

الحمد لله الذي
جعل القرآن
موسمًا من
البركات



دانشکده تربیت بدنی

پایان نامه کارشناسی ارشد فعالیت بدنی و تندرستی

تأثیر یون‌های منفی هوا بر پاسخ‌های تهویه‌ای در دانشجویان فعال

نگارنده:

سمانه خاکساری

استاد راهنما:

دکتر علی یونسیان

استاد مشاور:

دکتر فرهاد غلامی

بهمن ۱۳۹۷

تقدیم:

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم می‌کنم به آمان که مهر آسمانشان آرا منجش آلام زمینی‌ام است.

به استوارترین تکیه‌گاهم، دستان پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بگوختم قطره‌ای از دریای بی‌کران مهربانیان را

سپاس توانم بگویم. امروز هستی‌ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشت رضای شماست

ره‌آوردی‌گر آن سنگ‌تر از این ارزان‌نداشتم تا به خاک پایتان شاکرم، باشد که حاصل تلاشم نیم-

گونه غبار خشکیتان را بزداید.

بوسه بر دستان پرمهرتان

تشکر و قدردانی

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی‌شائبه او، بازبان قاصرو دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تأمین می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دوش سپرده‌اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عز وجل"

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر علی یونسیان که در کمال سه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ‌کلی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمات را احسانی این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند؛

از اساتید صبور و باتقوا، جناب آقای دکتر فرهاد غلامی و آقای مهندس مجتبی کینا که زحمات مشاوره این پایان‌نامه را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی‌رسید؛

و از اساتید فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای دکتر علی حسینی و آقای دکتر عادل دنیایی که زحمات داوری این پایان‌نامه را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

تعهدنامه

- اینجانب سمانه خاکساری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی ورزشی و تندرستی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تأثیر یون های منفی هوا بر شاخص های تهویه ریوی دانشجویان فعال تحت راهنمایی دکتر علی یونسیان متعهد می شوم :
- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

امضای

تاریخ

دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

هدف: هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر پاسخ‌های تهویه ریوی در دانشجویان فعال بود.

روش: این پژوهش از نوع تحقیقات توسعه‌ای با طرح متقاطع دوسوکور است. نمونه آماری این پژوهش را دختران و پسران دانشجو با میانگین سنی ($22/70 \pm 0/61$ سال) و میانگین شاخص توده بدن (Kg/m^2) ($21/59 \pm 0/74$) تشکیل دادند. جهت اجرای طرح متقاطع، افراد به‌صورت تصادفی در دو شرایط یون و بدون یون که در هر حالت ۲۰ نفر شامل ۱۰ دختر و ۱۰ پسر قرار داشتند، تقسیم شدند. آزمودنی‌ها تست بروس را در دو محیط یون و بدون یون اجرا کردند و با فاصله یک هفته (جهت پاکسازی یون) مجدداً تست مورد نظر در حالی که شرایط محیطی افراد جابه‌جا شده بود تکرار شد. در حالت تمرین با مداخله یون، پیش از قرار گرفتن در اتاق ایزوله و پس از آن و همچنین پس از اجرای تست بروس اسپرومتری انجام شد. در حالت بدون یون نیز پیش از اجرای تست و پس از آن اسپرومتری انجام گرفت. در شاخص‌هایی که از توزیع طبیعی برخوردار بودند از آزمون تی همبسته و در شاخص‌های غیرنرمال از آزمون ناپارامتریک ویلکاکسون جهت ارزیابی تفاوت بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج آزمون تی همبسته نشان داد، مقادیر FVC استراحتی و فعالیتی، FEV₁ استراحتی و فعالیتی، $\frac{\text{FEV}_1}{\text{FVC}}$ استراحتی و فعالیتی و FEF₂₅₋₂₇ استراحتی و فعالیتی بعد از مداخله یون افزایش معناداری یافته‌است ($p < 0/05$). اما بین تغییرات شاخص‌های فوق در زمان استراحت و فعالیت اختلاف معناداری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: باتوجه به نتایج این مطالعه به‌نظر می‌رسد، قرارگیری در معرض یون‌های منفی هوا باعث بهبود برخی شاخص‌های عملکردی ریه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: یون‌های منفی هوا، یونیزاسیون، تست بروس، شاخص‌های تهویه، افراد فعال

۱- فصل اول :	۱
۱-۱- مقدمه ..	۲
۱-۲- بیان مسئله ..	۳
۱-۳- ضرورت و اهمیت تحقیق ..	۷
۱-۴- اهداف تحقیق ..	۸
۱-۴-۱- هدف کلی ..	۸
۱-۴-۲- اهداف جزئی ..	۹
۱-۵- فرضیه‌های تحقیق ..	۹
۱-۶- پیش‌فرض‌های پژوهش ..	۱۰
۱-۷- محدودیت‌های تحقیق ..	۱۰
۱-۷-۱- محدودیت‌های قابل کنترل ..	۱۰
۱-۷-۲- محدودیت‌های غیرقابل کنترل ..	۱۱
۲- فصل دوم ..	۱۵
۲-۱- مقدمه ..	۱۶
۲-۲- مبانی نظری ..	۱۶
۲-۲-۱- یون ..	۱۶
۲-۲-۲- یون‌های منفی ..	۱۷
۲-۲-۳- یونیزاسیون هوا ..	۱۸

۲۰	۴-۲-۲- تاریخچه یونیزاسیون
۲۱	۵-۲-۲- مکانیزم‌های تولید یون
۲۲	۶-۲-۲- کاربردهای انسانی یونیزاسیون
۲۳	۷-۲-۲- تهویه ریوی
۲۴	۸-۲-۲- ساختمان دستگاه تنفس
۲۴	۹-۲-۲- حرکت هوا به داخل و خارج از ریه‌ها
۲۶	۱۰-۲-۲- ظرفیت‌ها و حجم‌های ریه
۲۹	۱۱-۲-۲- جریان هوای بازدمی
۳۰	۱۲-۲-۲- شاخص‌های عملکرد ریوی
۳۲	۱۳-۲-۲- جنبه‌های فیزیولوژیکی شاخص‌های اسپرومتری
۳۳	۱۴-۲-۲- تهویه هنگام استراحت
۳۳	۱۵-۲-۲- تهویه در ورزش
۳۵	۱۶-۲-۲- عوامل مؤثر و محدودکننده بر تنفس در فعالیت
۳۶	۱۷-۲-۲- یون منفی و ورزش
۳۷	۱۸-۲-۲- یون منفی و بدن انسان
۳۷	۳-۲- پیشینه تحقیق
۳۷	۱-۳-۲- تأثیر یون‌های منفی هوا در ورزش
۴۰	۲-۳-۲- تأثیر یون‌های منفی هوا بر شاخص‌های تهویه ریوی
۴۲	۴-۲- جمع‌بندی پیشینه
۴۳	۳- فصل سوم
۴۴	۱-۳- مقدمه
۴۴	۲-۳- روش تحقیق

۳-۳-جامعه و نمونه تحقیق.....	۴۴
۳-۴-متغیرهای تحقیق.....	۴۵
۳-۴-۱-متغیرمستقل.....	۴۵
۳-۴-۲-متغیر وابسته.....	۴۵
۳-۵-طرح تحقیق.....	۴۵
۳-۶-روش اجرای تحقیق.....	۴۷
۳-۷-وسایل و ابزار اندازه گیری.....	۴۸
۳-۸-نحوه کنترل دما و رطوبت محیط و تعیین روزهای اجرای آزمون.....	۴۸
۳-۹-انتخاب روزهای پژوهش.....	۴۹
۳-۱۰-اتاق ایزوله.....	۴۹
۳-۱۱-دستگاه یونیزاسیون.....	۴۹
۳-۱۲-روش جمع آوری اطلاعات.....	۵۰
۳-۱۲-۱-اطلاعات شخصی.....	۵۰
۳-۱۲-۲-اندازه های آنتروپومتریکی.....	۵۱
۳-۱۳-تست بروس.....	۵۲
۳-۱۴-اسپیرومتری.....	۵۳
۳-۱۴-۱-چگونگی اجرای آزمون اسپیرومتری.....	۵۳
۳-۱۴-۲-روش اجرای آزمون FVC و زیر شاخص های آن.....	۵۳

۵۳	۳-۱۵- روش آماری
۵۵	۴- فصل چهارم
۵۶	۴-۱- مقدمه
۵۶	۴-۲- تجزیه و تحلیل توصیفی یافته‌های پژوهش
۵۶	۴-۲-۱- اطلاعات و ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها
۵۷	۴-۲-۲- بررسی توصیفی متغیرهای پژوهش
۵۸	۴-۳- بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها
۵۹	۴-۴- یافته‌های مربوط به فرضیه‌های پژوهش
۵۹	۴-۴-۱- آزمون فرضیه اول
۶۰	۴-۴-۲- آزمون فرضیه دوم
۶۱	۴-۴-۳- آزمون فرضیه سوم
۶۱	۴-۴-۴- آزمون فرضیه چهارم
۶۲	۴-۴-۵- آزمون فرضیه پنجم
۶۴	۴-۴-۶- آزمون فرضیه ششم
۶۵	۴-۴-۷- آزمون فرضیه هفتم
۶۶	۴-۴-۸- آزمون فرضیه هشتم
۶۷	۵- فصل پنج
۶۸	۵-۱- مقدمه
۶۸	۵-۲- خلاصه پژوهش
۶۹	۵-۳- بحث و نتیجه‌گیری

۷۶ ۴-۵- نتیجه‌گیری کلی

۷۷ ۵-۵- پیشنهادات برگرفته از پژوهش

۷۷ ۵-۶- پیشنهاداتی برای سایر پژوهشگران

۸۹ پیوست شماره ۲

۹۰ پیوست شماره ۳

۹۲ پیوست شماره ۵

فهرست تصاویر و اشکال

- شکل ۱-۲ : مکانیسم جذب الکتریکی..... ۲۰
- شکل ۲-۲ : آناتومی دستگاه تنفس..... ۲۴
- شکل ۳-۲ : حجم ها و ظرفیت های استاتیک و دینامیک ریوی..... ۲۸
- شکل ۴-۲ : نمودار ظرفیت حیاتی..... ۳۱
- شکل ۵-۲ : حساسیت شاخص FEF_{25-75} ۳۲
- شکل ۱-۴ : نمودار تغییرات FVC استراحتی..... ۵۹
- شکل ۲-۴ : نمودار تغییرات FVC فعالیتی..... ۶۱
- شکل ۳-۴ : نمودار تغییرات FEV_1 استراحتی..... ۶۱
- شکل ۴-۴ : نمودار تغییرات FEV_1 فعالیتی..... ۶۲
- شکل ۵-۴ : نمودار تغییرات $\frac{FEV_1}{FVC}$ استراحتی..... ۶۳
- شکل ۶-۴ : نمودار تغییرات $\frac{FEV_1}{FVC}$ فعالیتی..... ۶۴
- شکل ۷-۴ : نمودار تغییرات FEF_{25-75} استراحتی..... ۶۵
- شکل ۸-۴ : نمودار تغییرات FEF_{25-75} فعالیتی..... ۶۶

فهرست جداول

جدول ۳-۱: مراحل اجرای آزمون نوارگردان بروس.....	۵۲
جدول ۴-۱: ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها.....	۵۶
جدول ۴-۲: ویژگی‌های توصیفی متغیرهای پژوهش.....	۵۷
جدول ۴-۳: نتایج حاصل از توزیع طبیعی داده‌ها.....	۵۸
جدول ۴-۴: داده‌های مربوط به میزان FVC استراحتی.....	۵۹
جدول ۴-۵: داده‌های مربوط به میزان FVC فعالیتی.....	۶۰
جدول ۴-۶: داده‌های مربوط به میزان FEV ₁ استراحتی.....	۶۱
جدول ۴-۷: داده‌های مربوط به میزان FEV ₁ فعالیتی.....	۶۲
جدول ۴-۸: داده‌های مربوط به میزان $\frac{FEV_1}{FVC}$ استراحتی.....	۶۳
جدول ۴-۹: داده‌های مربوط به میزان $\frac{FEV_1}{FVC}$ فعالیتی.....	۶۴
جدول ۴-۱۰: داده‌های مربوط به میزان FEF ₂₅₋₇₅ استراحتی.....	۶۵
جدول ۴-۱۱: داده‌های مربوط به میزان FEF ₂₅₋₇₅ فعالیتی.....	۶۶

فصل اول

کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه

امروزه آلودگی هوا یکی از عمده‌ترین مسائلی است که بدلیل اثرات مضر و مخرب بر سلامت انسان، حیوان و اکوسیستم مطالعات زیادی را در اقصی نقاط دنیا اعم از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به‌خود اختصاص داده است. بطور کلی آلودگی هوا عبارت است از حضور یک یا چند آلاینده اعم از جامد، مایع، گاز، تشعشع پرتوزا و غیر پرتوزا در هوای آزاد به‌مقدار و مدتی که کیفیت هوا را به‌نحوی که برای انسان، سایر موجودات زنده اعم از حیوانات یا گیاهان و یا آثار و ابنیه زیان‌آور باشد، تغییر دهد. اصلی‌ترین زیرشاخه از مطالعات اکوسیستم مربوط به انسان‌ها می‌باشد. هر انسان به‌طور متوسط روزانه ۱۶ کیلوگرم هوا مصرف می‌کند. این درحالی است که به‌طور متوسط فقط ۲۰۰ میلی‌لیتر آب و ۱ کیلوگرم غذا توسط هر انسان روزانه مصرف می‌گردد. بنابراین آلودگی هوا می‌تواند حدود ۱۱ برابر از آلودگی آب و حدود ۱۶ برابر از آلودگی غذا خطرناک‌تر باشد. طبق بررسی‌های بعمل آمده، میزان آلاینده‌ها در فضاهای بسته ۲ الی ۵ برابر هوای آزاد می‌باشد (۱). هر فرد به‌طور متوسط روزانه ۹۰٪ از شبانه روز را در فضای بسته سپری می‌کند. از طرفی طبق آمار منتشر شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا^۱، سالانه ۶۵۰۰۰ الی ۱۵۰۰۰۰ نفر در آمریکا بدلیل تأثیرات منفی ناشی از حضور انواع آلاینده‌ها در فضاهای بسته، جان خود را از دست می‌دهند. طی یک بررسی جداگانه ثابت شده است که بهبود کیفیت هوا در محیط‌های بسته سالانه باعث صرفه‌جویی به‌میزان ۴۰ الی ۲۰۰ میلیارد دلار در هزینه‌ها بشکل مستقیم و یا غیر مستقیم (مانند افزایش بهره‌وری در کار) در ایالات متحده می‌گردد (۲). ساده‌ترین و موثرترین روش کنترل آلاینده‌ها، حذف آنها در منبع تولید می‌باشد، حال آنکه برخی از آلاینده‌ها از قبیل گرد و خاک و ذرات معلق را به‌سختی می‌توان از منبع تولید کننده حذف نمود. آلاینده‌های هوا که منبع اصلی تولید آنها از منابع انرژی بویژه احتراق سوخت‌های فسیلی هستند، از دو بخش عمده ذرات معلق و گازها تشکیل شده‌اند. ابعاد آلاینده ذرات از ۳/۰ میکرون تا ۱۰۰ میکرون متغیر است (۳). آلاینده‌های ذرات بدن انسان را از ۳ طریق تحت تأثیر

^۱. United States Environmental Protection Agency (EPA)

قرار می‌دهند: مسیر تنفسی، پوست و تغذیه. از بین این مسیرها، دستگاه تنفسی بیشترین تأثیر را می‌پذیرد. علاوه بر این امکان نفوذ ذرات ریز در ریه و در نتیجه تأثیر آن بر سلامتی، بیش از سایر ذرات می‌باشد که این میزان با افزایش تعداد و عمق تنفس افزایش می‌یابد (۱). لذا بهبود عملکرد سیستم‌های تهویه در فضاهای بسته برای کنترل آلاینده‌هایی از قبیل برخی مواد شیمیایی، گازها و ذرات معلق بسیار موثر است. از راهکارهای مفید و جدید، استفاده از سیستم یونیزاسیون^۱ منفی هوا است که می‌تواند با کاهش دادن ذرات معلق و آلاینده‌های موجود در هوا، ضمن بهبود کیفیت هوا، در کنترل، گسترش و انتقال عوامل بیماری‌زا، نقش مؤثری ایفا نماید. روش استفاده از یونیزاسیون به‌عنوان ابزاری برای کاهش یا حذف ذرات موجود در هوا و یا سطوح میکروبی، برای سال‌های متمادی مطالعه شده‌است (۴).

۱-۲- بیان مسئله

ذرات معلق موجود در جو، بر سیستم آب و هوایی زمین تأثیر می‌گذارد. تحقیقات علمی انجام گرفته نشان داده‌است که ذرات معلق از آلاینده‌های اصلی، از دیدگاه مخاطرات بهداشت عمومی و سلامتی، می‌باشند. اغلب این نوع ذرات معلق با طیف وسیعی از اثرات بهداشتی حاد و مزمن، از اختلالات جزئی گرفته تا مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی، قلبی عروقی و سرطان ریه مرتبط هستند (۵). بر اساس آمارهای جهانی ارائه شده حدود ۸ درصد مرگ‌های ناشی از سرطان ریه، ۳ درصد مرگ‌های ناشی از عفونت‌های تنفسی و ۵ درصد از مرگ‌هایی که به واسطه بیماری‌های قلبی - عروقی و تنفسی رخ می‌دهد به دلیل وجود ذرات معلق ریز در هوا می‌باشد که این بیماری‌ها در کشورهای در حال توسعه محسوس‌تر می‌باشند (۶). اعتقاد بر این است که ذرات ریزتر تهدید سلامتی بزرگتری نسبت به ذرات بزرگتر باشد، چرا که احتمال رسوب ذرات کوچکتر در اعماق پایین‌تر ریه بیشتر است (۷). این ذرات علاوه بر این، به‌طور مستقیمی در لوله تنفسی سایش ایجاد کرده، مسیرهای عبور هوا را مسدود می‌کنند و به

^۱ . Ioniztion

مسیرهای موکوسی در ریه آسیب وارد می‌کنند(۸). مطالعات گوناگون نشان می‌دهند که رابطه مستقیمی بین امراض تنفسی و آلودگی های هوا وجود دارد. این دوز از آلودگی با مدت زمان مواجهه، غلظت آلاینده در هوای تنفس شده، میزان و حجم تهویه، دما و رطوبت هوای تنفس شده و راه تنفس (بینی یا دهان) مرتبط بوده و تعیین می‌شود. آلاینده‌ها عمدتاً دستگاه تنفسی را آلوده می‌سازند که علت آن سطح مواجهه گسترده دستگاه تنفسی با ذرات است. غشاهای مخاطی بینی، ذرات بزرگ و گازهای با حلالیت بالای استنشاق شده را برداشت می‌کنند و مانع از آسیب مجاری هوایی عمقی تر و بافت ریه می‌شوند. با این حال، ذرات کوچکتر و با حلالیت پایین به راحتی از این سد عبور می‌کنند (۹). در فضاهای سر بسته آلودگی هوا ممکن است ناشی از آلاینده‌های داخلی نظیر آلودگی ناشی از نوع مصالح به کار رفته، ابزار و وسایل موجود در محیط، افراد حاضر در محل و فعالیت‌های انجام شده باشد. غلظت بسیاری از آلاینده‌ها (ذرات معلق، گوگردی اکسید^۱، ازن^۲، فلزات و بنزن^۳) داخل محیط‌های بسته کمتر از فضاهای بیرونی هستند. بر عکس، برخی آلاینده‌ها شامل نیتروژن دی اکسید^۴، کربن مونوکسید^۵، برخی هیدروکربن‌های آروماتیک و بسیاری از ترکیبات آلی فرار، تمایل به افزایش غلظت در فضاهای سر بسته در مقایسه با فضای بیرونی دارند. بر همین اساس و با توجه به تحقیقات انجام شده، نسبت آلودگی هوای داخل سالن‌های ورزشی نیز به آلودگی هوای بیرونی می‌تواند چشم‌گیر باشد (۱۰). از سویی پرداختن به فعالیت بدنی منظم نقش به‌سزایی در سلامت عمومی از جمله کارکرد دستگاه قلبی- تنفسی انسان دارد (۱۱). با افزایش میزان فعالیت بدنی، شدت تنفس افزایش یافته و هوای بیشتری وارد ریه می‌گردد، این روند ممکن است منجر به افزایش خطر جذب آلاینده‌ها از طریق تنفس گردد (۱۲). از این رو فرضیه‌ای مطرح است که آلودگی هوا ممکن است تأثیر مفید ورزش بر سلامتی را به گونه‌ای که در مطالعات انجام گرفته گزارش شده است دچار محدودیت کند (۱۳). با توجه به این که

^۱.SO₂

^۲.O₃

^۳.C₆H₆

^۴.NO₂

^۵.CO

آلودگی هوا موجب افزایش مقاومت راه‌های هوایی و کاهش ظرفیت‌های شش‌ها می‌شود، بدیهی است که این عوارض در حین فعالیت تشدید می‌شوند. علاوه بر این، افزایش تهویه ریوی و سرعت جریان هوا در حین ورزش در رساندن آلاینده‌ها به بخش‌های عمقی‌تر دستگاه تنفسی نقش دارند. همچنین نشان داده شده‌است که ظرفیت انتشاری با ورزش افزایش می‌یابد که ممکن است باعث افزایش انتشار گازهای آلاینده از طریق ریه در حین ورزش شود (۱۴). در دوندگان مسافت‌های طولانی بعد از چندین روز ورزش شدید در هوای آلوده، میزان پاکسازی موکوسی مژکی^۱ بینی مختل شده بود که احتمالاً ناشی از مواجهه با آلاینده‌های هوا در حین ورزش بوده است. چنین اختلالی در سیستم پاکسازی بینی می‌تواند ورزشکار را بیش از پیش در برابر آلاینده‌های هوا آسیب پذیرتر کند چرا که آلاینده‌هایی که پیشتر توسط مخاط بینی جذب می‌شدند اینک به مجاری هوایی عمقی‌تر راه می‌یابند (۱۵).

به هر حال بهره‌مندی از مزایای ورزش، زمانی بهینه خواهد بود که ورزش و فعالیت‌های بدنی با در نظر گرفتن ملاحظات بهداشتی، از جمله شرایط محیطی مناسب انجام شود (۱۲). پرهیز از مواجهه، روش اصلی پیشگیری از اثرات سوء کوتاه مدت و دراز مدت آلودگی هوا است. با این حال، افزایش روز افزون آلاینده‌های هوا و همچنین اهمیت فعالیت بدنی استفاده از روش‌های نوین جهت مواجهه شدن با این فشارآفرین محیطی را مورد توجه قرار می‌دهد. یکی از این روش‌ها، یونیزاسیون ذرات موجود در هوا است (۱۳). در مفاهیم عمومی جوامع مختلف، واژه‌ی هوای زنده و مرده تعریف مشخص و معینی دارد. هوای زنده و سالم، کنایه از هوای کوهستان، جنگل، کوه و دشت و دریا است. به عبارتی، هوای غیر محیط‌های بسته و آلوده شهری تحت عنوان هوای زنده و سالم تقسیم‌بندی می‌شوند. تفاوت هوای این دو منطقه کاملاً مشهود است و حداقل در هنگام خروج از محیط‌های بسته به خیابان و یا هنگام خروج از شهر به سمت حاشیه شهر تا حدودی حس تنفس راحت و عمیق را تجربه کرده‌ایم. باید اشاره داشت، موجودات زنده همه در برابر هوای زنده و سالم احساس یکسانی دارند. در زندگی امروز با گسترش روز

^۱. mucociliary clearance

افزون صنعت، عوامل جانبی در آلودگی هوای شهری و تأثیرگذار بر کاهش یون‌های منفی افزایش یافته‌است. باتوجه به نتایج تحقیقات انجام شده توسط بیولوژیست‌ها و بیوفیزیکدان‌های ذرات فعال، اثر مثبت آنیون‌ها در فرآیند و حفظ حیات و همچنین نقش اساسی آن در ساختار سلولی و تبادلات شیمیایی موجودات زنده غیر قابل انکار است (۱۶). وجود یون‌ها در طبیعت ارزش حیاتی دارد. موجودات زنده بطور متوسط بیش از چند روز قادر به ادامه‌ی حیات در محیط عاری از یون نیستند و از بین می‌روند. امروزه عوامل متعددی در کاهش یون‌های سودمند و مفید منفی، در محیط‌زیست و هوای پیرامونمان اثرگذار شده‌است. کاهش غلظت یون‌های منفی تأثیر مستقیم و قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت و کمیت تولیدات و رشد گیاهان دارد. بنابراین دانش بشری ناگزیر است در تولید و هدایت این فرآیند دخالت کند تا به گونه‌ای مصنوعی بتواند شرایط را فراهم سازد (۱۷). یون‌ها زمانی تشکیل می‌شوند که اتم‌ها، الکترون بگیرند یا الکترون از دست بدهند، به نحوی که در تعداد ذرات شارژ شده عدم تعادل به وجود آید. یون‌های اولیه از طریق یونیزاسیون هوا در کمتر از یک ثانیه تشکیل می‌شوند. یون‌های کوچک عملاً در تمام طول زمان و در طول عمر وجود دارند. در مقابل یون‌های متوسط معمولاً در هنگام تشکیل ذرات جدید، بارش برف، ریزش قطرات آب، در شرایط باد با سرعت کم در زمستان و در طول دوره‌های مختلف تشخیص داده می‌شوند (۱۳). در سطح زمین‌های باز، در هرسانته‌متر مکعب هوا، معمولاً ۴۰۰ تا ۲۰۰۰ یون وجود دارد و نسبت یون‌های مثبت به منفی از ۴ به ۱ تا ۱/۳ به ۱ متغیر است (۱۴). یون‌های منفی، بار منفی خود را به آلاینده‌ها و عوامل آلرژی‌زا که به صورت مثبت باردار هستند می‌چسبانند. این امر موجب می‌شود که جذب مغناطیسی بین آلاینده‌های معلق در هوا بوجود آید و در نتیجه آنها به یکدیگر می‌پیوندند. ذرات تشکیل شده‌ی جدید بزرگتر و سنگین‌تر هستند و بنابراین به طرف زمین کشیده می‌شوند و از فضای تنفسی ما خارج می‌گردند. حتی اگر آنها قبل از اینکه به زمین برسند تنفس شوند، چون ذرات بزرگتری هستند، توسط فیلترهای بالای ناحیه‌ی تنفسی فیلتر می‌شوند (۱۵). فرآیند یونیزاسیون مصنوعی هوا و تزریق یون‌های اضافی در هوای محل مورد نظر، باعث افزایش تبادلات الکترواستاتیکی شده و با افزایش جرم ذرات و بارالکتریکی آنها، سریعتر تحت تأثیر گرانش قرار گرفته و

