

بیومکانیک ستون فقرات

دکتر محمد حق پناهی

دانشیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران

بیومکانیک ستون فقرات یکی از شاخه‌های اصلی بیومکانیک ارتوپدی محسوب می‌شود که در سه دهه اخیر به عنوان یکی از اولویتهای پژوهشی بسیار مهم در مراکز تحقیقاتی بین المللی مطرح است. این شاخه در دو دهه اخیر در دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران به عنوان یکی از محورهای اصلی مورد توجه قرار گرفته است و پروژه‌ها و طرح‌های پژوهشی متعددی در زمینه‌های بیومکانیک ستون مهره‌های گردنی، ستون مهره‌های کمری، بیومکانیک دیسک بین مهره‌ای، مهندسی بافت دیسک بین مهره‌ای، بیومکانیک کل ستون فقرات و انحرافات آن انجام شده و یا در حال انجام است. به همین منظور هدف اصلی این سخنرانی کلیدی مروری بر بیومکانیک ستون فقرات برپایه تحقیقات صورت گرفته و یافته‌های علمی بدست آمده می‌باشد.

به طور کلی ستون فقرات به عنوان بخشی از ساختمان اسکلتی نقش بسیار مهمی در پایداری حرکات موجودات زنده دارد و همواره مطالعه ضایعات مرتبط با آن جز اولویتهای بسیار مهم علوم ارتوپدی و بیومکانیک محسوب می‌شود. ستون فقرات از سه ناحیه اصلی ستون مهره‌های گردنی، سینه‌ای و کمری تشکیل شده است که اهم حرکات انسانها معطوف به دو ناحیه ستون مهره‌های گردنی و کمری است. اساساً مطالعه بیومکانیک ستون فقرات در دو شاخه مطالعات تجربی (مطالعات کلینیکی و آزمایشگاهی) و مطالعات ریاضیاتی دسته بندی می‌شوند. محدودیتهای بسیار زیادی در انجام تحقیقات تجربی وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به تهیه نمونه‌های کلینیکی یا آزمایشگاهی، محدودیتهای ناشی از رعایت دقیق قوانین اخلاق پزشکی، محدودیت در تکرار پذیری، بالا بودن هزینه‌های تجهیزات و نمونه‌ها و ... اشاره نمود. لذا چنانچه بتوانیم مدل‌های ریاضیاتی را مطابق با فیزیک حاکم بر ناحیه مدنظر استخراج و نتایج حاصل از این مدلها را با نتایج آزمایشگاهی محدودی که داریم صحت گذاری نماییم در نهایت می‌توان از مدل به عنوان آزمایشگاهی مجازی در مطالعات مدنظر استفاده نمود.

جهت بررسی بیومکانیک ستون فقرات گردنی، مدل‌های مختلف دو بعدی و سه بعدی به صورت دقیق و پارامتریک استخراج گردیده که در یکی از کاملترین مدل‌ها ناحیه جمجمه نیز در تحلیلها مورد بررسی قرار گرفته است. از مجموعه نتایج بدست آمده از این مدل‌های صحنه‌گذاری شده، محدوده حرکتی هر یک از مهره‌ها و دیسک‌ها و تنش‌های ایجاد شده در آنها در بارگذاری‌های مختلف در تمامی صفحات و همچنین بارگذاری‌های ترکیبی در فضای سه بعدی استخراج گردیده است. بررسی ضایعات ستون فقرات گردنی ناشی از اعمال بارهای مختلف از جمله شبیه سازی ضایعات ایجاد شده در پدیده Wiplash از یافته‌های مهم این بخش محسوب می‌گردد. بخش دیگری از تحقیقات، معطوف به مدلسازی ناحیه کمری و بررسی ضایعات دیسکی در این ناحیه است. در این زمینه نیز مدل‌های دقیق و پارامتریک مختلفی استخراج گردیده که در بخشی از آن نقش عضلات در پایداری نیز مورد بررسی قرار گرفته است. با ترکیب مدل‌های موجود، مدل پارامتری کل ستون فقرات نیز استخراج گردیده تا به کمک این مدل ریاضیاتی و مشاهدات کلینیکی، به بررسی انحرافات ستون فقرات و طراحی بریس‌ها ارتوپدی پرداخته شود.

در بخشی دیگر از تحقیقات یاد شده به طور اخص به بیومکانیک دیسک بین مهره‌ای پرداخته شده است. عطف به گستردگی ضایعات دیسکی به عنوان یکی از مهمترین عوامل دردهای یاد شده، محققان علوم پزشکی و مهندسی پزشکی را بر آن داشته تا با بررسی دقیق میکروسکوپی و میکروسکوپی، زمینه‌های پیشگیری و درمان را فراهم آورده‌اند. گام نخست این زمینه تحقیقاتی گسترده، شناخت صحیح و دقیق از ساختار، عملکرد، روند آسیب‌های جزئی و کلی و یافتن عوامل اصلی این آسیب‌ها جهت رعایت پیشگیری‌های لازم در محیطها و حرکات ریسک پذیر است. گام بعدی یافتن روشهای درمانی برپایه تحقیقات اولیه و شناخت صحیح ساختار، عملکرد و روند آسیب‌ها است. مطالعه ارتباط ضایعات دیسک بین مهره‌ای ناشی از تنش‌های مکانیکی و بررسی نقش رژیم‌های مختلف بارگذاری دینامیکی از روش آزمایشات بر روی موجود زنده یا بر روی نمونه‌های جسد انسان بسیار مشکل است. به همین منظور با استفاده از روش المان محدود و مدلسازی دیسک بین‌مهره‌ای به این روش به مطالعه فرآیند یاد شده به جهت پیش‌بینی رفتار مکانیکی آن پرداخته شده است. در مدل میکرو ساختاری که بیشتر بر پایه مهندسی بافت دیسک‌های بین مهره‌ای طرح ریزی شده است به مطالعه نقش پارامترهایی نظیر ضریب تخلخل، مطالعه تاثیرات پارامترهای الکتروشیمیایی در پاسخ مکانیکی بافت مدنظر و همچنین مطالعه شاخص تغذیه در برابر بارگذاری‌های مختلف پرداخته شده است. از طرفی برای شناسایی نحوه تخریب دیسک بین مهره‌ای بر اساس بارگذاری‌های مکانیکی مدل ماکروساختاری دیگری که بتواند به عنوان بازتابی مناسب از رفتار بیولوژیک دیسک بین مهره‌ای مطرح گردد، مدنظر قرار گرفته است تا به کمک آن به مطالعه رفتار دقیق وابسته به‌زمان دیسک پرداخته شود. در واقع رسالت اصلی این مدل پروالاستیک می‌تواند در مطالعه نقش بارگذاری‌های دینامیکی مختلف به عنوان عوامل ریسک در شروع فرآیند دژنره شدن دیسک بین مهره‌ای مطرح گردد.