

بررسی تاثیر بیهوشی عمومی بر تغییرات فشار خون شریانی بیماران بالغ و

شبیه سازی آن به کمک Abaqus

علیرضا محمودی فرد^۱

علی ملکی^۲

^۱مدرس مدعو گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه علامه فیض کاشانی، alireza10.m10@gmail.com

^۲دانشجوی کارشناسی پیوسته مهندسی پزشکی، انشگاه علامه فیض کاشانی، A.Malekibme@gmail.com

چکیده: هدف از این پژوهش تعیین تغییرات فشار خون شریانی در بیماران بالغی که با استفاده از بیهوشی عمومی در یکی از بیمارستان‌های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی ایران تحت عمل جراحی قرار می‌گرفتند، بود. این مقاله از نوع توصیفی - تحلیلی است که در یکی از بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام شده است. در این پژوهش فشار خون شریانی ۴۰ نفر از بیماران به وسیله فشارسنج جیوه‌ای و گوشی پزشکی و مشاهده مستقیم در مراحل مورد نظر ثبت و ضبط گردیده است و داده‌های مورد نظر به کمک آزمون t زوج مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل، نشان‌دهنده این موضوع بوده‌اند که میانگین اختلافات فشار خون سیستولیک بیماران مورد پژوهش در مرحله قبل از القاء بیهوشی ۱۰، حین بیهوشی ۱۸/۶۲ و بلافاصله پس از عمل و خارج نمودن لوله تراشه ۱۱ است؛ همچنین میانگین اختلاف‌های فشار خون دیاستولیک بیماران مورد نظر در این مراحل در مقایسه با فشار خون آن‌ها در بخش در مراحل فوق به ترتیب ۳/۲۵، ۵/۸۷ و ۸/۸۷ و ۶/۶۲ است که آزمون آماری معنی‌دار بودن این اختلافات را نمایش می‌دهد. نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری داده‌های کسب شده نشان‌دهنده وجود تغییرات فشار خون بیماران در همه مراحل قبل و بعد از القاء بیهوشی، حین عمل و بلافاصله پس از عمل جراحی و خارج نمودن لوله تراشه است؛ همچنین نتایج حاصل از شبیه‌سازی تغییر قطر و مقدار مقاومت دیواره شریان‌های قلبی بیماران در زمان عبور داروی بیهوشی از قلب به کمک Abaqus، نشان‌دهنده تاثیرات ناشی از استفاده این گونه داروها در اعمال مختلف جراحی است.

کلید واژه‌ها: بیهوشی عمومی، فشار خون، جراحی عمومی، شبیه‌سازی شریان قلبی

۱. مقدمه

عامل، فشار خون است؛ تنظیم فشار خون به این منظور است که جریان کافی خون به بافت‌ها، به‌خصوص به مغز و قلب حفظ شود [۱].

عوامل و شرایط مختلفی فشار خون را تحت تاثیر قرار می‌دهند که یکی از این موارد ممکن است درمانی باشد که فرد به هر دلیلی بخواهد تحت عمل جراحی و بیهوشی قرار گیرد. گردش خون بیمار بیهوش کمتر از کسی است که بیدار بوده و قابلیت مقابله با استرس را دارد؛ به‌خصوص در فردی که بیماری‌اش وخیم است؛ در میان آن‌هایی که افت فشار متوسط شریانی بیش

از گذشته تا کنون انسان به اهمیت قلب به عنوان یک عضو حیاتی پی برده است؛ عضوی که اگر اختلال و اشکال در نحوه کار و فعالیت‌اش به وجود آید، سبب به مخاطره افتادن حیات انسان می‌شود؛ مغز نیز عضو دیگری است که همانند قلب از اهمیت و حساسیت ویژه‌ای برخوردار است؛ مغز و قلب دو بافتی هستند که به علت نیازهای بسیار زیاد متابولیسمی آسیب‌پذیرترین بستر عروقی را دارند و تامین سلامت آن‌ها نیازمند جریان خون کافی در آن‌ها می‌باشد؛ مقدار خون مورد نیاز آن‌ها به وسیله عوامل متعددی تامین می‌گردد که مهم‌ترین

از ۲۰ میلی‌متر جیوه پایین‌تر از فشار اولیه دارند، در صورتی‌که این افت فشار بیش از ۶۰ دقیقه طول بکشد، ۱،۵ درصد از آن‌ها مستعد پیدایش اختلالات کلیوی پس از عمل هستند [۲].