از محیط خارج می‌شوند. بنابراین یونیزاسیون فرآیندی است که به کاهش غلظت آلاینده‌ها در محیط کمک می‌کند. با توجه به مکانیزم اثر یونیزاسیون هوا که براساس تخلیه الکتریکی ایجاد می‌شود، بر روی ذرات معلق $PM_{2.5}$ ، PM_{10} مفید است و اثر چشمگیری در کاهش غلظت آنها دارد (۱۸). در سال‌های اخیر نیز علاقه‌ای به استفاده از یونیزاسیون هوا برای کنترل گسترش عفونت‌های هوایی وجود دارد. به‌طور خاص، نتایج حاصل از یک کارآزمایی بالینی در یک واحد مراقبت‌های ویژه نشان می‌دهد که یون‌های هوای منفی ممکن است پتانسیل کنترل برخی از عفونت‌های بیمارستانی را داشته باشند (۱۹). در پژوهش‌های مختلف تأثیر مثبت یون‌های منفی هوا بر بدن انسان نشان داده شده است. از طرفی براساس تحقیقات ارائه شده نتایج ضد و نقیضی در زمینه اثرگذاری یون‌های منفی هوا بر شاخص‌های مختلف تنفسی از جمله شاخص‌های عملکردی تهویه ریوی در ورزش وجود دارد. براساس اطلاعات به‌دست آمده به نظر می‌رسد در این زمینه تا کنون مطالعه‌ای در ایران صورت نگرفته است، لذا در این پژوهش به‌طور خاص به دنبال پاسخ به این سوال هستیم که آیا یون‌های منفی هوا بر پاسخ‌های تهویه‌ای افراد فعال تأثیر می‌گذارد؟

۱-۳- ضرورت و اهمیت تحقیق

آلودگی هوا در حال حاضر به‌مشکل روز بسیاری از کشورها از جمله ایران بدل شده است. تقریباً تمام کلانشهرهای کشور ایران به‌نحوی با این مشکل مواجه هستند. آلودگی هوا نه تنها موجب به خطر افتادن سلامتی و افزایش مرگ و میر بیماران شده، بر کارکرد ورزشی ورزشکاران نیز تأثیر سوء دارد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که اثرات سوء آلاینده‌های هوا از جمله ذرات معلق بر انسان با افزایش فعالیت فیزیکی افزایش یافته و مواجهه با آلاینده‌های هوا در حین ورزش بر کارکرد ریوی و کارایی ورزشکاران تأثیر منفی دارد. به‌دلیل شدت آلودگی در بعضی مناطق، برگزارکنندگان مسابقات ورزشی همواره با مشکل تعیین زمان مناسب برای انجام مسابقات در این مناطق مواجه بوده‌اند. برای نمونه می‌توان به تجربه برگزاری مسابقات المپیک ۲۰۰۸ در شهر پکن اشاره کرد که یکی از

آلوده‌ترین کلانشهرهای دنیا به حساب می‌آید و غلظت آلاینده‌های هوای آن شامل مونوکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن و گوگرد، ازن و ذرات معلق در برخی از ساعات از مرز استانداردهای نرمال فراتر می‌رود (۲۰). از آنجایی که در ورزش قهرمانی کاهش اندکی از کارایی ورزشکار بر میزان موفقیت وی در کسب مدال تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد، از اثرات آلودگی هوا بر کارایی ورزشکاران در سطوح بالای ورزش نباید غفلت کرد. از طرف دیگر با توجه به اهمیت فعالیت فیزیکی و نقش آن در تندرستی عموم افراد جامعه و فراگیر شدن ورزش در میان اقشار مختلف مردم و بیماران ساکن در شهرهای بزرگ همواره این سؤال برای آنان مطرح بوده که در چه شرایطی به انجام ورزش بپردازند تا کمتر تحت تأثیر اثرات سوء آلاینده‌های هوا قرار گیرند (۱۲). علاوه بر این از آنجا که رشد و نمو موجودات به فراخور نوع تنفس آنها وابسته به مولکول اکسیژن است و عموماً در محیط‌های بسته یون‌های منفی مولکول اکسیژن به میزان کافی وجود ندارد و علت اصلی این موضوع در ساختار سازه‌ها و مکان‌های ساخته شده‌ی امروزی است که بیشتر از شبکه‌های آهنی و ساختار فلز-بتنی تشکیل شده‌اند. این ساختارها روند طبیعی اثر فاکتورهای محیطی مانند میدان‌های الکترومغناطیسی، اشعه فرابنفش و فروسرخ، یونیزاسیون طبیعی هوا و غیره را کاهش می‌دهد و کاهش هر یک از فاکتورهای طبیعی بالا منجر به کاهش غلظت یون‌های منفی در هوا می‌شود (۲۱). بنابراین توسعه روش‌های نوین تصفیه هوا و رسیدن به باور علمی جهت بهره‌گیری از این روش‌ها مستلزم پژوهش‌های بسیار در این زمینه است.

۱-۴- اهداف تحقیق

۱-۴-۱- هدف کلی

هدف کلی از انجام این تحقیق بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر پاسخ‌های تهویه‌ای در دانشجویان

فعال

۱-۴-۲- اهداف جزئی

۱. بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر FVC^1 استراحت دانشجویان فعال
۲. بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر FVC فعالیت دانشجویان فعال
۳. بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر FEV_1^2 استراحت دانشجویان فعال
۴. بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر FEV_1 فعالیت دانشجویان فعال
۵. بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر $\frac{FEV_1}{FVC}$ استراحت دانشجویان فعال
۶. بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر $\frac{FEV_1}{FVC}$ فعالیت دانشجویان فعال
۷. بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر FEF_{25-75}^3 استراحت دانشجویان فعال
۸. بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر FEF_{25-75} فعالیت دانشجویان فعال

۱-۵- فرضیه‌های تحقیق

۱. یون‌های منفی هوا بر میزان FVC استراحت افراد فعال تأثیر معناداری دارد.
۲. یون‌های منفی هوا بر میزان FVC فعالیت افراد فعال تأثیر معناداری دارد.
۳. یون‌های منفی هوا بر میزان FEV_1 استراحت افراد فعال تأثیر معناداری دارد.
۴. یون‌های منفی هوا بر میزان FEV_1 فعالیت افراد فعال تأثیر معناداری دارد.
۵. یون‌های منفی هوا بر میزان $\frac{FEV_1}{FVC}$ استراحت افراد فعال تأثیر معناداری دارد.
۶. یون‌های منفی هوا بر میزان $\frac{FEV_1}{FVC}$ فعالیت افراد فعال تأثیر معناداری دارد.
۷. یون‌های منفی هوا بر FEF_{25-75} استراحت افراد فعال تأثیر معناداری دارد.
۸. یون‌های منفی هوا بر FEF_{25-75} فعالیت افراد فعال تأثیر معناداری دارد.

^۱. Forced Vital Capacity

^۲. Forced Expiratory Volume in First Second

^۳. Mid-Forced Expiratory Flow

۱-۶- پیش فرض‌های پژوهش

۱. تمامی پرسش‌نامه‌های مورد استفاده در این پژوهش، با صداقت کامل توسط آزمودنی‌ها تکمیل گردید.
۲. شرایط پژوهش برای همه آزمودنی‌ها یکسان بود.
۳. آزمودنی‌ها تست بروس را با نهایت توان خود انجام دادند.
۴. آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت پیش از انجام تست از محیط زندگی روزمره خود خارج نشدند (در معرض هوای آلوده یا در محیط جنگل و آبشار قرار نگرفتند).
۵. آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت پیش از انجام تست فعالیت بدنی شدید انجام ندادند.
۶. آزمودنی‌ها در بازه انجام پژوهش فعالیت بدنی نداشتند.

۱-۷- محدودیت‌های تحقیق

۱-۷-۱- محدودیت‌های قابل کنترل

۱. آزمودنی‌ها ناهنجاری اسکلتی نداشته‌اند.
۲. هیچ کدام از آزمودنی‌ها سابقه آسم، آلرژی تنفسی، انسداد مجاری تنفسی و یا حمله‌های قلبی-ریوی نداشته‌اند.
۳. هیچ کدام از آزمودنی‌ها از افراد سیگاری و استعمال کننده دخانیات انتخاب نشده بودند.
۴. همه آزمودنی‌ها در بازه سنی ۱۹ تا ۲۵ سال قرار داشتند.
۵. سطح فعالیت بدنی آزمودنی‌ها با توجه به پرسش‌نامه بک تقریباً مشابه بود.
۶. اجرای مانور اسپرومتری برای همه آزمودنی‌ها توسط فرد متخصص انجام گرفت.
۷. نحوه، مکان و فاصله بین اجرای تست‌ها برای همه افراد یکسان بود.
۸. آزمودنی‌ها از نظر روحی روانی (اضطراب، خلق و خو، انگیزه) در حالت نرمالی بودند.
۹. رطوبت و دمای محیط در بازه مشخصی قرار داشت.

۱۰. محیط دریافت یون، ایزوله بود.

۱۱. فاصله قرارگیری دستگاه یونیزاسیون تا آزمودنی کنترل شد.

۱۲. انجام تست در فصل، ماه و زمان خاصی از شبانه روز انجام شد و برای همه آزمودنی‌ها یکسان بود.

۱۳. تعداد یون‌های دریافتی آزمودنی‌ها به وسیله دستگاه، یکسان بود.

۱-۷-۲- محدودیت‌های غیرقابل کنترل

۱. عدم امکان اندازه‌گیری یون‌های طبیعی هوا در اتاق ایزوله

۲. عدم امکان اندازه‌گیری آلاینده‌ها و ذرات معلق در هوای اتاق

۳. میزان یادگیری و عملکرد افراد در اجرای تست‌های تهویه و گازهای تنفسی در زمان اختصاص داده شده برای انجام آن

۵. میزان تأثیر عوامل وراثتی

تعاریف واژه‌ها و اصطلاحات پژوهش

یون

تعریف نظری: یون‌ها بعنوان اتم‌ها یا مولکول‌هایی معرفی می‌شوند که الکترون از دست داده و یا بدست آورده اند (۲۲).

یون منفی (آنیون): اگر یک اتم خنثی الکترون بیشتری به دست آورد، دارای بار خالص منفی می‌شود و به عنوان یک آنیون (یون با بار منفی) شناخته می‌شود (۲۳).

یون مثبت (کاتیون): اگر یک اتم خنثی، یک یا چند الکترون خود را از دست دهد، دارای بار خالص مثبت می‌شود و به عنوان یک کاتیون (یون با بار مثبت) شناخته می‌شود (۲۳).

تعریف عملیاتی: در این پژوهش آزمودنی‌ها به مدت یک ساعت پیش از انجام تست در معرض ۱۰۰،۰۰۰ یون منفی در هر سانتی‌متر مکعب که به وسیله دستگاه یونیزاسیون ایجاد می‌شد قرار گرفتند.

تهویه ریوی

تعریف نظری: فرآیندی را که طی آن هوای جو به داخل ریه‌ها وارد شده و با هوای ریه‌ها مبادله می‌شود، تهویه ریوی می‌نامند (۲۴).

تعریف عملیاتی: در این پژوهش با استفاده از دستگاه اسپرومتری و از طریق مانور FVC، برخی شاخص‌های تهویه‌ای شامل FVC، FEV₁، $\frac{FEV_1}{FVC}$ ، FEF₂₅₋₇₅ مورد ارزیابی قرار گرفت.

ظرفیت حیاتی بازدمی با فشار (FVC)

تعریف نظری: شامل ظرفیت حیاتی است که با بیشترین نیروی ممکن به بیرون رانده می‌شود و به عبارتی مقدار هوایی است که خیلی سریع توسط دم عمیق وارد ریه شده و پس از چند لحظه حبس به طور کامل از ریه خارج می‌شود (۲۵).

تعریف عملیاتی: حجم هوایی است که در مدت ۴ تا ۶ ثانیه بازدم عمیق و سریع توسط دستگاه اسپرومتری به شکل نمودار رسم می‌شود و مقدار آن به لیتر محاسبه می‌گردد.

بازدم سریع در ثانیه اول (FEV1)

تعریف نظری: مقدار هوایی است که پس از یک دم کامل با قدرت و در طول یک ثانیه اول بازدم از ریه‌ها خارج می‌شود (۲۵).

تعریف عملیاتی: حجم هوایی است که در مدت یک ثانیه بازدم عمیق و سریع توسط دستگاه اسپرومتری به شکل نمودار رسم می‌شود و مقدار آن نیز به لیتر محاسبه می‌گردد.

حداکثر جریان میان بازدمی (FEF₂₅₋₇₅)

تعریف نظری: این شاخص بیانگر میزان متوسط جریان هوای بازدمی قوی بر حسب لیتر بر ثانیه در ۵۰٪ میانی مانور FVC می باشد.

تعریف عملیاتی: حجم هوایی است که بین ۲۵ تا ۷۵ درصد میانی کل هوای خروجی از ریه ها به وسیله دستگاه اسپرومتری به شکل نمودار رسم می شود.

افراد فعال

تعریف عملیاتی: در این پژوهش منظور از افراد فعال، داشتن حداقل ۱۵۰ دقیقه فعالیت بدنی منظم در هفته بود.

فصل دوم

مبانی نظری

و

پیشینه تحقیق

۲-۱- مقدمه

این فصل شامل دو بخش است. ابتدا مرور مختصری بر مبانی تحقیق صورت گرفته و درخصوص متغیرهای مربوط، نقش آنها در سیستم فیزیولوژیکی بدن و عوامل دخیل در آنها توضیحاتی ارائه می‌شود و سپس به گزیده‌ای از تحقیقات انجام شده مرتبط با مطالعه حاضر اشاره خواهد شد.

۲-۲- مبانی نظری

۲-۲-۱- یون

یون به اتم یا مولکول‌هایی گفته می‌شود که بارالکتریکی اضافه داشته باشند و این بار می‌تواند منفی یا مثبت باشد (۲۶). نابرابری تعداد کل الکترون‌ها با پروتون‌ها، در یک اتم یا مولکول، به آن بار خالص مثبت و یا بار خالص منفی الکتریکی می‌دهد. با استفاده از روش‌های فیزیکی یا شیمیایی، از طریق یونیزاسیون، می‌توان این پدیده را ایجاد کرد. از نگاه شیمیایی، اگر یک اتم خنثی، یک یا چند الکترون خود را از دست دهد، دارای بار خالص مثبت می‌شود و به‌عنوان یک کاتیون (یون با بار مثبت) شناخته می‌شود و برعکس اگر یک اتم خنثی الکترون بیشتری به‌دست آورد، دارای بار خالص منفی می‌شود و به‌عنوان یک آنیون (یون با بار منفی) شناخته می‌شود (۲۳). اصطلاح "یون‌های هوا" به‌طور گسترده اشاره به همه ذرات موجود در هوا است که دارای بار الکتریکی‌اند و حرکت آن‌ها تحت تأثیر میدان الکتریکی قرار دارد (۲۲). عموماً برای هوای فیلتر نشده، یون‌های هوا عبارت از خوشه‌های مولکولی مشتمل بر مولکول‌های حدود ۱۰ نوع گاز خنثی در اطراف مولکول باردار اکسیژن، نیتروژن و یا آب هستند که به آن‌ها یون‌های کوچک هوا گفته می‌شود. این یون‌ها سریعاً جذب یون‌های با بار الکتریکی مخالف شده و بار الکتریکی خود را از دست می‌دهند. عمر یون‌های کوچک در حدود چند ثانیه یا چند دقیقه (به‌طور متوسط ۱۰۰ ثانیه) می‌باشد. تحت شرایطی، یون‌های کوچک به ذرات یا مولکول‌های بزرگتر چسبیده و یون‌های هوای بزرگ‌تر را تشکیل می‌دهند. ابعاد یون‌های منفی که به‌صورت خوشه‌ای هستند، $0.85-0.36 \text{ nm}$ با قابلیت تحرک $1-3/2 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ و ابعاد یون‌های مثبت $1/6 \text{ nm}$ هستند، 0.85 با قابلیت تحرک $1-1/32 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ می‌باشد. ضمن اینکه متوسط عمر یون‌های مثبت و

منفی بسته به میزان ذرات موجود در هوا در حدود ۵۰ الی ۲۵۰ ثانیه می باشد. به صورت طبیعی یون های متوسط با ابعاد $1/6-7/4 \text{ nm}$ و قابلیت تحرک $0/034-0/5 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ در هوای محیط های بسته وجود دارند، حال آنکه یون های با ابعاد $7/4-22 \text{ nm}$ و قابلیت تحرک $0/042-0/034 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ و یون های بسیار سنگین تر با ابعاد $22-79 \text{ nm}$ و قابلیت تحرک $0/042-0/0087 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ به میزان کمتر در هوا وجود دارند (۲۷).

۲-۲-۲- یون های منفی

یون های منفی اولین بار در سال ۱۹۱۰ توسط تامسون کشف شد. نتیجه بررسی های وی نشان می داد که یون های منفی در اثر برخورد الکترون ها و روی سطوح با دمای بالا تشکیل می شوند. بدیهی است الکترون ها بسیار تمایل دارند توسط اتم هایی جذب شوند که در لایه آخر خود کمبود الکترون دارند و با جذب الکترون به حالت پایدار می رسند. برای مثال اتم هیدروژن در لایه آخر خود یک الکترون کم دارد و در صورت جذب الکترون به حالت پایدار رسیده و اوربیتال $1s^1$ که حالت پایدار است، تشکیل می شود. بطور مشابه هالوژن ها (فلوئور، کلر، برم و ید) به راحتی یک الکترون جذب کرده و تشکیل یون منفی پایدار می دهند. تمام گاز هایی که تمایل به جذب الکترون داشته باشند "الکترون گاتیو" نامیده می شوند (۲۸). یک معیار کلی برای پایداری یون های منفی بدین شرح است که برای تشکیل یون منفی پایدار برای یک مدت زمان، سطح انرژی کلی آن بایستی کمتر از میزان کل انرژی آن در شرایط عادی باشد، چون اتم عموماً در حالت خنثی کمترین سطح انرژی را نسبت به سایر حالت ها دارد. بنابراین برای آزاد کردن الکترون اضافی بایستی انرژی صرف شود و در صورت عدم حضور انرژی از یک منبع خارجی، یون ها می توانند بصورت نامحدود وجود داشته باشند و الکترون اضافی در نتیجه دریافت انرژی ناشی از برخوردهای تصادفی آزاد شود. لذا طول عمر یون های منفی در دما و فشار پایین که برخوردها کمتر است، بیشتر می باشد و همین امر حضور تعداد زیاد یون های منفی در اتمسفر سیارات از جمله کره زمین را توجیه می کند. عموماً یون های تولید شده در فرآیند

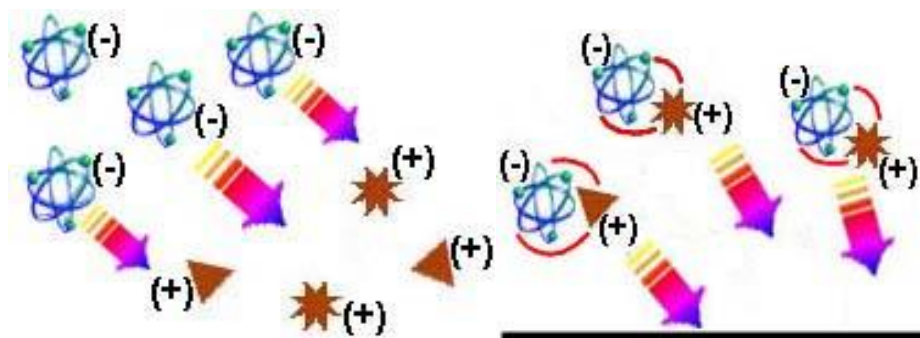
تولید یون منفی عبارتند از ازن^۱، پراکسید^۲، اکسیژن اتمی، سوپر اکسید^۳ و رادیکال های هیدروکسیل^۴. در بین یون های منفی ذکر شده، سوپر اکسید پایدارتر از سایر یون ها بوده و عمر آن در هوای تمیز در حدود ۱۰۰ ثانیه می باشد (۲۹).

۲-۲-۳- یونیزاسیون هوا

یونیزاسیون فرآیند یا نتیجه یک فرآیند است که به موجب آن یک اتم خنثی یا مولکول یک بار الکتریکی مثبت یا منفی به دست می آورد. یونیزاسیون می تواند به طور طبیعی رخ دهد و یا می تواند با استفاده از دستگاهی به نام یونایزر (ژنراتور یونی) تولید شود (۳۰). یونیزاسیون زمانی رخ می دهد که انرژی اضافه بالقوه الکترون، توسط یک اتم جذب و یا یک اتم الکترون آزاد کند و یون حاصل شود (۳۱). اتم های به هم پیوسته می توانند از هم جدا شوند که این امر مستلزم انرژی زیادی (طبیعی یا مصنوعی) است. اما اتم های جدا شده از لحاظ الکتریکی خنثی نمی باشند و بسته به اینکه الکترون بگیرند یا از دست بدهند بار منفی یا مثبت پیدا می کنند. عمل جدایی اتم های یک مولکول و تشکیل یون را نیز یونیزاسیون گویند. یون منفی می تواند با اقتباس از یکی از راه هایی که در طبیعت وجود دارد تولید شود. استفاده از لامپ های ماوراء بنفش، منابع رادیواکتیو و حتی دوش آب می توانند منابع تأمین یون منفی باشند. اما بیشتر این راه ها یا گرانند یا خطرناک و یا هم غیر عملی هستند. لذا بیشتر سازندگان از روشی که تخلیه هاله ای (Corona Discharge) نامیده می شود، استفاده می کنند که اقتباس از رعدوبرق است. در این روش از جریان الکتریسیته با ولتاژ بالا و شدت جریان کم استفاده می شود. به این ترتیب که این جریان به سوزن های خاصی که در پیرامون دستگاه تعبیه شده اند و دارای پتانسیل منفی نسبت به زمین (۵ تا ۱۵ کیلوولت) می باشند، متصل می شود. الکترون ها به سمت نوک سوزن هل داده می شوند و به دلیل دافعه بین الکترون ها و همچنین کوچکتر شدن سطح مقطع سوزن، وقتی به نوک سوزن رسیدند

1. O₃
2. H₂O₂
3. O₂ —
4. OH

به علت نیروی دافعه خیلی زیاد به هوا پرتاب می‌شوند و به نزدیک‌ترین مولکول هوا می‌چسبند و آن را تبدیل به یون منفی می‌کنند (۲۳). ترکیب شیمیایی یون‌های منفی بستگی به ترکیب هوای محیط داشته، ولی یون سوپراکسید (O_2^-) بیشترین میزان یون تولید شده بوده و از سایر یون‌های منفی نیز پایدارتر است. ضمن اینکه یون‌های منفی سوپراکسید هر یک بطور متوسط دارای بار الکتریکی 1.6×10^{-19} می‌باشند. با افزایش بار الکتریکی یون‌ها، احتمال نشست ذرات روی سطوح نیز افزایش می‌یابد (۳۲). با انتخاب ولتاژ، پروفیل سوزن و جنس مواد مناسب، این فرآیند می‌تواند به صورت کاملاً مؤثری ادامه یابد. یون‌های منفی همدیگر را دفع می‌کنند و به همین دلیل از سوزن‌ها رانده شده و در اطراف دستگاه یک نسیم ملایمی از یون‌های منفی ایجاد می‌کنند. این یون‌ها کوچک و سریع‌اند. اگر آن‌ها با ذرات موجود در هوا که در نزدیکی یونیزه کننده هستند برخورد کنند جذب آن‌ها شده و خنثی می‌شوند (به دلیل مثبت بودن این ذرات) این ذرات خنثی به سطوح مجاورشان می‌چسبند. همچنان که یون‌های منفی از دستگاه دور می‌شوند، ذرات معلق مانند گردوغبار، دود و غیره جذب آن‌ها شده و اطراف یون‌ها را احاطه می‌کنند. این امر باعث بزرگ شدن ابعاد یون‌ها و لذا سنگینی آن‌ها شده و باعث می‌شود که دیگر در هوا معلق نمانند و به زمین سقوط کنند که در شکل (۲-۱) نشان داده شده است (۳۳). سرعت حرکت یون‌ها بستگی به ابعاد ذرات، میزان بار الکتریکی و شدت میدان الکتریکی دارد. بایستی توجه کرد که اگر مقدار یون‌های منفی بیش از حد باشد، یک سپر الکترواستاتیکی روی دیوارها ایجاد می‌شود که مانع از نشست ذرات بر روی سطوح می‌گردد که این امر زمانی که جنس سطوح از مواد غیر هادی ساخته شده باشد، بیشتر مشهود است. در روش استفاده از یون‌های منفی مجموعه فضای مورد نظر و سطوح کاربرد دارند، لذا بازدهی آن به شرایط محیطی بستگی دارد (۲۹).



شکل (۱-۲) : مکانیزم جذب الکتریکی (۲۹)

۲-۲-۴- تاریخچه یونیزاسیون

در سال ۱۹۲۹ میلادی برای اولین بار بیوفیزیکدان مشهور شوروی سابق، چیژوفسکی^۱ نظریه‌ی خود را مبنی بر اثرات سودمند یون‌های منفی بر موجودات زنده و پیرامون‌شان ارائه نمود و نشان داد آنیون‌ها سبب تحریک رشد و تولید پروتئین می‌شوند و در مقابل کاتیون‌ها تأثیر معکوس دارند (۳۴). در این راستا مسیر تحقیقات و هدف اصلی او ایجاد مکانیزمی جهت سالم و تازه کردن هوا در محیط‌های بسته بود تا بتواند هوای این اماکن را در حد هوای تازه کوه و دشت و دریا لطیف، سالم و سودمند و انباشته از آنیون کند. به عبارتی سیستمی ارائه دهد تا تبادلات الکتریکی هوای تنفسی موجودات زنده در مکان‌های بسته بهبود پیدا کند. از دیدگاه نظری، ایجاد شرایط هوای زنده‌ی طبیعت سالم در مکان‌های سرپوشیده تنها منوط به افزایش یون‌های منفی و تولید نمودن آن است. بنابراین گروه محققین، نیازمند دخالت شاخه‌ی علوم مرتبط با فیزیک، من جمله الکترومغناطیس، یونیزاسیون گازها و پلاسما بودند. چیژوفسکی و همکارانش بر اساس اصول اولیه یونیزاسیون گازها محفظه‌ی رسانی مشبکی طراحی نمودند که به کمک تخلیه الکتریکی و تأثیرات جریان شارش بار الکتریکی در رسانا، امکان تولید یون منفی در شرایط آزمایشگاهی و محیط‌های بسته را فراهم می‌نمود. این گروه دستگاه خود را "لواسترچیژوفسکی" نام نهادند. به کارگیری نتایج تحقیقات و مشاهدات تجربی چیژوفسکی امروزه در فن‌آوری‌های نوین یونیزاسیون دیده می‌شود (۳۵). امروزه با توجه به احداث عمده بناها در مناطق شهری که سطح زمین

^۱ . Chizhevsky

توسط آسفالت، بتن و سایر مصالح پوشانده شده و بدین جهت توازن الکتریکی هوا تحت تاثیر قرار گرفته است، استفاده از سیستم‌های تولید یون منفی می‌تواند در کاهش آلاینده‌های موجود در هوای محیط‌های بسته که عمدتاً ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی هستند بسیار موثر باشد (۲۹).

