KN0-0902-3601

آشنایی با پروتزهای اندام تحتانی و فناوری‌های کمک حرکتی و شبیه‌سازی آن به کمک Solidworks

علی‌ملکی [۱] A.malekibme@gmail.com
علیرضا محمودی‌فرد [۲] alireza10.m10@gmail.com

[۱] دانشجوی کارشناسی پیوسته مهندسی پزشکی دانشگاه علامه فیض‌کاشانی
[۲] مدرس مدعو گروه مهندسی پزشکی دانشگاه علامه فیض کاشانی

چکیده: در کشورهای در حال توسعه، علت اصلی قطع عضو اندام تحتانی، ایجاد اختلال در سیستم گردش خون است؛ علت اصلی ایجاد این اختلالات، ایجاد گرفتگی در عروق شریانی می‌باشد؛ اگرچه تا یک سوم از بیماران، بیماری‌های دیگری مانند دیابت نیز دارند، این افراد معمولا در دهه ششم زندگی خود یا پیرتر هستند و عمدتا مشکلات پزشکی دیگری هم دارند که توانایی راه رفتن آن‌ها را محدود می‌کند. در کشور انگلستان در سال حدود ۵۰۰۰ قطع عضو عمده انجام می‌گیرد؛ در مقایسه، در کشورهای درحال توسعه، عمده قطع عضوها به‌دلیل آسیب‌های مربوط به حادثه یا اتفاق در زمان درگیری و یا انواع آسیب‌های صنعتی، ممکن است به‌وجود آید. فناوری و تحقیقات جدید، میزان کارکرد و ظاهر پروتزهای پا را ظرف دهه گذشته، بسیار متحول کرده است؛ امروزه هر فردی که به هر دلیلی مجبور به قطع پا می‌شود، دامنه انتخاب وسیع‌تری نسبت به گذشته دارد؛ مدل‌های مختلف پروتز اندام مصنوعی به‌منظور انواع فعالیت‌ها، از پیاده‌روی و دویدن گرفته تا دوچرخه‌سواری و گلف و شنا کردن و حتی اسکی روی برف، طراحی و ساخته می‌شوند. در این مقاله سعی شده است تا انواع پروتزهای مربوط به اندام تحتانی و کاربردهای آن به‌طور کلی بیان و نشان داده شوند؛ همچنین یکی از انواع پروتزهایی که در افزایش کارایی و عملکرد عضو قطع شده بیماران بسیار موثر است، به کمک نرم‌افزار ***Solidworks*** شبیه‌سازی و طراحی شده است.

کلید واژه‌ها: *اندام تحتانی، پای مصنوعی، قطع عضو، نرم‌افزار* Solidworks

۱. مقدمه

◄ پای مصنوعی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که قسمتی از پای فرد بیمار یا تمام پای او، عمدتا به‌دلیل مبتلا شدن به بیماری دیابت یا صدمه دیدن قطع شده است. در کشورهای در حال توسعه، دلیل اصلی قطع عضو اندام تحتانی، اختلال در سیستم جریان خون می‌باشد؛ علت اصلی این اختلال‌ها هم وجود گرفتگی در عروق شریانی قلبی است؛ در کشورهای درحال توسعه، اکثر قطع عضوها به‌دلیل آسیب‌هایی است که در زمان درگیری فرد یا آسیب‌های صنعتی و یا ترافیکی رخ می‌دهند. پای مصنوعی انواع گوناگونی دارد؛ از وسیله‌ای مقدماتی که راه رفتن بر روی سطح صاف را ممکن می‌کند گرفته است تا پای مصنوعی هوشمندی که دویدن یا انجام فعالیت‌های ورزشی نیمه حرفه‌ای یا حرفه‌ای را امکان‌پذیر می‌کند. بهره گیری از فیزیوتراپی و کاردرمانی هم برای آموزش چگونگی نحوه انجام دادن وظایف عادی روزمره در محیط-هایی از قبیل منزل ضروری هستند. اگرچه زمان شروع استفاده از پروتز پای مصنوعی در بیماران مختلف تفاوت دارد، در مجموع این فرآیند معمولا چند هفته بعد از جراحی عضو قطع شده شروع

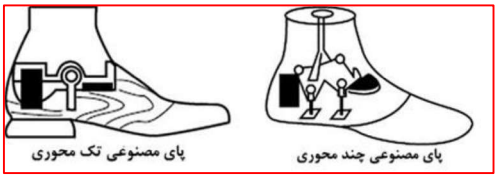
می‌شود. امروزه به مدد پیشرفت‌هایی که در زمینه ساخت و طراحی انواع پروتزهای مختلف صورت گرفته است، افرادی که به هر علتی مجبور به قطع پای خود شده‌اند، دامنه انتخاب بسیار وسیعی دارند؛ این‌گونه پروتزهای پیشرفته برای انواع فعالیت‌های مختلف مانند پیاده‌روی تا اسکی روی برف به‌کار می‌روند. مواد چوبی و فولادی سنگین در طول سال‌ها با پلاستیک سبک، انواع آلیاژهای مختلف فلز و کامپوزیت‌های فیبرکربنی جاگزین گردیده‌اند. بسیاری از پاهای مصنوعی جدید، شباهت خیلی زیادی به پای طبیعی خود انسان دارند و می‌توانند قسمتی از انرژی تولید شده در زمان راه-رفتن فرد را ذخیره کنند و دوباره به بدن بازگردانند.

