

مروری بر خواص و ساختار البسه جراحی

A Review for Camouflage Pattern Designing, Evaluating and Breaking Methods

فرزانه مرادی، محمد صالح احمدی*، حسن آقا مشروطه

یزد، دانشگاه یزد، مجتمع فنی و مهندسی، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از منسوجات پزشکی محافظ به دلیل پیشرفت در دانش و رشد آگاهی مردم افزایش چشمگیری داشته است. گان، واژه‌ای متداول برای لباس‌های محافظ است که جراحان و پرسنل اتاق عمل حین جراحی می‌پوشند. لباس جراحی باید افزون بر مقاومت در برابر نفوذ مایعات، دارای سطحی مناسب از گذردهی بخار آب و هوا باشد تا سبب کاهش راحتی شخص استفاده‌کننده نشود. همچنین لباس‌های جراحی نباید باعث ایجاد تنش گرمایی شوند. در این مقاله مروری، اطلاعاتی درباره مواد اولیه، انواع البسه جراحی، نیازمندی‌ها، دستور کارها و روش‌های آزمون آن‌ها با توجه به مطالعات پیشین ارائه شده است. همچنین خواصی از قبیل خواص ضدباکتری، دفع آب و خون و راحتی البسه جراحی بررسی شده است. با توجه به نتایج، ویژگی مهارکنندگی مایعات و خون در لباس جراحی از ویژگی بسیار مهم این البسه است که تحت تأثیر عواملی از قبیل قطر الیاف، ساختار پارچه، وزن واحد سطح آن و نوع تکمیل است. همچنین، راحتی لباس جراحی از عواملی مانند افتابش و نفوذپذیری بخار آب اثرپذیر است.

مقدمه

در سال‌های اخیر به دلیل افزایش تقاضا و آگاهی علم بهداشت دامنه استفاده از منسوجات پزشکی در بازار بسیار افزایش یافته است. بیماری‌های عفونی مانند ایدز، هپاتیت و سارس به حد هشداردهنده رسیده و دانش و ابزار، برای محافظت از این بیماری‌ها، به بهبود نیاز دارند. در اتاق عمل، بدن بیمار به‌عنوان منبع عفونت عمل کرده و به‌راحتی قابلیت آلوده کردن جراح و سایر کارکنان اتاق عمل را دارد. بنابراین لازم است، این کارکنان با استفاده از لباس‌های محافظ با نام لباس جراحی در برابر عفونت،

کلمات کلیدی

لباس جراحی،
خواص،
ساختار،
راحتی

محافظت شوند [۱]. استفاده از لباس جراحی در ابتدا برای محافظت بیماران از اعضای تیم جراحی منظور شد. این لباس با بافتی نسبتاً شل از پنبه تولید می‌شد که راحت بود و در عین حال نفوذپذیری بسیاری داشت [۲]. اما، با رشد نگرانی‌ها درباره بروز خطرهای مرتبط با انتقال عوامل بیماری‌زا از راه خون، هدف از کاربرد این البسه افزون بر حفاظت بیمار از جراح، به حفاظت جراح و کارکنان پیراپزشکی از بیمار تغییر یافت. بنابراین، لباس جراحی باید از نفوذ میکروب‌های عفونی انتقال‌پذیر به خون از راه پارچه محافظت کرده و دافع مایع باشد. در عین حال گان

*مستول مکاتبات، پیام‌نگار: ms.ahmadi@yazd.ac.ir

پارچه‌های ضد آب تنفس پذیر

انواع مختلفی از پارچه‌های تنفس پذیر و راه‌هایی که تنفس را می‌توان به پارچه اعمال کرد، از جمله مقوله‌های زیر وجود دارد:
- ترکیبی از غشاهای میکرومتخلخل و آب دوست و
- پارچه‌های تنفس پذیر هوشمند.

غشا و پوشش‌های میکرومتخلخل

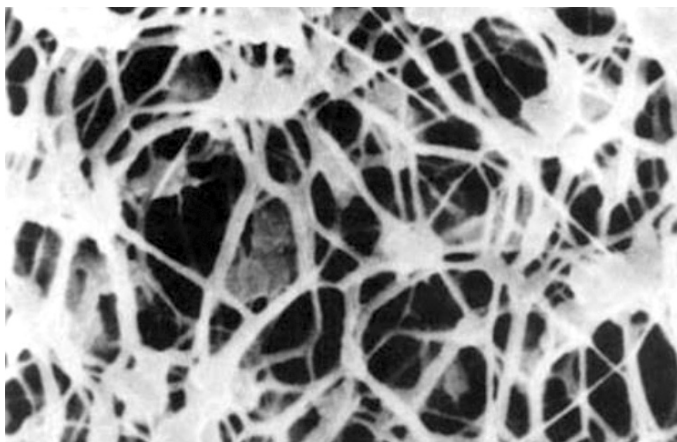
غشاهای میکرومتخلخل به‌طور کلی از پلیمرهای PTFE، پلی‌یوتان (PU)، پلی‌اولفین‌ها، پلی‌آمید، پلی‌استر، پلی‌اتر و پلی‌اتر بر پایه کopolymerها ساخته شده‌اند. پلی‌تترافلوئورواتیلن و پلی‌یورتان بسیار معمول هستند و در اغلب موارد می‌توان آن‌ها را به‌طور مستقیم روی پارچه پوشش داد یا به‌غشا متصل کرد و سپس چند لایه پارچه تشکیل داد.
غشای (یا پوشش) میکرومتخلخل را می‌توان به‌عنوان ساختار با دیواره نازک و داشتن شکل‌شناسی اسفنجی باز و اندازه منافذ کنترل شده به‌طور معمول در محدوده $0.3 \mu\text{m}$ تا $10 \mu\text{m}$ در قطر تعریف کرد. غشاهای پوشش‌های میکرومتخلخل روی شبکه به‌هم پیوسته از حفره‌های کوچک (منافذ) تکیه کرده و ساختار پلیمری نشت‌ناپذیر معرفی شده‌اند. چنین حفره‌هایی قطرها را از خود عبور نمی‌دهند، اما به اندازه کافی بزرگ‌اند که بخار آب بتواند از آن‌ها عبور کند.

غشاهای آب دوست

غشا و پوشش‌های آب دوست، فیلم‌های پلیمری بسیار نازک هستند که معمولاً پلی‌استر یا پلی‌یورتان اصلاح شده هستند. تنفس پوشش آب دوست، با منتقل کردن مولکول‌های بخار آب به خارج و جلوگیری از نفوذ مولکول‌های آب به داخل اتفاق می‌افتد، فیلم‌های پلیمری (غشا و پوشش‌ها) آب دوست (غیر میکرومتخلخل) می‌توانند بخار آب را با انتشار مولکولی یا سازوکار جذب سطحی انتقال دهند [۴].

عفونت و انتقال آن

اکثر عفونت‌های پس از عمل، در زمانی اتفاق می‌افتد که میکروارگانیسم‌ها به زخم باز دسترسی می‌یابند. میکروارگانیسم‌ها تحت تأثیر عوامل بیرونی



شکل ۱- غشای پارچه گورتکس با بزرگ‌نمایی ۴۰۰۰۰ [۴].