۲-۵-۲- مکانیزم‌های تولید یون

۲-۵-۲-۱- شرایط طبیعی

در شرایط طبیعی، یک پتانسیل الکترواستاتیک در حدود $100-200 \text{ Vm}^{-1}$ در نزدیکی سطح زمین وجود دارد که سطح زمین بعنوان کاتد و لایه یونوسفر بعنوان آند عمل می‌کنند. در نتیجه این فرآیند طبیعی، یون‌های منفی از سطح زمین به طرف آسمان و متقابلاً یون‌های مثبت به طرف زمین حرکت می‌نمایند. هرگاه تغییرات جوی مانند طوفان اتفاق می‌افتد، هوای اطراف ابرها بدلیل چگالی بار منفی بیشتر نسبت به سطح، همانند کاتد و سطح زمین بعنوان آند عمل می‌نمایند. در نتیجه جهت جریان الکترواستاتیک تغییر نموده و یون‌های منفی به طرف سطح زمین حرکت می‌نمایند. ضمن اینکه مقدار یون‌ها پس از پدیده‌هایی از قبیل طوفان و بارش باران به شدت افزایش یافته و به مقدار ۱۴۰۰۰ یون منفی و ۷۰۰۰ یون مثبت به ازای هر سانتیمتر مکعب هوا می‌رسد. نسبت تعداد یون‌های مثبت به منفی در شرایط عادی و در سطح زمین ۱/۱ الی ۱/۳ می‌باشد که تحت شرایط آب و هوایی خاص، به ۰/۹ نیز می‌رسد (۲۹).

۲-۵-۲-۲- مکانیزم برخورد

۱- زمانیکه یک الکترون باعث برانگیختگی یک اتم می‌شود، قبل از بازگشت اتم به حالت پایدار در اثر انتشار فوتون، الکترون‌های دیگر در چند مرحله با آن برخورد کرده و یونیزاسیون اتفاق می‌افتد و به آن "یونیزاسیون چند مرحله‌ای" گفته می‌شود. این فرآیند زمانی پیش می‌آید که میزان انتشار الکترون‌ها زیاد باشد و اتم حالت برانگیختگی برای مدت زمان زیاد داشته باشد.

۲- زمانی که یک الکترون با یک اتم برخورد می‌کند، محصول برخورد می‌تواند یک اتم خنثی و یک الکترون با سرعت زیاد باشد که میزان انرژی جنبشی آن نسبت به قبل از برخورد بسیار زیادتر شده و در اثر برخورد با یک اتم خنثی دیگر باعث یونیزاسیون شود.

۳- زمانی که دو اتم برانگیخته با یکدیگر برخورد کنند، انرژی پتانسیل تبادل شده و باعث یونیزاسیون یکی از آن‌ها می‌شود (۳۶).

۲-۲-۶- کاربردهای انسانی یونیزاسیون

یونایزرهای منفی هوا به‌طور معمول برای پاکسازی هوا در مکان‌های بسته استفاده می‌شود (۳۷). گزارش شده‌است که استفاده از یون‌ها برای تمیز کردن هوا، نه تنها می‌تواند میزان ذرات معلق را با به هم چسبیدن و متراکم شدن بکاهد، بلکه بو و ترکیبات آلی فرار موجود در هوای فضاها (محیط‌های داخلی) حاصل از اکسیداسیون را نیز کاهش می‌دهد (۳۸). یون‌ها همچنین اثرات ضدباکتریایی داشته و می‌توانند میکروارگانیسم‌های هوا (۳۰) و عوامل حساسیت‌زا را کاهش دهند (۳۹). تحقیقات نشان داده‌است که باکتری می‌تواند به ذرات معلق، ملحق شود. لذا یک ارتباط مستقیم بین کاهش سطح ذرات معلق موجود در هوا و کاهش باکتری‌های موجود در هوا وجود دارد. همچنین یونیزاسیون در کنترل عفونت ایجاد شده توسط پاتوژن‌های موجود هوا، هم در انسان‌ها و هم در حیوانات با موفقیت استفاده می‌شود (۴۰). سازمان غذا و داروی آمریکا^۱، یونیزاسیون را به‌عنوان یک راه‌معالجه در بیمارستان‌ها تأیید کرده‌است و هم‌اکنون یونیزاسیون هوا در بیمارستان‌ها و اماکن کاری اروپا و روسیه اجباری شده‌است (۲۳). یون‌های منفی بر آلرژی، آسم، آنفولانزا، تب یونجه، سینوزیت، آگزما، سوختگی یا حتی به‌عنوان جایگزین قرص‌های آرام‌بخش می‌تواند مفید باشد. همچنین کشف شده‌است که یون‌های منفی سروتونین را در بدن متعادل می‌کنند و این توضیحی است برای اینکه چرا انسان‌ها در حضور یون منفی هوشیارتر، متعادل‌تر و پرانرژی‌تر هستند (۴۱). به‌اثبات رسانده‌اند یون‌های منفی اثرات مثبت مشابه

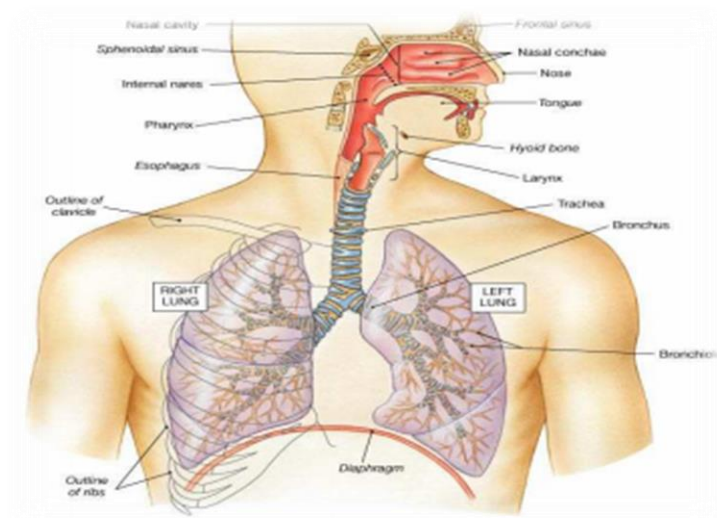
^۱ . Food and Drug Administration (FDA)

داروهای ضد افسردگی دارد (۴۲). براساس مطالعه جوادی و همکاران (۱۳۸۷) که در بیمارستان سعدی اصفهان انجام شد، بررسی‌ها نشان داد که یونیزاسیون هوا به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) موجب کاهش تراکم باکتری‌های بیمارستانی شد. اثرات ضد ویروسی و ضد قارچی نیز گاهی مشاهده و گزارش شده‌است (۴۳). آنچه باعث شده تاکنون از این فن‌آوری به‌عنوان یک ابزار آنتی میکروبیال به‌طور گسترده استفاده نشود، نامشخص بودن مکانیسم اثر آن و وجود شبههاتی مبنی بر تأثیر عمومی‌تر و بیوسیدال بودن آن می‌باشد. به این معنی که شاید مکانیسمی که سبب از بین رفتن میکروب‌ها می‌شود، دراصل سبب مرگ سلول‌های زنده به‌طور عام می‌شود و عوارضی برای انسان نیز داشته باشد. گروهی که به بی‌ضرر بودن یونیزاسیون منفی برای انسان معتقدند، کاربرد این فن‌آوری را در ورودی هوای بخش‌هایی که عفونت در آن‌ها مشکل جدی می‌باشد مانند، ICU سوختگی و اورژانس توصیه می‌نمایند (۲۳).

۲-۷- تهویه ریوی

فرآیندی را که طی آن هوای جو به داخل ریه‌ها وارد شده و با هوای ریه‌ها مبادله می‌شود، تهویه ریوی می‌نامند. هوای وارد شده از طریق بینی و دهان، به داخل بخش هدایت شونده دستگاه تهویه‌ای جریان می‌یابد، محلی که در آن هوا ضمن عبور از نای با دمای بدن هماهنگ، تصفیه و کاملاً مرطوب می‌شود. فرآیند متناسب کردن هوا با عبور هوای دمی به داخل نایژه‌ها، لوله‌های بزرگی که به‌صورت مجاری اصلی در هر یک از دو ریه انجام وظیفه می‌کنند، ادامه می‌یابد. نایژه‌ها به تعداد زیادی نایژک‌های فرعی تقسیم می‌شوند که در آن هوای دمی از طریق مسیرهای مارپیچی و بسیار باریک هدایت می‌شود تا سرانجام با هوای موجود در کیسه‌های هوایی، یعنی انشعابات انتهایی مسیر تنفسی، مخلوط شود (۴۴).

۲-۲-۸- ساختمان دستگاه تنفس



شکل (۲-۲) آناتومی دستگاه تنفس (۴۵)

به طور کلی ساختمان دستگاه تنفس را می توان به دو ناحیه تقسیم کرد: ناحیه هدایتی که مسیر ابتدایی دستگاه تنفس را تشکیل می دهد و شامل دهان، بینی، حلق، حنجره، نای و نایژه ها، نایژک ها و برونکیول ها می شود که هوا را از محیط خارج به مناطقی از ریه ها که تبادل گاز انجام می گیرد، هدایت می کنند (۴۵) و برعکس ناحیه دوم را ناحیه تنفسی تشکیل می دهد که در تبادل گازی درگیر می شوند و عبارتند از ساختارهای قابل اتساع پر عروقی موسوم به حبابچه ها و دیواره حبابچه هایی که بسیار نازک است و در مجاورت عروق خونی قرار دارد که حاوی سلول های خونی قرمز و گازهای خونی است (۴۶).

۲-۲-۹- حرکت هوا به داخل و خارج از ریه ها

۲-۲-۹-۱- پدیده دم^۱

دم روند فعالی است که توسط انقباض عضله دیافراگمی و عضلات بین دنده ای خارجی شروع می شود، این کار به علت نابرابری یا اختلاف فشار انجام می شود که میان هوای جو و درون شش به وجود می آید (۴۷). درست لحظه ای قبل از عمل دم یعنی در پایان بازدم قبلی عضلات تنفسی در آرامش به سر می برند

^۱ . Inspiratory

و اختلاف فشار میان جو و درون شش‌ها صفر است و هوا در هیچ سویی جریان ندارد و فشار داخل جنب ۵- سانتیمتر فشار آب است. با آغاز شدن روند انقباض، عضلات دمی قفسه سینه که به بالا و جلو کشیده شده‌اند، رو به پایین حرکت می‌کنند. این فشار هوای جنب را منفی‌تر می‌سازد که به‌طور متوسط حدود ۷/۵- سانتیمتر فشار آب است. در نتیجه شش‌ها به پیروی از حرکت قفسه سینه باز می‌شوند. باز شدن شش‌ها فشار درون شش را نیز منفی می‌کند (تا ۱ میلی‌متر جیوه یا اندکی بیشتر)، به این ترتیب فشار لازم برای حرکت هوا از جو به شش‌ها بوجود می‌آید و حجمی از هوا که حجم جاری نامیده می‌شود از بیرون به درون شش‌ها حرکت می‌کند. تا هنگامی که فشار هوای حبابچه‌ای دوباره با فشار جو برابر نشده باشد هوا به درون ریه‌ها حرکت می‌کند. همین که این دو فشار باهم برابر شدند جریان هوا در درون شش‌ها از حرکت باز خواهد ایستاد (۴۸). تغییرات فشار مورد نیاز برای تهویه کامل به هنگام استراحت، نسبتاً کم است. برای مثال، هنگام تنفس در فشار استاندارد جو (۷۶۰ میلی‌متر جیوه)، دم ممکن است فقط ۳ میلی‌متر جیوه فشار درون ریه‌ها را کاهش دهد. ولی هنگام حداکثر تنفس، نظیر اجرای فعالیت‌های ورزشی تا حد واماندگی، فشار درون ریه‌ها ممکن است تا ۸۰ میلی‌متر جیوه کاهش یابد (۴۹). همچنین در هنگام فعالیت ورزشی که نیاز به هوای بیشتری است، علاوه بر عضلات ذکر شده، انقباض عضلات ناحیه گردن و سینه مانند عضلات نردبانی و جناغی چنبری پستانی^۱ موجب افزایش بیشتر حجم قفسه سینه شده و هوای بیشتری در مرحله دم وارد ریه‌ها می‌گردد. بیشترین مقاومت در برابر جریان هوا دربینی وجود دارد (۴۷).

۲-۲-۹-۲- پدیده بازدم^۲

بازدم فرآیند بیرون روی هوای دمی از شش‌هاست که باز هم در جهت نابرابری فشار میان شش‌ها و جو انجام می‌شود. نیروی انقباض عضلات دمی، قفسه سینه را باز و متسع می‌کند و بافت کشش‌پذیر ششی را می‌کشد. حال اگر این نیروی بازدارنده از میان برداشته شود، شش‌ها دوباره به حجم تعادلی

^۱ . Sternoleidomasteoid

^۲ . Expiratory

خود با قفسه سینه باز خواهند گشت. عمل نیروی برگشت کششی شش‌ها فشار درون حبابچه‌ای را مثبت کرده (تا ۱ میلی‌متر جیوه یا اندکی بیشتر) و موجب بیرون رفتن هوای دمی از شش خواهد شد. بنابراین تا وقتی که تواتر تنفسی در حد طبیعی و استراحت خود باشد عمل بازدم در تنفس آرام، یک عمل غیرفعال یا پاسیو^۱ است و هیچ عضله‌ای فعال نخواهد شد. به این معنی که در نتیجه رفع انقباض عضلات دمی و بازگشت ارتجاعی ریه‌های کشیده شده حادث می‌شود و حجم قفسه سینه به تدریج که به حجم استراحت باز می‌گردد کاهش می‌یابد (۵۰). وقتی تواتر و یا عمق دم افزایش می‌یابد عضلات بازدمی نیز توسط نرون‌های حرکتی خود برانگیخته شده و روند بازدم را تسریع خواهند کرد. عضلات احشایی شکمی به طرف بالا رانده می‌شود و دیافراگم به صورت اولیه خود یعنی به حالت گنبدی برمی‌گردد (۴۹).

ظرفیت‌ها و حجم‌های ریه

حجم‌های ریوی را می‌توان با تکنیک تنفس‌سنجی یا اسپیرومتری اندازه‌گیری نمود (۴۷). تهویه پویا به دو عامل بستگی دارد: (۱) حجم جاری بیشینه ریه‌ها یا ظرفیت حیاتی (۲) سرعتی که این حجم می‌تواند با آن جابجا شود، سرعت جریان هوا به نوبه خود، به مقاومت ایجاد شده به وسیله راه‌های تنفسی روی جریان آرام هوا و مقاومت ایجاد شده به وسیله قفسه سینه و بافت ریه طی تنفس بستگی دارد (۵۱).

۲-۲-۹-۳- حجم جاری^۲

حجمی از هواست که در هر نفس از راه بینی یا دهان وارد یا خارج می‌گردد. بوسیله مکانیک ریه و جدار قفسه سینه و فعالیت مراکز کنترل تنفسی در مغز تعیین می‌شود. در یک فرد بالغ ۷۰ کیلوگرمی با یک تنفس طبیعی و آهسته میزان حجم جاری در هر نفس ۵۰۰ میلی‌لیتر می‌باشد، اما این حجم در شرایطی

^۱ . passive

^۲ . Tidal Volume

مثل ورزش می‌تواند به‌طور قابل توجهی افزایش یابد (۵۲).

۲-۲-۹-۴- حجم باقیمانده^۱

مقدار هوایی است که بعد از یک بازدم با حداکثر قدرت در ریه‌ها باقی می‌ماند. مقدار این حجم بوسیله برآیند نیروهای حاصل از ماهیچه‌های بازدمی، برگشت الاستیک ریه‌ها به داخل از یک طرف، برگشت الاستیک قفسه سینه به خارج از طرف دیگر تعیین می‌شود. فشرده شدن تدریجی راه‌های هوایی در هنگام تلاش برای یک بازدم عمیق نیز عامل تعیین کننده با اهمیتی به حساب می‌آید. در انسان بالغ این حجم بطور متوسط حدود ۱۲۰۰ میلی لیتر است (۵۲، ۴۷). حجم باقی مانده برای یک شخص بالغ و سالم اهمیت زیادی دارد، زیرا از روی هم خوابیدن حبابچه‌ها در حجم‌های کم ریوی جلوگیری می‌کند (۵۳).

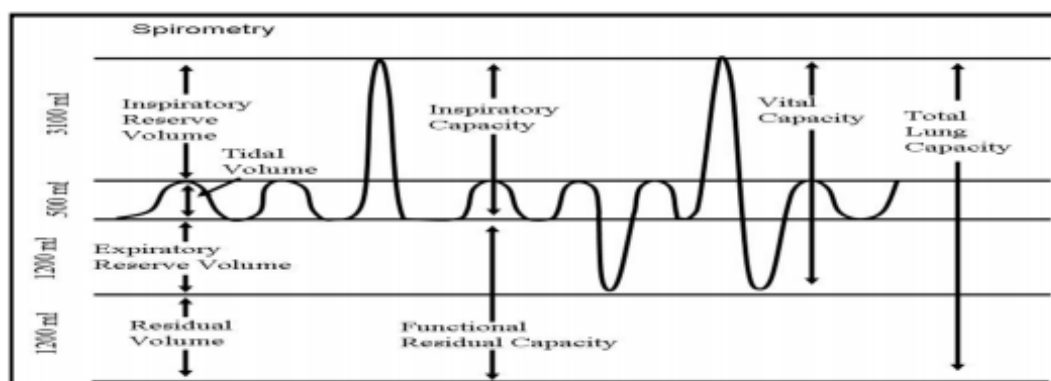
۲-۲-۹-۵- حجم ذخیره دمی^۲ و بازدمی^۳

حجم ذخیره بازدمی، مقدار هوایی است که بعد از خروج مقدار طبیعی حجم جاری از ریه‌ها توسط یک بازدم قوی و عمیق از ریه‌ها خارج می‌شود (۵۳). در یک مرد با جثه متوسط بین ۱ و ۱/۵ لیتر است. هنگام فعالیت ورزشی هم ذخیره دمی و هم حجم ذخیره بازدمی، به ویژه حجم دمی، دستخوش تغییراتی می‌شود و افزایش زیادی را در حجم جاری به وجود می‌آورد (۵۱). حجم ذخیره دمی مقدار هوایی است که بعد از ورود مقدار طبیعی حجم جاری با یک دم حداکثر عمیق به داخل ریه‌ها کشیده می‌شود. مقدار این حجم به عواملی مانند: قدرت انقباضی عضلات دمی، خاصیت برگشت الاستیک ریه‌ها و قفسه سینه به طرف داخل و همچنین به مقدار هوای موجود در ریه‌ها به هنگام شروع دم عمیق بستگی دارد (۵۳). این حجم اضافی در حدود ۲/۵ تا ۳/۵ لیتری، بیش از هوای جاری دمی، نشان‌دهنده توانایی ذخیره‌ای فرد در فرو بردن هواست (۵۴).

^۱ . Residual Volume

^۲ . Expiratory Reserve Volume

^۳ . Inspiratory Reserve Volume



شکل (۲-۳). حجم ها و ظرفیت های استاتیک و دینامیک ریوی (۵۳)

۲-۲-۹-۶- ظرفیت باقیمانده عملی^۱

مقدار هوایی است که بعد از یک بازدم عادی در ریه ها باقی می ماند، که شامل مجموع حجم باقیمانده و حجم ذخیره بازدمی است و مقدار آن حدود ۲۳۰۰ میلی لیتر می باشد (۵۳).

۲-۲-۹-۷- ظرفیت دمی

مقدار هوایی است که بعد از یک بازدم عادی با یک دم حداکثر عمیق وارد ریه ها می شود. بنابراین با مجموع حجم جاری و حجم ذخیره دمی برابر می باشد و مقدار آن به طور طبیعی حدود ۲۵۰۰ میلی لیتر است (۵۳).

۲-۲-۹-۸- ظرفیت کل ریوی (TLC)

مقدار هوایی که بعد از یک دم حداکثر عمیق در ریه ها وجود دارد ظرفیت کل ریوی نامیده می شود. این مقدار توسط قدرت انقباضی عضلات دمی و خاصیت برگشت الاستیک ریه و قفسه سینه به داخل تعیین می شود و مقدار آن حدود ۵۸۰۰ میلی لیتر می باشد. ظرفیت کل ریوی برابر با مجموع ظرفیت حیاتی و حجم باقی مانده است (۵۳).

^۱ . Function Residual capacity

۲-۹-۹- ظرفیت حیاتی

مقدار هوایی که متعاقب یک دم کاملاً عمیق با یک بازدم کاملاً عمیق خارج می‌شود، ظرفیت حیاتی نامیده می‌شود (۴۷) که مقدار آن حدود ۴۶۰۰ تا ۴۷۰۰ میلی‌لیتر است (۵۳).

۲-۱۰-۲- جریان هوای بازدمی

تست‌های عملکرد ریوی، ریه را به چهار حجم و سه ظرفیت تقسیم می‌کنند. هر ظرفیت در برگیرنده یک یا چند حجم می‌باشد. تمامی حجم‌ها به جز حجم باقیمانده، مستقیماً توسط اسپرومتر قابل اندازه‌گیری می‌باشد. شایع‌ترین تست مورد استفاده در بررسی عملکرد ریوی اندازه‌گیری جریان هوا می‌باشد. برای این کار فرد به داخل یک دستگاه اسپرومتر تنفس می‌کند، دستگاه اسپرومتر سرعت جریان دم و بازدم را با تغییر در حجم‌های ریه اندازه می‌گیرد و اطلاعات آن را به صورت یک لوپ جریان-حجم رسم می‌نماید. شکل این لوپ بستگی به اختلال عملکرد ریه دارد (۵۰). معمولاً برای سنجش بالینی جریان هوا، فرد هوا را تا حد رسیدن به ظرفیت کل ریوی به داخل ریه می‌کشد و سپس آن را تا رسیدن به سطح حجم باقی مانده با قدرت از ریه خارج می‌کنند. در این حالت با ثبت حجم هوای خارج شده از ریه در واحد زمان سه اندازه به دست می‌آید:

(۱) حجم گاز خارج شده طی اولین ثانیه بازدم (FEV_1)

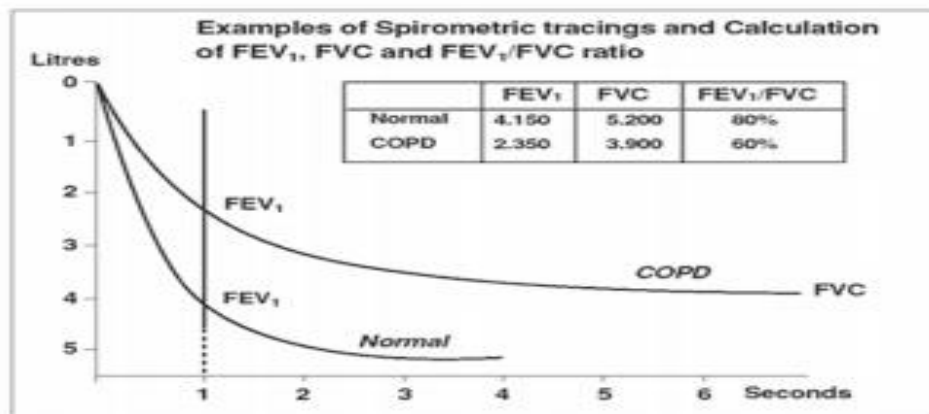
(۲) مجموع حجم خارج شده (FVC)

(۳) میانگین جریان بازدمی در ۵۰ درصد میانی FVC که حداکثر جریان میان بازدمی نام دارد. کاهش مقدار جریان بازدمی نشانگر مسدود شدن راه‌های هوایی کوچک می‌باشد. همچنین محدودیت بازدمی در افراد جوان بدلیل محدودیت دیواره قفسه سینه منجر به تخلیه کمتر ریه‌ها می‌شود. در افراد پیر این اعمال با از دست رفتن نیروی الاستیکی با افزایش تسهیل بسته شدن راه‌های هوایی تشدید می‌شود (۵۰).