پروتزهای اندام تحتانی

◄ پروتز به عضو مصنوعی گفته می‌شود که جایگزین اندام از بین رفته فرد می‌گردد تا بتواند عملکردهای نرمال فرد را به میزان مورد نیاز فراهم کند. پروتزها بر اساس ارزیابی‌های انجام شده روی سطح‌های مختلف قطع عضو و شرایط قسمت باقی‌مانده از عضو قطع شده تهیه می‌گردند. دو روش عمده در ساخت و طراحی انواع پروتزهای اندام تحتانی وجود دارد؛ پروتزهای اگزواسکلتال (پروتزهای دارای ساختار بیرونی سخت) و پروتزهای اندواسکلتال(پروتزهای دارای ساختار درونی سخت). در پروتزهای اگزواسکلتال، نوعی پوشش سخت بیرونی وجود دارد که از جنس لامینه سخت پلاستیکی است و مقاومت پروتز و شکل ظاهری آن را هم پوشش می‌دهد؛ این نوع از پروتز دوام بسیار بالایی داشته اما محدودیت در انتخاب قطعات در این نوع از پروتز وجود دارد و پروتز خروجی از نوع اگزواسکلتال نسبت به اندواسکلتال ثقیل‌تر است؛ این نوع از پروتز برای افرادی که می‌خواهند سال‌های طولانی از یک پروتز ثابت استفاده کنند، مناسب است. پروتزهای اندواسکلتال یک میله سبک از جنس آلومینیم، تیتانیم یا کربن هستند؛ در این نوع از پروتزها، قطعات زانو و پنجه و اتصالات، قابلیت تعویض و تغییر دارند و یک پوشش زیبا از جنس مواد نرم و سبک مانند ابر و فوم داشته که می‌تواند گذاشته یا برداشته شود؛ در آخر نیز یک روکش انعطاف‌پذیر از جنس نایلون مانند یک جوراب زنانه روی پروتز کشیده می‌شود. افراد مختلف به‌خصوص افرادی که فعالیت زیادی در طول روز دارند، می‌توانند از این نوع پروتز استفاده کنند؛ اشکال عمده این نوع از پروتزها، زود از بین رفتن پوشش زیبای روی آن‌ها می‌باشد.

قطعات پنجه و مچ

◄ امروزه بیش از صد نوع پنجه پروتزی در بازار وجود دارد؛ ساده‌ترین نوع پنجه، نوع SACH است که یک بخش چوبی در داخل خود دارد و به‌وسیله یک پوشش فوم از جنس پلی‌یورتان پوشیده شده است؛ دوام خیلی بالایی دارد، اما فاقد قطعه متحرک است؛ این نوع پروتز، ساده‌ترین نوع پای مصنوعی است که هیچ قطعه متحرک و غیر مفصلی ندارد. شکاف پاشنه پروتز SACH از جنس لاستیک نرم بوده و به‌علت فشرده شدن در ابتدای راه رفتن، مثل مچ پای طبیعی عمل می‌کند، ولی جنس Keel سخت بوده تا میزان پایداری پا را در وضعیت میانی گام برداشتن تامین کند و فقط به پا اجازه حرکتی جزئی را دهد. پروتز SACH با بلندی پاشنه‌های مختلفی تهیه می‌شود تا مناسب کفش‌هایی با بلندی پاشنه مختلف باشد. نوع دیگری از پنجه، پنجه تک محوری نام دارد که بیشتر برای افراد دارای فعالیت خیلی زیاد تجویز می‌گردد. پنجه دیگری نیز به‌نام پنجه چند محوری وجود دارد که امکان چرخش پا را در عین فراهم کردن ثبات می‌دهد؛ این نتیجه برای افرادی که در سطوح شیب‌دار راه می‌روند، انتخاب خوبی است. شکل ۱ انواع پای مصنوعی تک‌محوری و چند محوری را نشان می‌دهد.



