

Aspekty metodyczne projektowania powłok sztywnych gorsetów korekcyjnych do leczenia skoliozy idiopatycznej

Streszczenie

Tematyka rozprawy doktorskiej jest ułożona w dziedzinie ortotyki tułowia i dotyczy istotnej luki w wiedzy nt. sposobu kształtowania charakterystyk mechanicznych sztywnych gorsetów ortopedycznych stosowanych w terapii skoliozy idiopatycznej, z naciskiem na uzyskanie założonej efektywności korekcyjnej z jednoczesnym podwyższeniem parametrów funkcjonalnych poprzez redukcję masy ortezy, poprawę komfortu cieplno-wilgotnościowego oraz poprawę akceptacji przez pacjenta. Tak sformułowany problem naukowy wiąże się z brakiem w literaturze opisu metodyki umożliwiającej modyfikację geometrii typowej litej powłoki gorsetu bez pogorszenia jej zdolności do przekazywania obciążeń korekcyjnych, z jednoczesną poprawą ww. funkcjonalności. Celem pracy było opracowanie autorskiej, opartej na podstawach teoretycznych, metody projektowania struktury geometrycznej powłoki gorsetu. Metodę oparto na koncepcji linii przepływu sił (ang. *force flow lines*) w wariacie trajektorii maksymalnych naprężeń głównych (ang. *maximum principal stress trajectories*). Proponowaną metodykę, wywodzącą się z analizy ścieżek obciążenia (ang. *load paths*), oparto na modelowaniu powłok z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES), a uzyskane wyniki zweryfikowano eksperymentalnie z wykorzystaniem interferometrii plamkowej ESPI, zastosowanej do pomiarów na rzeczywistych modelach powłok wykonanych techniką addytywną.

Symulacje numeryczne wykazały, że na podstawie układu linii przepływu sił jest możliwe zidentyfikowanie schematu pracy typowej litej powłoki ortezy, w tym wskazanie obszarów odpowiadających za funkcję korekcyjną, rozciągających się między miejscami przyłożenia sił korekcyjnych oraz obszarów pełniących jedynie rolę pomocniczą, np. stabilizującą gorset na tułowie. Wyciągnięte wnioski wykorzystano do sformułowania zasad projektowania zmodyfikowanych powłok. Walidacje eksperymentalne, w tym testy interferometrii plamkowej, potwierdziły zgodność modeli numerycznych z zachowaniem się rzeczywistych modeli mechanicznych, podkreślając potencjał metody w projektowaniu ortez o ulepszonych właściwościach użytkowych, sprzyjających komfortowi pacjenta. Poprzez wykorzystanie linii przepływu sił do zaprojektowania w powłoce systematycznie rozmieszczonych perforacji uzyskano redukcję powierzchni powłoki o ponad 50% i masy

powłoki o ponad 40% przy braku spadku sztywności korekcyjnej, co wykazano w badaniach numerycznych i eksperymentalnych prototypów wytworzonych metodą druku 3D.

Wyniki badań wskazują na przydatność proponowanej metody w interdyscyplinarnej integracji ortotyki, mechaniki konstrukcji i inżynierii materiałowej, otwierając perspektywy dla innowacyjnych rozwiązań ortotycznych.

Stanimir Gryzak