در مورد خطر افت فشار خون بر اثر خونریزی نیز باید توجه داشت که به محض این که بیمار به مرحله استفاده از کلیه مکانیسم‌های جبرانی می‌رسد، با کاهش اندکی دیگر از حجم خون وضعیت گردش خون به سرعت مختل شده و برون‌ده قلبی، فشار خون و پرفوزیون بافتی به شکل تهدید کننده‌ای کم می‌شوند و منجر به شوک شده و در صورت ادامه پیدا کردن، انقباض شدید عروقی (که نوعی مکانیسم جبرانی به شمار می‌رود) به حفظ فشار شریانی کمک خواهد کرد؛ اما این موضوع وضعیت بیمار را پیچیده‌تر کرده و پرفوزیون نسبی را بیشتر کاهش می‌دهد؛ در نتیجه سیکل معیوبی شروع می‌شود که به دلیل صدمات وسیع سلولی شوک و ... قابل برگشت است [۳]. ازدیاد فشار خون یکی از ریسک‌ها و فاکتورهای مهم است؛ هیپرتانسیون سبب افزایش چسبندگی پلاکتی و آزاد شدن آمین‌های وازواکتیو از آن‌ها می‌گردد؛ در فشار خون بالا به علت شکستگی آندوتلیوم، نکروز فیبرینوئید ایجاد می‌شود و فیبرین خون به سمت سلول‌های طبقه مدیا رانده می‌شود و میکرو آنوریسم‌های مختلف تشکیل می‌گردند که گاه پاره شده و این مساله در عروق مغز به خصوص گانگلیون‌های کف جمجمه شایع است [۴].

به‌طور کلی باید دانست که حبس شدن انیدرید کربنیک، کمبود اکسیژن، درد و تزریق مایعات و خون به میزان زیاد سبب بالا رفتن فشار خون در موقع بیهوشی خواهد شد؛ از این‌رو باید مراقبت خاصی به عمل آورد که از بروز چنین مسائلی پیشگیری کند [۵]. اصول حفاظتی دیگر در این راستا پیشگیری از افت فشار خون ناشی از افزایش مقدار دارو، یعنی دو اصل تجویز حداقل مقدار داروی بیهوشی سازگار با شرایط جراحی و القاء تدریجی بیهوشی و یا تغییر آهسته یک مرحله بیهوشی به مرحله بعدی است؛ لذا جراح باید بداند ایجاد حداقل عمق بیهوشی برای بیمار مطمئن‌ترین کار است؛ گاهی بیمار غلظتی از داروی بیهوشی را که تدریجاً به دست آمده باشد تحمل می‌کند، در صورتی که ممکن است همین غلظت را اگر سریعاً ایجاد شده باشد، تحمل ننموده و دچار افت عمیق فشار خون شود [۱]. بنابراین از آنجا که مساله نگهداشتن فشار خون در حد طبیعی

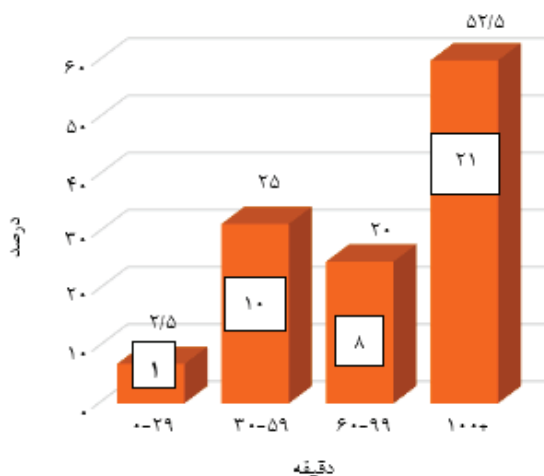
در حین بیهوشی در اعمال جراحی عمومی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و بنا به دلایلی بسیار، متخصص بیهوشی باید از درجه پهناتری نسبت به سایر پزشکان به اهمیت فشارخون بنگرد، زیرا پزشکان معمولاً فشار خون را در افرادی اندازه می‌گیرند که فعالیت سیستم سمپاتیکی آن‌ها طبیعی است، هوشیار بوده و فعالیت عصبی-عضلانی طبیعی دارند و از هوای اتاق تنفس می‌کنند، اما متخصص بیهوشی بر بالین شخصی حضور دارد که بیهوش است و احتمالاً فعالیت سیستم سمپاتیک او کاهش یافته و اغلب عضلاتش فلج شده است و تنفس کمک شده یا کنترل شده او با به کار بردن غلظت‌های بیش از طبیعی اکسیژن انجام می‌گیرد؛ به همین منظور، متخصص بیهوشی باید در کلیه مراحل به میزان فشار خون توجه کرده و به موقع اقدامات لازم را به عمل آورد و درست تصمیم‌گیری کند؛ در این راستا بررسی فشار خون در حین بیهوشی عمومی در اعمال جراحی، اولین عمل به‌شمار می‌رود؛ لذا پژوهشگر سعی می‌کند که با انجام این تحقیق نوسانات فشار خون را مشخص کند تا این مساله روشن شود که این‌گونه بیماران ممکن است دچار اختلالاتی در رابطه با فشار خون خود اعم از افت فشار خون یا بالا رفتن از حد طبیعی فشار خون خود گردند؛ بنابراین با توجه به نکات مذکور، این پژوهش به تعیین تغییرات فشار خون شریانی بیماران از پذیرش آنان به اتاق عمل تا اتمام جراحی و بیهوشی پرداخته است.