جراحی باید راحتی پوشنده لباس را با تبادل گرما و رطوبت بین داخل و خارج آن فراهم کند. بنابراین، نیاز اصلی پارچه این است که در برابر نفوذ مایعات، به‌ویژه خون مقاومت کند و سترون شده، تنفس پذیر، انعطاف پذیر و ارزان باشد.

پارچه‌های استفاده شده

الیاف

پنبه-پلی‌استر و پنبه به‌عنوان مواد سنتی برای تولید لباس‌های جراحی به‌شمار می‌روند [۳]. این مواد برای پوشنده راحت بوده، اما اندازه منافذ آن‌ها بزرگ است و بنابراین اجازه می‌دهد تا مایع یا ویروس‌ها از این راه انتقال یابند. منسوجات تار-پودی از پلی‌استر و پنبه پوشش یافته با فلئوئوروکربن دافع مایع نیز در دسترس هستند.

البته مقدار ماده تکمیلی پس از هر بار شست‌وشو کاهش می‌یابد و در نتیجه باید دوباره به‌طور منظم برای حفظ این اثر اعمال شود. اگرچه الیاف مختلفی می‌توانند برای لباس جراحی استفاده شوند، با وجود این، پلی‌استر تنها لیفی است که در فراهم کردن خواسته‌های متضاد راحتی و مهارسازی به‌خوبی عمل می‌کند. لباس‌های جراحی تولید شده از پلی‌استر برای عمل جراحی کوتاه‌مدت با حجم کم مایع استفاده می‌شوند. برخی پارچه‌های تار-پودی متراکم از نخ‌های میکروفیلامنت پلی‌استر بسیار ظریف تولید شده‌اند. به‌طور طبیعی، در این پارچه‌ها مقدار مایع تکمیل دفع مایع مورد نیاز کمتر است [۱].

انواع لباس‌های جراحی یک‌بار مصرف و باز کار برد پذیر

لباس‌های جراحی که امروزه استفاده می‌شوند، به دو دسته یک‌بار مصرف و باز کار برد پذیر طبقه‌بندی می‌شوند. نوع یک‌بار مصرف با استفاده از روش بی‌باخت و نوع دیگر لباس جراحی در دسته باز کار برد پذیر به‌طور معمول با روش تار پودی تولید می‌شوند. بیشتر محصولات یک‌بار مصرف تولید شده توسط تولیدکننده سترون شده و به کار بر تحویل داده می‌شود. برای انجام عمل جراحی با خطر زیاد و مقدار خون زیاد، اغلب لباس باز کار برد پذیر با خاصیت سدگری زیاد انتخاب می‌شود. برای جراحی کم‌خطر، لباس یک‌بار مصرف با سدگری کمتر استفاده می‌شود. مزایای لباس‌های یک‌بار مصرف دور کردن سریع منسوجات آلوده، کاهش هزینه شست‌وشو، سبک وزن بودن و تعویض لباس در زمان کمتر نسبت به البسه باز کار برد پذیر در اتاق‌های اورژانس است [۱].

پارچه‌های سه لایه

پارچه‌های سه لایه برای لباس جراحی به‌منظور پاسخ گویی به اهداف مختلف مدنظر استفاده می‌شوند، به‌عنوان مثال، لایه بیرونی برای مقاومت در برابر سایش و سوراخ شدن لایه میانی برای مقاومت در برابر نفوذ مایع و لایه داخلی برای راحتی و حمایت سایر لایه‌ها طراحی شده است. همچنین سه لایه به‌واسطه ترکیب با یک غشای میکرومتخلخل، که بین لایه بالایی و پایین پیوند می‌خورند، تولید می‌شوند [۱].

جدول ۱- اندازه برخی از ویروس‌های بیماری‌های بسیار عفونی [۵].

بیماری‌های مرتبط	قطر (μm)	انواع ویروس
بررسی ویروس با آزمایش‌های نلسون که ۲ h به طول می‌انجامد.	۰/۰۲۵-۰/۰۲۷	باکتریوفاج ΦX-174
هپاتیت B	۰/۰۴۲-۰/۰۴۷	هپاتیت (HBV)
عفونت‌های تنفسی	۰/۰۷-۰/۰۹	آدنو ویروس
سندروم آسیب دستگاه ایمنی یا تضعیف دستگاه ایمنی	۰/۰۸-۰/۱۱	ایدز (HIV)
ویروس ابولا	۰/۰۸	فیلو ویروس
بیماری سارس	۰/۱۰-۰/۱۲	کرونا (سارس)
هرپس	۰/۱۱-۰/۱۲	واریلانزوستر
پنومونیا-هپاتیت C	۰/۱۲-۰/۲۰	سیتومگالوویروس
آبله خفیف	۰/۱۴-۰/۲۶	واریلانزوستر

است. لباس زمانی که اجازه دهد، این شرایط با تغییرات محیط و افزایش سطح فعالیت‌ها باقی بماند، نیاز اساسی را برآورده می‌سازد. رسانندگی گرمایی پارچه از مشخص‌کننده‌های خواص راحتی گرمایی پارچه است. رطوبت بازیافتی نیز پدیده راحتی را تحت تأثیر قرار داده و با افزایش رطوبت بازیافتی، رسانندگی گرمایی نیز افزایش می‌یابد.

بنابراین انتقال گرمای بدن انسان، که می‌تواند تحت فشار کاری، بیش از حد گرم شود، بسیار مهم است. این مسئله نیز با عنوان افت گرمای کل (total heat loss, THL) اندازه‌گیری می‌شود. افت گرمای کل، اندازه‌گیری قابلیت فرار گرما و رطوبت از بین لایه‌های لباس است. اگر محدوده دمای طبیعی بدن کم شود، مغز تحت تأثیر قرار گرفته و به تصمیم‌گیری ضعیف، خستگی شدید، کاهش قدرت و حالت تهوع منجر می‌شود. کاهش گرمای کلی سامانه لباس، به راحتی بیشتر فرد منجر می‌شود [۶،۷].

تنفس

تنفس به قابلیت ساختار نساجی در عبور هوا (مولکول‌های با قطر کوچک‌تر از حدود ۰/۰۰۴ μm) و ممانعت از عبور مایعات (مولکول‌های با قطر حدود ۱۰۰ μm) گفته می‌شود. فرار بخار آب بدن، به‌طور قابل توجه، راحتی را به دو روش تحت تأثیر قرار می‌دهد:

روش اول، خنک‌سازی تبخیری یا از دست‌دادن گرمای نهان به‌وسیله فرار بخار رطوبت و روش دوم، تجمع مایع روی پوست به سبب عدم قابلیت لباس در انتقال بخار آب. تنفس ماده نساجی، عاملی کلیدی برای

مانند کارکنان، وسایل، همراه بیمار یا درونی یعنی خود بیمار به‌وجود می‌آیند. کار اصلی لباس جراح ممانعت از انتقال عوامل بیماری‌زاست. انتقال زمانی رخ می‌دهد که قطره‌های حاوی میکروارگانیسم‌های تولید شده از فرد آلوده در فاصله کوتاهی از راه هوا روی بخش‌های مختلف بدن فرد مانند مخاط بینی یا دهان پخش شود. انتقالی که به‌وسیله هوا انجام می‌گیرد، با انتشار قطره یا ذرات گرد و غبار حاوی عوامل عفونی رخ می‌دهد. عوامل بیماری‌زا می‌توانند بیش از فاصله طولانی تر بسته به عوامل زیست‌محیطی مانند تنفس در ذرات بسیار کوچک مایعات بدن بیمار، حمل شوند.

