حرکت _ زمستان ۱۳۸۶
شمارة ۳۴ـ ص ص : ۲۰- ۵
تاریخ دریافت : ۱۹ / ۱۰ / ۸۵
تاریخ تصویب : ۱۲ / ۱۲ / ۸۵

تعيين آستانة بي‌هوازي از راه كنترل شاخص درصد SPO2 و تغييرات پارامترهاي گازي در مردان فعال

رضا قراخانلو[۱] _ روح ا... نيكويي _ مرتضي بهرامي نژاد _ علي خازني

استاديار دانشگاه تربيت مدرس _ دانشجوي دوره دكتراي تربيت معلم _ پزشک عمومی مرکز سنجش آكادمي ملي المپيك _ كارشناس ارشد دانشگاه تربيت مدرس

چكيده

هدف از پژوهش حاضر، تعيين آستانة بي‌هوازي به وسيلة كنترل تغييرات شاخص درصد SPO_2 (درصد اشباع هموگلوبين از اكسيژن) و مقايسة سه روش متداول در برآورد آستانه بي‌هوازي به وسيلة پارامترهاي گازي بود. ۱۵ مرد فعال، داوطلبانه در اين تحقيق شركت كردند و در سه جلسة مجزا با حداقل فاصلة زماني ۴۸ ساعت سه آزمون فزاينده را انجام دادند. آستانة بي‌هوازي در آزمون تجزيه و تحليل گازهاي تنفسي با روش‌هاي درصد SPO_2، كنترل معادل تهويه‌اي اكسيژن، **RER** و **V-Slope** و در آزمون مرجع براساس تجمع لاكتات خون تعيين شد. در خلال انجام آزمون‌ها، گازهاي تنفسي به طور نفس به نفس، ضربان قلب هر پنج ثانيه يك بار به طور دستي، مقدار لاكتات خون هر سه دقيقه يك بار و درصد SPO_2 هر ده ثانيه يك بار اندازه‌گيري شد. همبستگي بين متغيرهاي معادل با آستانة (ضربان قلب و سرعت دويدن) برآورد شده به وسيلة روش‌هاي SPO_2%، كنترل معادل تهويه‌اي اكسيژن، **RER** و **V-Slope** با آزمون مرجع به وسيلة ضريب همبستگي پيرسون محاسبه و براي تعيين توانايي پيش‌بيني از آناليز رگرسيون استفاده شد. تعيين اختلاف بين متغيرها نيز به وسيلة آزمون **t** زوجي انجام گرفت. همبستگي معني‌دار بين آستانة **RER** و آستانه لاكتات (**P**< ۰/۱ ، **R** = ۰/۷۸۴)، آستانة VE/Vo_2 و آستانة لاكتات (**P**<۰/۱، **R** = ۰/۷۳۱)، آستانة **V-slope** و آستانة لاكتات (**P**<۰/۰۵ و **R** = ۰/۵۹)، آستانة SPO_2% و آستانة لاكتات (**P**< ۰/۵، **R** = ۶۱)، به دست آمد. بررسي ها نشان داد كه مي‌توان از تغييرات شاخص SPO_2% براي تعيين آستانة بي‌هوازي استفاده كرد. همچنين برآورد آستانة بي‌هوازي براساس نسبت تبادل تنفسي بيشترين همسبتگي با برآورد آستانه براساس لاكتات خون را دارد . در اين پژوهش بهترين روش در برآورد آستانة بي‌هوازي استفاده از پارامترهاي گازي است.

واژه‌هاي كليدي

آستانة تنفسي، آستانة لاكتات، درصد SPO_2.

۱- نويسندة مسئول : تلفن : ۲-۸۸۷۷۹۰۳۱- ۰۲۱-۹۸+ **Email : ghara_re@modares.ac.ir**

مقدمه

آستانه بي‌هوازي كه به عنوان افزايش ناگهاني در مقدار لاكتات خون، يا افـزايش در نـسبت لاكتات به پيروات تعريف مي‌شود، به‌طور وسيعي در طراحي و تدوين برنامه‌هاي استقامتي به كار برده مي‌شود (٢٠). اين شاخص همچنين به عنوان وسيله‌اي براي پيش‌بيني عملكرد ورزشكاران استقامتي مورد استفاده قرار مي‌گيرد (٥). روش‌هاي متعددي اعـم از تهـاجمي و غيرتهـاجمي براي برآورد آستانة بي‌هوازي مورد استفاده قرار گرفته است، اما توافق همگـاني دربـارة اينكـه كدام يك از اين روش‌ها بهتر است، وجود ندارد. دقيق‌ترين روش‌ها در تعيين آستانة بي‌هـوازي، روش‌هاي تهاجمي است كه مستلزم گرفتن نمونه‌هاي خوني متعدد در خـلال آزمـون فزاينـدة استاندارد و تعيين مقدار لاكتات خون است كه مقدار دقيق آنهـا نيازمنـد امكانـات پيـشرفتة آزمايشگاهي و كاري پيچيده و هزينه‌بر است. در ايـن زمينـه از روش‌هـايي از قبيـل افـزايش ناگهاني و يا غيرخطي در غلظت لاكتات خون[1](١٨)، رسيدن غلظت لاكتـات خـون بـه مقـداري مشخص[2] (٢/٥، ٣ و ٤ ميلي‌مول در ليتر) (٢)، تعيين آستانة لاكتات فـردي[3] براسـاس افـزايش لاكتات خون به مقدار ١/٥ ميلي مول بيشتر از حالت پايه (١٥) استفاده شده است.