۲-۲-۱۱- شاخص‌های عملکرد ریوی

۲-۲-۱۱-۱- ظرفیت حیاتی بازدمی سریع (FVC، FEV₁)

بیشترین مقدار هوایی که می‌توان با سرعت و نیرو پس از یک دم عمیق از شش‌ها بیرون داد ظرفیت حیاتی اجباری نامیده می‌شود و در شخص بالغ تقریباً ۵ لیتر است (۵۵). ثبت منحنی ظرفیت حیاتی قوی توسط اسپرومتر است. برای انجام مانور ظرفیت حیاتی بازدمی قوی شخص ابتدا یک دم حداکثر عمیق تا حد ظرفیت کل ریوی انجام می‌دهد و سپس با حداکثر کوشش بازدمی یک بازدم تا حد ممکن سریع و کامل به داخل اسپرومتر تخلیه می‌کند. دامنه نزولی که در برابر زمان ثبت شده، همانطور که در شکل (۲-۵) آمده است، نمودار ظرفیت حیاتی سریع می‌باشد (۵۳). ظرفیت حیاتی بازدمی سریع یکی از سودمندترین آزمون‌های تشخیص توانایی کلی شش‌ها برای وارد و خارج کردن هوا است. مثلاً ظرفیت حیاتی اجباری ورزشکار ممکن است از ۷ لیتر بیشتر باشد و حال آنکه ظرفیت حیاتی اجباری بیمار آسمی ممکن است کمتر از ۳ لیتر باشد (۵۵). حساس‌ترین قسمت منحنی به تغییرات مقاومت مجاری، ثانیه اول بازدم است. یعنی حجمی از هوا که در ثانیه اول بیرون فرستاده می‌شود. به خصوص اگر FEV₁ به شکل نسبتی از تمام هوای خارج شده بیان گردد، شاخص خوبی برای ارزیابی مقاومت بازدمی مجاری هوایی است. مقدار طبیعی FEV₁ برابر ۷۵٪ تا ۸۵٪ می‌باشد. در افراد سالم شاخص درصد FEV₁ از ۸۰٪ بیشتر است. یعنی باید حداقل ۸۰ درصد از FVC در ثانیه اول از ریه خارج شود. همچنان که از نمودار شماره (۲-۴) برمی‌آید، ظرفیت حیاتی سریع برای دو فرد با ریتم طبیعی مقاومت ریه و با انسداد مجاری، برابر بوده و نشان دهنده اختلاف متوسط در حجم‌های اصلی ریوی در دو شخص هستند، برعکس یک اختلاف عمده در مقدار هوایی که این افراد می‌توانند در هر ثانیه به ویژه در ثانیه اول خارج کنند، وجود دارد (۵۳).

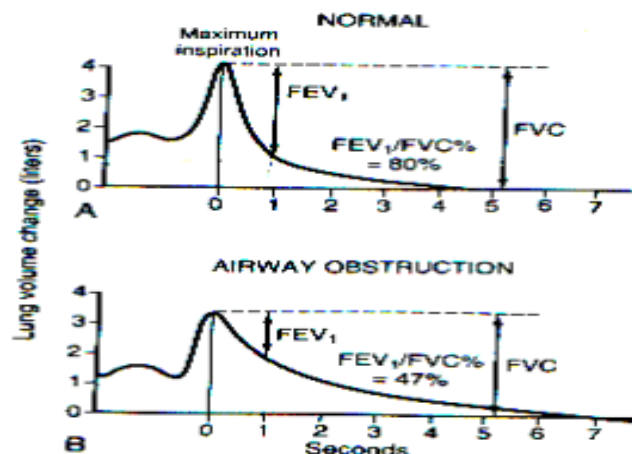


شکل (۲-۴). نمودار ظرفیت حیاتی (۵۳)

FEV₁ متداول ترین ، دردسترس ترین و احتمالاً سودمندترین معیار اندازه گیری می باشد. اندازه طبیعی آن به جثه، سن، جنس و نژاد آزمون شونده، درست همانند FVC بستگی دارد و آزمون شونده بزرگتر، FVC و FEV₁ بیشتری دارد. FEV₁ در افراد طبیعی ۲۵-۳۰ میلی لیتر در سال کاهش می یابد. کاهش بیش از حد معمول ممکن است بیانگر یک جزء آسمی باشد (۵۶). درکل ظرفیت حیاتی بازدمی سریع به وسیله سه عامل تعیین می گردد: (۱) نیروی ماهیچه های سینه و شکم (۲) مقاومت راه های هوایی (۳) حجم شش ها. هرگونه شرایطی که نیروی عضلات تنفسی را کاهش می دهد (مثلاً بیماری پولیومیلیت)، حجم شش ها را کم می کند (بیماری آسم)، بر مقاومت راه های تنفسی می افزاید (مثلاً بیماری برونشیت) به کم شدن قابل ملاحظه ظرفیت حیاتی اجباری می انجامد (۵۵).

۲-۱۱-۲-۲- جریان بازدمی در ۲۵-۷۵ درصد از ظرفیت حیاتی قوی (FEF₂₅₋₇₅)

یک روش برای بررسی جریان بازدمی، بررسی مقدار هوای خارج شده در ظرفیت حیاتی قوی می باشد. این متغیر به طور ساده عبارت است از شیب خطی که بین نقاط روی منحنی ۲۵ و ۷۵ درصد از FVC کشیده شده است. در موارد انسداد مجاری این خط مانند خطی است که از منحنی مربوط به مجاری دارای مقاومت طبیعی بدست می آید ولی شیب تندی ندارد. نمودار شکل (۲-۵) ارزش های FEV₁/FVC را در دو فرد طبیعی (منحنی بالا) و فرد با بیماری انسداد ریوی (منحنی پایین) نشان می دهد (۵۳).



شکل (۵-۲) حساسیت شاخص FEF₂₅₋₇₅ (۵۳)

ظرفیت حیاتی بازدمی سریع، نشانه‌ای از حجم ضربه‌ای است و هرگونه کاهش در آن، بر ظرفیت تهویه‌ای اثر می‌گذارد. علل کاهش حجم ضربه‌ای عبارتند از بیماری‌های قفسه سینه، جراحات حاد ریه و بیماری‌هایی که روی عصب حرکتی عضلات تنفسی، مثل دیستروپی عضلانی و اختلالات حفره جنب، مثل پنموتوراکس^۱ با ضخیم شدن جنب، بیماری بافت ریه با افزایش حجم خون ریه که در نارسایی‌های دیواره قلب چپ دیده می‌شود، اثر می‌گذارد و بنابراین از حجم هوایی که باید بیرون رانده شود می‌کاهد. بدین صورت حجم و سرعت جریان هوای بیرون رانده شده یک معیار ارزشمند جهت ارزیابی عملکرد ریوی می‌باشند که می‌تواند تحت تأثیر خیلی از عوامل آنتروپومتری، فیزیولوژی و کلینیکی نیز قرار بگیرند (۵۰).

۲-۲-۱۲- جنبه‌های فیزیولوژیکی شاخص‌های اسپیرومتری

ظرفیت حیاتی بازدمی قوی FVC و بویژه FEV₁ یک تست عالی از عملکرد تنفسی می‌باشد که ارزش آن تحت تأثیر سن، جنس، گروه نژادی، رشد و بیماری قرار می‌گیرد. کاهش در FEV₁ بازتابی از کاهش مجموع ظرفیت ریه، انسداد راه‌های هوایی، از دست رفتن نیروی بازگشت ریه و بطور غیر معمول رشد ضعیف عضلات تنفسی می‌باشد. FEV₁ اصولاً برای ارزیابی انسداد راه‌های هوایی مورد استفاده قرار

^۱.pneumothorax

می‌گیرد، بعلاوه این که FEV_1 شامل ارزیابی پاسخ‌های انقباض و اتساع نایژک‌ها نیز می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد نقش الاستیک ریه، مقاومت الاستیک ریه، مقاومت مجاری هوایی بین ناحیه حبابچه‌ای و کمپلیانس دیواره مجاری هوایی از مکانیسم‌های فیزیولوژیکی موثر در تعیین جریان هوا در این فاز می‌باشند. معمولاً نقطه تمایز انسداد راه هوایی نقطه‌ای است که در آن مقدار ظرفیت حیاتی که می‌توان در یک ثانیه از ریه خارج کرد کمتر از ۷۰ درصد باشد (۵۷).

۲-۲-۱۳- تهویه هنگام استراحت

افراد مختلف تحت شرایط طبیعی و در حال استراحت دارای تهویه دقیقه‌ای کاملاً متفاوتی هستند. ما در حال استراحت معمولاً بین ۴ تا ۱۵ لیتر هوا را در دقیقه تصفیه می‌کنیم. این مقدار با حجم بدن تغییر یافته و در زن‌ها کمتر و در مرد‌ها بیشتر است. حجم هوای جاری و دفعات تنفس حتی از تهویه دقیقه‌ای نیز بیشتر دستخوش نوسان است. علت این امر روشن است، زیرا ترکیبات مختلف و متعدد هوای جاری و دفعات تنفسی است که روی هم منتهی به تهویه دقیقه‌ای مربوط می‌گردد. در حالت عادی و استراحت مقادیر نمونه هوای جاری و دفعات تنفسی به ترتیب عبارتند از ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌لیتر و ۱۰ تا ۲۵ بار در دقیقه (۵۸).

۲-۲-۱۴- تهویه در ورزش

هنگام فعالیت ورزشی، نیاز به انرژی افزایش می‌یابد. البته، نیاز به انرژی با توجه به نوع، شدت و مدت فعالیت متفاوت است. در بیشتر موقعیت‌های تمرینی، بسیاری از توانایی‌های بدن در پاسخ به نیاز انرژی به فراهمی اکسیژن وابسته است. به‌منظور تأمین اکسیژن مورد نیاز برای تولید انرژی هوازی، دستگاه تنفس باید پاسخ دهد. تهویه ریوی افزایش می‌یابد تا تهویه حبابچه‌ای را افزایش دهد، تنفس خارجی برای حفظ رابطه تهویه و انتشار، در بیشتر موارد سازگار می‌شود و تنفس داخلی با افزایش برداشت اکسیژن توسط عضلات پاسخ می‌دهد. این تغییرات در تنفس نه تنها

اکسیژن کافی برای عضلات را تأمین می‌کند، بلکه نقش مهمی در حفظ تعادل اسیدی-بازی ایفا می‌کنند که به‌طور دقیق با سطوح دی‌اکسیدکربن ارتباط دارد (۵۹).

۲-۲-۱۴-۱- تغییرات پیش از تمرین

بلافاصله پیش از تمرین تهویه افزایش پیدا می‌کند. این افزایش ظاهراً نمی‌تواند مربوط به تغییرات حاصل از تمرین باشد. لذا به احتمال زیاد مربوط به تحریکاتی است که در نتیجه انتظار شخص از نتیجه کار خود در آن مرحله از تمرین در کر تکس مغز ایجاد می‌گردد (۵۸) و در آغاز ورزش زیربیشینه با بار کار ثابت، تهویه به‌سرعت افزایش یافته و سپس تا رسیدن سطح فیزیولوژیک پایا به آهستگی بالا می‌رود. در این نوع ورزش فشار اکسیژن و فشار دی‌اکسیدکربن نسبتاً ثابت می‌ماند (۶۰).

۲-۲-۱۴-۲- تغییرات هنگام تمرین

در طول تمرین دو تغییر در تهویه ریوی مشاهده می‌گردد.

۱- افزایش خیلی سریع در چند ثانیه اول شروع تمرین این افزایش ناگهانی احتمالاً مربوط به تحریکاتی است که از مفاصل بدن در نتیجه حرکات عضلات فعال سرچشمه می‌گیرد.

۲- این افزایش سریع خیلی زود متوقف شده و جایش را به یک افزایش آهسته‌تری که در تمرینات سبک گرایش به حالت یکنواختی و تعادل دارد، می‌دهد. در تمرینات بیشینه حالت یکنواختی و تعادل مقادیر تهویه ریوی بوقوع نمی‌پیوندد، بلکه مقادیر آن تا زمانی که تمرین متوقف نگشته است، رو به افزایش است، عقیده بر آن است که این تغییرات توسط محرک‌های شیمیایی خصوصاً دی‌اکسیدکربن حاصل در خون، در موقع تمرینات ورزشی برانگیخته می‌شود (۵۸).

۲-۲-۱۴-۳- تغییرات هنگام برگشت به حالت اولیه

در مرحله برگشت به حالت اولیه پس از تمرین نیز دو نوع تغییر به چشم می‌خورد:

۱- به محض اینکه تمرین متوقف گردید کاهش ناگهانی در تهویه ریوی دیده می‌شود. این کاهش نسبی به دلیل آن است که فعالیت دستگاه حرکتی و همچنین محرک‌هایی که از عضلات و اعصاب سرچشمه می‌گیرند متوقف شده‌اند.

۲- پس از کاهش ناگهانی در تهویه، کاهش مذکور با شدت کمتری ادامه یافته و به سطح طبیعی نزدیک می‌شود. هر قدر شدت تمرین بیشتر باشد، زمان بازگشت به حالت اولیه مقادیر تهویه ریوی به حالت طبیعی طولانی‌تر خواهد بود. این تغییر احتمالاً مربوط به کم شدن تحریکاتی است که از کاهش CO_2 حاصل می‌گردد (۵۸).

۲-۱۵- عوامل مؤثر و محدودکننده بر تنفس در فعالیت

بدن افراد با شروع فعالیت ورزشی، دو تغییر فیزیولوژیکی را در درون خود احساس می‌کنند که عبارتند از: افزایش در تواتر و عمق تنفس (۶۱). در طول تمرین احتمالاً کنترل راه‌های هوایی بیشتر می‌شود و البته به نوع و شدت تمرین بستگی دارد. در افراد سالم و طبیعی در طول تمرین نایژکها متسع می‌شوند و اتساع برونکیول‌ها به خاطر کاهش فعالیت کولینرژیک^۱ در راه‌های هوایی در طول تمرین می‌باشد. از بین رفتن تن در راه‌های هوایی به موازات کاهش در فعالیت پاراسمپاتیک در قلب در طول تمرین می‌باشد. غلظت‌های اپی نفرین و نوراپی نفرین در خون با تمرین افزایش می‌یابد و این میانجی‌ها با غلظت‌های مناسب می‌توانند با اتساع نایژک‌ها ارتباط داشته باشند. کار تنفس با ورزش افزایش می‌یابد (۶۲). به‌وجود آمدن سرعت زیاد جریان هوا در حین ورزش سبب می‌شود تا قسمتی از کار تنفس که مربوط به غلبه بر مقاومت مجاری هوایی است به میزان بیشتر افزایش یابد. جریان گردبادی بیشتر و به هم فشردگی دینامیک^۲ بیشتر به‌علت بازدم فعال در راه‌های هوایی نیز تا حدود زیادی باعث افزایش کار تنفسی می‌شوند. افزایش سرعت جریان هوا کار لازم برای غلبه بر مقاومت را بخصوص با تنفس از راه بینی زیاد می‌کند. به همین جهت در تهویه دقیقه‌ای بالاتر از حدود ۴۰ لیتر در دقیقه معمولاً با تنفس

^۱ . Cholinergi

^۲ . Dynamic compression

از راه دهان همراه است (۶۳). تهویه ریوی طی تمرین از طریق افزایش عامل سرعت و نیز عمق تنفس حفظ می‌شود. در تمرین‌های با شدت متوسط، ورزشکاران کاملاً ورزیده تهویه کیسه هوایی لازم را از طریق افزایش حجم جاری و تنها با افزایش اندکی در سرعت تنفس به دست می‌آورند. با تنفس عمیق‌تر، تهویه کیسه هوایی ممکن است از ۷۰ درصد تهویه دقیقه‌ای در هنگام استراحت تا بیش از ۸۵ درصد تهویه کل تمرین افزایش یابد. افزایش در حجم جاری هنگام تمرین‌های ورزشی عمدتاً مدیون تعدی به حجم ذخیره دمی و کاهش یافتن همزمان ولی کمتر سطح پایان بازدمی است. با بیشتر شدن شدت تمرین، حجم جاری در حد ۶۰ درصد از ظرفیت حیاتی، دیگر افزایش نمی‌یابد و در این حالت تهویه دقیقه‌ای بیشتر از طریق زیاد شدن تعداد تنفس افزایش می‌یابد (۵۴).

۲-۲-۱۶- یون منفی و ورزش

در زمینه پزشکی، یون منفی اکسیژن "ویتامین هوا" نامیده می‌شود و اعتقاد بر این است که محتوای یون‌های منفی اکسیژن در هوا نه تنها بر سلامت روحی افراد تأثیر می‌گذارند، بلکه بر تناسب اندام و سلامت جسمی نیز موثر است (۳۵). اعتقاد بر این است که مقدار کافی یون‌های منفی اکسیژن در محیط تمرین، می‌تواند اکسیژن کافی را برای افراد فراهم کند و برای تحویل، جذب و بهره‌برداری از اکسیژن مفید باشند؛ علاوه بر این، می‌تواند متابولیسم بدن انسان را بهبود بخشد، تعادل عملکرد بدن انسان را تنظیم کرده و بدن را تازه‌سازی کند، بنابراین باعث رفع خستگی بدن، بهبود کیفیت تمرین و بالا بردن مصرف اکسیژن می‌شود (۱۷). پدیده‌های مختلفی در طول روند برگشت‌پذیری پس از تمرین برای بازگرداندن شرایط استراحت رخ می‌دهد. افزایش ضربان قلب، فشار خون و تنفس به‌عنوان بخشی از سازگاری سیستمیک، با استرس مربوط به ورزش است. براساس یافته‌های محققان، یون‌های منفی هوا تأثیر مثبتی بر روند بهبودی سیستم‌های بدن انسان از جمله غدد درون‌ریز و سیستم قلبی عروقی، پس از تمرین دارد (۶۴).

۲-۲-۱۷- یون منفی و بدن انسان

یون‌های منفی به‌طور مستقیم بر غشای مخاطی نخستین اندام‌های تنفسی اصلی عمل می‌کنند و سپس وارد خون می‌شوند. استنشاق هوای یونیزه شده بر غشای مخاطی نای و آنزیم‌های آنتی اکسیدانی تاثیر می‌گذارد و همچنین فعالیت آن‌ها را در خون گسترش می‌دهد (۶۵). تغییرات ایجاد شده در فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی اکسیدانی خون کمک می‌کند، تعادل بین تولید و مصرف ROS^۱ در بدن حفظ شود. اختلال در تعادل بین تولید و مصرف ROS یک پیش شرط برای توسعه آسیب است. لذا احتمالاً تعادل خاصی بین مقادیر داخلی ROS و یون‌های منفی شارژ شده در هوای طبیعی که ما استنشاق می‌کنیم اهمیت دارد. "متعادل سازی سروتونین به وسیله یون‌های هوا" فرضیه‌ای است که توجه زیادی را به خود جلب کرده است. با توجه به این فرضیه، عمل یون‌های هوا با تغییرات سطح سروتونین در خون، مغز و بافت‌ها مرتبط می‌باشد. داده‌های تجربی قابل توجهی برای حمایت از این فرضیه وجود دارد (۶۶). افزایش یونیزاسیون منفی هوا منجر به کاهش سطح سروتونین همراه با کاهش حساسیت یا احساس تنش می‌شود، در حالی که افزایش یون‌های مثبت هوا اثرات متضادی را ایجاد می‌کند (۶۷).

۲-۳- پیشینه تحقیق

۲-۳-۱- تأثیر یون‌های منفی هوا در ورزش

مینگ ما^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۴، تحقیقی با عنوان "اثر درمانی روش تای چی در ترکیب با استنشاق یون‌های منفی اکسیژن هوا بر هیپرلیپیدمی" انجام دادند. این مطالعه بر روی ۵۶ بیمار مبتلا به هیپرلیپیدمی که به صورت تصادفی به دو گروه تمرین و گروه کنترل تقسیم شدند، انجام شد. گروه کنترل هر روز به مدت ۶۰ دقیقه تمرینات تای چی انجام دادند و گروه دیگر تمرینات تای چی را در محیطی انجام دادند که یونیزه شده بود. قبل و بعد از شش ماه درمان، میزان چربی بدن، چربی خون،

^۱ . Reactive oxygen species

^۲ . Ming Ma

غلظت خون و سازگاری روانی و همچنین شاخص‌های دیگر در دو گروه بیمار اندازه‌گیری و مقایسه شد. شاخص‌های قبل از مداخله در دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشت اما بعد از اینکه آنها به مدت ۶ ماه تحت درمان قرار گرفتند، مشخص شد که شاخص‌های آزمایش بیماران در دو گروه تا حدی بهبود یافته‌است، اما در گروه تمرین واستنشاق یون‌های هوا نسبت به گروه کنترل بهبود به میزان بیشتری مشاهده شد. در نتیجه تمرینات تای‌چی می‌تواند شاخص چربی خون بیماران مبتلا به هیپرلیپیدمی را تا حدی بهبود بخشد، با این وجود روش درمان در ترکیب با استنشاق یون اکسیژن منفی می‌تواند اثر بیشتری نسبت به عملکرد تای‌چی به تنهایی داشته باشد (۶۸).

در سال ۱۹۶۱، آلن فری^۱، از مرکز الکترونیک جنرال الکتریک در دانشگاه کورنل^۲، گزارشی را درباره تاثیر یون‌های جو بر رفتار، منتشر کرد و نتیجه‌گیری کرد که زمان عکس‌العمل در انسان‌ها و الگوهای فعالیت در حیوانات (یعنی انجام حرکات طی هر ساعت) بر اثر تغییر غلظت یون‌های هوا و تغییر نسبت یون‌های مثبت و منفی، عوض می‌شود (۶۷).

دوریس^۳ و کلافس^۴ درباره نقش استنشاق هوای یونیزه شده به‌طور مصنوعی، بر عملکرد ورزشی گزارشی ارائه کردند. طبق فرضیه مورد مطالعه آن‌ها تنفس یون‌های منفی هوا، عملکرد استقامتی را در حد معنی‌داری گسترش می‌دهد. در این پژوهش، ۲۱ مرد و ۲۴ زن دانشجوی تربیت بدنی، چهار بار در آزمون بالا و پایین رفتن از پله (نیمکتی به ارتفاع ۵۰ سانتیمتر، ۳۶ پله در دقیقه) تا حد واماندگی شرکت کردند. هوای استنشاق شده در هر بار، به ترتیب زیر بود: (۱) هوای معمولی اتاق (۲) هوا معمولی اتاق که به‌طور ساختگی به‌وسیله یک ماشین، یونیزه و هدایت می‌شد (۳) یون‌های منفی هوا که از طریق دستگاه تولیدکننده یون تأمین می‌شد (۴) یون‌های مثبت هوا که از طریق دستگاه تولیدکننده یون تأمین می‌شد. نتایج این تحقیق نشان داد که یون‌های ساختگی هوا (مثبت یا منفی) بر عملکرد استقامتی تأثیری

^۱ . Allan Frey

^۲ . Cornell

^۳ . Devries

^۴ . Klafs

ندارد. نکته قابل توجه در این پژوهش این است که دستگاه‌های تولیدکننده یون در آن زمان، اعتبار دستگاه‌های امروزی را نداشتند (۶۹).

این‌تار^۱ و همکاران، آثار یک مرحله استنشاق یون‌های منفی هوا را بر دو گروه از آزمودنی‌های مرد بررسی کردند. گروه اول (گروه تجربی) یک بار هوای خنثی (۲۲۱ تا ۲۵۶ یون در هر سانتی‌متر مکعب) و بار دیگر هوای دارای یون منفی استنشاق کردند (۱۳۶۰۰۰ تا ۱۹۰۰۰۰ یون در هر سانتی‌متر مکعب). گروه دوم (گروه کنترل)، در هر دوبار هوای خنثی استنشاق کردند. طی ۳۰ دقیقه ورزش در هوای گرم (۴۰ درجه سانتیگراد، ۱۰۴ درجه فارنهایت)، استنشاق یون‌های منفی در حد معنی‌داری منجر به افزایش ناچیز دمای بدن، ضربان قلب و درک فشار کار و همچنین افزایش معنی‌داری در برون‌ده کار شد. این یافته‌ها نشان داد که استنشاق یون‌های منفی هوا به هنگام ورزش در یک محیط گرم، فشار ذهنی و فیزیولوژیکی را کاهش می‌دهد (۷۰).

ریلی^۲ و استیونسان^۳ (۱۹۹۳) یک تحقیق یک سو کور و با طرح متقاطع که بر روی ۸ مرد، ۱۹ تا ۲۵ ساله با سابقه فعالیت بدنی (افراد فعال) و بدون هیچ گونه بیماری تنفسی انجام دادند. ۱۷۲۰۰۰ یون در هر سانتی‌متر مکعب به محیط داده شد. هدف از این تحقیق اندازه‌گیری اثرات یون‌های منفی هوا بر شاخص‌های فیزیولوژیک و ریتم‌های روزانه در حالت استراحت و در طول ورزش بود. با قرار گرفتن در معرض یون منفی و در حالت استراحت، دمای مقعدی، ضربان قلب، VO_2 و VE بیش از چهار بار در طول روز به‌طور قابل توجهی در مقایسه با حالت طبیعی (بدون قرار گرفتن در معرض یون) کاهش یافت. همچنین در هر دو تست ورزشی (۹۰ (W) و ۱۸۰ (W)، درجه حرارت مقعدی در طول روز، با قرار گرفتن در معرض یون منفی به‌طور متوسط بیش از چهار بار به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. تفاوت در ضربان قلب و VO_2 و VE مطلق، بین قرار گرفتن در معرض و بدون قرار گرفتن در معرض یون ناچیز بود؛

^۱. Intar

^۲. Rrilly

^۳. Stevenson

اما تفاوت در تغییرات حالت استراحت و فعالیت VO_2 و VE معنادار بودند. ریتم روزانه دمای مقعدی در طول استراحت به طور معنی داری اختلاف داشت اما در حالت تمرین تفاوتی مشاهده نشد. تفاوت میزان درک فشار در طول ورزش در دو حالت یون و بدون یون مشخص نشد (۷۱).

۲-۳-۲- تأثیر یون‌های منفی هوا بر شاخص‌های تهویه ریوی

جانجیه ژاو^۱ و همکاران در سال ۲۰۱۶، تحقیقی با عنوان اثر درمانی تمرینات هوازی با شدت کم در ترکیب با استنشاق یون اکسیژن منفی هوا در بیماران شغلی با پنوموکونیوزیس پنبه^۲ انجام دادند. آزمودنی‌ها شامل ۶۰ زن مبتلا به پنوموکونیوزیس پنبه شغلی بین ۳۰ تا ۵۰ سال بودند که به طور تصادفی به دو گروه تمرین و گروه کنترل تقسیم شدند و هر گروه شامل ۳۰ بیمار بود. بیماران گروه کنترل، تمرینات یوگا با فشار کم برای بهبود عملکرد جسمی و تنفسی خود انجام دادند. در حالی که بیماران در گروه تمرین، ترکیبی از استنشاق یون‌های اکسیژن منفی هوا با ورزش یوگا را انجام دادند. پس از ۳ ماه درمان، شاخص‌های عملکرد ریه دو گروه از بیماران به طور قابل توجهی در مقایسه با همتایان خود قبل از درمان بهبود یافته بود. در حالی که بهبود عملکرد ریه و اثر درمان بالینی گروه تمرین با یون در مقایسه با همتایان خود قبل از درمان و یا در گروه کنترل، واضح تر بود. آن‌ها نتیجه گرفتند که ترکیب یون‌های اکسیژن بالاتر از حد مجاز هوا همراه با تمرین هوازی عملکرد ریوی بیماران را تا حد زیادی بهبود می بخشد (۷۲).