مباحث قبل نشان می‌دهد، لباس جراحی باید از نفوذ میکروب‌های عفونی انتقال‌پذیر از راه خون به‌وسیله پارچه جلوگیری کند و در نتیجه پارچه باید با منافذی کوچک‌تر از اندازه میکروب‌ها تولید شود. این موضوع تنها زمانی ممکن است که اندازه عوامل بیماری‌زای مختلف برای تولیدکننده شناخته شده باشد. برخی از ویروس‌ها و باکتری‌ها به همراه اندازه و بیماری‌های مرتبط آن‌ها در جدول‌های ۱ و ۲ داده شده است.

خواص مورد نیاز از البسه جراحی

خواص گرمایی

زمانی که دمای پوست در محدوده ۳۳-۳۵°C است و تعریق به حالت مایع اتفاق نمی‌افتد، بدن در حالت راحتی است. بنابراین، راحتی گرمایی با قابلیت پارچه برای حفظ دمای پوست و انتقال عرق تولید شده بدن، مرتبط

جدول ۲- اندازه برخی از باکتری‌های بیماری‌زا.

بیماری‌های مرتبط	قطر (μm)	انواع باکتری
عفونت‌های بزرگ روده‌ای و معده‌ای، عفونت‌های دستگاه تنفسی	۰/۴۵	سریشامارسنس
عفونت‌های مفاصل و استخوان، عفونت دستگاه تنفسی، پنومونیا	۰/۵-۱/۵	سودوموناس آرتروژینوزا
پنومونیا (عفونت دستگاه تنفسی)، مننژیت، عفونت مفاصل و استخوان و سیوکاریت	۱/۵-۴	استافیلوکوکوس اورئوس
توبرکولوزیس (سل)	۱-۵	مایکوباکتریوم توکروزیس
عفونت‌های آنتراکس (سیاه زخم)	۱-۱/۵	باسیلوس آنتراسیس

آتش سوزی و کنترل مثلث آتش سه عنصر کلیدی است که برای آتش رخ می‌دهد: مواد سوختنی، منبع سوختن و اکسیژن یا اکسنده قوی برای پشتیبانی از آتش سوزی. بسیاری از مواد با خاصیت منع مصرف در لباس جراحی از مواد طبیعی یا مصنوعی تولید شده‌اند که با سرعت‌های مختلف ایجاد آتش سوزی و سوختگی می‌کنند. پیشگیری از آتش سوزی نیز به جابه‌جایی مطمئن منابع سوختن، به حداقل رساندن تجمع اکسیژن و آموزش کارکنان در مواقع اضطراری آتش سوزی نیاز دارد [۱].

سترون بودن

این پارامتر نیز به نوع لباس جراحی استفاده شده بستگی دارد. برای لباس جراحی یکبار مصرف، روش تابش و گاز (بخار) که در آن به دمای کم نیاز است، برای سترون کردن ترجیح داده می‌شود، در حالی که برای نوع لباس جراحی باز کاربردپذیر، روش اتوکلاو بخار و گرمای خشک مناسب است [۱].

استانداردها و دستور کارها

چند سازمان حرفه‌ای استانداردها و دستور کارهای مربوط به انتخاب و استفاده از لباس جراحی را منتشر کرده‌اند، از آن جمله می‌توان به سازمان‌ها زیر اشاره کرد:

- اداره ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (OSHA)؛
- مرکز بین‌المللی بهداشت و کنترل بیماری‌ها (CDC)؛
- سازمان دارو و غذای آمریکا (FDA)؛
- انجمن پرستاران اتاق عمل (AORN)؛
- انجمن بین‌المللی مواد و آزمون آمریکا (ASTM)؛
- مؤسسه ملی استاندارد آمریکا (ANSI)؛
- انجمن ارتقای تجهیزات پزشکی (AAMI) و
- استانداردهای رنگ و شیمی نساجی آمریکا (AATCC).

سطوح عملکرد مهارسازی لباس جراحی

استاندارد AAMI عملکرد مهارسازی لباس جراحی را با استفاده از آزمون‌های استاندارد چهارگانه دسته‌بندی می‌کند:

AATCC 42-2007، مقاومت در برابر نفوذ آب و آزمون نفوذ ضربه‌ای: این آزمون مقاومت پارچه در برابر نفوذ آب در اثر ریزش آب از ارتفاع معین روی نمونه (با فشار ۱ پوند در اینچ مربع)، را براساس افزایش وزن کاغذ جاذب رطوبت (بر حسب گرم) اندازه‌گیری می‌کند. نتایج به‌دست آمده با این روش آزمون به دفع آب الیاف، نخ و ساختار پارچه بستگی دارد. عدد کمتر نشانگر مقاومت بیشتر است [۱۳].

AATCC 127-2008، مقاومت در برابر آب، آزمون فشار هیدرواستاتیک: این آزمون مقاومت پارچه در برابر نفوذ آب تحت فشار فزاینده هیدرواستاتیک (۲/۰- ۰/۲۵ در اینچ مربع)، را مانند مقاومت هیدرواستاتیک (سانتی‌متر) اندازه‌گیری می‌کند و مانند *AATCC 42-2007*، مقاومت در برابر آب به دفع آب الیاف، نخ و نیز ساختار پارچه بستگی دارد. عدد بزرگ‌تر نشانگر مقاومت بیشتر است [۱۴].

تصمیم‌گیری درباره راحتی آن است. تنفس به‌وسیله سرعت انتقال بخار رطوبت آب (moisture vapor transmission rate, MVTR) اندازه‌گیری می‌شود. MVTR نشانگر مقدار بخار آبی است که از راه لباس در طول دوره زمانی معین می‌گذرد. MVTR بیشتر، نشانگر این است که رطوبت به‌طور مؤثرتری خارج شده است و از تجمع رطوبت زیر لایه جلوگیری می‌کند. اندازه‌گیری دیگر مربوط به تنفس بود، THL است. خارج شدن بخار آب از راه لباس لازمه ایجاد تعادل گرمایی بدن و راحتی است [۸].

نفوذپذیری هوا

نفوذپذیری هوای پارچه نیز روی رفتار راحتی آن اثر می‌گذارد. به‌طور کلی، ماده‌ای که نسبت به هوا نفوذپذیر بوده، احتمالاً نسبت به بخار آب نیز نفوذپذیر است. بدین ترتیب، نفوذپذیری بخار آب و مایع معمولاً به نفوذپذیری هوا مرتبط است. پارچه‌هایی (مانند پنبه یا پشم) که با جذب بخار آب از جو متورم می‌شوند، منافذ بافت را بسته و مقاومت در برابر جریان همرفتی را افزایش می‌دهند [۹].