۲. روش کار

این مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی مقایسه‌ای است که در سال ۱۳۷۰ در یکی از بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام شده است؛ در این پژوهش تعداد ۴۰ نفر از بیماران که دارای شرایط ذیل بودند، انتخاب گردیدند:

- ۱- کلیه بیماران می‌بایست بیش از ۲۰ سال سن می‌داشته‌اند.
- ۲- کلیه بیماران باید تحت عمل جراحی عمومی (دستگاه گوارش- دستگاه ادراری) قرار می‌گرفتند.
- ۳- اعمال جراحی پس از القاء بیهوشی عمومی در آنان انجام گرفته شود.

مدت عمل نیمی از واحد های مورد پژوهش (۵۲/۵) از ۱۰۰ دقیقه به بالا بوده است و تنها ۲/۵٪ از آنان مدت عملشان در فاصله زمانی بین ۰ تا ۲۹ دقیقه بوده است (نمودار ۳).



نمودار ۳- توزیع فراوانی مطلق و نسبی بیماران مورد پژوهش بر حسب مدت عمل (دقیقه)

نتایج به دست آمده نشان می دهد که میانگین اختلاف فشار خون سیستولیک بیماران در بخش و قبل از القاء بیهوشی ۹/۷۵ است و آزمون آماری نشان داد که این نتیجه معنی دار است؛ همچنین میانگین اختلاف فشار خون دیاستولیک بیماران در بخش و قبل از القاء بیهوشی ۳/۲۵ است که آزمون آماری در واقع معنی دار بودن آن را نمایش می دهد (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه فشار خون سیستولیک و دیاستولیک بیماران مورد پژوهش در بخش و قبل از القاء بیهوشی

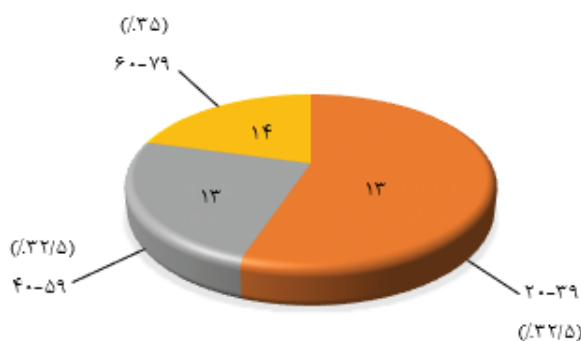
متغیر	فشار خون سیستولیک	فشار خون دیاستولیک
میانگین اختلافات	۹/۷۵	۳/۲۵
انحراف معیار اختلافات	۱۳/۶۷	۷/۲۹
df	۳۹	۳۹
t زوج	۴/۵۱	۲/۸۲
نتیجه	$p < ۰/۰۰۱$	$p < ۰/۰۰۱$

یافته های این پژوهش نشان می دهد که میانگین اختلاف فشار خون سیستولیک بیماران در بخش و بعد از القاء بیهوشی ۱۰ است و آزمون آماری نشان داد که این نتیجه معنی دار است؛

۴- برنامه عمل این بیماران باید از قبل برنامه ریزی شده باشد و به گفته ای عمل جراحی اورژانسی نداشته باشند و سپس به وسیله فشارسنج جیوه ای و گوشی پزشکی و مشاهده مستقیم، فشار خون شریانی بیمار در مراحل ذکر شده ثبت و ضبط گردید و سایر اطلاعات مربوط به سن و ... از پرونده بیماران به دست آمد؛ داده های مورد نظر به کمک آزمون t زوج مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

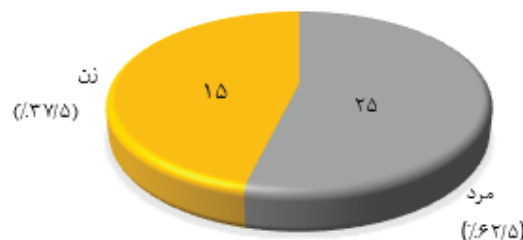
۳. نتایج

در پژوهش ها توزیع فراوانی سن بیماران تحت پژوهش در گروه های سنی مختلف پراکندگی یکسانی دارد (نمودار ۱).



نمودار ۱- توزیع فراوانی مطلق و نسبی بیماران مورد پژوهش بر حسب سن

از بیماران مورد پژوهش مردان با ۲۵ نفر بیشترین درصد و زنان ۱۵ نفر کمترین درصد جامعه مورد پژوهش را تشکیل می دهند (نمودار ۲).