شکل۱- انواع پای مصنوعی تک‌محوری و چند محوری

پایلون

◄ پایلون به بخشی از پروتز گفته می‌شود که وزن را از سوکت به پنجه پروتز منتقل می‌کند. اکثر افراد مایل هستند از پایلون‌های

دینامیک استفاده کنند تا ضربه‌های منتقل شده به استمپ زمانی که پاشنه به زمین برخورد می‌کند را کاهش دهند؛ این موضوع برای ورزشکاران و افراد فعال اهمیت بالایی دارد. حالت فنر مانند پایلون‌های دینامیک، زمان راه رفتن به پیشروی فرد بیمار رو به جلو، کمک شایانی می‌کند. برخی از پایلون‌ها قدرت جذب کردن انواع حرکت‌های پیچشی پنجه تا اندازه ۴۵ درجه را دارند؛ این نوع از پایلون‌ها برای افراد تنیس‌باز و گلف‌باز مناسب می‌باشد.

انواع زانو

◄ امروزه انواع مدل های مختلف از زانوهای پروتزی در بازار یافت می‌شوند. این زانوها در دوگروه مکانیکی و کامپیوتری جای می‌گیرند؛ زانوهای مکانیکی امکان دارد تک‌محوری یا چندمحوری باشند؛ زانوی تک‌محوری همانند یک لولا عمل می‌کند و ارزان سبک و بادوام می‌باشد؛ اصطکاک درون این نوع پروتز از حرکت خیلی سریع ساق پا به سمت جلو خودداری می‌کند و فقط امکان راه‌رفتن با یک سرعت نرمال و مشخص را برای فرد مهیا می‌کند. زانوهای چندمحوری برای افرادی که فعالیت زیادی دارند، مناسب می‌باشد؛ از لحاظ هزینه از زانوهای کامپیوتری ارزان‌تر است و راه رفتن با ثبات‌تری را نسبت به زانوهای تک‌محوری مهیا می‌کند. زانوهای چندمحوری انواع مختلفی از جمله نیوماتیکی و هیدرولیکی دارند که اجازه راحت راه رفتن فرد با سرعت‌های مختلف را می‌دهند. زانوهای کامپیوتری که به آن‌ها میکروپروسسوری هم گفته می‌شود، جدیدترین نوع از زانوهای پروتزی هستند که به افراد امکان راه رفتن طبیعی و راحت را می‌دهند؛ در مقایسه با زانوهای مکانیکی این نوع از زانوها بسیارگران هستند ولی برای افراد دارای فعالیت بدنی بالا یا افراد دارای قطع عضو از چند ناحیه اندام تحتانی، مناسب هستند.

پای میکروپروسسوری

◄ این نوع از پروتزها دسته جدیدی از اجزای اندام‌های پروتزی به‌شمار می‌آیند؛ این اجزای پا، سنسورهای کوچک مربوط به کنترل کامپیوتری هستند و اطلاعات را هم از اندام فرد و هم از محیط اطراف خود، مورد پردازش قرار می‌دهند تا بتوانند با نیازهای مختلف فرد سازگاری یابند؛ بر اساس اطلاعاتی که سیگنال‌های ورودی به‌دست می‌آید، این پروسسورها یک الگوریتم و یا مجموعه‌ای از قوانین خاص را به‌منظور تصمیم‌گیری در مورد اینکه چگونه مچ پا یا خود پا بتواند در هر شرایطی پاسخ‌دهد، اعمال می‌کنند؛ ریزپردازنده دستورالعمل‌هایی را برای بخش‌های مختلف پروتز مهیا می‌کند تا پروتز بتواند عملکرد مطلوبی را برای پا فراهم کند. مچ‌های پا امروزه از سنسورهای مختلفی مانند سنسور زاویه مچ‌پا، شتاب‌سنج، ژیروسکوپ‌ها و سنسورهای گشتاور بهره می‌برند. در ادامه، میکروپروسسور سیگنال‌های ورودی را در این نوع سیستم‌ها دریافت کرده و در واقع تصمیم می‌گیرند چگونه موقعیت‌های مختلف مچ را تعیین کنند و یا چگونه موتور مچ پا را در فاز ایستاده تنظیم کند. بزرگترین مزیت ذاتی یک سیستم مچ پا یا خود پا با MPC نسبت به پروتزهای دیگر پا، داشتن توانایی افزایش واکنش نسبت به شرایط محیطی گوناگون همراه با ارائه خواص مکانیکی متفاوت و یا ترازبندی به‌منظور بهبود تعادل و افزایش میزان تحرک فرد کاربر می‌باشد؛ هدف نهایی این کلاس از پای پروتزی، این است که بتواند حرکات و توابع مربوط به پای فرد سالم را تقلید کند؛ با این وجود، دستگاه‌ها در توانایی خود به‌منظور هماهنگی با محیط‌های اطرافشان متفاوت هستند. اگرچه این نوع از پاها توانایی حرکت خودکار پاها و مچ پا را دارند، اما به شکل مستقیم با بدن ارتباط ندارند. میکروپروسسور یا پایه پروتزهای متحرک نیاز به باتری داشته تا تراشه، سنسورها، موتورها و محرک‌ها را به حرکت درآورند؛ قطعات الکترونیکی همراه با سیستم‌های پروسسوری، آن‌ها را بسیار حساس‌تر از نمونه‌های مشابه خود می‌کنند؛ اکثر آن‌ها نباید به هیچ وجه در محیط‌های دارای آب یا خود آب و یا محیط‌های پر گرد و غبار وارد و استفاده شوند. اغلب ریزپردازنده‌ها وزن بیشتری نسبت به سایر پروتزهای بدن دارند؛ کاربران این نوع پروتزها می‌توانند در زمان‌هایی که میکروپروسسور اطلاعات را استخراج می‌کند و بخش‌های مختلف مچ پا را تنظیم می‌کند، متوجه خارج شدن صداهایی از پروتز شوند؛ سطح ساخت بالاتر از تکنولوژی کنونی و طراحی پیچیده‌تر این مدل از پروتزها به معنای گران‌تر بودن آن است. شکل۲ در اصل یک مدل از پروتزهای میکروپروسسوری را نشان می‌دهد.