راحتی

عواملی که بر راحتی گرمایی اثرگذارند، عبارت از سوخت‌وساز داخلی بدن برای تولید گرما، سطح عمومی فعالیت، دمای خارجی، خواص عایق بودن، نفوذپذیری پارچه نسبت به رطوبت، آب یا هواست. دمای داخلی بدن انسان 37°C است. بدن به علت سوخت‌وساز به‌طور مداوم گرما تولید می‌کند و این گرما به محیط منتقل می‌شود. مقدار جریان گرما به خواص پارچه و اختلاف دما وابسته بوده و این ویژگی به‌عنوان اختلاف دما شناخته شده است. به‌طور کلی، لباس جراحی باید راحتی پوشنده لباس را فراهم کرده و به حفظ دما بدن او کمک کند [۱۰-۱۲].

مقاومت در برابر سایش

لباس جراحی دارای ویژگی مهار نباید در طول استفاده معمولی، در شرایط مرطوب یا خشک به‌طور شایان توجهی تحت سایش قرار گیرد. سایش ممکن است، ساختار لباس را سست کرده و بر خواص سدگری آن اثر منفی بگذارد و سبب پارگی یا ایجاد پرز شود. به‌عنوان مثال، اگر بازو روی ناحیه سینه یا شکم لباس جراحی ساییده شود.

سمی نبودن

مواد استفاده شده در ساختار لباس جراحی باید فاقد مواد شیمیایی سمی، بوهای مضر، محرک پوست یا حساسیت‌زا باشند. به‌طور دائم مواد شیمیایی یا سایر مواد افزودنی گاهی اوقات به منظور افزایش خواص سدگری یا مقاومت در برابر لکه ترکیب می‌شوند.

اشتعال‌ناپذیری

همه لباس‌های جراحی، چه آن‌ها که از الیاف طبیعی یا سنتزی ساخته شده‌اند، در شرایط مناسب اشتعال‌پذیر هستند، به‌ویژه در محیط اتاق عمل که غنی از اکسیژن است. اساسی‌ترین مفهوم در پیشگیری از

تنظیم شده است.

- سطح چهار: بالاترین عملکرد مهار در برابر نفوذ مایع را فراهم می‌کند. یک مانع نفوذناپذیر، در مناطق حساس، از جمله درز و کمر بند جلو در لباس جراحی است و قابلیت مقاومت لباس جراحی و محافظ در برابر نفوذ مایعات و ویروس را در آزمون آزمایشگاهی ASTM F1671 نشان می‌دهد.

مناطق حساس گان جراح

برای درک اهمیت استاندارد AAMI باید مناطق حساس یک لباس جراحی معرفی شود. الزامات لازم مهار لباس جراحی متناسب محل و درجه تماس با مایع در طول استفاده است. مناطق حساس لباس جراحی مناطقی است که در تماس مستقیم با خون، مایعات بدن و مواد بسیار عفونی است.

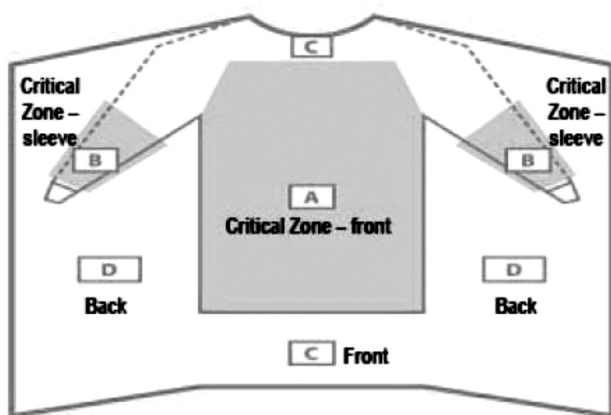
تمام بخش جلوی لباس جراحی، مناطق A، B و C در شکل (۲)، از جمله درز و سایر قطعات، لازم است که حداقل سطح عملکرد مهار (سطح یک) را پاسخگو باشند. از آنجا که انتظار می‌رود، پشت لباس جراحی (منطقه D در شکل ۲) خشک باقی بماند، نیازی به عملکرد مهار مایع برای این منطقه وجود ندارد. منطقه حساس لباس جراحی از حداقل مناطق A و B تشکیل شده است [۱].

آزمون‌های لباس جراحی

به‌طور کلی آزمون‌های زیر برای بررسی عملکرد لباس جراحی استفاده می‌شوند [۱].

آزمون دفع آب

برای دفع آب که اساساً به قابلیت لیف تجاری، نخ یا پارچه برای مقاومت در برابر خیس شدن گفته می‌شود، یکی از قدیمی‌ترین آزمون‌ها، آزمون نفوذ ضربه‌ای (impact penetration test) است که آب روی سطح نمونه آزمون افشانش شده (spary) و مقاومت در برابر نفوذ آب (آزمون باران) در اثر برخورد اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۲- مناطق حساس لباس جراحی [۱].

ASTM F1670-08: روش استاندارد آزمون مقاومت مواد مصرفی در لباس محافظ به نفوذ خون مصنوعی است [۱۵]. این آزمون با ارزیابی مقاومت مواد استفاده شده در لباس‌های محافظ به‌وسیله نفوذ خون مصنوعی در شرایط تماس مداوم با مایع استفاده می‌شود. تعیین رد شدن - قبول شدن براساس تشخیص دیداری نفوذ خون مصنوعی است. اگر پارچه‌ای این آزمون را بگذراند، نفوذناپذیر به خون در نظر گرفته می‌شود.

ASTM F1671-13 آزمون استاندارد برای ارزیابی مقاومت مواد: روش آزمون استفاده شده در لباس محافظ به نفوذ خون با استفاده از باکتریوفاژ Phi-X174 است. این آزمون مقاومت مواد استفاده شده در لباس‌های محافظ به نفوذ عوامل بیماری‌زا انتقال‌پذیر از راه خون را با استفاده از میکروب جانشین در شرایط تماس مایع مستمر اندازه‌گیری می‌کند [۱۶]. نتایج براساس رد شدن - قبول شدن گزارش شده و اگر پارچه‌ای این آزمون را بگذراند، نفوذناپذیر به ویروس در نظر گرفته می‌شود. باکتریوفاژ ΦX-174 به‌عنوان مناسب‌ترین ماده جایگزین آزمون انتخاب شده است، زیرا مشابه HCV (کوچک‌ترین پاتوژن انتقال‌پذیر از راه خون است) است و شکل‌شناسی تقریباً کروی شبیه به HIV، HBV و HCV دارد. همچنین، پایدار و با محیط زیست‌سازگار بوده و برای انسان غیر عفونی است. براساس نتایج حاصل از این آزمون‌های استاندارد، چهار سطح عملکرد مهار تعریف شده که سطح یک پایین‌ترین سطح حفاظت و سطح چهار که بالاترین سطح حفاظت بوده به شرح زیر هستند [۱۷]:

- سطح یک: پایین‌ترین سطح حفاظت است و قابلیت مقاومت لباس جراحی و سایر پوشاک محافظ را در برابر نفوذ مایع در آزمون آزمایشگاهی نشان می‌دهد (AATCC 42، مقاومت در برابر آب، آزمایش نفوذ ضربه‌ای).
- سطح دو: عملکرد مهار کمی بیشتر از سطح یک را ارائه می‌دهد. این سطح قابلیت مقاومت لباس جراحی و سایر پوشاک محافظ را در برابر نفوذ مایع، در دو آزمون آزمایشگاهی AATCC 127 و AATCC 42 (مقاومت در برابر آب، آزمون فشار هیدروستاتیک) نشان می‌دهد.
- سطح سه: در برابر نفوذ مایع عملکرد مهار خوبی را فراهم می‌کند، اما نفوذناپذیر در نظر گرفته نمی‌شود. این سطح قابلیت مقاومت لباس جراحی و سایر پوشاک محافظ را در برابر نفوذ مایع در دو آزمون آزمایشگاهی AATCC 42 و AATCC 127 نشان می‌دهد. برای سطح سه، معیار عملکرد آزمون AATCC 127 در یک مقدار بیشتر از سطح دو

جدول ۳- عملکرد مهار لباس جراحی [۱۷].