نمودار ۲- توزیع فراوانی مطلق و نسبی بیماران مورد پژوهش بر حسب جنس

میانگین اختلافات	۱۱	۶/۶۲
انحراف معیار اختلافات	۳۰/۱۰	۱۰/۷۰
df	۳۹	۳۹
t زوج	۳/۴۵	۳۴/۹۱
نتیجه	$p < ۰/۰۰۱$	$p < ۰/۰۰۱$

همچنین میانگین اختلاف فشار خون دیاستولیک بیماران در بخش و پس از القاء بیهوشی ۵/۸۷ است که آزمون آماری در واقع معنی دار بودن را تایید می کند (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه فشار خون سیستولیک و دیاستولیک بیماران مورد پژوهش در بخش و پس از القاء بیهوشی

متغیر	فشار خون سیستولیک	فشار خون دیاستولیک
میانگین اختلافات	۱۰	۵/۸۷
انحراف معیار اختلافات	۱۹/۸۰	۹/۱۲
df	۳۹	۳۹
t زوج	۳/۱۹	۴/۰۷
نتیجه	$p < ۰/۰۰۱$	$p < ۰/۰۰۱$

۴. بحث

عوامل متعددی نظیر استرس و نگرانی های بیمار در رابطه با اعمال مختلف جراحی و یا محیط ناآشنای اتاق عمل، تاثیر داروهای بیهوشی و یا سایر داروها، موقعیت بیماران هنگام اعمال جراحی و یا اقداماتی که حین یا پس از اتمام اعمال مختلف جراحی مانند ساکشن کردن و یا تحریکات حلق و حنجره هنگام بیرون آوردن لوله تراشه به عمل آمده اند همگی می توانند باعث نوسانات فشار خون سیستولیک و دیاستولیک را در بیماران ایجاد کنند. در این مقاله اکثریت واحد مورد پژوهش (۳۵٪) ۶۰-۷۹ سال داشتند؛ ضمن آنکه توزیع فراوانی سن بیماران مورد بحث در گروه های سنی مختلف پراکندگی یکسان داشته است.

در پژوهشی که در سال ۱۹۹۰ بنتون به منظور بررسی نوسانات فشار خون شریانی سیستولیک و دیاستولیک و ضربان قلب در ۱۹۲ انسان سالم انجام داد، محقق شرکت کنندگان را به دو گروه تقسیم نمود؛ گروه اول شامل مردان و زنان بودند که از ۲۴ سال تا ۴۴ سال سن داشتند؛ گروه دوم را مردان و زنانی تشکیل می دادند که سن آنها بین ۵۰ تا ۹۰ سال بود؛ نتایج تحقیق نشان داد که به طور طبیعی و روزانه چه در حالت بیداری و چه در حالت خواب، فشار خون سیستولیک و تعداد ضربان قلب در دو گروه با هم تفاوتی نداشت؛ اما فشار خون سیستولیک در زمان بیداری در گروه دوم به طور متوسط ۱۷ میلی لیتر جیوه بیشتر از گروه اول بود. در مقاله حاضر نیز میانگین اختلاف های فشار خون سیستولیک بیماران مورد پژوهش در بخش و قبل از القاء بیهوشی (بیداری) ۹/۷۵ و فشار خون دیاستولیک آنها ۳/۲۵ را نشان می دهد که آزمون آماری t زوج معنی دار بودن آن را نمایش می دهد؛ به طور کلی نتایج نشان داد که با توجه به سالم بودن کلیه شرکت کنندگان در پژوهش، سن می تواند یکی از عوامل تاثیرگذار در نوسانات فشار خون سیستولیک به شمار آید [۶].

میانگین اختلاف فشار خون سیستولیک بیماران در بخش و حین بیهوشی ۱۸/۶۲ است و آزمون آماری نشان داد که این نتیجه نیز معنی دار می باشد؛ میانگین اختلاف فشار خون دیاستولیک بیماران در بخش و حین بیهوشی ۸/۸۷ می باشد که آزمون آماری هم معنی دار بودن آن را نشان می دهد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه فشار خون سیستولیک و دیاستولیک بیماران مورد پژوهش در بخش و در حین بیهوشی

متغیر	فشار خون سیستولیک	فشار خون دیاستولیک
میانگین اختلافات	۱۸/۶۲	۸/۸۷
انحراف معیار اختلافات	۱۹/۳۴	۱۲/۸۶
df	۳۹	۳۹
t زوج	۶/۰۸	۴/۳۶
نتیجه	$p < ۰/۰۰۱$	$p < ۰/۰۰۱$

میانگین اختلاف فشار خون سیستولیک بیماران در بخش و بلافاصله پس از عمل و خارج کردن لوله تراشه ۱۱ است و آزمون آماری هم نشان داد که این نتیجه نیز معنی دار است؛ همچنین میانگین اختلاف فشار خون دیاستولیک بیماران در بخش و بلافاصله پس از عمل و خارج کردن لوله تراشه ۶/۶۲ است که آزمون آماری هم معنی دار بودن آن را تایید می کند (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه فشار خون سیستولیک و دیاستولیک بیماران مورد مطالعه پس از عمل و خارج کردن لوله تراشه

متغیر	فشار خون سیستولیک	فشار خون دیاستولیک
-------	-------------------	--------------------

همبستگی مثبت بین سرعت پر شدن بطن و درصد برون‌ده قلب وجود دارد؛ همچنین همخوانی قابل ملاحظه‌ای بین معیار فعالیت دهلیز چپ و توده بطن چپ مشاهده و بررسی گردید؛ نتیجه کلی آزمون نشان داد که سن مهم‌ترین عامل فردی در پر شدن بطن چپ و در نهایت فشار خون در بیمارانی که سن بالاتر از ۵۳ سال داشتند، بوده است [۷].