شکل۲- انواع پای میکروپروسسوری

مفاصل مختلف ران

◄ ساده‌ترین نوع مفصل ران همانند یک لولا عمل کرده و به سمت جلو خم می‌گردد و تا وضعیت کامل باز شده و در حالت ایستادن باز می‌شوند؛ نوع قفل‌دار از این نوع پروتز، به کمک یک قطعه کنترل‌کننده گام امکان ثابت شدن بیشتر را فراهم می‌کند؛ سیستم کنترل‌کننده خم شدن ران شامل نوعی فنر فشرده بوده که پیش از باز شدن کامل زانو، ران را خم می‌کند و مانع گیرکردن سرپنجه‌ی پروتزی به زمین می‌گردد؛ آن چیزی که تضمین کننده توانایی فرد در راه رفتن می‌باشد، قرار دادن صحیح مفصل ران از نظر آناتومیکی است.

پروتز کردن قسمتی از پا

◄ قطع عضو از ناحیه پنجه پا در مواقعی که خون‌رسانی به پا به‌دلیل گرفتگی شدید شریانی ضعیف شده باشد، انجام می‌گیرد؛ این موضوع نگرانی بسیاری از افراد دیابتی و سیگاری است؛ چون بیماری‌های عروقی در این افراد شایع‌تر می‌باشد. امروزه قطع عضو قسمتی از پنجه پا بیشتر رواج پیدا کرده است، چون عملکرد پا و تعادل آن در این سطوح از قطع عضو بیشتر حفظ می‌گردد. پاشنه، انگشت شست و سایر انگشتان پا، سه ناحیه اصلی و اولیه پا هستند که عملکرد پا را به‌خوبی ممکن می‌سازند؛ حتی اگر بخش کوچکی از پا دچار آسیب شود، این عملکرد هم دچار اختلال می‌گردد. با توجه به نوع قطع عضو انواع پروتزها در موارد قطع عضوهای مختلف ساخته می‌شود؛ در واقع پروتز خوب پروتزی است که به کاهش درد کمک کند و عملکرد فرد را پس از قطع عضوش بالا برد؛ نقص عضوی که در این نوع از قطع عضو در پا به‌وجود می‌آید، طول اندام تحتانی و تعادل آن را هم به هم می‌زند. تلاشی که بدن انجام می‌دهد تا با این اغتشاش ایجاد شده مقابله کند، می‌تواند باعث ایجاد درد در بدن شود؛ پروتزهایی که در این قطع عضوها به‌کار می‌روند عبارتند از: کفی‌هایی که در ناحیه انگشتان قطع شده با مواد پر گردیده‌اند و دارای حمایت طولی قوس کف پایی هستند و یا راکرهایی در کف کفش ترکیب می‌گردند، ارتزهای مچ و پا که به‌کمک قالب‌گیری ساخته می‌شوند و قسمت قطع عضو در آن بازسازی می‌شود، یا پروتزهای زیبایی که از جنس سیلیکون هستند و یا پروتز با سوکت پلاستیکی و پروتزهای دریچه‌دار. شکل ۳ چند نوع از پروتزهای انگشتان پا را نشان می‌دهد.