پتر والنر^۳ و همکاران در سال ۲۰۱۵، تحقیقی تحت عنوان مواجهه کوتاه مدت با یون‌های هوا در محیط داخلی انجام دادند. تحقیق بر روی ۱۰ مرد و ۱۰ زن بزرگسال سالم غیرسیگاری انجام شد. این تحقیق متقاطع دو سوکور، اثر میزان بالای یون‌های هوا بر عملکرد شناختی، حالات روحی، عملکرد ریوی و عملکرد قلبی عروقی را بررسی کرد. افراد در دو اتاق با شرایط یکسان و میزان یون متفاوت قرار گرفتند که یون‌های هوای اتاق توسط یک رنگ دیوار مخصوص تولید می شدند. نتایج، اثرات کمی از میزان بالای

۳. Junjie Zhao

۴. Cotton Pneumoconiosis

۲. Peter Wallner

یون‌ها بر عملکرد شناختی و حالات روحی را نشان داد در حالی که هیچ تأثیری بر روی شاخص‌های عملکرد ریه مشاهده نشد (۷۳).

سیروتا^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۸، تحقیقی با عنوان "اثر یون‌های منفی هوا بر شاخص‌های تنفسی و خون" انجام دادند. این مطالعه اثر هوای یونیزه شده حاوی یون‌های با بار منفی در غلظت ۳۲۰۰۰ تا ۳۵۰۰۰ یون در هر سانتی‌متر مکعب که توسط موش‌ها استنشاق میشد را بررسی کرد. در این کار نشان داده شد، حتی یک جلسه کوتاه مدت استنشاق یون‌های هوا بر ارگان‌های تنفسی، فاگوسیتوز وابسته به اکسیژن و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان خون موثر است؛ در نتیجه استفاده‌های درمانی از یون‌های هوا باید به شدت کنترل شوند (۷۴).

آسترِبیل^۲ و همکاران در سال ۱۹۷۹، تحقیقی با عنوان "تأثیر یون‌های کوچک هوا بر راه‌های هوایی در بیماران مبتلا به آسم برونشیت" و با هدف اندازه‌گیری اثرات ریوی یون‌های منفی و مثبت هوا، بر روی ۸ بیمار زن و ۷ بیمار مرد در بازه سنی ۱۶ تا ۴۸ سال که مدت طولانی در بیمارستان بستری شده بودند انجام دادند. در ۹ بیمار میزان بهبودی ریه کم اما معنی‌دار بود. در گروه اول اختلاف معنی‌داری در مقادیر FEV₁ دو گروه یون و بدون یون مشاهده شد اما اختلاف معنی‌داری در میزان درک درجه حرارت (P=۰/۲)، کیفیت هوا (P=۰/۳)، بهبود تنفس (P=۰/۷) مشاهده نشد. در گروه دوم نیز پس از قرار گرفتن در معرض یون، در آستانه هیستامین دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (۷۵).

آلبرت^۳ و همکاران، در مطالعه‌ای با موضوع "اثر یون‌های منفی هوا بر غلظت و متابولیسم ۵-هیدروکسی تریپتامین در دستگاه تنفسی پستانداران" نشان دادند که یون‌های منفی هوا غلظت ۵-هیدروکسی تریپتامین را در نای خرگوش و در مسیرهای هوایی موش‌های زنده کاهش می‌دهد. تغییرات در سطح

^۱ . Sirota

^۲ . Osterballe

^۳ . Albert

سروتونین ممکن است در میان سایر موارد، سیستم تنفسی را با انقباض یا انبساط راه‌های هوایی تحت تأثیر قرار دهد (۷۶).

محققان بریتانیایی در مرکز علوم ورزشی در لیورپول، افراد مختلفی را در معرض یون‌های منفی قرار دادند و پاسخ‌های فیزیولوژیکی آن‌ها از جمله دمای بدن، ضربان قلب و شاخص‌های تنفس را هم در حال استراحت و هم ورزش اندازه‌گیری کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که یون‌های منفی به طور قابل توجهی باعث بهبود همه حالت‌های فیزیولوژیکی، به‌خصوص در طول استراحت شد. مهمترین یافته این بود که یون‌های منفی "از لحاظ زیست شناختی فعال هستند و بر ریتم‌های روزانه بدن تأثیر می‌گذارند (۶۷).

۲-۴- جمع‌بندی پیشینه

به طور کلی، با توجه به نتایج مطالعات صورت گرفته و با وجود تناقضات درمورد تأثیر یون‌های منفی هوا بر شاخص‌های عملکرد ریوی به دلیل محدود بودن گزارش‌ها و مطالعات، دیدگاه روشنی وجود ندارد. امید است نتایج مطالعه حاضر بتواند به رفع این ابهام کمک کند.

فصل سوم

روش شناسی

پژوهش

۳-۱- مقدمه

فصل سوم شامل روش پژوهش، جامعه و نمونه آماری، مراحل انجام کار، ابزارهای اندازه‌گیری متغیرهای پژوهش، روش گردآوری اطلاعات، پروتکل آزمایشگاهی و روش‌های تجزیه و تحلیل آماری می‌باشد. جزییات دقیق اجرای کار به تفصیل توضیح داده می‌شود.

۳-۲- روش تحقیق

با توجه به نمونه آماری، متغیرها و اهداف مطرح شده، این تحقیق از نوع تحقیقات توسعه‌ای، به صورت کنترل شده تصادفی با طرح گروه متقاطع است.

۳-۳- جامعه و نمونه تحقیق

جامعه آماری این پژوهش را دختران و پسران فعال، ۱۹ تا ۲۵ سال دانشگاه صنعتی شاهرود تشکیل می‌دهند. پس از تأیید موضوع در شورای پژوهشی دانشگاه و اخذ مجوز کمیته اخلاق با شماره (۱۳۹۷-IR.SHMU.REC.۱۸۲) از دانشگاه علوم پزشکی شاهرود و اعلام فراخوان، تعداد ۶۰ نفر دانشجو داوطلب همکاری در پژوهش حاضر شدند، پس از انجام مصاحبه حضوری و با توجه به معیارهای ورود به تحقیق که شامل: انجام حداقل ۱۵۰ دقیقه فعالیت ورزشی در هفته (به کمک پرسش‌نامه بک، آزمودنی‌ها از نظر میزان فعالیت بدنی در بازه نسبتاً یکسانی انتخاب شدند)، داشتن فشار خون طبیعی، نداشتن آسیب بدنی در مدت دست کم یک ماه اخیر، عدم استعمال سیگار در مدت دست کم شش ماه اخیر، عدم مصرف مواد نیروزا در مدت یک ماه اخیر، عدم ابتلا به سرماخوردگی و آنفولانزا در مدت دو هفته قبل از اجرای تحقیق، عدم ابتلا به بیماری‌های مزمن یا عفونت‌های ریوی دست کم در مدت سه ماه قبل از آغاز تحقیق است، تعداد ۴۴ نفر واجد شرایط، ۲۲ پسر و ۲۲ دختر به صورت هدفمند به عنوان نمونه آماری انتخاب شدند. در طول پژوهش تعداد ۴ نفر به دلایل مختلف از جمله سرماخوردگی و آسیب دیدگی از پژوهش حذف شدند.

۳-۴- متغیرهای تحقیق

۳-۴-۱- متغیر مستقل

یون‌های منفی هوا

فعالیت بروس

۳-۴-۲- متغیر وابسته

برخی از شاخص‌های عملکردی تهویه شامل:

۱- ظرفیت حیاتی با فشار FVC

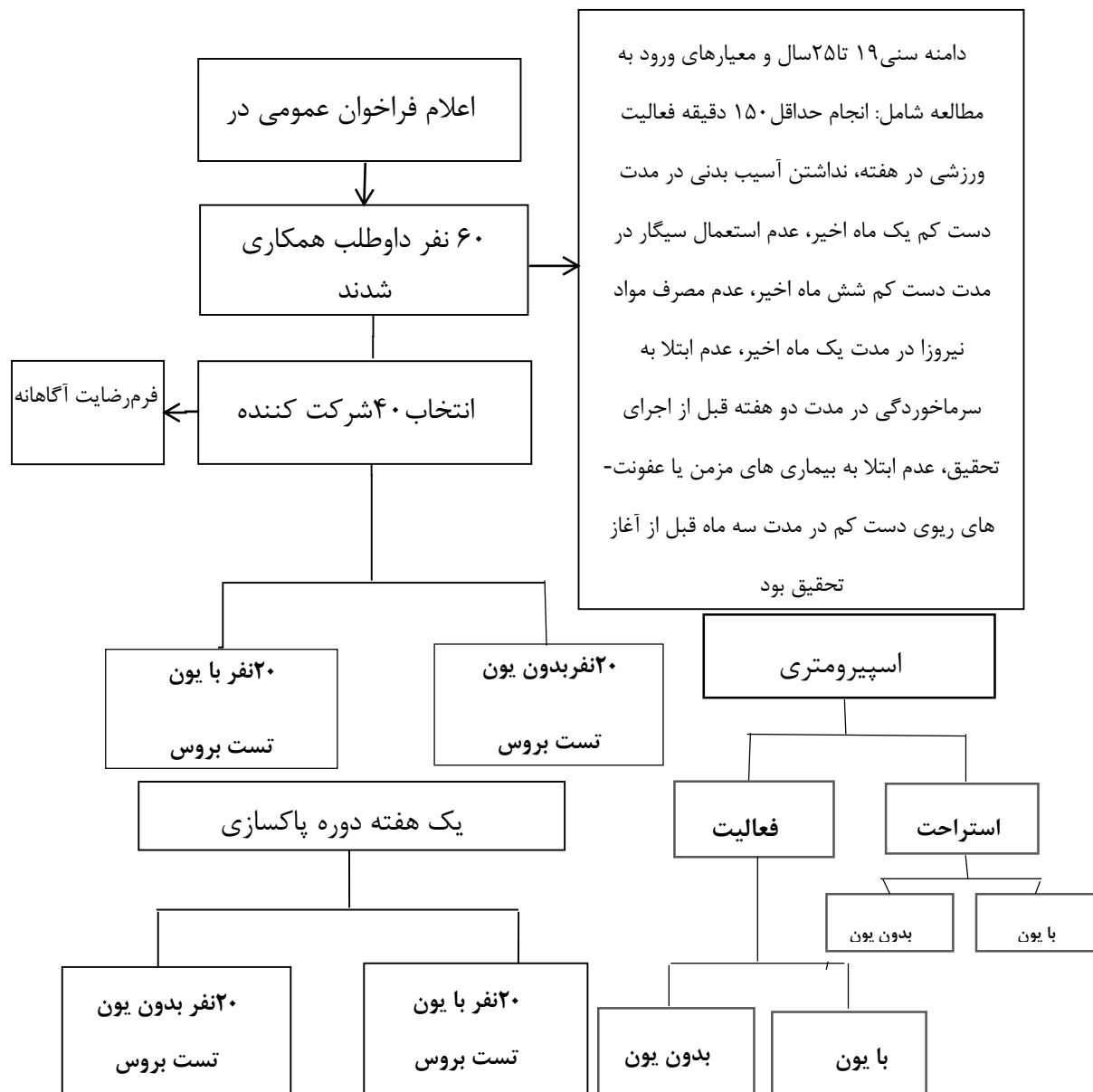
۲- ظرفیت سریع در ثانیه اول FEV₁

۳- نسبت ظرفیت سریع در ثانیه اول به ظرفیت حیاتی با فشار $\frac{FEV_1}{FVC}$

۴- حداکثر جریان میان بازدمی FEF₂₅₋₇₅

۳-۵- طرح تحقیق

این پژوهش از نوع تحقیقات توسعه‌ای با طرح متقاطع دو سوکور می‌باشد. جهت انجام طرح متقاطع به وسیله پاکت‌هایی که به ترتیب شماره‌گذاری شده بودند، افراد به صورت تصادفی در دو شرایط یون و بدون یون که در هر حالت ۲۰ نفر شامل ۱۰ دختر و ۱۰ پسر بودند، تقسیم شدند.



(۱-۳) طرحواره تحقیق

۳-۶- روش اجرای تحقیق

ابتدا طی جلسه‌ای، آزمودنی‌ها با نوع طرح و روش اجرای آن بطور کتبی و شفاهی آشنا شدند. به آزمودنی‌ها اطمینان داده شد که اطلاعات دریافتی از آنها کاملاً محرمانه خواهد ماند و جهت بررسی داده‌ها از روش کدگذاری استفاده خواهد شد. همچنین به آنها اجازه داده شد تا در صورت عدم تمایل به ادامه همکاری، انصراف دهند. سپس آزمودنی‌ها فرم رضایت کتبی را امضا کردند و پرسشنامه‌های اطلاعات شخصی، سوابق پزشکی و ورزشی را پر کردند. اندازه‌های آنترپومتریک شامل قد، وزن، شاخص توده بدن (BMI) اندازه‌گیری شد. سپس به‌منظور آشنایی افراد با تست بروس، روی نوارگردان قرار گرفتند و به‌صورت آزمایشی تست مورد نظر را اجرا کردند و درنهایت به‌صورت تصادفی به دو حالت یون و بدون یون که هر حالت شامل ۲۰ نفر (۱۰ دختر و ۱۰ پسر) بود، تقسیم شدند. پس از سه روز جهت اجرای تست اول به آزمایشگاه فراخوانده شدند و تست بروس را در دو حالت یون و بدون یون اجرا کردند و با فاصله یک هفته (جهت پاکسازی یون) مجدداً تست مورد نظر درحالی که شرایط محیطی دوگروه جابه‌جا شده بود تکرار شد. در جلسه تمرین با مداخله یون، پیش از قرار گرفتن در اتاق ایزوله و پس از آن و همچنین پس از اجرای تست بروس اسپرومتری انجام شد. در جلسه بدون یون نیز پیش از اجرای تست و پس از آن اسپرومتری انجام شد. همه آزمودنی‌ها به صورت انفرادی به مدت یک ساعت (۷۷) در اتاق ایزوله‌ای که پیش از استقرار آزمودنی‌ها به وسیله دستگاه یونیزاسیون با مقدار ۱۰۰,۰۰۰ یون درهر سانتی متر مکعب (طبق نظر سازنده دستگاه) یونیزه شده بود قرار گرفتند. پیش از قرارگیری در اتاق ایزوله، از آزمودنی‌ها خواسته شد پرسشنامه‌های حالات خلقی ورزشکاران و اضطراب حالتی اسپیلبرگر را تکمیل کنند و در صورتی که از شرایط روحی مناسب برخوردار بودند در اتاق یونیزاسیون قرار گرفتند و چنانچه نمره پرسشنامه حالت روحی مناسبی را نشان نداد تست بدون یون را اجرا کردند (در پژوهش حاضر دو نفر در این شرایط قرار داشتند). آزمودنی‌ها در بازه زمانی انجام تست‌ها و ۲۴ ساعت پیش از آزمون اولیه، از فعالیت بدنی شدید منع شدند. همچنین سه ساعت پیش از آزمون از مصرف کافئین، مواد محرک و نوشیدنی‌های انرژی‌زا منع شدند (۷۸). آب در هر زمان به صورت آزادانه

در اختیار شرکت‌کنندگان قرار گرفت. دما و رطوبت اتاق یون هر ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری و ثبت شد. شرکت‌کننده‌ها در هر جلسه آزمون از لباس‌های یکسان (تیشرت و شورت ورزشی نازک) استفاده کردند. کلیه آزمون‌ها در آزمایشگاه دانشکده تربیت بدنی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد.

۳-۷- وسایل و ابزار اندازه‌گیری

(۱) فرم رضایت‌نامه (پیوست ۱)

(۲) پرسش‌نامه فعالیت‌بدنی بک^۱ (پیوست ۲)

(۳) پرسش‌نامه حالات خلقی ورزشکاران، برومز^۲ (پیوست ۴)

(۴) پرسش‌نامه اضطراب حالتی اسپیلبرگر نسخه ۷ آیتمی (پیوست ۳)

(۵) دستگاه فشارسنج ALP K2 مدل K2-1702 ساخت کشور ژاپن

(۶) دماسنج و رطوبت‌سنج دیجیتالی مدل HTC-2 ساخت کشور چین

(۷) دستگاه Body Composition مدل ۲۳۰، ساخت کشور کره

(۸) دستگاه یون ژنراتور ماسا مدل I320 تولید شرکت معین نیروی آسیا

(۹) اسپیرومتری پرتابل ساخت شرکت Cosmed ایتالیا

(۱۰) تردمیل حرفه‌ای پیشرفته، H/P/COSMOS ساخت کشور آلمان

(۱۱) ضربان‌سنج polar ساخت کشور فنلاند

(۱۲) قدسنج مکانیکی اولتراسونیک ساخت کشور کره

۳-۸- نحوه کنترل دما و رطوبت محیط و تعیین روزهای اجرای آزمون

از آنجایی که رطوبت و دما فاکتورهای تأثیرگذار در شرایط یونیزاسیون هستند و به این دلیل که تست‌ها در روزهای مختلف انجام می‌شد، جهت ثابت نگه‌داشتن شرایط محیطی برای همه آزمودنی‌ها، دما و

^۱. Beack

^۲. Brums

رطوبت در اتاق ایزوله کنترل و با فاصله هر ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری و ثبت شد. به‌طور متوسط دما در بازه ۲۲ تا ۲۶ درجه و رطوبت در بازه ۲۵ تا ۲۹ درصد قرار داشت.

۹-۳- انتخاب روزهای پژوهش

از آنجایی که فصول و شرایط آب و هوایی در مقدار یون‌ها تأثیر دارد لذا آزمون بین ساعت ۱۲ تا ۱۵ عصر از ۱۵ مهرماه تا ۱ آبان ماه سال ۱۳۹۷ انجام شد.

۱۰-۳- اتاق ایزوله

اتاقی با ابعاد ۲ متر مربع (۲ متر × ۲ متر) و با ارتفاع ۳ متر، پنجره‌های دوجداره دودی، دیوارهای آجرنما شده و کف موزائیک در محل آزمایشگاه تربیت بدنی در نظر گرفته شد. اتاق به‌وسیله مواد ضدعفونی کننده تمیز شد. در فاصله یک متری از محل تعبیه دستگاه یونیزاسیون صندلی جهت نشستن آزمودنی قرار داده شد. از آنجایی که طبق مقالات تابش مستقیم خورشید و نور بر یونیزاسیون تأثیرگذار است (۷۹)، پرده‌های تیره و ضخیمی برای پوشش پنجره‌ها در نظر گرفته شد. نور اتاق در همه روزها یکسان بود. هوای اتاق یک ساعت پیش از قرارگیری آزمودنی‌ها یونیزه شد.

۱۱-۳- دستگاه یونیزاسیون

دستگاه یون ژنراتور ماسا مدل I 320 که ساخت کشور ایران بود مورد استفاده قرار گرفت. این دستگاه به کمک نانوتکنولوژی و با استفاده از تکنولوژی تیوپ ماسا (تصفیه هوای بدون فیلتر) عمل می‌کند. این سیستم به‌طور مستقیم یون منفی اکسیژن را تولید و توزیع می‌کند. این دستگاه با منطقه تحت پوشش ۳۲۰ مترمکعب دارای ذخیره انرژی ۱۸۰-۲۴۰ ولت (۵۰-۶۰ هرتز)، ماکزیمم توان ۲۲ وات، وزن ۷/۶ کیلوگرم و با قابلیت تولید ۴۰-۱۰۰ هزار یون منفی در هر سانتی‌متر مکعب است که قابل تنظیم می‌باشد. همچنین دستگاه به‌وسیله یون تستر، مدل AIC ساخت کشور آمریکا، در محیط آزمایشگاهی و تحت شرایط خاص، از نظر تعداد یون، کالیبره شد.

۳-۱۲- روش جمع آوری اطلاعات

۳-۱۲-۱- اطلاعات شخصی

اطلاعات شخصی پیرامون نام و نام خانوادگی، سن و جنس، سابقه فعالیت ورزشی، سابقه وجود مشکلات جسمانی، سابقه بیماری قلبی عروقی و ریوی، با استفاده از پرسشنامه به دست آمده و پس از تکمیل و امضا آن توسط داوطلبان، جمع آوری گردید.

۳-۱۲-۱-۱- پرسشنامه فعالیت بدنی بک

پرسشنامه بک، پرسشنامه استاندارد بین المللی برای ارزیابی سطح فعالیت بدنی است و توسط مراکز علمی از جمله دانشگاه علوم پزشکی ایران و دانشگاه تهران ترجمه شده و مورد تأیید قرار گرفته است. این پرسشنامه دارای ۱۶ سوال در سه بخش: فعالیت بدنی مربوط به شغل، اوقات فراغت و ورزش تنظیم شده و با توجه به بخش ها و جواب های مربوطه از امتیاز ۱-۵ در نظر گرفته شد. نمره گذاری سوالات به روش لیکرت با سه مولفه محل کار، فراغت و ورزش انجام شد. پایایی درونی پرسشنامه (آلفای کرونباخ ۰/۸۳) بوده که همبستگی درونی سوالات را تایید نمود (۸۰).

۳-۱۲-۲- پرسشنامه حالات خلقی ورزشکاران برومز

این پرسشنامه دارای ۳۲ سوال بوده و هدف آن ارزیابی حالات خلقی ورزشکاران می باشد که دارای هشت بعد است (تنش، افسردگی، خشم، سرزندگی، خستگی، سردرگمی، آرامش، شادکامی) و سوالات مربوط به هر بعد مشخص است و نمره بالاتر در هر بعد نشان وجود بیشتر آن بعد در خلق و خوی ورزشکار پاسخ دهنده می باشد. برای چهار عامل مثبت نمره بالای ۱۰ و برای چهار عامل منفی نمره زیر ۱۰ به عنوان فرد نرمال در نظر گرفته می شود (۸۱). لازم به ذکر است که این پرسشنامه توسط لین و همکاران (۲۰۰۷) طراحی شده است.

شیوه نمره گذاری آن براساس طیف لیکرت پنج گزینه ای به صورت جدول زیر بود:

گزینه	اصلا	کمی	تقریبا	زیاد	خیلی زیاد
امتیاز	۰	۱	۲	۳	۴

۳-۱۲-۳- پرسشنامه اضطراب حالتی اسپیلبرگر

پرسشنامه اضطراب حالتی اسپیلبرگر از ۷ سوال تشکیل شده است که حالت اضطراب (اضطراب حالت یک واکنش هیجانی است که از موقعیتی به موقعیت دیگر تفاوت می کند) را مورد سنجش قرار می دهد. در پاسخگویی آزمودنی ها، تعدادی گزینه برای هر عبارت ارائه شده است که آنها باید گزینه ای را که به بهترین وجه شدت احساسات آنها را بیان می نماید، انتخاب کنند. امتیاز گزینه ها از ۵-۱ و برای آیتم های ۱، ۴، ۷ و به صورت معکوس است و هرچه امتیاز کل بیشتر باشد، اضطراب حالتی فرد شدیدتر است، به طوری که در بازه نمرات ۱۴-۱۰ اضطراب حالتی کم، ۱۹-۱۵ اضطراب حالتی متوسط و ۲۳-۱۹ اضطراب حالتی زیاد را نشان می دهد. گالوان و همکاران (۲۰۱۱)، پایایی این پرسشنامه را براساس آلفای کرونباخ ۰/۸۳ بیان کردند که قابل قبول است (۸۲). در این پژوهش اضطراب حالتی کم به عنوان معیار قرارگیری در معرض یون در نظر گرفته شد.

۳-۱۲-۲- اندازه های آنترپومتریکی

از آنجایی که قد، وزن و درصد چربی بدن آزمودنی ها یک عامل بسیار مهم در تعیین حجم و ظرفیت ریوی در دستگاه اسپرومتری می باشد. دقت در اندازه گیری آن بسیار مهم و ضروری است (۵۱).

قد: اندازه گیری قد آزمودنی ها به وسیله قدسنج مکانیکی برحسب سانتی متر اندازه گیری شد. نحوه استقرار بدن آزمودنی بر روی قدسنج، بدین صورت بود که آزمودنی ها بدون کفش بر روی صفحه قدسنج مکانیکی پشت به خط اندازه گیری قرار گرفته طوری که پشت پاها با دستگاه و دید چشم ها موازی سطح افق قرار گرفت و سر دقیقا در راستای بدن بود. در این مرحله خط کش اندازه گیری بر

روی سر آزمودنی قرار گرفت و قد آن‌ها را اندازه گرفت.

شاخص توده بدن: اندازه‌گیری ترکیب بدنی که شامل وزن، BMI، درصد چربی کل بدن، توده چربی بدن و نسبت دور کمر به لگن (WHR) است به وسیله دستگاه In Body و با رعایت ملاحظات اندازه‌گیری شامل: ۱- سپری شدن حداقل ۱۲ ساعت از صرف آخرین وعده غذایی ۲- نداشتن اشیای فلزی در حین آزمون ۳- دقت در نحوه‌ی استقرار صحیح روی دستگاه اندازه‌گیری شد.

۳-۱۳- تست بروس

در این پژوهش از آزمون نوارگردان بروس برای برآورد توان هوازی مردان و زنان فعال استفاده شده است. این تست برای اشخاص کم تحرک فعال و ورزشکاران می‌باشد (۵۱). پس از ۳ دقیقه گرم کردن و تمرینات کششی سبک آزمودنی بر روی تردمیل قرار گرفت. پروتکل نوارگردان بروس با سرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت و شیب ۲/۷۴ درجه آغاز گردید و درصد شیب و سرعت نوار گردان طبق جدول افزایش یافت. آزمون تا زمانی ادامه پیدا کرد که آزمودنی خسته شده و قادر به ادامه آزمون نبود. در پایان هر مرحله، شاخص خستگی براساس مقیاس بورگ (۶-۲۰) از آزمودنی پرسیده و یادداشت شد. زمان آزمون به دقیقه و تا دو رقم اعشار از لحظه شروع تا زمانی که فرد قادر به فعالیت نبود، اندازه‌گیری و یادداشت شد.

جدول (۳-۱) مراحل اجرای آزمون نوار گردان بروس

Stage	Speed (km/hr)	Speed (mph)	Gradient	Time (min)
1	2.74	1.7	10	0
2	4.02	2.5	12	3
3	5.47	3.4	14	6
4	6.76	4.2	16	9
5	8.05	5.0	18	12
6	8.85	5.5	20	15
7	9.65	6.0	22	18
8	10.46	6.5	24	21
9	11.26	7.0	26	24
10	12.07	7.5	28	27

۳-۱۴- اسپيرومتری

قبل از انجام تست اسپيرومتری مشخصات آزمودنی‌ها از قبیل، قد، وزن و سن گرفته شده و در برگه ویژه مشخصات فردی ثبت شد. سپس این اطلاعات قبل از انجام تست وارد دستگاه اسپيرومتر شد.

