

Pengembangan Desain Prostesis Lumbosakroiliaka (LSI) Berdasarkan Studi Morfometri Lumbosakral Populasi Indonesia untuk Mengatasi Defek Pasca Total Lumbosakrektomi pada Chordoma = Development of Lumbosacroiliac Prosthesis (LSI) Design Based on Indonesian Population Lumbosacral Anthropometry Study to Overcome Post-Total Lumbosacroectomy Defects in Cordomas with Biomechanical Experimental Tests on Artificial Bone

Arsanto Triwidodo, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920520493&lokasi=lokal>

Abstrak

Kordoma adalah jenis tumor ganas dan langka yang biasanya terjadi di tulang belakang, terutama sakrum atau lumbosakrum. Tumor tersebut mengakibatkan gangguan struktur anatomi tulang belakang yang mengarah ke kondisi cacat ketika daerah yang terkena diangkat. Operasi rekonstruksi menggunakan implan tulang belakang yang terdiri atas kombinasi batang dan sekrup saat ini masih menunjukkan tingkat kegagalan dan kompleksitas pembedahan yang tinggi. Selain itu, hanya sedikit prostesis yang dapat memfasilitasi preservasi saraf dan rekonstruksi parsial. Oleh karena itu diperlukan prostesis baru untuk memenuhi kebutuhan rekonstruksi tulang belakang.

Penelitian ini merupakan proses pengembangan desain baru prostesis lumbal dan sakrum berdasarkan studi antropometri yang berpotensi untuk diproduksi dalam skala besar dan memfasilitasi preservasi saraf maupun rekonstruksi parsial. Desain dikembangkan dengan tahapan identifikasi kebutuhan, pembuatan konsep, pemilihan konsep dan material, pengembangan detail desain, dan tahap akhir berupa pembuatan prototipe. Pada tahap akhir dilakukan pengujian fisik dan instalasi pada kadaver menggunakan bahan polylactic acid (PLA) dan aluminium serta pengujian virtual dengan finite element method (FEM). Proses ini dilanjutkan dengan diskusi ahli dan uji biomekanik menggunakan prostesis berbahan dasar titanium. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Anatomi Departemen Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (FKUI) dan Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Mesin Universitas Indonesia (FTUI) pada Januari 2020–Juni 2022.

Dimensi ukuran morfometri tulang lumbal laki-laki lebih besar dibandingkan perempuan, kecuali parameter spinal canal depth, vertebral body height anterior, ventral straight breadth, dan transverse diameter of the base ($p < 0,05$). Pada proses pengembangan desain dan konsep, terdapat 3 spesifikasi produk utama yaitu desain yang menyerupai anatomi asli, sistem modular, dan implan dengan beberapa ukuran. Ti-6Al-4V dipilih untuk material berdasarkan skor terbaik untuk evaluasi material dan persyaratan kinerja kepadatan rendah, kekuatan tarik tinggi, kekuatan luluh tinggi, young modulus rendah, ketahanan aus tinggi, ketahanan korosi tinggi, dan biaya rendah. Pembobotan faktor properti dilakukan menggunakan metode logika digital. Selanjutnya pada pengujian FEM, desain yang telah dikembangkan memenuhi kriteria untuk penggunaan sehari-hari dengan tegangan tertinggi 149,53 MPa dan faktor keamanan 2,56 kali. Berdasarkan uji biomekanik kondisi nyata, tegangan terkoreksi terbesar untuk prostesis adalah pada kondisi pembebanan fleksi 118,6 MPa pada komponen sakrum S2 kanan. Semua kondisi pembebanan pada masing-masing komponen menunjukkan ketahanan terhadap tegangan dan tidak mengalami kegagalan sama sekali. Prostesis lumbosakral yang baru dirancang ini menunjukkan hasil yang memuaskan dari segi teknik bedah,

pemasangan, maupun uji biomekanik serta dapat menjadi pilihan metode bedah untuk rekonstruksi defek tulang vertebra.

.....Cordoma is a rare and malignant type of tumor that usually occurs in the spine, especially the sacrum or lumbosacrum. The tumor resulted in disruption of the anatomical structure of the spine leading to a deformed condition when the affected area was removed. Reconstructive surgery using spinal implants consisting of a combination of rods and screws currently still shows a high failure rate and surgical complexity. Moreover, few prostheses can facilitate nerve preservation and partial reconstruction. Therefore a new prosthesis is needed to meet the needs of spinal reconstruction.

This research is the process of developing a new design of lumbar and sacral prostheses based on anthropometric studies that have the potential to be produced on a large scale and facilitate nerve preservation and partial reconstruction. The design is developed with the stages of needs identification, concepts generation, concepts and materials selection, detailed designs development, and prototype production. In the final stage, physical testing and installation was carried out on the cadaver using polylactic acid (PLA) and aluminum as well as virtual testing using the finite element method (FEM). This process was followed by expert discussions and biomechanical tests using titanium-based prostheses. This research was conducted at the Anatomy Laboratory of the Department of Anatomy, Faculty of Medicine, University of Indonesia (FMUI) and Mechanical Engineering Laboratory, Faculty of Engineering, University of Indonesia (FEUI) in January 2020–June 2022.

The morphometric dimensions of the male lumbar spine were larger than those of the female, except for the parameters spinal canal depth, anterior vertebral body height, ventral straight breadth, and transverse diameter of the base ($p < 0.05$). In the design and concept development process, there are 3 main product specifications, namely designs that mimic the original anatomy, modular systems, and implants of several sizes. Ti-6Al-4V was selected for the material based on the best score for material evaluation and performance requirements of low density, high tensile strength, high yield strength, low young modulus, high wear resistance, high corrosion resistance and low cost. Property factor weighting is done using a digital logic method. Furthermore, in the FEM test, the design that has been developed meets the criteria for daily use with a maximum stress of 149.53 MPa and a safety factor of 2.56 times. Based on real-condition biomechanical tests, the largest corrected stress for the prosthesis is at a flexion load of 118.6 MPa on the right sacral component S2. All loading conditions on each component show resistance to stress and no failure at all.

This newly designed lumbosacral prosthesis has shown satisfactory results in terms of surgical technique, fitting, and biomechanical tests and can be the preferred surgical method for reconstruction of vertebral defects.