شکل۳- انواع پروتز انگشتان پا

سایم

◄ این نوع از قطع عضو به قطع از سطح مفصلی مچ گفته می‌شود؛ این بدین‌معنی است که کل مچ پا از بین مفصل مچ برداشته می‌شود و قوزک‌ها هک تراشیده می‌شوند و پد پاشنه به سمت جلو چرخیده و انتهای استخوان درشت‌نی را می‌پوشاند؛ برخی از افراد با این نوع قطع عضو به سختی می‌توانند از پروتز استفاده کنند، اما برخی دیگر پوشیدن این نوع از پروتز برایشان آسان است؛ این سطح قطع عضو مانند بقیه قطع عضوهای از میان پنجه ممکن است نیاز به جراحی بازبینی داشته باشد تا فرد بتواند در استفاده از پروتز راحت‌تر باشد. سوکت سخت یکی از اجزای پروتز سایم می‌باشد؛ در داخل این سوکت یک لایه نرم درونی وجود دارد که زیر زانوی فرد ادامه پیدا کرده است؛ طرح‌های دیگری هم برای ساخت این نوع از پروتز وجود دارد که در آن یک دریچه در پشت سوکت تعبیه شود که به‌کمک آن پوشیدن پروتز آسان‌تر شود؛ پنجه‌هایی که برای این نوع از پروتزها قابل استفاده هستند، نوع SACH و کربنی هستند. شکل ۴ نوعی پروتز سایم را نمایش می‌دهد.

شکل۴- پروتز سایم

پروتز زیر زانو

◄ پروتز زیر زانو به‌طور عمومی از یک سوکت که از روی قالب استمپ فرد ساخته شده و یک پایلون و یک عدد پنجه تشکیل شده است؛ بعضی مواقع یک وسیله تعلیق اضافی هم برای نگهداری از پروتز روی بدن لازم است. زمان دریافت پروتز در هر فردی با فرد دیگر متفاوت است اما به‌طور معمول فرد دچار نقص عضو زیر زانو روند روند دریافت پروتز را چند هفته پس از جراحی قطع عضو شروع می‌کند؛ پروتز فوری در برخی افراد بعد از قطع عضو استفاده می‌شود اما در برخی از افراد از بانداژ سخت در چند هفته اول پس از جراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ برای ساختن سوکت باید از اندام فرد یک قالب گچی ساخت. استفاده از انواع پروتزهای مقدماتی فواید زیادی برای فرد دچار قطع عضو به همراه خواهد داشت؛ این پروتزهای مقدماتی به استمپ فرد دچار قطع عضو در واقع این اجازه را می‌دهد تا ورم پایش کم شود و زخم آن به‌طور کامل خوب شود؛ فرد روی استمپ خود از لایه های جوراب پروتزی یا انواع ژل‌های سیلیکونی استفاده می‌کند و پس از آن سوکت را پوشیده تا از پوست حساس استمپ مراقبت کند؛ همین‌طور که ورم استمپ پای فرد به‌طور روزانه کاسته می‌شود، از اندازه استمپ آن هم کم می‌شود؛ فرد با کم شدن حجم استمپ به لایه‌های جورابی که زیر سوکت پوشیده است اضافه می‌کند تا از لق زدن سوکت روی سوکت جلوگیری کند؛ پایلون پروتز موقت نباید با پوشش زیبایی پوشانده شود تا فرد پروتزیست بتواند تغییراتی که در راستای اعمال پروتز جدید نیاز است را انجام دهد؛ در طول دوره‌ای که فرد از پروتز موقتی استفاده می‌کند، باید به‌صورت منظم پوست استمپ آن بررسی گردد تا زخم و ساییدگی در آن به‌وجود نیاید؛ هنگامی‌که حجم استمپ موقت فرد ثابت ماند و فرد توانست کلیه فعالیت‌های خود را به شکل عادی انجام دهد، در این زمان می‌توان یک پروتز دائمی را به کمک قالب‌گیری از روی همان استمپ قبلی برای فرد ایجاد کرد.

پروتزهای بالای زانو

◄ پروتزهای بالای زانو دارای یک سوکت ساخته شده از روی قالب استمپ فردی که دچار قطع عضو شده است، زانوی پروتزی پایلون و پنجه می‌باشد. بعضی مواقع به یک وسیله برای تامین تعلیق پروتز روی بدن فرد دچار قطع عضو نیاز می‌باشد. یک ساختار حمایت‌کننده استمپ در هفته اول قطع عضو پس از جراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای ساخت سوکت، به‌کمک یک باند گچی از روی استمپ فرد قالب گرفته می‌شود. استفاده از پروتزهای اولیه فواید زیادی برای فرد دچار قطع عضو دارد؛ این نوع از پروتزها به استمپ فرد این امکان را می‌دهد که از ورم آن کاسته شود و زخم آن به‌طور کامل بهبود پیدا کند؛ در این مدت بهبودی فرد روی استمپ خود از لایه‌های جوراب پروتزی یا انواع ژل‌های سیلیکونی استفاده کرده و سپس سوکت را می‌پوشد تا از پوست حساس استمپ خود محافظت کند؛ همین‌طور که ورم استمپ پای فرد به‌طور روزانه کاسته می‌شود، از اندازه استمپ آن هم کم می‌شود؛ فرد با کم شدن حجم استمپ به لایه‌های جورابی که زیر سوکت پوشیده است، اضافه می‌کند تا از لق زدن سوکت روی سوکت جلوگیری کند. پایلون پروتز موقت نباید با پوشش زیبایی پوشانده شود تا فرد پروتزیست بتواند تغییراتی که در راستای اعمال پروتز جدید نیاز است را انجام دهد؛ در طول دوره‌ای که فرد از پروتز موقتی استفاده می‌کند، باید به‌صورت منظم پوست استمپ آن بررسی شود تا زخم و ساییدگی در آن به‌وجود نیاید. هنگامی‌که حجم استمپ موقت فرد ثابت ماند و فرد توانست کلیه فعالیت‌های خود را به شکل عادی انجام دهد، در این زمان می‌توان یک پروتز دائمی را به‌کمک قالب‌گیری از روی همان استمپ قبلی برای فرد ایجاد کرد. شکل ۵ نمونه‌ای از یک پروتز بالای زانو را نشان می‌دهد.