معیار	آزمون	سطح
$4/5g \geq$	AATCC 42:2007	
$1/5g \geq$	AATCC 42:2007	۱
$20cm \leq$	AATCC 127:2008	۲
$1g \geq$	AATCC 42:2007	۳
$20cm \geq$	AATCC 127:2008	۴
Pass	ASTM F1670:2007	
Pass	ASTM F1671:2007	

Handle-O-Meter (دستگاه نرمی سنج Handle-O-Meter ارزیابی کرد) مجهز به درجه اندازه‌گیری که مقاومت نمونه را در برابر فشار وارده از طرف یک تیغه درون یک شکاف اندازه‌گیری می‌کند، لبه‌های شکاف موازی هم و به فاصله ۶/۳۵mm از یکدیگر قرار گرفته‌اند). برای افتایش بیشتر مواد، وزن سبک‌تر مورد نیاز است [۱۲].

مولن پیوسته

مقاومت پارچه را تحت فشار فزاینده (7444ASTM D) با سوراخ‌شدن اندازه‌گیری می‌کند [۲۱].

امنیت

تمام پارچه‌های استفاده شده در لباس جراحی و پرده ممکن است، سوزانده شوند. تولیدکنندگان لباس و پرده یک برچسب احتیاط روی بسته وصل می‌کنند. سرعت حرکت شعله با مواد خاص متفاوت خواهد بود و می‌تواند با استفاده از روش آزمون استاندارد اندازه‌گیری شود.

سازگاری نسجی

لباس پزشکی باید تحت آزمون‌هایی قرار گیرند که قابلیت مواد در ایجاد سوزش یا ناراحتی‌های پوست را نشان می‌دهد. این آزمون‌ها شامل سمیت سلولی (cytotoxicity)، سوزش اولیه پوست (که پتانسیل تحریک کننده پوست ساییده را نشان می‌دهد) و حساسیت‌های پوستی است.

محافظت در برابر میکروارگانیزم‌ها

در اتاق عمل، لباس‌های جراحی پوشیده شده توسط پزشکان و پرستاران، ممکن است، در معرض نفوذ خون و سرم قرار گیرند. آزمون نفوذ خون مصنوعی یا مایعات حاوی ذرات بسیار ریز متناسب با اندازه باکتری‌ها می‌تواند استفاده شوند. در آزمون، زمان لازم برای انتقال مایعات حاوی ذرات ریز از یک طرف به طرف دیگر پارچه اندازه‌گیری می‌شود. پارچه با بیشترین زمان برای نفوذ، مناسب‌ترین پارچه برای لباس جراحی است.

راحتی

در حالی که اثر مهارسازی در درجه اول اهمیت دارد، اگر لباس محافظ شخص برای پوشنده ناراحت کننده باشد، کمتر استفاده می‌شود. احساس ناراحتی حتی ممکن است، به کاهش توانایی پزشک حین انجام کار منجر شود.

لباس جراح افزون بر تنفس پذیر بودن، باید ویژگی‌های زیر را نیز داشته باشند [۱]:

- وزن سبک: جرم در واحد سطح (به‌عنوان مثال، وزن پایه) ساختار پارچه می‌تواند با استفاده از ASTM D 3776، روش آزمون استاندارد برای جرم واحد سطح (وزن) پارچه، تعیین شود که درجه‌بندی عددی مناسب است [۲۲].

- جاذب بودن: سنجیدن زمان جذب، قابلیت جذب، آزمون سرعت فتیله‌سازی (IST 10.1) حجم مایع جذب شده به‌وسیله پارچه را تعیین می‌کند و نشان می‌دهد، پارچه چه مقدار مایع را می‌تواند نگه دارد و پارچه

یک کاغذ در زیر پارچه پیش و پس از آزمون برای ارائه اندازه‌گیری از نفوذ آب وزن می‌شود. هنگام تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از این آزمون، اعداد بزرگ‌تر مقاومت کمتر در برابر مایعات را نشان می‌دهد. این آزمون، به‌دلیل آنکه مقاومت در برابر افشانش تحت فشار یا ترشح مایعات را در شرایط بیمارستانی شبیه‌سازی می‌کند، مهم است. این نوع جهش شریانی در مواقعی مشاهده می‌شود که رگ خونی سهواً بریده می‌شود.

آزمون فشار هیدروستاتیک

آزمون فشار هیدروستاتیک مقاومت پارچه را در برابر نفوذ آب، تحت فشار فزاینده هیدروستاتیک براساس استاندارد AATCC 127 اندازه‌گیری می‌کند. نتایج حاصل به پیش‌بینی خواص و عملکرد مهار مناطق مهم لباس جراحی کمک کرده و عملکرد لباس جراحی را زمانی که فشار مایع به آن اعمال می‌شود، نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال، بازو یا نیم‌تنه کارکنان اتاق عمل ممکن است، در حال تکیه‌دادن یا تماس با مایعات طی فرایند آلوده شوند.

آزمون استحکام کششی

تجهیزات حفاظتی شخصی به هنگام استفاده تحت تنش بسیار کمی قرار می‌گیرند. با وجود این، مقاومت محصول در برابر پاره‌شدن، سوراخ و قابلیت تحمل نیروهای کششی به کمک آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود. سه آزمون که به‌طور گسترده برای استحکام پارچه استفاده می‌شود، در ادامه توضیح داده شده است.

آزمون چنگ‌زدن

روش آزمون استاندارد (ASTM D 5034) برای استحکام پارگی و ازدیاد طول پارچه نساجی، آزمون چنگ‌زدن (grab test)، مقاومت پارچه تحت تنش کششی فزاینده را تعیین می‌کند و مقاومت مواد در برابر گسیختن را نشان می‌دهد، زمانی که هیچ پارگی اولیه‌ای در مواد وجود ندارد. امتیاز زیاد در آزمون چنگ‌زدن، اشاره به عملکرد بهتر دارد [۱۸].

آزمون مقاومت ترکیدگی (ASTM D3786 / D3786M-13)

مقاومت پارچه در برابر ترکیدن را با استفاده از فشار هیدرولیک یا پنوماتیک اندازه‌گیری می‌کند. عدد بزرگ در این آزمون عملکرد برتر را نشان می‌دهد [۱۹].

آزمون پارگی

مقاومت پارگی (elendorf) پارچه را تحت یک نیروی کنترل شده اندازه‌گیری می‌کند. مقاومت مواد در برابر پارگی را نشان می‌دهد وقتی که پارگی اولیه در مواد وجود دارد. امتیاز زیاد در آزمون المندورف نشانگر عملکرد بهتر است [۲۰].

