. The study of physical-mechanical properties involved evaluation of the thickness (h), limit strength (λ), relative elongation (L), reserve of deformability (δ) and stretch modulus (E). Deformation of monoaxial extension of PFM and AVL was done in longitudinal and transverse directions depending on the arrangement of fibers. Statistical data were evaluated with Mann-Whitney significance test criterion using an SPSS Statistics 17.0. software.

The obtained results showed that the λ and E values in PFM and AVL following devitalization in all the directions were much higher as compared with native tissues. A reduction in the δ value of devitalized biological tissues indicated a rise in rigidity of aortic leaflets and pericardium. We believe an increase in rigidity and strength owing to a certain reduction in the deformability reserve of xenotissues to be related to the effect of low temperatures and ionizing irradiation, initiating the formation of intra- and intermolecular cross-links due to cross-linking ability of fibrous proteins, thus resulting in a denser arrangement of collagenic fibers in biological tissues and their respective structural stabilization. The availability of these changes when compared with the values of the working stress in native tissues suggested the given material to be capable of successfully withstanding physical loads during long-term existence in the recipient organism.