شکل ۵- نمونه‌ای از یک پروتز بالای زانو

کانادین

◄ پروتز در قطع عضوهای از بین مفصل ران و از بین استخوان لگن، به‌طور عمومی دارای یک سوکت ساخته شده بر اساس قالب گرفته شده از استمپ فرد هستند که نوعی ساختار نرم درونی و یک فریم سخت بیرونی را داراست؛ همچنین یک مفصل ران، قطعه گرداننده، مفصل زانو، پایلون و پنجه هم دارند؛ سوکت در این سطوح قطع عضو مربوط به سمت دچار قطع عضو فرد را پوشانده و به دور تنه و سمت سالم فرد می‌چرخد و در جلو به کمک بندهای محکم به همدیگر متصل می‌شوند. برای ساخت سوکت باید با باند گچی از بدن فرد قالبی تهیه شود؛ قطع عضوهای سطوح بالا مانند قطع عضو از مفصل ران و از بین استخوان لگن از لحاظ ساخت پروتز و محکم شدن صحیح روی بدن فرد بسیار چالش برانگیز هستند؛ چون فرد چندین مفصل خود یعنی پنجه، مچ، زانو و ران را از دست داده و دستیابی به وضعیت پایدار و راحت برای او سخت می‌باشد؛ فرد دچار قطع عضو در این نوع قطع شدن زمان راه رفتن دو برابر یک انسان سالم انرژی صرف می‌کند؛ چنانچه فرد جهت پوشیدن پروتز تشویق گردد و تیم ساخت پروتز وی و خانواده او تلاش کنند و یک پروتز بسیار کارآمد ساخته شود، فرد می‌تواند به‌راحتی با آن راه رود و فعالیت‌های روزمره خود از قبیل راه رفتن، ورزش‌کردن و حتی رانندگی را به‌راحتی انجام دهد.

مهم‌ترین و اصلی‌ترین بخش در ساخت این نوع از پروتزها، قالب-گیری درست و ماهرانه از باقی‌مانده‌ی عضو در سمت دچار قطع عضو و لگن سمت سالم فرد می‌باشد. هدف در ساخت سوکت، ایجاد یک سوکت کپی همانند یک سمت سالم است؛ برای ایجاد یک سوکت کارآمد، سوکت‌های آزمایشی مختلفی ساخته شده و اشکالات پای فرد روی آن برطرف می‌گردد. کف سوکت نهایی ساخته شده از جنس مواد سخت و موازی با سطح زمین است؛ این موضوع سبب نگه‌داشتن ثابت بافت نرم استمپ داخل سوکت شده و از ورود فشار به برجستگی‌های استخوانی جلوگیری می‌کند. شکل ۶ نمونه‌ای از پروتز کانادین را به‌همراه چند نمونه از پروتزهای بالای زانو نمایش می‌دهد.