۳-۱۴-۱- چگونگی اجرای آزمون اسپيرومتری

در گروه تمرین با مداخله یون، پیش از قرار گرفتن در اتاق ایزوله و پس از آن و همچنین پس از اجرای تست بروس اسپيرومتری انجام شد. در گروه بدون یون نیز پیش از اجرای تست و پس از آن (پس از سه دقیقه سرد کردن فعال) اسپيرومتری انجام شد. پیش از انجام تست دستگاه اسپيرومتری کالیبره شد. از آنجایی که وضعیت بدن در زمان اجرای تست بر حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی اثر مهمی دارد، همه آزمودنی‌ها تست را به یک شیوه اجرا کردند. به‌طوری که همه بر روی صندلی نشسته و بر آن تکیه می‌دادند و سعی شد تا آزمودنی‌ها وضعیت مناسبی برای انجام تست به‌خود بگیرند. قبل از انجام آزمون از سلامتی افراد اطمینان کافی حاصل شد تا افراد بیمار در جمع‌آوری داده‌ها قرار نگیرند. همچنین قبل از اجرای آزمون‌ها روش اجرا و چگونگی عملکرد آزمودنی‌ها برای اجرای آزمون به‌طور کامل توضیح داده شد. در صورت لزوم برای آنان به‌طور عملی نحوه اجرای آزمون نمایش داده می‌شد. صحت آزمون با توجه به نمودارهای ثبت شده به‌وسیله دستگاه و همچنین توسط محقق با توجه به منابع موجود تایید شده است.

۳-۱۴-۲- روش اجرای آزمون FVC و زیر شاخص‌های آن

برای اجرای این آزمون، آزمودنی‌ها بعد از یک دم حداکثر و پرکردن ریه، هوا را به داخل اسپيرومتر به‌طور کامل، سریع و قوی تخلیه می‌کردند. هر آزمودنی چندین بار آزمون را تکرار می‌کرد (حداقل سه بار) و در نهایت بهترین نتیجه انتخاب و یادداشت می‌شد.

۳-۱۵- روش آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آمار استنباطی جهت تعیین معنی‌دار بودن میانگین‌ها و آمار

توصیفی (میانگین و انحراف معیار)، برای محاسبه سن، قد و وزن استفاده شد. همچنین برای مقایسه اختلاف بین پیش‌آزمون تا پس‌آزمون از آزمون t وابسته در داده‌های نرمال و از آزمون ویلکاکسون در داده‌های غیرنرمال استفاده شد. کلیه عملیات تجزیه و تحلیل آماری در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و اطمینان ۰/۹۵ استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SPSS، نسخه ۲۴ انجام شد. برای رسم نمودارها و جداول از برنامه Microsoft office excel 2013 استفاده شد.

فصل چهارم

یافته‌های پژوهش

۴-۱- مقدمه

در این فصل ابتدا یافته‌های پژوهش به شکل توصیفی در قالب جدول ارائه می‌شود. سپس تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده براساس اهداف تحقیق انجام شده و فرضیه‌های پژوهش مورد آزمون قرار می‌گیرد.

۴-۲- تجزیه و تحلیل توصیفی یافته‌های پژوهش

۴-۲-۱- اطلاعات و ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها

در جدول (۴-۱) داده‌های مربوط به ویژگی‌های توصیفی ۴۰ نفر از آزمودنی‌ها که به‌طور منظم و تا پایان مطالعه با محقق همکاری کردند، توصیف شد. ۴ نفر به دلیل سرماخوردگی و یا آسیب‌دیدگی از ادامه همکاری انصراف دادند.

جدول (۴-۱) ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها

متغیر	کل گروه	پسر N=۲۰	دختر N=۲۰
سن (سال)	۲۱/۸۰±۰/۳۷	۲۰/۹۰±۰/۳۴	۲۲/۷۰±۰/۶۱
قد (cm)	۱۷۰/۹۸±۰/۶۲	۱۷۸/۳۵±۰/۶۴	۱۶۳/۶۱±۰/۵۵
وزن (kg)	۶۳/۰۹±۰/۹۸	۶۸/۱۶±۰/۷۷	۵۸/۰۱±۰/۴۳
BMI (kg/m ²)	۲۱/۴۸±۰/۵۱	۲۱/۳۶±۰/۷۴	۲۱/۵۹±۰/۷۴

۲-۲-۴- بررسی توصیفی متغیرهای پژوهش

جدول (۲-۴) ویژگی‌های توصیفی متغیرهای پژوهش

متغیر	با یون N=۴۰	بدون یون N=۴۰	P
FVC استراحت (لیتر)	$3/74 \pm 0/82$	$3/51 \pm 0/84$	0/943
FVC فعالیت	$3/61 \pm 0/86$	$3/35 \pm 0/77$	0/722
FEV ₁ استراحت (لیتر)	$3/33 \pm 0/82$	$2/98 \pm 0/92$	0/943
FEV ₁ فعالیت	$3/17 \pm 0/81$	$2/84 \pm 0/81$	0/887
$\frac{FEV1}{FVC}$ استراحت (لیتر)	$109/07 \pm 7/34$	$100/97 \pm 13/45$	0/100
$\frac{FEV1}{FVC}$ فعالیت	$106/45 \pm 11/50$	$100/67 \pm 13/45$	0/106
FEF ₂₅₋₇₅ استراحت (لیتر)	$4/10 \pm 1/17$	$3/35 \pm 1/26$	0/086
FEF ₂₅₋₇₅ فعالیت	$4/03 \pm 1/33$	$3/33 \pm 1/29$	0/626

۳-۴- بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها

برای تعیین چگونگی توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. براساس این آزمون، توزیع وقتی نرمال است که مقدار P بیشتر از عدد بحرانی در سطح 0.05 باشد.

جدول (۳-۴) نتایج حاصل از توزیع طبیعی داده‌ها (آزمون شاپیرو-ویلک)

متغیر	Z	P	متغیر	Z	P
قد (Cm)	۰/۹۸۷	۰/۹۲۵	FEV ₁ استراحت	۰/۹۸۲	۰/۷۶۵
وزن (kg)	۰/۹۷۳	۰/۴۴۲	FEV ₁ فعالیت	۰/۹۵۸	۰/۱۴۳
BMI (kg/m ²)	۰/۹۸۲	۰/۷۷۹	$\frac{FEV1}{FVC}$ استراحت	۰/۸۴۷	۰/۰۰۰
سن (سال)	۰/۹۳۱	۰/۹۱۷	$\frac{FEV1}{FVC}$ فعالیت	۰/۸۷۵	۰/۰۰۰
FVC استراحت	۰/۹۸۱	۰/۷۴۱	FEF ₂₅₋₇₅ استراحت	۰/۹۷۴	۰/۴۷۹
FVC فعالیت	۰/۹۷۸	۰/۶۳۴	FEF ₂₅₋₇₅ فعالیت	۰/۹۸۰	۰/۶۹۳

۴-۴- یافته‌های مربوط به فرضیه‌های پژوهش

در بخش یافته‌های مربوط به فرضیات تحقیق با توجه به نتایج آزمون شاپیرو-ویلک (۳-۴)، برای مقایسه اختلاف بین پیش‌آزمون تا پس‌آزمون از آزمون t وابسته در داده‌های نرمال و از آزمون ویلکاکسون در داده‌های غیرنرمال استفاده شد. کلیه عملیات تجزیه و تحلیل آماری در سطح معناداری ۰/۰۵ و اطمینان ۰/۹۵ استفاده گردید. کلیه تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم افزار SPSS ۲۴ انجام شد.

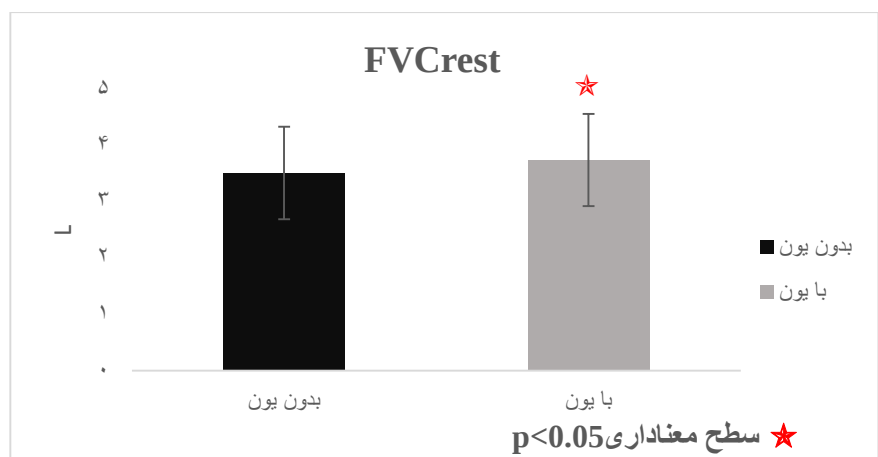
۴-۴-۱- آزمون فرضیه اول

فرض صفر: یون‌های منفی هوا بر میزان FVC استراحتی افراد فعال تأثیر معناداری ندارد.

جدول (۴-۴) داده‌های مربوط به میزان FVC استراحتی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	میانگین	درجه آزادی	T	Sig
یون	$3/74 \pm 0/82$	۳۹	-۳/۳۹	۰/۰۰۲ *
بدون یون	$3/51 \pm 0/84$			

* سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل (۴-۱) نمودار تغییرات FVC استراحتی

نتیجه آزمون: همانطور که در جدول (۴-۴) مشاهده می‌شود و با توجه به سطح معناداری آزمون T

وابسته (sig = ۰/۰۰۲، $t = -۳/۳۹$) یون‌های منفی هوا بر میزان FVC استراحتی افراد فعال تأثیر

معناداری دارد، لذا فرض صفر رد می‌شود.

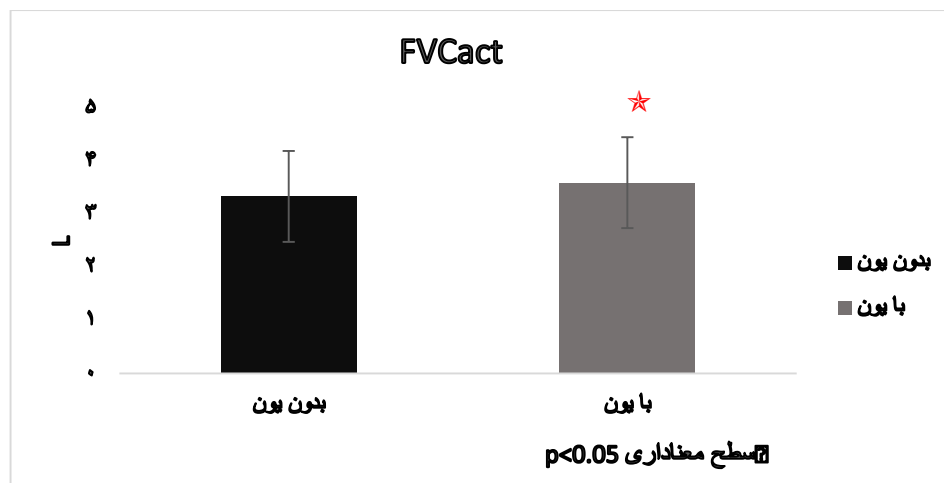
۴-۴-۲- آزمون فرضیه دوم

فرض صفر: یون‌های منفی هوا بر میزان FVC فعالیت افراد فعال تأثیر معناداری ندارد.

جدول (۴-۵) داده‌های مربوط به FVC فعالیت (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	میانگین	درجه آزادی	T	sig
یون	$۳/۶۱ \pm ۰/۸۶$	۳۹	-۲/۵۵	۰/۰۱۵ *
بدون یون	$۳/۳۵ \pm ۰/۷۷$			

* سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل (۴-۲) نمودار تغییرات FVC فعالیتی

نتیجه آزمون: همانطور که مشخص است و با توجه به سطح معناداری آزمون T وابسته (sig = ۰/۰۱۵ =

sig، $t = -۲/۵۵$) یون‌های منفی هوا بر میزان FVC فعالیتی افراد فعال تأثیر معناداری دارد. لذا فرض

صفر دوم رد می‌شود.

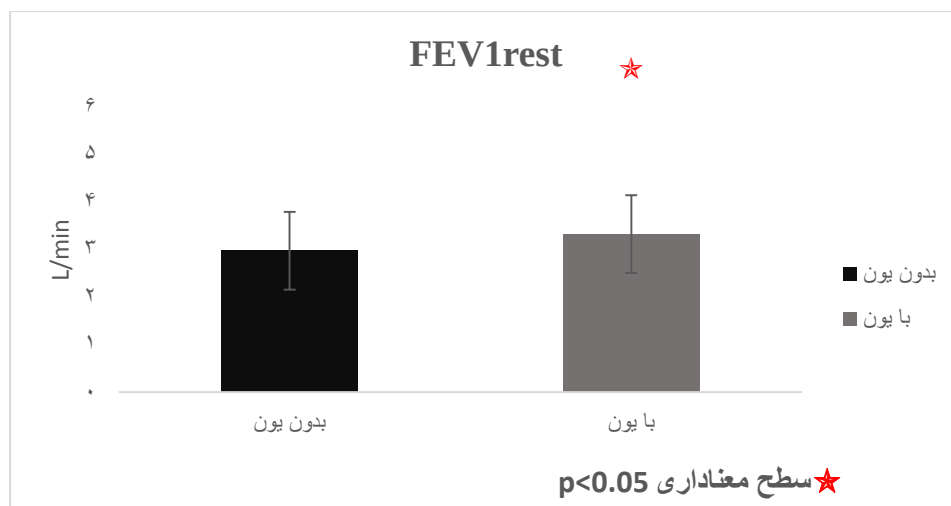
۴-۴-۳- آزمون فرضیه سوم

فرض صفر: یون‌های منفی هوا بر میزان FEV_1 استراحتی افراد فعال تأثیر معناداری ندارد.

جدول (۴-۶) داده‌های مربوط به FEV₁ استراحتی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	میانگین	درجه آزادی	T	sig
یون	$3/33 \pm 0/82$	۳۹	-۳/۰۱	۰/۰۰۵ *
بدون یون	$2/98 \pm 0/92$			

*سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ می باشد.



شکل (۳-۴) نمودار تغییرات FEV_1 استراحتی

نتیجه آزمون: باتوجه به سطح معناداری آزمون T وابسته ($t = -3/01$ ، $sig = 0/005$) یون‌های

منفی هوا بر میزان FEV_1 استراحتی افراد فعال تأثیر معناداری دارد. لذا فرض صفر رد می‌شود.

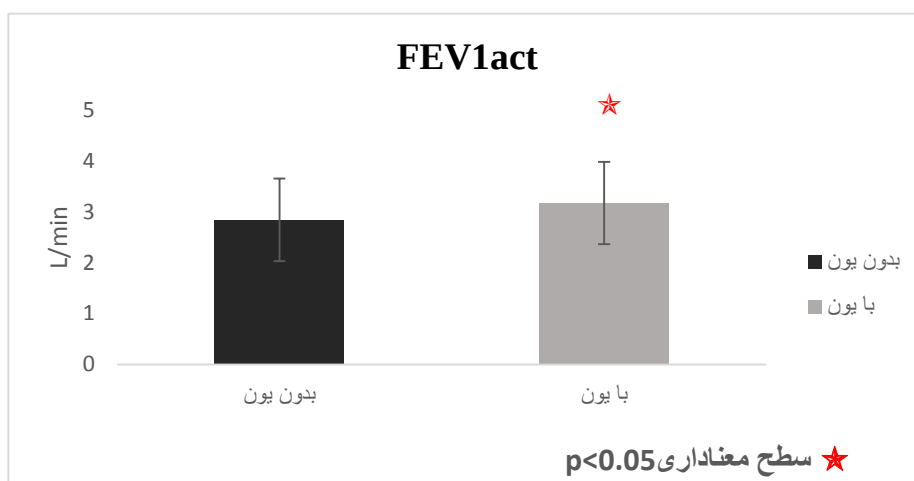
۴-۴-۴- آزمون فرضیه چهارم

فرض صفر: یون‌های منفی هوا بر میزان FEV₁ فعالیت افراد فعال تأثیر معناداری ندارد.

جدول (۷-۴) داده‌های مربوط به FEV_1 فعالیت (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	میانگین	درجه آزادی	T	Sig
یون	$3/17 \pm 0/81$	۳۹	-۴/۷۱	۰/۰۰۱ *
بدون یون	$2/84 \pm 0/81$			

* سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل (۴-۴) نمودار تغییرات FEV_1 فعالیت

نتیجه آزمون: همانطور که در جدول (۷-۴) مشاهده می‌شود و با توجه به سطح معناداری آزمون T وابسته ($t = -4/71$, $sig = 0/001$) یون‌های منفی هوا بر میزان FEV_1 فعالیت افراد فعال تأثیر معناداری دارد، لذا فرض صفر رد می‌شود.

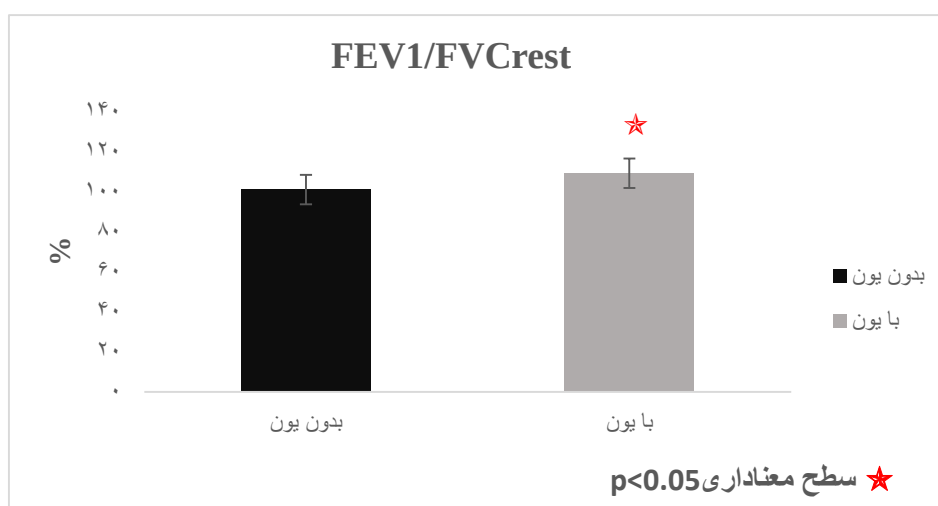
۴-۴-۵ آزمون فرضیه پنجم

فرض صفر: یون‌های منفی هوا بر میزان $\frac{FEV_1}{FVC}$ استراحتی افراد فعال تأثیر معناداری ندارد.

جدول (۸-۴) داده‌های مربوط به میزان $\frac{FEV1}{FVC}$ استراحتی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	میانگین	درجه آزادی	Z	Sig
یون	109.07 ± 7.34	۳۹	-۴/۰۸	۰/۰۰۱ *
بدون یون	100.97 ± 13.45			

* سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل (۵-۴) نمودار تغییرات میزان $\frac{FEV1}{FVC}$ استراحتی

نتیجه آزمون: همانطور که در جدول (۸-۴) مشاهده می‌شود و با توجه به سطح معناداری آزمون

ویلکاکسون ($Z = -4.08$ ، $sig = 0.001$) یون‌های منفی هوا بر میزان $\frac{FEV1}{FVC}$ استراحتی افراد فعال تأثیر

معناداری دارد، لذا فرض صفر پنجم رد می‌شود.

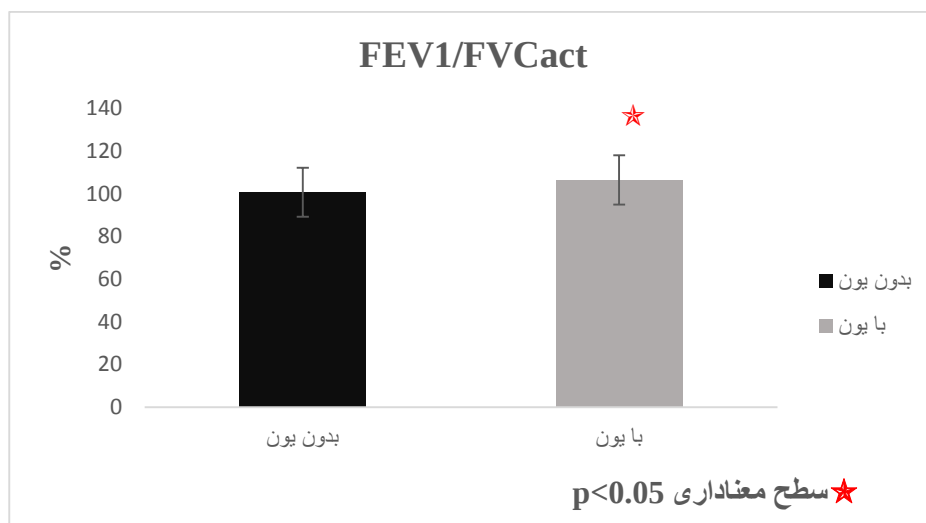
۴-۴-۶- آزمون فرضیه ششم

فرض صفر: یون‌های منفی هوا بر میزان $\frac{FEV1}{FVC}$ فعالیت افراد فعال تأثیر معناداری ندارد.

جدول (۹-۴) داده‌های مربوط به میزان $\frac{FEV1}{FVC}$ فعالیت (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	میانگین	درجه آزادی	Z	Sig
یون	$106/45 \pm 11/50$	۳۹	-۳/۵۸	۰/۰۰۱ *
بدون یون	$100/67 \pm 13/45$			

*سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل (۶-۴) نمودار تغییرات میزان $\frac{FEV1}{FVC}$ فعالیت

نتیجه آزمون: همانطور که در جدول (۹-۴) مشاهده می‌شود و با توجه به سطح معناداری آزمون

ویلکاکسون ($\text{sig} = 0/001$ ، $Z = -3/58$) یون‌های منفی هوا بر میزان $\frac{FEV1}{FVC}$ فعالیت افراد فعال تأثیر

معناداری دارد. لذا فرض صفر رد می‌شود.

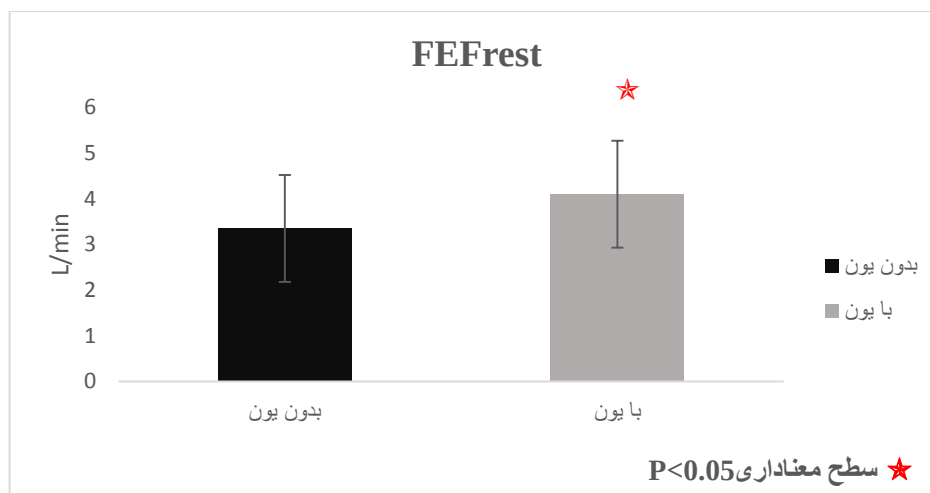
۷-۴-۴- آزمون فرضیه هفتم

فرض صفر: یون‌های منفی هوا بر میزان FEF₂₅₋₇₅ استراحتی افراد فعال تأثیر معناداری ندارد.

جدول (۱۰-۴) داده‌های مربوط به FEF₂₅₋₇₅ استراحتی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	میانگین	درجه آزادی	T	Sig
یون	۴/۱۰ $\pm$ ۱/۱۷	۳۹	-۵/۳۲	۰/۰۰۱ *
بدون یون	۳/۳۵ $\pm$ ۱/۲۶			

* سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل (۷-۴) نمودار تغییرات FEF₂₅₋₇₅ استراحتی

نتیجه آزمون: با توجه به سطح معنی‌داری آزمون T وابسته ($t = -۵/۳۲$, $\text{sig} = ۰/۰۰۱$) یون‌های

منفی هوا بر میزان FEF₂₅₋₇₅ استراحتی افراد فعال تأثیر معناداری دارد. لذا فرض صفر رد می‌شود.

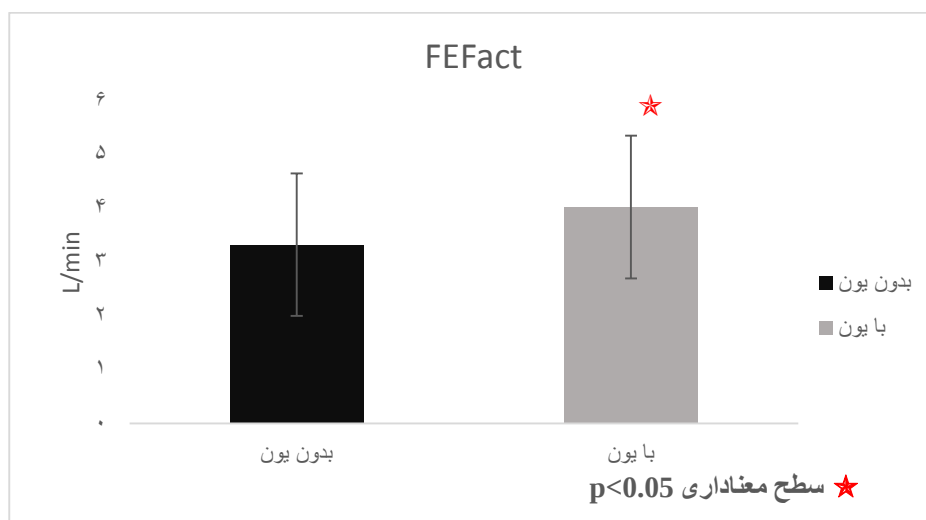
۸-۴-۴- آزمون فرضیه هشتم

فرض صفر: یون‌های منفی هوا بر میزان FEF₂₅₋₇₅ فعالیت افراد فعال تأثیر معناداری ندارد.