۵. معرفی نرم‌افزار ABAQUS

نرم‌افزار ABAQUS یک نرم‌افزار اجزاء محدود قدرتمند است که در عین توانایی‌های گسترده، به‌سادگی قابل یادگیری و استفاده است؛ روش اجزا محدود یا روش المان‌های محدود که به اختصار FEM (Finite element method) نامیده می‌شود، روشی عددی برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل جزئی و نیز حل انتگرال‌هاست؛ اساس کار این روش یا حذف کامل معادلات دیفرانسیل یا ساده‌سازی آن‌ها به معادلات دیفرانسیل معمولی، که با روش‌های عددی مثل اویلر حل می‌شوند، می‌باشد؛ در حل معادلات دیفرانسیل جزئی مساله مهم این است که به معادله ساده‌ای که از نظر عددی پایدار است به این معنا که خطا در داده‌های اولیه و در حین حل آنقدر نباشد که به نتایج نامفهوم منتهی شود برسیم. روش‌هایی با مزایا و معایب مختلف برای این امر وجود دارد که روش اجزاء محدود یکی از بهترین آن‌هاست؛ این روش در حل معادلات دیفرانسیل جزئی روی دامنه‌های پیچیده (مانند وسایل نقلیه و لوله‌های انتقال نفت)، یا هنگامی که دامنه متغیر است، یا وقتی که دقت بالا در همه جای دامنه الزامی نیست و یا اگر نتایج همبستگی و یکنواختی کافی را ندارند، بسیار مفید می‌باشد. نرم‌افزار ABAQUS قابلیت شبیه‌سازی مسائل پیچیده مهندسی را در زمینه‌های مختلف مهندسی عمران، مهندسی مکانیک و... دارد؛ از آنجایی که انجام آزمایشات عملی بسیار پرهزینه است، استفاده از شبیه‌سازی اجزا محدود می‌تواند به‌عنوان یک ابزار جایگزین به‌کار برده شود [۷].

۶. کاربردهای ABAQUS

سیستم قلب و عروق یکی از زمینه‌هایی است که از دیرباز تاکنون توجه بسیاری از محققین به بررسی و شناخت رفتار آن معطوف بوده است و از آنجایی که این سیستم به‌صورت تعاملی از اعضای

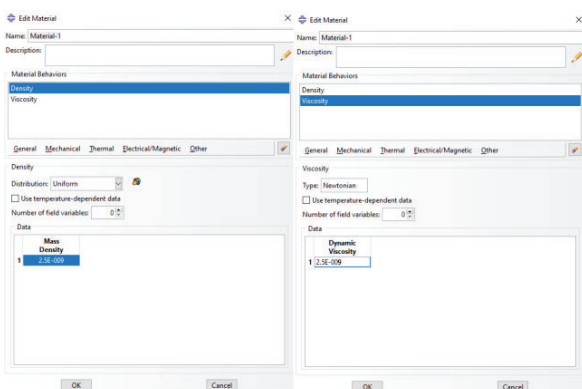
استرس‌های وارد به بیمار در حین بیهوشی مانند خونریزی در طول عمل جراحی، داروهای بیهوشی، دست‌کاری‌های جراح و طولانی شدن مدت‌زمان عمل و بیهوشی از عوامل مهم تغییرات فشار خون به حساب می‌آیند؛ در پژوهش انجام شده نیز مدت عمل نیمی از بیماران (۵۲٪/۵) از ۱۰۰ دقیقه به بالا بود و تنها (۲٪/۵) از آنان مدت عمل‌شان در فاصله زمانی بین ۰ تا ۲۹ دقیقه بوده است و در مقایسه‌ای که بین فشار خون سیستولیک و دیاستولیک بیماران مورد تحقیق در بخش و در حین بیهوشی انجام شده است میانگین اختلافات به ترتیب ۱۸/۶۲ و ۸/۸۷ را نشان می‌دهد و آزمون معنی‌دار بودن آن را تایید می‌کند.

میانگین اختلاف فشار خون سیستولیک و دیاستولیک بیماران در مرحله بلافصله پس از عمل جراحی و خارج کردن لوله‌ی تراشه در مقایسه با فشارخون همین بیماران در بخش به ترتیب ۱۱ و ۶/۶۲ است.