شکل ۶- انواع پروتزهای کانادین و بالای زانو

کاشت پای مصنوعی

◄ برای اولین‌بار عمل جراحی ایمپلنت پروتز اندام تحتانی در کشور صورت گرفت؛ هدف از این جراحی، بهبود کیفیت زندگی افرادی که دچار قطع عضو شده‌اند(مانند افراد جانباز) بود؛ عوارض و مشکلات ناشی از قرار دادن سوکت‌های سنتی عبارتند از: انواع عفونت‌های موضعی، حساسیت‌های پوستی محل تماس سوکت، تحمل وزن سنگین پروتز. افرادی که به قطع عضو بالای زانو دچار هستند انرژی زیادی را در حین راه رفتن از دست می‌دهند و عواقبی از جمله کمر درد ناشی از اختلال در ارگونومی و آتروفی عضلات باقی‌مانده به‌علت عدم استفاده پیوسته را به‌همراه دارد؛ این نوع از ایمپلنت‌ها که جدید هم هستند، به‌کمک ایده ایمپلنت دندان در داخل استخوان باقی‌مانده قطع عضو قرار می‌گیرند؛ مزایای استفاده از این نوع پروتز عبارتند از: احساس راه رفتن طبیعی، کاهش مصرف انرژی در زمان‌های راه رفتن، سبکی وزن پروتز بیرونی، عدم ایجاد حساسیت در محل اتصال پروتز؛ برای افرادی که قطع عضو باقی‌مانده بسیار کوتاه دارند، ایمپلنت Endo-Exo prosthesis مناسب و بسیار کاربردی است؛ عمل جراحی این نوع ایمپلنت شامل دو مرحله می‌باشد: مرحله اول، ایمپلنت Endo-prosthesis پس از بیهوش شدن بیمار و آماده‌کردن استخوان در داخل استخوان فرد کاشته می‌شود؛ کنترل ایمپلنت کاشته شده به‌کمک رادیوگرافی صورت می‌گیرد؛ پوست بسته شده

و پس از مدت ۴۵ روز به‌طور طبیعی ایمپلنت و استخوان به هم جوش می‌خورند. مرحله دوم، عمل جراحی به‌وسیله ایجاد یک سوراخ انجام می‌گیرد؛ ته پروتز داخلی پیدا می‌شود؛ به‌کمک یک رابط به پروتز بیرونی متصل می‌گردد. یک روز پس از جراحی دوم، بیمار می‌تواند راه رود و احساس راه رفتن طبیعی را هم دارد. شکل ۷ نمای بیرونی پروتز زانوی ایمپلنت شده را نشان می‌دهد.

شکل ۷- نمای بیرونی پروتز زانوی مصنوعی

معرفی نرم‌افزار Solidworks

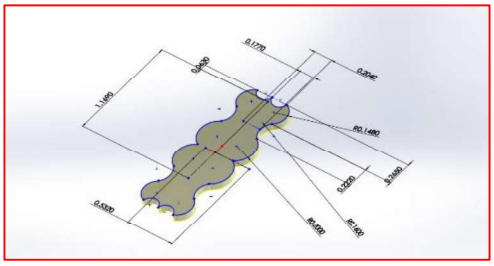
◄ Solidworks یک نرم‌افزار مهندسی طراحی به کمک رایانه می‌باشد که قابلیت اجرا بر روی ویندوز و لینوکس را دارد؛ این برنامه توسط شرکت فرانسوری داسو سیستمز ارائه شد و همچنان نیز در حال توسعه و پیشرفت است. این نرم‌افزار دارای یک محیط به نام‌های پارت و اسمبلی و دراوینگ است؛ محیط اول برای رسم قطعات به‌کار می‌رود؛ در محیط دوم قطعات یک مکانیسم بر روی هم سوار شده و در محیط آخر نیز از آن‌ها یک نقشه مهندسی برای نسخ چاپی تهیه می‌شود. این برنامه در واقع یک مدل‌ساز برای طراحی جامدات مختلف است که مبتنی بر پاراسالید بوده و از رویکرد پارامتری مبتنی بر ویژگی برای ساخت مدل‌ها و مونتاژها استفاده می‌کند. پارامتر در این برنامه، به ثابت‌هایی اطلاق می‌شود که مقدار آن‌ها شکل یا هندسه مدل یا مونتاژ مدنظر را تعیین می‌کند؛ پارامترهای عددی در این برنامه می‌توانند به کمک روابط مختلف که به هم مرتبط هستند، امکان ایجاد و ساخت طرح مورد نظر را برای کاربر ایجاد کنند.

کاربردهای Solidworks

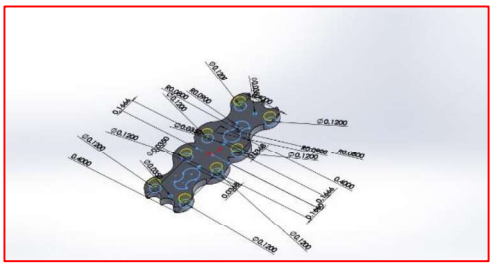
◄ به کمک این نرم‌افزار می‌توان کلیه طرح‌هایی که مربوط به جامدات مختلف است را طراحی و تولید کرد؛ به‌عنوان مثال ممکن است طراح بخواهد یک قوطی که در بالای آن سوراخی دارد را بدون توجه به ابعاد و اندازه‌های آن طراحی کند؛ Solidworks به فرد این امکان را می‌دهد تا سوراخ بالای قوطی را به‌عنوان یک مشخصه روی سطح تعریف کرده و بدون توجه به مشخصات قوطی خواسته طراح را برآورده سازد؛ همچنین طرح‌های بسیار پیچیده‌تر که در صنایع مختلفی از جمله پزشکی، راه و ساختمان، اتومبیل-سازی و ... کاربرد دارد را نیز می‌توان به‌کمک این نرم‌افزار قدرتمند طراحی و در آخر تولید کرد؛ یکی از کاربردهای مهم این برنامه در علم پزشکی، به‌خصوص بخش ارتوپدی، طراحی بسیار دقیق و کارآمد پروتزها و به‌خصوص پیچ و پلاک‌هایی است که در اعمال مختلف جراحی‌های ارتوپدی از جمله جراحی‌های مربوط به ستون فقرات مورد استفاده جراح قرار می‌گیرند. در این مقاله کوشش شده است تا یکی از انواع پیچ و پلاک‌هایی که در جراحی‌های ستون فقرات به‌کار می‌روند و در درمان و کاهش دردهای بیماران دارای ضایعه نخاعی بسیار مفید است، به کمک نرم‌افزار قدرتمند Solidworks شبیه‌سازی و طراحی شود.