جدول (۱۱-۴) داده‌های مربوط به FEF₂₅₋₇₅ فعالیت (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	میانگین	درجه آزادی	T	Sig
یون	۴/۰۳ $\pm$ ۱/۳۳	۳۹	-۳/۷۰	۰/۰۰۱ *
بدون یون	۳/۳۳ $\pm$ ۱/۲۹			

* سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل (۸-۴) نمودار تغییرات FEF₂₅₋₇₅ فعالیتی

نتیجه آزمون: باتوجه به سطح معناداری آزمون T وابسته ($t = -۳/۷۰$, $\text{sig} = ۰/۰۰۱$) یون‌های

منفی هوا بر میزان FEF₂₅₋₇₅ فعالیتی افراد فعال تأثیر معناداری دارد. لذا فرض صفر رد می‌شود.

فصل پنجم

بحث و نتیجه‌گیری

۵-۱- مقدمه

در این فصل ابتدا خلاصه‌ای از نحوه اجرای این پژوهش و نتایج آن ارائه می‌شود، سپس این نتایج با یافته‌های سایر مطالعات انجام گرفته، مقایسه شده و نتایج همخوان و ناهمخوان در حد امکان توجیه خواهد شد. در پایان نیز پیشنهادهایی در دو بخش پیشنهادهای برگرفته از پژوهش و پیشنهادهایی که به نظر می‌رسد برای سایر پژوهشگران مفید باشد، ارائه می‌گردد.

۵-۲- خلاصه پژوهش

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر پاسخ‌های تهویه‌ای در دانشجویان فعال بود. بدین منظور و با توجه به معیارهای ورود که شامل انجام حداقل ۱۵۰ دقیقه فعالیت ورزشی در هفته، داشتن فشار خون طبیعی، نداشتن آسیب بدنی در مدت دست کم یک ماه اخیر، عدم استعمال سیگار در مدت دست کم شش ماه اخیر، عدم مصرف مواد نیروزا در مدت یک ماه اخیر، عدم ابتلا به سرماخوردگی و آنفولانزا در مدت دو هفته قبل از اجرای پژوهش، عدم ابتلا به بیماری‌های مزمن یا عفونت‌های ریوی دست کم در مدت سه ماه قبل از آغاز مطالعه بود، ۴۴ نفر از میان افرادی که داوطلب شرکت در این پژوهش بودند به صورت هدفمند انتخاب شدند. از این میان ۴ نفر به دلایل مختلف از جمله آسیب دیدگی، سرماخوردگی و غیره از ادامه همکاری انصراف دادند و در نهایت ۲۰ دختر و ۲۰ پسر با میانگین سنی $(22/70 \pm 0/61)$ سال و میانگین شاخص توده بدن $(21/59 \pm 0/74 \text{ Kg/m}^2)$ در این پژوهش همکاری کردند. روش پژوهش به صورت کنترل شده تصادفی با طرح گروه متقاطع بود لذا افراد به صورت تصادفی در دو شرایط یون و بدون یون که در هر حالت ۲۰ نفر شامل ۱۰ دختر و ۱۰ پسر بودند، قرار گرفتند. پس از سه روز جهت اجرای تست اول به آزمایشگاه فراخوانده شدند و تست بروس را در دو حالت یون و بدون یون اجرا کردند و با فاصله یک هفته (جهت پاکسازی یون) مجدد تست مورد نظر در حالی که شرایط محیطی جابه‌جا شده بود، تکرار شد. در جلسه تمرین با مداخله یون، پیش از قرار گرفتن در اتاق ایزوله و پس از آن و همچنین پس از اجرای تست بروس اسپرومتری انجام شد. در جلسه بدون یون نیز پیش از اجرای تست و پس از آن اسپرومتری انجام شد. همه آزمودنی‌ها به

صورت انفرادی به مدت ۱ ساعت در اتاق ایزوله‌ای که پیش از استقرار افراد به وسیله دستگاه یونیزاسیون با مقدار ۱۰۰۰۰۰ یون در سانتی متر مکعب یونیزه شده بود قرار گرفتند. از آنجا که حالات روحی افراد می‌تواند برخی از پارامترهای این پژوهش را تحت تأثیر قرار دهد، پیش از قرارگیری در اتاق ایزوله، از آزمودنی‌ها خواسته شد پرسش‌نامه‌های حالات خلقی ورزشکاران و اضطراب حالتی اسپیلبرگر را تکمیل کنند و در صورتی که از شرایط روحی مناسب برخوردار بودند در اتاق یونیزاسیون قرار گرفتند و چنانچه نمره پرسشنامه حالت روحی مطلوبی را نشان نداد تست بدون یون اجرا شد (در این پژوهش دو نفر در این شرایط قرار گرفتند). در پایان برخی از شاخص‌های عملکرد ریوی افراد از جمله FEV_1 ، FVC ، $\frac{FEV_1}{FVC}$ ، FEF_{25-75} در دو حالت تمرین با یون و بدون یون، اندازه‌گیری و ثبت شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون شاپیرو-ویلک برای تعیین طبیعی بودن داده‌ها، از آزمون T همبسته جهت تعیین تفاوت بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرها در شاخص‌هایی که از توزیع طبیعی برخوردار بودند و از آزمون ویلکاکسون در پارامترهای غیرنرمال استفاده شد. سطح معناداری برای تمام تحلیل‌های آماری ۰/۰۵ p $\leq$ در نظر گرفته شد.

نتایج تحقیق نشان داد که بین مقادیر شاخص‌های عملکردی ریه که مورد سنجش قرار گرفت، در شرایط دریافت یون و بدون یون، اختلاف معناداری وجود دارد. این اختلاف در دو حالت استراحت و پس از فعالیت و در تمام شاخص‌ها معنادار بود.

۵-۳- بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر یون‌های منفی هوا بر پاسخ‌های تهویه‌ای در دانشجویان فعال بود. طبق یافته‌های پژوهش حاضر، قرارگیری در معرض یون‌های منفی هوا با افزایش معناداری در مقادیر ظرفیت حیاتی سریع جریان بازدمی (FVC)، حجم بازدم پر فشار در ثانیه اول (FEV_1)، نسبت حجم بازدم پر فشار در ثانیه اولیه ظرفیت حیاتی سریع جریان بازدمی ($\frac{FEV_1}{FVC}$) و حداکثر جریان میان بازدمی (FEF_{25-75}) استراحت و فعالیت دانشجویان فعال همراه بود. در حالی که بین مقادیر استراحت و فعالیت

هیچ یک از شاخص‌های ذکر شده پس از یک ساعت قرار گرفتن در معرض یون‌های منفی هوا، اختلاف معناداری مشاهده نشد. با این حال اختلاف کمی در میزان تغییرات پارامترهای استراحت و فعالیت وجود داشت که نشان‌دهنده اثرگذاری نسبتاً بیشتر یون‌های منفی هوا در زمان استراحت در تمام شاخص‌ها به جز FVC بود. این تغییرات به گونه‌ای بود که میزان افزایش FVC استراحتی ۶/۵ درصد و فعالیتی ۷/۷ درصد، FEV₁ استراحتی ۱۱/۷ درصد و فعالیتی ۱۱/۶ درصد، ($\frac{FEV_1}{FVC}$) استراحتی ۸ درصد و فعالیتی ۵/۷ درصد و FEF₂₅₋₇₅ استراحتی ۲۲ درصد و فعالیتی ۲۱ درصد محاسبه شد. ظرفیت حیاتی سریع (FVC) و حجم هوای بازدم اجباری که در طی یک ثانیه (FEV₁) خارج می‌شود، نشانگرهای قوی از عملکرد ریه هستند. FEV₁ بعنوان یکی از مقیاس‌های اصلی عملکرد ریوی نشان‌دهنده توان بازدمی و منعکس کننده قطر مجاری هوایی کوچک و بزرگ می‌باشد (۸۳). نسبت $\frac{FEV_1}{FVC}$ قدرت دستگاه تنفس و همچنین مقاومت جریان هوا را نشان می‌دهد که در افراد بزرگسال به سن و اندازه بدن بستگی دارد. بیشترین این مقدار در کودکان وجود دارد. افزایش این شاخص نشانه کاهش مقاومت راه‌های هوایی و افزایش راندمان تهویه است (۸۴). به نظر می‌رسد هم راستا با بهبود شاخص‌های ظرفیت حیاتی سریع جریان بازدمی و حجم بازدم پرفشار در ثانیه اول، این شاخص نیز رشد کرده و بهبود یافته‌است. همچنین میزان جریان هوا در نیمه میانی بازدم (FEF₂₅₋₇₅) نیز در بیش از ۹۵ درصد موارد از حد مطلوب بالاتر بود که نشان‌دهنده عدم وجود بیماری‌های مجاری کوچک ریه می‌باشد. البته با توجه به اینکه آزمودنی‌ها سالم و غیرسیگاری بودند عدم شیوع بیماری راه‌های هوایی در چنین جامعه‌ای کاملاً قابل انتظار است. علاوه بر این افزایش ترشح هورمون نور اپی نفرین باعث اثر تحریکی قوی بر رسپتورهای بتا و در نتیجه اتساع درخت برونشی می‌شود که می‌تواند یکی از علل احتمالی افزایش FEF₂₅₋₇₅ در این پژوهش باشد (۸۵). نتایج این پژوهش با مطالعات جانجیه ژاو و همکاران (۲۰۱۶)، سیروتا و همکاران (۲۰۰۸)، آستربیل و همکاران (۱۹۷۹)، آلبرت و همکاران و ایم و همکاران (۲۰۱۸) همسو می‌باشد. جانجیه ژاو در سال ۲۰۱۶ اثر درمانی تمرینات هوازی با شدت کم در ترکیب با استنشاق یون‌های منفی اکسیژن هوا در بیماران شغلی با پنوموکونیوزیس پنبه را بررسی کرده بود و بیان کرد که ترکیب یون‌های اکسیژن

بالتر از حد مجاز هوا همراه با تمرین هوازی عملکرد ریوی بیماران را تا حد زیادی بهبود می‌بخشد. آن‌ها نیز افزایش معناداری را در شاخص‌های FVC و FEV₁ مشاهده کردند. در مطالعه سیروتا در سال ۲۰۰۸، با عنوان "اثر یون‌های منفی هوا بر شاخص‌های تنفسی و خون" مشخص شد حتی یک جلسه کوتاه مدت استنشاق یون‌های هوا بر ارگان‌های تنفسی و فاگوسیتوز وابسته به اکسیژن موثر است. در این مطالعه فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان خون، سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) اندازه‌گیری شد. یون‌های منفی، فعال‌سازی سوپراکسید دیسموتاز (SOD) که اقدام اصلی آن‌ها سرکوب رادیکال‌های سوپراکسید است و سبب آسیب اکسیداتیو بافت‌های مختلف می‌شود را تحریک می‌کند (۸۲). آسترایل و همکاران در سال ۱۹۷۹، مطالعه‌ای با عنوان "تأثیر یون‌های کوچک هوا بر راه‌های هوایی در بیماران مبتلا به آسم برونشیت" و با هدف اندازه‌گیری اثرات ریوی یون‌های منفی و مثبت هوا، بر روی ۸ بیمار زن و ۷ بیمار مرد در بازه سنی ۱۶ تا ۴۸ سال که مدت طولانی در بیمارستان بستری شده بودند انجام دادند. در ۹ بیمار میزان بهبودی ریه کم اما معنی‌دار بود. در گروه اول اختلاف معنی‌داری در مقادیر FEV₁ دو گروه یون و بدون یون مشاهده شد اما اختلاف معنی‌داری در میزان درک درجه حرارت ($P=0/2$)، کیفیت هوا ($P=0/3$)، بهبود تنفس ($P=0/7$) مشاهده نشد. در گروه دوم نیز پس از قرار گرفتن در معرض یون، در آستانه هیستامین دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (۷۵). آلبرت و همکاران نیز در مطالعه‌ای با موضوع "اثر یون‌های منفی هوا بر غلظت و متابولیسم ۵-هیدروکسی تریپتامین در دستگاه تنفسی پستانداران" نشان دادند که یون‌های منفی هوا غلظت ۵-هیدروکسی تریپتامین را در نای خرگوش و در مسیرهای هوایی موش‌های زنده کاهش می‌دهد. هرچند شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این مطالعه با شاخص‌های مدنظر پژوهش حاضر متفاوت است اما نتایج آن‌ها نشان داد که یون‌های منفی هوا از طریق کاهش سطوح سروتونین بر راه‌های هوایی اثر گذاشته و باعث بهبود عملکرد ریوی می‌شوند (۷۶). همچنین در مطالعه، ایم در سال ۲۰۱۸ که بعد از ۱۰ و ۳۰ دقیقه پوشیدن لباس‌های تولید یون منفی و انجام فعالیت‌بدنی به بررسی تغییرات بدن از جمله اندازه-گیری FVC پرداخت، نشان داده شد که FVC بعد از ۱۰ و ۳۰ دقیقه فعالیت با لباس‌های آنیون‌دار

به صورت معناداری افزایش یافت و نتیجه گرفت که جریان جاری یون‌ها در سطح بدن انسان نیز می‌تواند جذب قابل توجهی را نسبت به غلظت یون‌هایی که به ریه‌های انسان وارد می‌شوند، داشته باشند. لذا از اثراتی که یون‌های منفی از این طریق بر سیستم تنفس و به‌طور کلی بدن انسان می‌گذارند نیز نباید غافل شد (۸۶).

اما یافته‌های پژوهش حاضر با یافته‌های مطالعه پتر والنر و همکاران (۲۰۱۵) هم‌سو نمی‌باشد. مطالعه والنر و همکاران در سال ۲۰۱۵، تحت عنوان مواجهه کوتاه مدت با یون‌های هوا در محیط‌های داخلی، اثر میزان بالای یون‌های هوا بر عملکرد شناختی، حالات روحی، عملکرد ریوی و عملکرد قلبی عروقی را بررسی کرد. مطالعه بر روی ۲۰ جوان سالم (۱۰ مرد و ۱۰ زن) انجام شد. این مطالعه از نوع تجربی و به صورت دو سوکور متقاطع بود. آزمودنی‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در شرایط دو اتاق مجزا با غلظت‌های یونی ۱۰۳۸ و ۲۱۹۴ یون در هر سانتی‌متر مکعب قرار گرفتند. آن‌ها یون‌های هوای اتاق را توسط یک رنگ دیوار مخصوص تولید کردند و هیچ تأثیری بر شاخص‌های عملکردی ریه مشاهده نکردند. احتمالاً غلظت یون‌ها و روش تولید یون در این پژوهش علت ایجاد چنین نتیجه‌ای بوده است. علاوه بر این براساس ادعای محقق، کنترل عوامل مداخله‌گر از جمله حالات روحی در این مطالعه به خوبی انجام نگرفت (۷۳).

در رابطه با مقایسه تأثیر یون‌های منفی هوا بر مقادیر استراحت و فعالیت شاخص‌های عملکردی تهویه ریوی، مطالعاتی به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن‌ها با یکدیگر و همچنین با نتایج مطالعه حاضر در تناقض است :

ویسنزیوسکی^۱ و ساچانوفزکی^۲ در سال ۲۰۰۸، در مطالعه‌ای تحت عنوان تأثیر یون‌های هوا بر انسان در حالت استراحت و فعالیت، که بر روی ۱۰ دانشجوی مرد رشته تربیت بدنی انجام شد، آزمودنی‌ها را در سه حالت بدون یون، در محیطی با غلظت ۴ میلیون یون و در محیطی با غلظت ۷/۵ میلیون یون

^۱. Wiszniewski

^۲. Suchanowski

قرار دادند. همچنین افراد در سه حالت استراحت قبل از شروع فعالیت، هنگام فعالیت بدنی و پس از آن در هر یک از شرایط محیطی مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج کاهش معناداری را در $\dot{V}O_2$ و $\dot{V}CO_2$ و ضربان قلب نشان داد. نشان داده شد که تغییرات شاخص‌های فوق در شرایط قرارگیری در محیط با غلظت ۷/۵ میلیون یون بیشتر از استراحت در یون و فعالیت در یون با غلظت ۴ میلیون بود. آن‌ها بیان کردند که غلظت‌های کم از یون‌های هوا مانع نفوذ آن‌ها به بدن انسان‌ها می‌شود چرا که در این صورت از لحاظ نظری غیرممکن است که یون‌ها بتوانند به ریه‌های انسان دسترسی پیدا کنند. این فرضیه براساس پایان‌نامه بیلی (۹۷) بیان شد که در پژوهش‌های خود ادعا کرد، در غلظت‌های کم یون‌های هوا، تمام مولکول‌های یونیزه شده در حفره دماغی و حلقی بی‌اثر می‌شوند. وی درصد غلظت یون‌های هوای در بخش‌های خاص سیستم تنفسی را به این صورت گزارش کرد: بینی و گلو (۳۴٪)، نای (۲۵٪)، برونش‌ها (۷٪) و آلوئول‌ها (۰٫۰۴٪). نتایج به‌دست آمده به وضوح نشان داد که قرارگیری در معرض یون‌های هوا با غلظت کافی برای دستگاه تنفسی انسان، تغییرات قابل توجهی را در شاخص‌های فیزیولوژیک خاص ایجاد می‌کند (۸۸).

ریلی و استیونسون^۱ (۱۹۹۳) در مطالعه‌ای با عنوان "بررسی اثرات یون‌های منفی هوا در پاسخ به تمرین زیر بیشینه در ساعات مختلف روز" هشت مرد ۱۹-۲۵ ساله با سابقه فعالیت بدنی (افراد فعال) و بدون هیچ‌گونه بیماری تنفسی را مورد ارزیابی قرار دادند. هدف از این پژوهش اندازه‌گیری اثرات یون‌های منفی هوا بر شاخص‌های فیزیولوژیک و ریتم‌های روزانه در حالت استراحت و در طول ورزش بود. در این مطالعه ۱۷۲،۰۰۰ یون در هرسانتمتر مکعب در محیط اتاق توسط دستگاه‌های یونایزر تولید شده بود. اندازه‌گیری‌ها که شامل درجه حرارت رکتوم، ضربان قلب، اکسیژن مصرفی و تهویه دقیقه‌ای بود، در حالت استراحت و در طول ۴۰ دقیقه ورزش زیربیشینه روی دوچرخه ارگومتر انجام گرفت. درک فشار نیز در طول تمرین ثبت گردید. در مدت آزمون آزمایشگاه دارای دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۳-۴۵ درصد بود. به‌طور کلی یون‌های منفی هوا باعث کاهش در همه

^۱. REILLY and STEVENSON

پارامترهای ذکرشده، در حالت استراحت گردید ولی در شرایط ورزش تنها دمای بدن کاهش یافت. در این مطالعه اشاره شده است مکانیزمی که باعث کاهش پارامترهای ذکرشده گردیده است شامل سطوح سروتونین مغز، دمای بدن و متابولیسم اکسیداتیو می‌باشد. از جمله تفاوت‌های مطالعه ریلی با پژوهش حاضر می‌توان به مدت و شدت تمرین اشاره کرد. میزان یون‌های تولیدی در این پژوهش ۷۰,۰۰۰ یون بیشتر از میزان آن‌ها در پژوهش ما بود که با توجه به مدت طولانی‌تر فعالیت آزمودنی‌های آن‌ها و همچنین باتوجه به نتایج پژوهش ویسزنیوسکی، احتمالاً غلظت کمی برای این مدت از تمرین در نظر گرفته شده بود. همچنین آزمودنی‌ها در این مطالعه برای ۴۰ دقیقه فعالیت بدنی تنها ۳۰ دقیقه پیش از فعالیت در معرض یون‌های منفی هوا قرار داشتند و این زمان در پژوهش حاضر به مدت یک ساعت برای فعالیت کوتاه‌تر اما با شدت بالاتر بود. هر چند نویسندگان این پژوهش اشاره کردند که داده‌های آن‌ها بر متابولیسم کلی، شاخص‌های تنفسی، سرعت ضربان و فشار خون قبل و بعد از یونیزاسیون یک تأثیر متعادل‌سازی (صرف نظر از تضادها) دارد. به عبارت دیگر اگر برای مثال فشار خون بالا بود یون‌ها با کاهش بر آن تأثیر گذاشتند و اگر کم بود باعث افزایش در مقادیر آن شدند (۷۱).

به‌طور کلی بهبودی در شاخص‌های عملکردی ریه می‌تواند تأییدی بر عملکرد یون‌های منفی هوا خارج از بدن انسان از طریق فراهم کردن هوای مطبوع جهت تنفس و کمک به افزایش کارایی سیستم تنفسی باشد. علاوه بر این علارغم این که هنوز مکانیسم اثر یون‌ها به‌طور دقیق مشخص نشده‌است، اما تحقیقات محدودی اثرات بیولوژیک یون‌های منفی اکسیژن بر بدن انسان از جمله سیستم تنفس را بیان کرده‌اند. احتمالاً مکانیسم‌های یون‌های منفی هوا که باعث بهبود وضعیت شاخص‌های تهویه‌ای پس از قرار گرفتن در معرض یون‌ها شده‌است از سه طریق صورت می‌گیرد. یکی از مهمترین تأثیرات یون‌های منفی هوا بر بدن انسان کاهش سطح سروتونین است. تغییرات در سطح سروتونین ممکن است در میان سایر موارد، سیستم تنفسی را با انقباض یا انبساط راه‌های هوایی تحت تأثیر قرار دهد. سروتونین (۵-HT) یک نروهورمون همه‌جانبه است که بر غدد درون‌ریز اثر می‌گذارد و تأثیرات متابولیکی وسیعی در سرتاسر بدن انسان دارد. سروتونین از تریپتوفان سنتز می‌شود که یک اسید آمینه ضروری است. تحقیقات

آزمایشگاهی نشان داده است که سروتونین می تواند به کمک یون های سوپراکسید (یون منفی اکسیژن) به تریپتامین-۵،۴-دیون اکسید شود. اگر چه مکانیسم های پشت زمینه چنین مشاهداتی ناشناخته است اما محققین احتمال می دهند که یون های منفی هوا کاهش میزان سروتونین را به وسیله تسریع اکسیداسیون آنزیماتیک سروتونین از طریق سیستم آنزیم اکسیداز تک آمینی ایجاد می کنند (۸۸). یکی دیگر از مکانیسم های عمل یون های منفی هوا را می توان به گلبول های قرمز خون نسبت داد. یون های منفی هوا باعث بهبود خاصیت شکل پذیری گلبول های قرمز خون می شوند و از این طریق به اکسیژن-رسانی بهتر کمک می کنند. قطر عروق انسان حدود ۶ میکرومتر است در حالی که قطر گلبول های قرمز ۸ میکرومتر می باشد لذا گلبول های قرمز برای عبور از سطح مویرگ ها باید تغییر شکل موقتی را در خود ایجاد کنند. این سلول های خونی کاملاً انعطاف پذیر بوده و این خاصیت به آن ها اجازه می دهد تا خود را با شکل غیر منظم و قطر کوچک مویرگ ها تطابق دهند. یون های منفی هوا از طریق آلوئول های ریه وارد جریان خون شده و الکترون ها را به پروتئین های پلاسما تحویل می دهند. به دلیل این که پروتئین های پلاسما، الکترولیت های دو خصلتی هستند، ممکن است از قبل دارای بار منفی باشند (در صورت اسیدی بودن محیط، گروه آمین اسیدهای آمینه یونیزه شده و به علت وجود بار الکتریکی مثبت به طرف کاتد حرکت می کنند و در محیط های قلیایی عامل کربوکسیل یونیزه شده و ملکول های حامل بار منفی به طرف آنند حرکت می کنند. از طرفی یون های منفی هوا از طریق افزایش PH خون و قلیایی کردن بدن انسان، به شارژ منفی پروتئین های پلاسما کمک می کنند. ترکیب غشای گلبول های قرمز و پروتئین های پلاسما حفاظی را برای گلبول های قرمز خون ایجاد می کند تا مانع تغییر شکل آن ها شود. مهار این پروتئین ها به خاصیت شکل پذیری گلبول های قرمز کمک می کند. از آن جایی که غشای گلبول های قرمز توسط یون های منفی هوا شارژ منفی شده است، ترکیب آن ها با پروتئین های با بار منفی پلاسما کاهش می یابد و از این طریق خاصیت شکل پذیری گلبول های قرمز خون بهبود می یابد (۸۹). سومین مکانیسمی که ممکن است یون های منفی هوا از آن طریق بر سیستم تنفسی انسان اثر بگذارند، تحریک سیستم عصبی می باشد. دو عامل مهم محدود کننده کار دستگاه تنفس، محدودیت در جریان بازدمی و خستگی

دیافراگم است. نشان داده شده است که عضلات تنفسی یکی از عوامل وابسته به دستگاه تنفسی محسوب می‌شوند که نقش مهمی را در فرآیند تنفس بازی می‌کنند، بطوری که خستگی دیافراگم و عضلات تنفسی بر عملکرد ورزشکار در فعالیت‌های ورزشی سنگین تأثیرگذار هستند. همچنین به خستگی دیافراگم بعد از فعالیت‌های ورزشی سنگین و ارتباط مکانیسم سمپاتیکی تنگ کننده عروق و کاهش جریان خون اندام‌ها در طی ورزش‌های طولانی مدت اشاره شده است. رقابت بین عضلات تنفسی و حرکتی همراه با برون‌ده قلبی محدود شدیداً بر عملکرد ورزشی تأثیرگذار است (۹۰). یون‌های منفی باعث مهار فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک و بهبود فعالیت سیستم عصبی پاراسمپاتیک می‌شوند. همچنین نتیجه پژوهش‌ها نشان داده است که تغییرات در سطوح سروتونین خون ناشی از قرارگیری در معرض یون‌های منفی هوا موجب تغییر در اندوکراین و CNS می‌شود که به نوبه خود تغییر در فرآیندهای فیزیولوژیکی پایه را در پی دارد (۹۱).

در مجموع قرارگرفتن در معرض یون‌های منفی هوا چه در شرایط استراحت و چه فعالیت، باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیک بسیاری در بدن انسان به‌ویژه سیستم تنفس می‌شود. نتایج اسپرومتری پس از تنها یک ساعت قرار گرفتن در معرض یون‌های منفی هوا، افزایش معناداری را در مهم‌ترین شاخص‌های عملکرد تهویه ریوی شامل FEV_1 ، FVC ، $\frac{FEV_1}{FVC}$ ، FEF_{25-75} در زمان استراحت و فعالیت نشان داد. علی‌رغم تناقض‌های بسیاری که در پژوهش‌های مختلف در رابطه با این موضوع وجود دارد، نتایج پژوهش حاضر از سودمندی یون‌های منفی هوا بر شاخص‌های عملکردی ریه در زمان استراحت و فعالیت افراد فعال حمایت می‌کند.