افتایش

انواع لباس جراحی باید برای پوشنده راحت بوده و آزادی حرکت داشته باشند. افتایش را می‌توان با استفاده از اندازه‌گیری نرمی مواد، مانند آزمون

خمیر چوب-پلی استر در برابر انتقال باکتری مقاوم بودند. Cho و Cho در ۱۹۹۷ [۲۶]، پارچه ۱۰۰٪ پنبه و پارچه بی بافت اسپان لیس خمیر چوب-پلی استر را با خاصیت ممانعت از نفوذ میکروارگانیزم‌ها و خون توسعه دادند. نمونه با جنتامایسین، آنتی بیوتیک و ترکیب فلئوئوروکربن با استفاده از روش پد کردن-خشک کردن تحت عمل قرار گرفت و دفع با آزمون نفوذ ضربه‌ای و افشانش با استفاده از خون مصنوعی و خون انسان ارزیابی شد. دفع خون منسوجات بی بافت نسبت به پارچه پنبه‌ای بهتر بوده و غلظت بهینه تکمیل فلئوئورو برای دفع خون مصنوعی ۵٪ OWF گزارش شد.

Granzow و همکاران در ۱۹۹۸ [۲۷]، شش لباس جراحی شامل سه لباس یکبار مصرف (پلی پروپیلن) و دو لباس باز کاربردپذیر (پنبه) و یک پوشش مهارساز (خمیر چوب-پلی استر) را بررسی کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد، پوشش جراح یکبار مصرف تولید شده از خمیر چوب-پلی استر مقاومت زیادی در برابر اس. اورئوس متیسیلین (-Methi *cillin Staphylococcus aureus*) داشته در حالی که لباس تولید شده از پلی پروپیلن کمترین مقاومت را داشته است.

منتظر و رنگچی در ۲۰۰۹ [۲۸]، اثر هم‌زمان تکمیل ضدباکتری و دفع آب و خون روی منسوجات بی بافت یکبار مصرف پلی پروپیلن، پلی استر و ویسکوز را مطالعه کردند. ستیل تری متیل آمونیوم برمید (CTAB)، به عنوان عامل ضد میکروبی و ترکیب فلئوئور به عنوان عامل دفع آب و خون استفاده شدند. آن‌ها مشاهده کردند، افزودن ۲٪ ماده تکمیلی ضدباکتری و ۲٪ تکمیل فلئوئوروکربن برای ایجاد اثر ضدباکتری و دفع مایع در پارچه مناسب است.

Midha و همکاران در ۲۰۱۲ [۲۹]، سه ساختار اسپان باند، اسپان باند-ملت بلون-اسپان باند (SMS) و اسپان لیس از جنس پلی پروپیلن را برای بررسی خواص مهارسازی در برابر میکروارگانیزم‌ها و مایعات بدن با هدف استفاده در البسه جراحی بررسی کردند. از تکمیل ضدباکتری زاکروبیال (*Zycrobial*) استفاده شد. مشاهده شد، پارچه SMS خواص مهارسازی مایع کافی برای رسیدن به سطح ۲ طبقه بندی حفاظت را ارائه می دهد. پارچه اسپان لیس و اسپان باند تنها سطح ۱ را حمایت کرده و پارچه SMS از نظر راحتی، به دلیل سختی بیشتر و مقدار نفوذپذیری کم هوا ضعیف ترین است. پارچه اسپان لیس بیشترین نفوذپذیری هوا و کمترین سختی خمشی را ارائه می دهد. نمونه پارچه SMS با ۴ و ۷٪ تکمیل فلئوئورو و ۱/۵٪ تکمیل ضدباکتری می تواند سطح ۴ حفاظت را فراهم کند. پارچه اسپان باند نیاز به ۴٪ و پارچه SMS نیاز به ۱٪ تکمیل فلئوئورو برای رسیدن به سطح ۲ حفاظت دارند.

مشاهده شد، نفوذپذیری هوا در تمام نمونه‌های پارچه با استفاده از تکمیل ضدباکتری و فلئوئورو کاهش می یابد. افزایش ضخامت پس از استفاده از تکمیل ضدباکتری و فلئوئورو ممکن است، عامل کم بودن نفوذپذیری هوا باشد.

سختی خمشی با استفاده از تکمیل فلئوئوروکربن یا ضدباکتری افزایش یافته، که ممکن است به دلیل افزایش در ضخامت پارچه باشد. اثر تکمیل فلئوئوروکربن روی سختی پارچه نسبت به تکمیل ضدباکتری بیشتر بوده است. نمونه پارچه اسپان باند بیشترین سختی پارچه در ۱/۵٪ تکمیل

با چه سرعتی مایع را جذب می کند. عدد بزرگ، در آزمون، نشانگر عملکرد بهتر است.

- دارای بازتابش نور کم، برای به حداقل رساندن خستگی چشم و اعوجاج نور منعکس شده؛

- نرم بودن؛

- غیر محرک و

-ساینده نبودن.

نفوذپذیری هوا

اندازه گیری جریان هوا که می تواند از طریق ماده ای در فشاری مشخص شده تعیین شود، تنفس و راحتی پارچه را در طول استفاده نشان می دهد (ASTM D 737) [۲۳].

سفتی خمشی

یکی از روش های اندازه گیری مقاومت خمشی، تعیین طول خمش پارچه است. طول خمش (stiffness) طولی از پارچه است که تحت اثر وزن خود با زاویه معینی خم می شود. بزرگ تر بودن طول خمش نشانگر سفت تر بودن پارچه است.

آزمون سرعت انتقال رطوبت بخار

آزمون بسیار پیچیده مربوط به MVTR بوده و روش استاندارد E ASTM 96-80 است. در این آزمون مقدار رطوبت هوا می تواند ۵۰٪ یا ۱۰۰٪ و دما می تواند ۲۱°C یا ۳۲°C باشد. شکل های آزمون بسته به نوع سامانه تنفس متفاوت هستند [۲۴].

ایجاد پرز

برخی از مواد پرز بیشتری نسبت به مواد دیگر تولید می کنند. همان طور که اشاره شد، لباس جراحی باید کم پرز باشد. پرز به عنوان گذرگاه برای ورود ارگانیزم زنده به محل جراحی معرفی شده است. آزمون خمش Gelbo (IST 1601) روش آزمون استاندارد برای اندازه گیری مقاومت نسبت به پرز در منسوجات بی بافت است و تمایل نسبی پارچه را برای تولید پرز دانه تعیین می کند. عدد کوچک تر در آزمون خمش Gelbo نشانگر عملکرد بهتر است [۶].