طراحی یک پلاک ارتوپدی در Solidworks

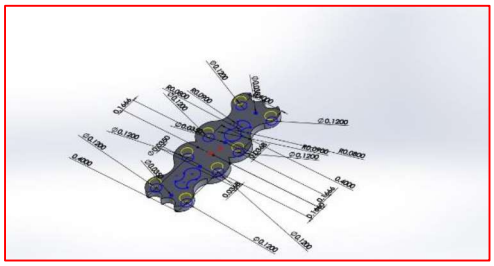
◄ به کمک نرم‌افزار طراحی جامدات Solidworks قصد داریم یک پلاک ارتوپدی بسیار پرکاربرد در اعمال جراحی ستون فقرات را طراحی کنیم؛ شکل‌های ۸ تا ۱۳ نحوه رسم و ایجاد یک پلاک را قدم به قدم نمایش می‌دهد.



شکل ۸- طرح اولیه پلاک ارتوپدی ایجاد شده به کمک ابزار sketch و feature



شکل ۹- ایجاد حفره و لبه نرم به کمک ابزار fillet و convert



شکل ۱۰- اضافه نمودن چند سوراخ دیگر به کمک ابزار fillet

شکل۱۲- یکسان‌سازی لبه‌های حفره‌ها به کمک ابزار convert

شکل۱۳- پلاک نهایی طراحی شده به کمک Solidworks

نتیجه‌گیری

◄ در کشورهای در حال توسعه علت اصلی قطع عضو اندام تحتانی، ایجاد اختلال در سیستم گردش خون است؛ علت اصلی ایجاد این اختلالات ایجاد گرفتگی در عروق شریانی می‌باشد؛ اگرچه تا یک سوم از بیماران بیماری‌های دیگری مانند دیابت نیز دارند؛ این افراد معمولا در دهه ششم زندگی خود یا پیرتر هستند و عمدتا مشکلات پزشکی دیگری هم دارند که توانایی راه رفتن آن‌ها را محدود می‌کند. در کشور انگلستان در سال حدود ۵۰۰۰ قطع عضو عمده انجام می‌گیرد. در این مقاله سعی شد تا انواع پروتزهای مختلف اندام تحتانی بررسی و عملکرد آن‌ها به‌طور مشروح بیان شوند. همان‌طور که گفته شد، استفاده از پروتزهای امروزی در افزایش میزان توانایی افراد معلول یا دچار قطع عضو و همچنین بهبود کیفیت زندگی آن‌ها تاثیر بسزایی داشته و از فواید و عملکرد بالای آن‌ها نمی‌توان چشم‌پوشی کرد. نرم‌افزار طراحی Solidworks هم به‌طور اجمالی مورد بررسی قرار گرفت و چند مورد از کاربردهای آن نام برده شد. با طراحی یک پلاک ارتوپدی در این مقاله، کاربردی بودن و نقش کلیدی‌داشتن این برنامه در صنایع مختلف ازجمله پزشکی و جراحی‌های آن پررنگ‌تر از قبل نشان داده شد.

مراجع

[1] www.pasargadmed.com
[2] www.orped.ir
[3] www.hakimclinic.ir
[4] www.omidfoot.com
[5] www.dr-abbaspour.com
[6] www.iranbmemag.com/volume 19
[7] www.wikipedia.org/wiki/solidworks
[8] www.orthosis-prosthesis.com
[9] www.hindawi.com
[10] www.iopscience.iop.org/journal/1742-6596
[11] www.nacu.ir/poroje/papers.html
[12] www.sid.ir/seminar/viewpaper.aspx?ID=8067
[13] www.civilica.com/doc/53091
[14]www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814031580
[15]www.physiopedia.com/Lower_Limb_Prosthetic_Introduction
[16] www.library.sharif.ir/parvan/resource/283941
[17] www.dicomlibrary.com