پژوهشی در سال ۱۹۹۰ به‌منظور بررسی این نظریه که بیماران در معرض خطر، زمانی که تحت اعمال جراحی عمومی و تحت بیهوشی عمومی قرار می‌گیرند، دارای پیش‌آگهی پیدایش تغییرات فشار خون در ضمن عمل می‌شوند، انجام شد؛ نتایج پژوهش هم نشان داد که بیمارانی که دچار هیپوتانسیون شدید شده بودند پس از جراحی عوارض قلبی و کلیوی در آن‌ها بیشتر مشاهده گردید؛ نتیجه کلی آزمون نشان‌دهنده این بود که فشار خون باید در این‌گونه بیماران که در معرض خطرند هنگام اعمال مختلف جراحی به‌طور منظم کنترل شود و در صورت مشاهده هرگونه کاهش سریعاً درمان گردد [۲].

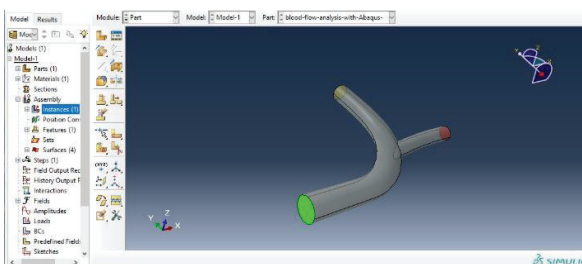
همچنین پژوهشی در سال ۱۹۸۹ توسط وایت و همکاران به‌منظور بررسی ارتباط فشار خون با سن و ساختار قلبی با توانایی دیاستولیک بطن چپ انجام گردید؛ در این پژوهش ۴۷ بیمار که ۲۱ نفر از آن‌ها با فشارخون طبیعی و ۲۶ نفر دیگر دارای فشار خون بالا بودند، مورد مطالعه قرار گرفتند؛ ابزار گردآوری داده‌ها در این پژوهش مشاهده بود که به کمک کنترل ۲۴ ساعته فشار خون و اکوکاردیوگرافی صورت گرفت؛ بخشی از مطالعه این چنین بود: آن‌هایی که فشار خون کمتر از ۱۳۰/۸۰ و بیماران با فشار خون بالا در حالت بیداری فشارخونی بیش از ۱۳۰/۸۰ داشتند. مطالعات انجام شده نشان داد که یک همبستگی منفی بین سرعت پر شدن بطن با سن و یک

انجام تحلیل در حوزه دینامیک سیالات محاسباتی از طریق پنجره آغازین نرم افزار، گزینه with CFD model را انتخاب می کنیم؛ فایل قطعه مورد نظر که دارای پسوند .igs است را به برنامه از طریق گزینه File و گزینه Import Part وارد می کنیم؛ پس از آن باید خواص قطعه وارد شده را تعیین کنیم؛ برای انجام این کار به ماژول Property برنامه رفته و خواص مکانیکی مربوط به خون (برای ویسکوزیته مقدار 2×10^{-3} و برای چگالی هم همین مقدار) را وارد می کنیم؛ شکل ۱ نحوه تعریف این مقادیر را نشان می دهد.



شکل ۱- نحوه تعیین جنس رای تحلیل CFD

در ادامه نیز مقطعی از نوع Fluid همگن ایجاد کرده و به مدل هندسی اختصاص می دهیم؛ پس از آن بر روی گزینه assign section کلیک کرده و قطعه مورد نظر را انتخاب می کنیم؛ حال به محیط assembly رفته و قطعه را با گزینه create instance وارد می کنیم؛ از آنجایی که در گام های بعدی از حل به سطوح ورودی/خروجی جریان و نیز دیواره رگ نیاز داریم، از طریق گزینه Tools و گزینه Surface create در منوی اصلی چهار سطح مجزا برای قطعه ایجاد می کنیم؛ شکل ۲ نحوه ایجاد اجزای مختلف قطعه را نمایش می دهد.



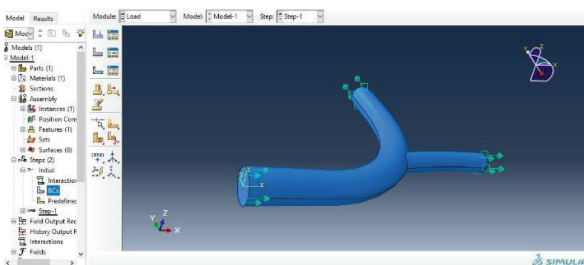
شکل ۲- تعیین ورودی ها و خروجی ها در مدل رگ

تشکیل دهنده اش عمل می کند، بررسی آن به صورت سیستمی از اعضایش کارآمدتر واقع می شود؛ از این رو است که در تاریخچه تحقیق انجام شده در این موضوع می توان ردپای ایده (دیدگاه سیستمی) را مشاهده کرد عمل پیچیدگی مکانیکی رفتار آن مانعی در این راه بوده و جهت غلبه بر این مانع دیدگاه هایی که آن را به صورت مدارهای الکتریکی یا اجرای لامپ شده در نظر گرفته اند، وارد عمل شده اند. ظهور روش عددی در علم مکانیک ابزار دیگری را در این باب در اختیار محققین قرار داد؛ یکی از این روش ها روش اجزای محدود است که در این شبیه سازی مورد استفاده قرار می گیرد؛ با داشتن ابزاری که بتواند رفتار سیستم گردش خون را مدل کند، می توان تاثیر بیماری ها و یا داروهای مختلف بر رفتار آن را مدل سازی کرده و از این راه دید روشنی از تاثیرات آن ها بر روی سیستم داشته و در نهایت راهکار مناسبی در جهت درمان پیش گرفت [۸].