برخی مطالعات انجام شده درباره ساختار البسه جراحی

تاکنون مطالعات بسیاری درباره بررسی اثر ساختار و تکمیل البسه جراحی انجام گرفته است. Leonas و Jenkins در ۱۹۹۷ [۲۵]، انتقال باکتری‌ها روی پارچه لباس جراح یکبار مصرف تجاری در دسترس را با استفاده از استافیلوکوکوس اورئوس (*Staphylococcus aureus*) و اشریشیاکلی (*Escherichia coli*) مطالعه کردند. لباس‌ها با ساختارهای خمیر چوب-پلی استر و اسپان باند-ملت بلون-اسپان باند (SMS) از جنس پلی پروپیلن تک و دولایه تولید شدند. نتایج نشان داد، تمام پارچه، به جز پارچه تک لایه

کردند. سپس، فشار هیدروستاتیک برای مرتبط کردن با مقاومت در برابر نفوذ خون پوشش‌ها استفاده شد. ظرافت الیاف لازم برای مقاومت در برابر نفوذ خون نیز محاسبه شد. در این پژوهش، اندازه الیاف ملت بلون با روش Tsai اندازه‌گیری شد که روش جریان هواست. این روش قابل اعتمادتر از روش‌های نوری است. محاسبات نظری اندازه‌گیری نفوذ خون با استفاده از داده‌های فشار هیدروستاتیک مطابق با نتایج تجربی بودند. معادلات به‌دست آمده از این پژوهش برای پیش‌بینی نفوذ خون نسبتاً آسان و بسیار مفید بوده اما اندازه‌گیری فشار هیدروستاتیک، برای انجام آزمون نفوذ خون خسته‌کننده و وقت‌گیر است. ظرافت مورد نیاز الیاف برای تأیید نفوذ خون را می‌توان با استفاده از معادلات مشتق پیش‌بینی کرد.

قاسمی و همکاران [۳۳]، به بررسی کیفی و راحتی بی‌بافت‌های مختلف برای استفاده در گان‌های جراحی پرداختند. برای انجام این بررسی، نمونه‌هایی از گان‌های وارداتی و بی‌بافت‌های داخلی مصرفی در تولید گان‌ها را تهیه کرده و آزمایش‌های تعیین وزن واحد سطح، تعیین ضخامت، طول خمش، مقاومت در برابر عبور آب، مقاومت در برابر عبور هوا، ترشدن و جذب آب را روی نمونه‌ها انجام دادند. برای بررسی خواص راحتی، آزمایش‌های مقدار عبور گرما و هوا، مقدار عبور بخار آب و پشت‌پوشی روی نمونه‌ها انجام شد. نتایج به‌دست آمده از نرم افزار SPSS آماری تحلیل شد و در نهایت نمونه‌های اسپان لیس و SMS که در بیش‌تر خواص اندازه‌گیری شده برتری داشتند، به عنوان نمونه‌هایی مناسب‌تر معرفی شدند.

نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر استفاده از پارچه چندلایه برای استفاده در لباس جراحی به منظور ضدباکتری کردن و دفع آب و خون شدن این البسه مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته که این فرایند با اعمال تکمیل‌های مختلف انجام می‌گیرد. در این مقاله مروری، ابتدا مطالعات انجام شده روی البسه جراحی در زمینه ضدباکتری کردن این البسه که با استفاده از باکتری‌ها مانند *استافیلوکوکوس اورئوس* و *اشرشیاکلی* و پارچه‌های مختلف یک‌بار مصرف مانند اسپان لیس بررسی شد. افزون بر خواص ضدباکتری کردن، خاصیت دفع آب و خون در این البسه نیز مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. با توجه به نتایج از عوامل مهم اثرگذار بر این خاصیت می‌توان به قطر الیاف، ساختار پارچه، وزن واحد سطح آن و نوع تکمیل اشاره کرد. در سال‌های اخیر استفاده از پارچه‌های سه‌لایه برای البسه جراحی مورد توجه قرار گرفته است که مزیت عمده استفاده از آن‌ها جمع خواص متناقض راحتی و مهارکنندگی آب و خون در البسه جراحی است. با توجه به نتایج، راحتی لباس جراحی همچنین از عواملی مانند افتایش و نفوذپذیری بخار آب اثر می‌پذیرد.

ضدباکتری و ۷٪ از تکمیل فلئوئوروکربن را نشان می‌دهد. پارچه اسپان لیس کمترین مقدار سختی خمشی را در بین تمام پارچه‌ها دارد. همچنین مشاهده شد، دفع آب با استفاده از تکمیل فلئوئوروکربن برای همه پارچه‌ها افزایش یافته است.

Parthasarathi و Thilagavathi در ۲۰۱۳ [۳۰]، لباس جراحی ضدویروس سه‌لایه متشکل از منسوجات بی‌بافت پلی‌پروپیلن به‌عنوان لایه بیرونی، فیلم پلی‌تترافلئورواتیلن به‌عنوان لایه میانی و منسوجات بی‌بافت پلی‌استر به‌عنوان لایه درونی با وزن 70 g/m^2 را بررسی کردند. پراکندگی نانوذرات تیتانیم دی‌اکسید با آبی متیلن و اوره به روش پدکردن-خشک کردن (pad-dry-cure) روی پارچه بی‌بافت پلی‌پروپیلن تحت عمل قرار گرفت و پارچه سه‌لایه با استفاده از دستگاه فیوزینگ تشکیل شد. لباس جراحی سه‌لایه محافظ در برابر باکتری‌ها و ویروس‌ها حتی آن‌هایی را فراهم می‌کند که قطری کوچک‌تر از $0.27 \mu\text{m}$ دارند. لایه درونی زیر دستی نرم را فراهم می‌کند و این ویژگی راحتی را برای کاربر افزایش می‌دهد. مزیت عمده استفاده از لباس جراحی سه‌لایه یک‌بار مصرف انطباق آن با استانداردهای جهانی، سبک‌وزن بودن و سازگاری با محیط زیست است.

Parthasarathi و Thilagavathi در ۲۰۱۴ [۳۱]، گان جراحی ضدویروس سه‌لایه با استفاده از منسوجات بی‌بافت پلی‌استر به‌عنوان لایه بیرونی، میکرو پلی‌تترافلئورواتیلن به‌عنوان لایه میانی و منسوجات بی‌بافت ویسکوز به‌عنوان لایه داخلی را توسعه دادند. خواص ضدباکتری و ضدویروس با تکمیل پراکندگی نانو کامپوزیت سنتز شده، با استفاده از روش پدکردن-خشک کردن-پخت انجام شد. پارچه بی‌بافت پلی‌استر با پراکندگی نانو ۱٪ با نسبت ۱:۲۰ و ۰/۵٪ چسب آنیونی به لایه بیرونی گان جراحی اعمال شد. آبی متیلن نیز در سنتز و آماده‌سازی نانو کامپوزیت تیتانیم استفاده شده است. پارچه سه‌لایه با استفاده از دستگاه فیوزینگ تشکیل شد و خواص مهارسازی و آزمون‌های نفوذ ویروسی، فشار هیدروستاتیک و سرعت انتقال بخار آب روی آن انجام شد. آن‌ها دریافتند، قابلیت مهارسازی پارچه بی‌بافت با قطر منافذ آن ارتباط مستقیم دارد. ضروری است که پارچه البسه جراحی مورد نیاز به اندازه کافی در برابر تنش در طول مدت استفاده مقاومت کند. به‌طور خاص، مناطق خاصی از بدن در معرض تنش و فشار و در نتیجه جدایی لایه‌ها هستند. سه‌لایه باید برای رسیدن به سطح مورد انتظار حفاظت به حالت اولیه باقی بمانند. از این‌رو، مقاومت در برابر جدایی لایه‌ها در پارچه سه‌لایه مورد آزمون قرار گرفته است. با توجه به آزمون نفوذ ویروسی انجام شده، گان جراحی در برابر هیپاتیت B، C و باکتیروفاژ 174-ΦX مقاوم است. با توجه به طبقه‌بندی عملکرد مهار AAMI، پارچه سه‌لایه را می‌توان برای رسیدن به سطح ۴ حفاظت استفاده کرد. Tsai و Yan در ۲۰۱۶ [۳۲]، برای تخمین زدن فشار هیدروستاتیک از اندازه منافذ که به‌سلیه جریان سیال در طول واسطه الیافی محاسبه شده بود، استفاده