۵-۴- نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، یون‌های منفی هوا می‌تواند باعث بهبود عملکرد ریه در افراد فعال شود.

۵-۵- پیشنهادات برگرفته از پژوهش

- ❖ نتایج این پژوهش از اثرات مثبت یون‌های منفی هوا بر شاخص‌های عملکردی ریه و در نتیجه بهبود عملکرد ریوی حمایت می‌کند لذا استفاده از سیستم‌های تصفیه یونی و انجام فعالیت بدنی در هوای یونیزه شده به ورزشکاران پیشنهاد می‌شود.
- ❖ استراحت ورزشکاران در شرایط هوای یونیزه شده صورت گیرد.
- ❖ نتایج پژوهش حاضر می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای انجام تحقیقات بیشتر و برنامه‌ریزی جهت مقابله با اثرات آلودگی هوا در محیط‌های شهری در شهرهای بزرگ و همچنین سالن‌های ورزشی مفید باشد.

۵-۶- پیشنهاداتی برای سایر پژوهشگران

- از آنجایی که پاسخ سیستم تنفسی به فعالیت بدنی در رده‌های سنی مختلف، متفاوت می‌باشد و نتایج این پژوهش مرتبط با رده سنی جوانان است لذا پیشنهاد می‌شود تأثیر یون‌های منفی هوا بر سایر رده‌های سنی نیز بررسی شود.
- به‌علت تفاوت در آناتومی دستگاه تنفس در مردان و زنان، پیشنهاد می‌شود تأثیر یون یکی از مکانیسم‌های اثرگذاری یون‌های منفی هوا بر سیستم تنفسی از طریق تغییر در سطوح سروتونین می‌باشد، لذا پیشنهاد می‌شود تأثیر یون‌های منفی هوا بر سطوح سروتونین بررسی شود.
- یون‌های منفی هوا بر تعداد و خاصیت شکل‌پذیری گلبول‌های قرمز خون اثرگذار است، پیشنهاد می‌شود تأثیر یون‌های منفی هوا بر میزان گلبول‌های قرمز در هنگام فعالیت و استراحت بررسی شود.
- در پژوهش حاضر تنها اثرگذاری حاد یون‌های منفی هوا بر سیستم تنفسی بررسی شده‌است، لذا پیشنهاد می‌شود اثر یون‌های منفی هوا بر ورزش در مدت زمان طولانی نیز بررسی شود.
- در پژوهش حاضر آزمودنی‌ها در هنگام استراحت در معرض یون‌های هوا قرار داشتند و احتمالاً

قرارگیری در معرض یون در هنگام فعالیت نیز تأثیر مثبتی بر عملکرد تنفسی افراد می‌گذارد، لذا پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی تأثیر توأمان یون‌های منفی در استراحت و فعالیت بررسی و مقایسه شود.

منابع و مأخذ

[1]: Jinhan Mo, Yinping Zhang, Jennifer Joaquin Lamson, "Photocatalytic purification of volatile organic compounds in indoor air", Atmospheric Environment, vol.43, pp.2229-2246, January 2009.

[2]: Marilena Kampa, Elias Castanas, "Human health effects of air pollution", Environmental Pollution, vol.151, pp.362-367, June 2008..

[3]: Jonatham Bernstein, Andre Nel, David Diaz-Sanchez, "Health effects of air pollution", Environmental and Occupational Respiratory Disorders, pp.1116-1123, 2004.

[4]: Krueger, A. P., Smith, R. F. and. Go, I. G. The action of air ions on bacteria. Journal of General Physiology. 41: 359-381. 1957.

[5]: Zhang M, Song Y, Cai X. A health-based assessment of particulate air pollution in urban areas of Beijing in 2000–2004. Science of the Total Environment; 376(1): 100-108. 2007

[6]: WHO. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks.2009: 23.

[7]: Wang YQ, Zhang XY, Arimoto R, Cao JJ, Shen ZX. Characteristics of carbonate content and carbon and oxygen isotopic composition of northern China soil and dust aerosol and its application to tracing dust sources. Atmospheric Environment;39(14): 2631-2642. 2005

[8]: Roger D, Griffin A. Principles of air quality management. 2nd ed. CRC Press. 2007.

[9]: Carlisle A, Sharp N. Exercise and outdoor ambient air pollution. Br J Sports Med. Aug;35(4):214-22. 2001

[10]: Florida-James G, Donaldson K, Stone V. Athens: the pollution climate and athletic

performance . J Sports Sci.; 22(10): 967-80; 2004

[11]: Seaton A, MacNee W, Donaldson K, Godden D. Particulate air pollution and acute health effects. Lancet;345(8943):176-8. 1995

[12]: Pierson WE. Impact of air pollution on athletic performance .Allergy Proc ;10(3):209-14.1989

[13]: Rundell KW. Effect of air pollution on athlete health and performance. Br J Sports Med ;20.2012

[15]: Colome SD, Kado NY, Jaques P, Kleinman M. Indoor-outdoor air pollution relations: Particulate matter less than 10 μm in aerodynamic diameter (PM10) in homes of asthmatics. Atmos Environ;26A(11):2173-8. 1992

[16]:Chizhevsky A. L.,“ Deposition of Microorganisms Indoor Air Using Aeroionization in the Electric Field”, Russian medical newspaper, №18, 1934.

[۱۷]: جهانشیر، آرزو. اثر یونیزاسیون مصنوعی هوا در گلخانه و مزارع کشاورزی. اولین همایش ملی الکترونیکی "مباحث نوین در علوم باغبانی". ۱۳۹۲

[18]: Jahanshir, A , Artificial injection of charged particles and reducing concentration of dust and pollution, proceedings of the national conference on air pollution monitoring, effects and controlling actions, Ahwaz, Iran. 2013

[19]: Muns G, Singer P, Wolf F. Impaired nasal muciliary clearance in long-distance runners. Int J Sports Med; 16:209–13. 1995

[20]: -Lippi G, Guidi GC, Maffulli N. Air pollution and sports performance in Beijing. Int J Sports Med ;29(8):696-8. 2008

[21]: Pshezhetsky C.Ya., Dmitriev M. T, “Radiation Physics and Chemical Processes in Air”, Atomizdat Published, Moscow, p.182, 1978.

[22]: Tammet, H. Air Ions. in CRC Handbook of Chemistry and Physics. 77th., FL Part 14. P. 14-32. 1997

۲۳. انصافی عطاءالله، "اثرات یونیزاسیون هوا در سالن‌های مرغداری بر کیفیت هوا و بستر، عملکرد و پاسخ‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان.(۱۳۹۵)

۲۴. رابرت، حیات (1384)، تفسیر آزمون های عملکرد ریوی، مترجمین: سید حسن عادلی و علیرضا شاه حمزه، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی قم، چاپ اول.

۲۵. مداح شکوه، " اثر شش هفته تمرینات پیلاتس بر برخی شاخص های عملکرد ریوی و ترکیب بدن دختران غیر ورزشکار دانشگاه شهید چمران اهواز " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز. (۱۳۹۳)

[26] : Charry, J. M. Biological effects of small air ions: a review of findings and methods Environmental Research. 2: 351-389. 1984

[27]: V.Coaray, M.Rahman, "Efficiencies for production of NOX and O3 by streamer discharges in air at atmospheric pressure", Journal of electrostatics, vol.63, pp.977-983, 2008.

[28]: Chih Cheng Wu, Grace W.M.Lee, "Oxidation of volatile organic compounds by negative air ions", Atmospheric Environment, vol.38, pp.6287-6295, 2004..

۲۹. رهبرسعادت آیهان، "طراحی و ساخت دستگاه تصفیه آلاینده های ناشی از احتراق سوخت های فسیلی در فضاهای بسته" پایان نامه کارشناسی ارشد، پژوهشگاه مواد و انرژی. (۱۳۹۰)

[30]: Krueger, A. P. and Reed, E. J. Biological impact of small air ions. Science 193(4259): 1209-1213.1976.

[31]: Daniels, S. L. a. Applications of air ionization for control of VOCs and PMx. In Proceedings (ed). 94th Annual Conference of Air & Waste Management.. Pittsburgh, Air and Waste Management Association. Paper No 918.2001

[32]: K.S.Jamieson, H.M.ApSimon, S.S.Jamieson, J.N.B.Bell, M.G.Yost, "The effects of electric fields on charged molecules and particles in individual microenvironments", Atmospheric Environment, vol.41, pp.5224-5235, 2007.

[33]: Waldners, S. and Botzenhart, K.. Microorganisms as biological indicators of air pollution. Experienta Supplement. 51: 395-400. 1987

[34]: Chizhevsky A. L., "9TDeposition of9T M9Ticroorganisms9T I9Tndoor Air9T U9Tsing9T A9Teroionization in the Electric Field", Russian medical newspaper, 9T №18, 1934.

[35]: Chizhevsky A. L., "9TGuidance on the Application9T 9Tof Ionized Air9T 9Tin Industry,9T A9Tgriculture and Medicine",

Gosplanizdat Published, Moscow, p. 228, 1959.

[36]: Chih Cheng, Grace W.M.Lee, "Oxidation of volatile organic compounds by negative air ions", Atmospheric Environment, vol.38, pp.6287-6295, (2004).

[37]: Shiue, A., Hu, S. and Tu, M. Particles removal by negative ionic air purifier in cleanroom. Aerosol and Air Quality Research. 11: 179-186. (2011).

[38]: Daniels, S. L. On the qualities of the air as affected by radiant energies (photocatalytic ionization processes for remediation of indoor environments). Journal of Environmental Engineering and Science. 6(3): 329-342.(2007).

[39]: Grinshpun, S. A., Adhikari, A., Lee, B. U., Trunov, M., Mainelis, G., Yermakov, M. and Reponen, T." Indoor air pollution control through ionization. Edición: Brebbia . In: Air Pollution. Southampton, Boston. WIT Press. 689-704.2004.

[40]: Valeria, L. and Sorana, B " The Effect of Negative Air Ionization Exposure on Ontogenetic Development of Chicken". Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies. 7(13): 76–87. 2008.

[41]: Soyka, F. and Edmonds, A. "The Ion Effect: How Air Electricity Rules Your Life and Health". Published by Bantam Books Rumford, Murray Media, North Miami Beach Florida. United States of America. 1991.

[42]: Terman, M. and Terman, J. S. "Controlled trial of naturalistic dawn simulation and negative air ionization for seasonal affective disorder". American Journal of Psychiatry. 163(12): 2126-2133. 2006.

[43]: Rivetz, B., Hornstein, K. and Bogin, E. "The effects of negative air ions on Newcastle disease virus". Journal of veterinary medicine Series B. 28:257-259.2007.

۴۴. گایتون، آرتور (۲۰۰۶) "فیزیولوژی پزشکی". ترجمه: فرخ شادان. جلد اول. چاپ

چهارم (۱۳۸۸). تهران: انتشارات چهر.

۴۵. رابرتز، رابرت آ (۲۰۰۰). "اصول بنیادی فیزیولوژی ورزشی". ترجمه: گایینی، عباسعلی و دبیدی

روشن، ولی الله، جلد اول، چاپ دوم (۱۳۸۴). تهران: سمت.

۴۶. شجاع الدین، صدرالدین (۱۳۴۱). "آناتومی انسان" تهران، نرسی: ۱۳۸۶ ص ۱۶۹.

۴۷. علیجانی، عیدی، (۱۳۸۱)، "فیزیولوژی انسانی" تهران، انتشارات علم و ورزش. چاپ اول .
۴۸. سندگل، حسین (۱۳۷۲). "فیزیولوژی ورزش" جلد اول، تهران، انتشارات کمیته ملی المپیک.
۴۹. ویلمور جک (۱۹۳۸) "فیزیولوژی ورزشی و فعالیت بدنی". ترجمه: معینی، ضیاء وهمکاران، جلد اول (۱۳۷۸). تهران، مبتکران.
۵۰. سندگل، حسین (۱۳۷۱). "فیزیولوژی انسانی" جلد اول، یزد. انتشارات یزد .
۵۱. یادآور واحد، پروین (۱۳۷۶). "بررسی ارتباط بین ویژگی های آنروپومتری و آمادگی جسمانی عمومی بازیکنان تیم ملی فوتبال بانوان"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، دانشکده تربیت بدنی.
۵۲. گایتون، آرتور (۲۰۰۶). "فیزیولوژی پزشکی" ترجمه: فرخ شادان، جلد اول، چاپ چهارم (۱۳۸۸) تهران. انتشارات چهر.
۵۳. افضل پور؛ محمد اسماعیل بنی اسد؛ سمانه، ایل بیگی؛ سعید. "مقایسه تاثیر تمرینات پیلاتس و ایروبیک بر عملکرد تنفسی پویا در دانشجویان دختر دارای اضافه وزن" فیزیولوژی ورزشی، دوره چهارم، شماره پانزدهم.
۵۴. مک آردل ، ویلیام دی: فرانک کچ ، ویکتور کچ "فیزیولوژی ورزشی انرژی تغذیه" ترجمه : اصغر خالدان، انتشارات سمت، چاپ هفتم (۱۳۸۷).
۵۵. رودس رادنی؛ فلانزر، ریچارد "فیزیولوژی بدن انسان" ترجمه: حمیده علمی غروی، حسین دانشفر، تهران، انتشارات مدرسه، جلد دوم ۱۳۷۶-۱۳۷۹ .
۵۶. رابگزر، رابرت؛ رابرتس، اسکات آ (۱۹۵۸) "اصول بنیادی فیزیولوژی ورزشی". ترجمه: گائینی، عباسعلی. دبیدی روشن، ولی الله. جلد اول ، چاپ چهارم (۱۳۸۴). تهران، سمت.
۵۷. گنجی هرسینی، امیر (۱۳۸۹). "مقایسه اثر یک تمرین هوازی با شدت بالا و پایین بر برخی از شاخص های عملکردی ریوی و میزان شیوع برونکواسپاسم پسران غیر ورزشکار دانشگاه شهید چمران

اهواز"، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۵۸. فاکس، ماتیوس (۱۹۸۱). " فیزیولوژی ورزشی ۲". ترجمه: خالدان ، اصغر. انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم، چاپ ششم (۱۳۸۴).

۵۹. لامعلی رامندی ، سهیلا. (۱۳۹۵) " تاثیر هشت هفته تمرین پیلاتس و یوگا بر شاخص های تبادل گاز تنفسی زنان جوان فعال در لحظه آستانه بی هوازی " پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه الزهرا.

۶۰. پاورز اسکات - ک، هاوولی ادوارد - ت "نظریه و کاربرد فیزیولوژی ورزشی" (جلد اول)، مترجم : ترتیبیان ، بختیار، انتشارات دانشگاه ارومیه (۱۳۷۷).

۶۱. رابرتز، رابرت؛ رابرتس، اسکات "مبانی فیزیولوژی ورزش برای آمادگی، اجرا و سلامتی". ترجمه: ابراهیم خسرو، کوزه چیان. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی تهران. ۱۳۸۵.

۶۲. لوتیزیکی ، میخائیل جی ، "فیزیولوژی ریه" ترجمه: گلشن محمد (۱۳۷۴). انتشارات کنکاش ، تهران .

۶۳. هال ، تئودور. (۱۳۸۷) " فیزیولوژی ورزش ویژه دانشجویان کارشناسی ارشد ودکتر" ترجمه : رحمانی نیا فرهاد. انتشارات دانشگاه گیلان ، رشت ، محسن ، محمد و ابراهیمی ، فرهاد؛ عزیزی .

[64]: Satoko S ,Shinya Y. Effects of negative air ions on activity of neural substrates involved in autonomic regulation in rats. Int J Biometeorol (2008) 52:481–489.

[65]: S. P. Grigor'ev, Doctoral Dissertation in Medical Sciences (Russian Sate Medical University, Moscow, 2004).

[66]: S. P. Grigor'ev and O. V. Aleksandrov, Ross. Med. Zh., No. 2, 14 (2003).

[67]: Wiszniewski1 A , Suchanowski A. Effects of Air-Ions on Human Circulatory Indicators. Faculty Department of Medical Informatics and Biostatistics, Medical University of Gdańsk, 2014؛ 23(2):521-531.

[68] : Ming M, Qing-Hua S. Treatment effect of the method of Tai Chi exercise in

combination with inhalation of air negative oxygen ions on hyperlipidemia. The Center of Physical Health ,2014;7(8):2309-2313.

[69]: . Krueger A, Smith R. (1960) The biological mechanisms of air ion action II, negative ion effects on the concentration and metabolism of 5-hydroxytryptamine in the mammalian respiratory tract. J. Gen. Physiol, 44,269–276.

[70]: O. Inbar, A. Rotstein. The Effects of Negative Air Ions on Various Physiological Functions During Work in a Hot Environment. Int. J. Biometeor. 1982, vol. 26, number 2, pp. 153-163.

[71]: REILLY T . STEVENSON. C . AN INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF NEGATIVE

AIR IONS ON RESPONSES TO SUBMAXIMAE EXERCISE AT DIFFERENT TIMES OF DAY. Centre for Sport and Exercise Sciences, School of Human Sciencesv.22:9-1.1993

[72]: Junjie Z, Long Zh. Curative effect of low load aerobic exercise in combination with inhalation of air negative oxygen ion on occupational patient with cotton pneumoconiosis. Int J Clin Exp Med 2016;9(10):20085-20089.

[73]: Peter W, Michael K. Exposure to Air Ions in Indoor Environments: Experimental Study with Healthy Adults. International Journal of Environmental Research and Public Health. (2015), 12, 14301-14311.

[74]: Sirota .T , Safronova.V. The Effect of Negative Air Ions on the Respiratory Organs and Blood. Institute of Human Morphology. (2008): 53(5). 457–462.

[75]: Osterballe O, Weeke B, Albrechtsen O: Influence of small atmospheric ions on the airways in patients with bronchial asthma. Allergy 1979,34:187–194

[76]: ALBERT P. KRUEGER and RICHARD F. SMITH

[77]: Shu-Ye J, Ali M. Negative Air Ions and Their Effects on Human Health and Air Quality Improvemen. Internationai journal of molecular Science. (2018), 19, 2966.

[78]: Nimmerichter A, Holdhaus J. Effects of negative air ions on oxygen uptake kinetics, recovery and performance in exercise: a randomized, double-blinded study . BKW Laboratory Medicine, Davidgasse 87-89, A-1100.(2008).

[79]: Hirsikko A, Nieminen T. Atmospheric ions and nucleation: a review of observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 11, 767–798, 2011.

۸۰. بشیری موسوی ، فاطمه.(۱۳۹۴). سطح فعالیت بدنی دانش آموزان دختر شهرستان طارم و برخی عوامل موثر بر آن. ۳(۲):۱۳۳-۱۴۰.

۸۱. فرخی، احمد. متشرعی، ابراهیم.(۱۳۹۲). تعیین روایی عاملی و پایایی نسخه فارسی پرسشنامه حالات خلقی برومز ۳۲ سوالی. پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری. شماره ۱۳. صص ۱۵-۴۰.

[82]: Jaqueline F. Trait anxiety and goal difficulty on learning to climb the bachman ladder. *Perceptual&motor skill*.(2014):118.2.1-9.

[83] :Azad A, Gharakhanlou R., Niknam A., Ghanbari A. 2011. Effects of Aerobic Exercise on Lung Function in Overweight and Obese Students. *Tanaffos*; 10(3), 24-31.

[84]: Pitta F, Brunetto AF, padovani CR, Godoy I. Effects of Isolated cycle ergometer training on patients with moderate-to- sever chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration*. 2004; 71: 47783

[85]: Vassallo R, Lipsky JJ. Theophylline: Recent Advances in the Understanding of Its Mode of Action and Uses in Clinical Practice. *Mayo Clin Proc* 1998;73(4):346-354.

[86]: Im J. The Effects of the Anion Clothes on Human Body Change in Young Adults. Department of Physical Therapy.(2018)

[87]: MARTINAC I. On the biological effects of small air ions and the use of ionizers in occupied indoor environments, A4 Serien nr 141, Kungl. Tekniska Högskolan, Falu Bokproduktion, Falun, 1993

[88]: Wiszniewski1 .A , Suchanowski A. Influence of Air-Ions on People Subjected to Physical Effort and at Rest. *Polish J. of Environ. Stud*. Vol. 17, No. 5 (2008), 801-810.

[89]: Iwama H. Negative air ions created by water shearing improve erythrocyte deformability and aerobic metabolism. *Indoor Air*.(2004). 14:293-297.

[90]: Guenette, J. A., Sheel, A. W. (2007). Physiological consequences of a high work of

breathing during heavy exercise in humans. J Sci Med Sport. Dec;10(6):341-50

[91]: Satoko S & Shinya Y. Effects of negative air ions on activity of neural substrates involved in autonomic regulation in rats. Int J Biometeorol (2008) 52:481–489.

پیوست شماره ۱

(فرم ثبت اطلاعات فردی)

نام: نام خانودگی:
شماره دانشجویی: رشته تحصیلی:
سن: وزن: قد:
محل سکونت:
شماره تلفن همراه:

- آیا سابقه فعالیت ورزشی به شکل حرفه ایداشته و یا دارید؟ بلی ☐ خیر ☐

توضیحات.....

آیا سابقه مشکلات تنفسی مانند آسم، آمفیزم، تنگی نفس حاد ورزشی و دیگر موارد را دارید؟ -

خیر ☐ - بلی ☐

توضیحات.....

- آیا به هر گونه مواد مخدر اعتیاد دارید؟ بلی ☐ خیر ☐

توضیحات.....

- آیا رژیم و یا برنامه غذایی خاصی را دنبال می کنید؟ بلی ☐ خیر ☐

توضیحات.....

- آیا با میل و رضایت قلبی در این طرح شرکت می کنید؟ بلی ☐ خیر ☐

اینجانب به شماره دانشجویی صحت پاسخ به موارد ذکر شده را تایید -نمایم

می

.

پرسش نامه فعالیت بدنی بک

[illegible]

پیوست شماره ۳۰

پرسش نامه اضطراب حالتی اسپیلبرگر

ردیف	عبارات	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱	احساس آرامش می کنم.					
۲	احساس می کنم سر حال هستم.					
۳	احساس می کنم هول شده ام.					
۴	احساس راحتی می کنم.					
۵	احساس می کنم عصبی هستم.					
۶	نگران هستم.					
۷	احساس می کنم خشنود هستم.					

پرسشنامه اضطراب حالت اسپیلبرگر نسخه ۷ آیتمی

پیوست شماره ۴

پرسش‌نامه حالات خلقی ورزشکاران

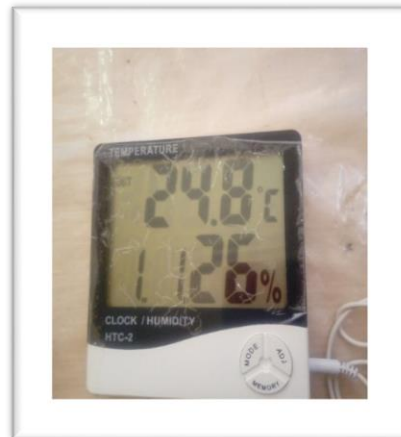
ورزشکار گرامی پرسشنامه‌ای که در اختیار شماست برای ارزیابی حالات خلقی ورزشکاران طراحی شده است. لطفاً با مطالعه موارد ۳۲ گانه زیر مشخص کنید که هم اکنون چه میزانی از هر احساس را دارا می‌باشید. پاسخ‌های خود را با یک مقیاس ۵ نمره‌ای بیان کنید به این ترتیب که:

۰ = اصلاً چنین احساسی ندارم ۱ = احساس کمی دارم ۲ = تقریباً چنین احساس دارم
 ۳ = احساسی زیادی می‌کنم ۴ = کاملاً چنین احساسی دارم

شدت	اصلاً	کمی	تقریباً	زیاد	کاملاً (خیلی زیاد)
حالات خلقی					
۱- هراسناک					
۲- سرزنده و با نشاط					
۳- در ابهام					
۴- زموار دررفته (فرسوده)					
۵- شاد					
۶- اسوده					
۷- افسرده					
۸- دلشکسته					
۹- آزرده					
۱۰- از پا درآمده					
۱۱- خوش رو و بشاش					
۱۲- پراسایش					
۱۳- سردرگم					
۱۴- خواب‌آلود و کسل					
۱۵- زخم زبان زن					
۱۶- ناشاد					
۱۷- مضطرب					
۱۸- پریشان و نگران					
۱۹- پر انرژی					
۲۰- بدبخت					
۲۱- خوشنود					
۲۲- راحت و آرمیده					
۲۳- گنج					
۲۴- حصیی					
۲۵- خشمناک					
۲۶- فعال					
۲۷- آرام					
۲۸- خسته					
۲۹- بدخلق					
۳۰- موشیار					
۳۱- راضی و غانع					
۳۲- نامطمئن					

پیوست شماره ۵

تصاویر مرتبط با اجرای پژوهش





Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of negative air ions on pulmonary ventilation responses in active students. This research is a double-blind cross-sectional design study. The statistical sample of this study was girls and boys with average age (22.67 ± 0.61 years) and mean body mass index (21.59 ± 0.84 kg / m²). In order to implement the split plot, the subjects were randomly divided into two groups of ion and without ions, each of which consisted of 20 people including 10 girls and 10 boys. The subjects performed the Bruce test in two groups of ion and without ion, and again with a one-week interval (to clear the ion), the test again was repeated, while the environmental conditions of the two groups were reversed. In the intervention group, ion intervention was performed before and after the isolation room and after the Bruce spirometry test. In the non-ion group, spirometry was performed before and after the test. T-test was used for the indices that had normal distribution and non-parametric Wilcoxon test was used for non-parametric tests to assess the difference between groups.

Conclusion: According to the results of this study, exposure to negative air ions improves the functional parameters of the lung

Keywords: Negative ions, ionization, FVC, FEV1, FEV1 / FVC, FEF25-75, Ventilation Indicators



Faculty of Physical Education
M.A.Thesis in Physical Activity and Health

**The Effect of negative air ions on pulmonary ventilation responses in
active students**

By: Samane Khaksari

Supervisor:

Dr. Ali. Yunesian

Advisor:

Dr. Farhad. Gholami

January – 2019