همان طور که در بخش قبلی به طور کلی توضیحات مختصری درباره چگونگی عملکرد و نحوه انجام محاسبات در Abaqus ارائه شد، با توجه به توضیحات می توان به یکی از کاربردهای بسیار مهم و حیاتی این نرم افزار که در واقع شبیه سازی و تحلیل جریان های قلبی به کمک روش تحلیل المان اجزای محدود، است، اشاره کرد. در یک نگاه کلی برای تحلیل اجزای محدود، باید گام های زیر را طی کرد:

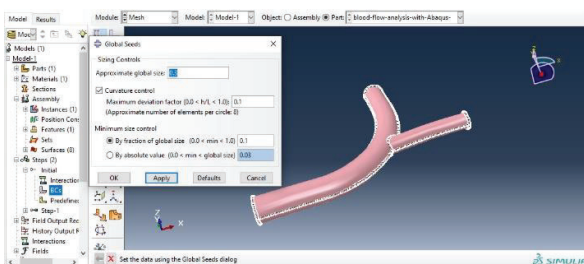
- ۱- گسسته سازی دامنه معادلات حاکم
- ۲- تعیین تابع شکل برای المان ها
- ۳- حل معادلات حاکم برای یک المان
- ۴- سرهم بندی المان ها و تشکیل دستگاه معادلات حاکم بر کل مدل
- ۵- اعمال بارگذاری و شرایط مرزی
- ۶- حل دستگاه معادلات حاکم بر کل مدل
- ۷- به دست آوردن اطلاعات مهم دیگر

در این مقاله تلاش شده است تا به کمک ابزار تحلیل المان های محدود در Abaqus نحوه حرکت و جابجایی جریان خون در مجاری شریان های قلبی شبیه سازی شده و تاثیر داروهای بیهوشی بر قطر و فشار خون موثر بر دیواره این شریان ها به شکل کلی نمایش داده شود؛ بدین منظور ابتدا قطعه مورد نظر خود را به برنامه وارد می کنیم (در اینجا مجرای شریان قلبی است)؛ برای



شکل ۵- نمایش سیال در مدل پس تعیین سرعت و فشار

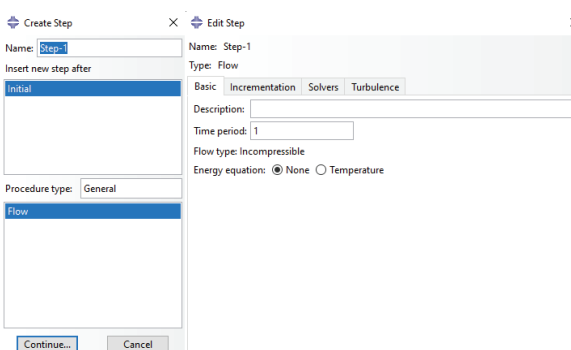
پس از تعیین سرعت و فشار جریان، باید برای قطعه یک مش تعیین کنیم؛ در آخرین گام از فرآیند مدل سازی مساله CFD در Abaqus به ماژول Mesh وارد شده و شبکه اجزا محدودی به اندازه ۰.۳ واحد برای مدل رگ در نظر می گیریم؛ سپس المان های نوع Tet را انتخاب کرده و تیک مربوط به Insert boundary layer را فعال می کنیم؛ در پنجره باز شده نیز Inactive faces مورد نظر خود را وارد کرده و از بخش مستثنا هر سه سطح ورودی و خروجی را از ایجاد لایه مرزی مستثنا می نماییم؛ شکل ۶ نحوه ایجاد مش و اعمال تنظیمات مربوط به آن را نشان می دهد.



شکل ۶- طریقه تعریف اندازه مش جهت تحلیل CFD

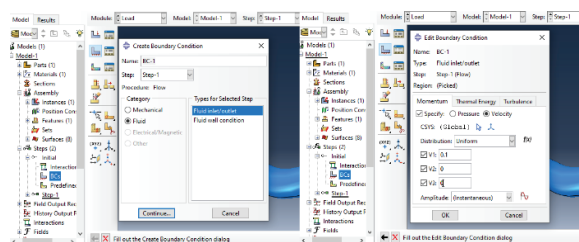
در شکل ۷ نیز مدل مش زده شده نهایی رگ نشان داده شده است؛ در مرحله آخر نیز برای تحلیل خودکار رگ توسط برنامه باید یک Job کرده و در نهایت حل مساله انجام دهیم؛ با اتمام فرایند ساخت یک Job و ارسال مساله به این ماژول برای حل، قادر خواهیم بود تا نتایج تحلیل عبور خون از درون یک شریان قلبی را مشاهده کنیم.