مراجع

1. Behera.B.K. and Arora H., Surgical gown: A critical review,

J. Ind. Text., 38, 3, 2009.

2. Smith J.W. and Nichols R.L., Barrier efficiency of surgical gowns: Are we really protected from our patient's pathogens. *Arch. Surg.*, 126, 756-763, 1991.
3. Moving forward from traditional textiles, <https://docgo.net/moving-forward-from-traditional-textiles-1-1-pdf> (Last seen 25 November 2017).
4. Hunter L. and Fan J., *Engineering Apparel Fabrics and Garments*, Woodhead., Oxford, 2009.
5. Rees W.H., Comfort and the water vapor permeability of textiles, WIRA Report, 80, 1970.
6. Kannekens A., Breathable coatings and laminates, *J. Coat. Fabrics*, 24, 51-59, 1994.
7. Congalton D., Heat and moisture transport through textile and clothing ensembles utilizing the hohenstein skin model, *J. Coat. Fabrics*, 28, 183-196, 1999.
8. Tanner J.C., Breathability comfort and gore-tex laminates, *J. Coat. Fabrics*, 8, 313-322, 1979.
9. Gibson P.W., Water vapor transport and gas flow properties of textiles, *J. Coat. Fabrics*, 28, 300-327, 1999.
10. Slater K., Comfort properties of textile, *Text. Prog.*, 9, 1-71, 1977.
11. Ruckman J.E., Water vapor transfer in waterproof breathable fabrics part-1, *Int. J. Cloth. Sci. Technol.*, 9, 10-22, 1997.
12. Rees W.H., Physical factors determining the comfort performance of textiles, in: Shirley instituterd seminar: Textiles in Comfort, Shirley Institute, Manchester, 1971.
13. AATCC, Water Resistance: Impact Penetration Test, AATCC 42-2007, Research Triangle Park, NC: AATCC, 2007.
14. AATCC 127- 2008, Water Resistance: Hydrostatic Pressure Test, Research Triangle Park, NC, AATCC, 2008.
15. ASTM F1670-08, Standard Test Method for Resistance of Materials Used in Protective Clothing to Penetration by Synthetic Blood, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008, www.astm.org
16. ASTM International. ASTM F1671/ F1671M-13. Standard Test Method for Resistance of Materials Used in Protective Clothing to Penetration by Blood-Borne Pathogens Using Phi X174 Bacteriophage Penetration as a Test System, West Conshohocken, PA: ASTM International; 2013. AAMI; 2012.
17. AAMI levels and surgical gowns; know if you are protected, <http://www.pfiedler.com/ce/1191/files/assets/common/downloads/AAMI%20levels%20and%20surgical%20gowns;%20know%20if%20you.pdf> (Last visited 25 November 2017).
18. ASTM D5034-09(2017), Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Textile Fabrics (Grab Test), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, www.astm.org.
19. ASTM D3786/D3786M-13, Standard Test Method for Bursting Strength of Textile Fabrics-Diaphragm Bursting Strength Tester Method, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013, www.astm.org
20. ASTM D1424-09(2013)e1, Standard Test Method for Tearing Strength of Fabrics by Falling-Pendulum (Elmendorf-Type) Apparatus, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013, www.astm.org.
21. ASTM D7444-11, Standard Practice for Heat and Humidity Aging of Oxidatively Degradable Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011, www.astm.org
22. American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Mass per Unit Area (Weight) of Fabric, ASTM D 3776.
23. ASTM D737-04(2016), Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org.
24. ASTM E96/E96M-16, Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org.
25. Leonas K.K. and Jenkins R.S., The relationship of selected fabric characteristics and the barrier effectiveness of surgical gown fabric, *Am. J. Infect Control*, 25, 16-23, 1997.
26. Cho J., and Cho G., Effect of a dual function finish containing an antibiotic and a fluorochemical on the antimicrobial properties and blood repellency of surgical gown materials. *Text. Res. J.*, 67, 875-880, 1997.
27. Granzow J.W., Smith J.W., Nichols R.L., Waterman R.S., and Muzik A.C., Evaluation of the protective value of hospital gowns against blood strike-through and methicillin-resistant Staphylococcus aureus penetration, *Am. J. Infect. Control.*, 26, 85-93, 1998.
28. Montazer M. and Rangchi F., Simultaneous antibacterial, water and blood repellent finishing of disposal nonwovens using CTAB and fluorochemical, *J. Tekstil*, 19, 128-132, 2009.
29. Midha V.K., Dakuri A., and Midha V., Studies on the Properties of Nonwoven Surgical Gowns, *J. Ind. Text.*, 43, 174-190, 2012
30. Parthasarathi V. and Thilagavathi G., Developing antiviral

- surgical gown using nonwoven fabrics for health care sector, *J. Text. I.*, 13, 327-332, 2013.
31. Parthasarathia V. and Thilagavathi G., Development of trilaminar antiviral surgical gown for liquid barrier protection, *J. Text. I.*, 106, 1095-1105, 2014.
32. Yan Y. and Tsai P.P., Prediction of hydrostatic pressure and blood penetration of medical protective clothing, *J. Eng. Fiber Fabr.*, 11, 17-22, 2016.
۳۳. قاسمی ش. و همکاران، بررسی خواص کیفی بی‌بافت‌های مختلف برای استفاده در روپوش‌های جراحی، هشتمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران، جلد ۶، ۱-۶، ۱۳۹۱.

A Review on the Properties and Structures of Surgical Gowns

Farzane Moradi, Mohammad Saleh Ahmadi*, and Hasan Agha Mashroteh.

Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Yazd University, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran

Abstract

In recent years, the use of protective medical textiles has considerably increased due to the advances in the science and increasing people's awareness. Surgical gowns are protective clothing for surgeons and health-care staff that are commonly used during the operation. In addition to being a barrier against liquids, surgical gowns should offer a suitable level of air and water vapor permeability in order to maintain the wearer's comfort. Moreover, surgical gowns should not cause thermal stress which may deteriorate the performance of the wearer and cause an undesirable effect on the operation process. In this paper, the topic of surgical gowns, their raw materials, types, requirements, and relevant standards test methods, have been reviewed with reference to the previous research works. Barrier properties of surgical gowns are affected mainly by fiber diameter, fabric structure, areal weight and type of finish. Moreover, the comfort of gowns is also affected by parameters such as fabric drape and water vapor permeability.

Keywords

surgical gown,
properties,
structure,
comfort

(*) Address Correspondence to M. S. Ahmadi, Email: ms.ahmadi@yazd.ac.ir