با توجه به شکل ۲ بخشی از رگ که به رنگ سبز در آمده است، نشان دهنده ورودی، رنگ زرد نشان دهنده خروجی ۱، رنگ قرمز نشان دهنده خروجی ۲ و بدنه اصلی رگ نیز با رنگ خاکستری مشخص گردیده است؛ پس از مشخص نمودن ورودی و خروجی های قطعه نوبت به تعیین گام و شرایط مرزی می رسد. برای تعیین نوع حل گر و زمان حل مساله در Abaqus به ماژول step رفته و حل گری از نوع Flow step با زمان یک ثانیه تعریف می کنیم؛ سایر پیش فرض های موجود در این بخش را پذیرفته و در ادامه تحلیل CFD به محیط Load وارد می شویم؛ شکل ۳ نحوه تعیین شرایط مرزی را نشان می دهد.



شکل ۳- تعیین گام برای حل CFD

با توجه به ماهیت مساله نیاز داریم تا به تعریف سرعت و فشار جریان در ورودی/خروجی های مورد نظر بپردازیم؛ با توجه به شکل ۴ شرایط مرزی مورد نظر خود را به شکل دقیق به قطعه اعمال می کنیم.



شکل ۴- نحوه تعریف سرعت سیال ورودی در سطح ورودی

شکل ۵ نیز در واقع شکل سیال در مدل را پس از تعیین سرعت و فشار نشان می دهد.

[7] White WB, Schulman P, Dey HM, et al. Effects of age and 24 – hour ambulatory blood pressure on rapid left ventricular filling. Am J Cardiol 1989 Jun; 38(3): 1343 – 7.

[8] www.magiran.com

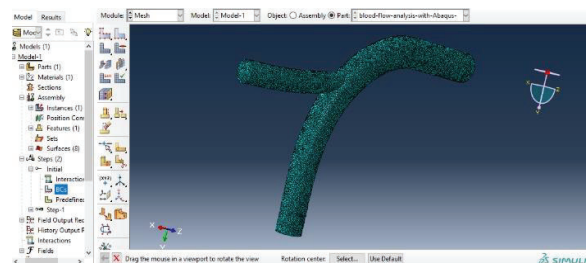
[9] www.researchgate.net/publication/340502868_Abaqus_In_Biomedical_Engineering.

[10] www.umec.ir/cfd-analysis-of-blood-flow-in-bifurcation-vessel-with-abacus.

[11] www.femex.ir/questions/categories/abacus

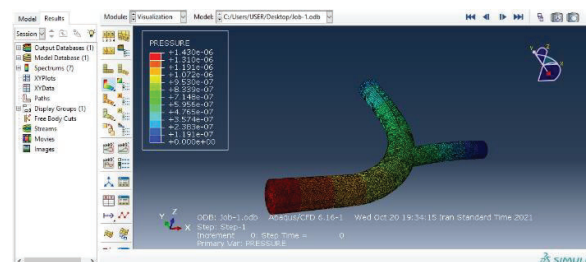
[12] www.civilercity.com

[13] www.ucivil.ir



شکل ۷- نمایش مدل مش زده شده مدل رگ

تصویر زیر کانتور فشار در تحلیل CFD جریان خون در مجرای دو راهی شریان قلبی توسط Abaqus را نشان می‌دهد [۹].



شکل ۸- تحلیل کانتور فشار جریان خون در مجرای دو راهی شریان قلبی

۷. مراجع

[۱] درپیس آردی، اکنهوف جی‌ای، وندام ال دی، مقدمه‌ای بر بیهوشی، ترجمه محمد شمس‌زاده امیری، تهران: عصر جدید،

۱۳۶۸

[2] Charison ME, Mackenzie CR, Gold JP, et al, Preoperative characteristics predicting intraoperative hypotension and hypertension among hypertensive and diabetics undergoing non cardia surgery. Ann surg 1990 Jul; 13(2):66-81.

[3] Harrison RJ. Disorders of the cardiovascular system .New York: McGraw – Hill, 1987.

[۴] قارونی منوچهر، بیماری ایسکمیک قلب، تهران: روزبهان،

۱۳۶۸.

[۵] تشید محمداسماعیل، انتخاب روش بیهوشی، تهران:

دانشگاه تهران، ۱۳۶۴.

[6] Benton LA, Berry SJ, Yaters FE. Ulteradian rhythmic models of blood pressure variation in normal human daily life. Chronobiologia 1990 Apr – June; 15(1): 95-116.