از طرف ديگر، روش‌هاي غيرتهاجمي بـر ارتبـاط بـين ضـربان قلـب – بـار كـار و تعيـين نقطة‌شكست ضربان قلب (٦ و ٧) يا تغيير در پارامترهاي گازي و تعيين آستانة تنفـسي[4] (١، ١٤، ١٨ و ٢٠) استوارند. در برآورد آستانة بي‌هوازي به وسيلة پارامترهاي گازي، روش‌هـاي مختلفـي پيشنهاد شده است. در روش نسبت تبادل تنفسي[5] كه در آن از نسبت VCO_2 بـه VO_2 بـراى تعيين آستانه بى هوازى استفاده مى شود, آستانة بى هوازى به عنـوان افـزايش RER بـالاتر از يک واحد مشخص كه به طور معمول يک است, تعريف مى شود(١٩). روش ديگر, روش V-slope تعريف مى شود (٢٠). همچنين از روش كنترل معادل تهويه‌اي اكسيژن[6] نيز در بـرآورد آسـتانة بي‌هوازي استفاده مي‌شود. در اين روش آستانة بي هوازي به عنوان افزايش ناگهـاني در نمـودار

1- Lactate turn point
2- Fixed blood lactate accumulation
3- Individual anaerobic threshold
4- Ventilatory threshold
5- Respiratory exchange ratio
6- Ve/vo_2

مربوط به معادل تهويه‌اي اکسيژن، بدون اينکه با افزايش در معادل تهويه‌اي دي اکـسيد کـربن[1] همراه باشد، تعريف مي‌شود(۱۴). از طرف ديگر بعضي از محققان به تعيين آستانة بـي‌هـوازي از راه کنترل شاخص‌هاي خوني از قبيل $PaCO_2$ همت گمارده‌اند (۳).

در تحقيقات متعددي از اين روش‌ها براي تعيين آستانه اسـتفاده شـده اسـت. گيرسـولبرگ و همکاران در تحقيق خود، روش نسبت تبادل تنفسي را به عنوان بهتـرين روش تعيـين آسـتانه معرفي کردند (۱۴)، در حالي که اوزليك و همکاران روش معادل تهويه‌اي را به عنـوان بهتـرين روش پيشنهاد کردند(۲۰). همچنين بروئر و همکاران در تحقيق خود، تعيين آستانة بي‌هوازي را از راه کنترل شاخص $PaCO_2$ مورد آزمون قرار دادند و نتيجه گرفتند که نمـي‌تـوان از ايـن راه آستانة بي‌هوازي را تعيين کرد (۳). نظر به اهميت بسيار زياد آستانة بي‌هوازي و کـاربرد وسـيع آستانة تنفسي در آکادمي ملي المپيك در طراحي تمرين‌هـاي اسـتقامتي ورزشـکاران ملـي و باشگاهي، تحقيق حاضر به اجرا درآمد.

هدف اول از اين تحقيق، آزمون فرضيه بود که آيا مي‌توان از راه کنترل شاخص درصد SOP_2 آستانة بي‌هوازي را برآورد کرد. هدف دوم تعيين اعتبار و مقايسة سه روش متـداول در بـرآورد آستانة بي‌هوازي به وسيلة پارامترهاي گازي بود و اينکه کـدام يـك از ايـن روش‌هـا از دقـت بيشتري در برآورد آستانه بي‌هوازي برخوردارند. هدف سوم بررسي اين موضـوع بـود کـه آيـا مي‌توان از ضربان قلب معادل با آستانة برآورد شده به وسيلة اين روش‌ها براي بـرآورد ضـربان قلب آستانة لاکتات استفاده کرد يا خير.

روش تحقيق

آزمودني‌ها

۱۵ مرد فعال تندرست که دست کم سابقة۴ سال تمرين مداوم را داشتند براي شرکت در اين تحقيق داوطلب شدند. آزمودني‌ها از انجام فعاليت جسماني شديد، ۲۴ ساعت قبل از آزمون‌هـا منع شدند. هر آزمودني در سه جلسة مجزا با حداقل ۴۸ سـاعت فاصـلة زمـاني، سـه آزمـون فزاينده را انجام داد. شاخص‌هاي آنتروپومتريك و ترکيب بدني آزمودني‌ها به وسـيلة دسـتگاه

1- ve/vco_2

body composition analyzer (inbody 3.0, biospace Co. Ltd) ساخت كشور كره اندازه‌گيري شد (جدول ۱). همچنين ضربان قلب و لاكتات استراحت در ابتداي هر آزمون اندازه‌گيري شد.

در اين تحقيق براي تعيين VO2max آزمودني‌ها از دستگاه gas analyzer (k4b2) ساخت ايتاليا استفاده شد. كاليبره كردن دستگاه با استفاده از سيلندرهاي سه ليتري محتوي گاز رفرنس براي هر آزمودني انجام گرفت. سپس آزمودني با امكانات لازم براي اجراي اين آزمون و همچنين ضربان‌سنج پلار براي اندازه‌گيري ضربان قلب در خلال آزمون آماده شد. گرم كردن به مدت سه دقيقه با سرعت چهار كيلومتر بر ساعت روي تردميل انجام شد. آزمون با سرعت شش كيلومتر بر ساعت آغاز شد و بعد از گذشت هر يك دقيقه ۱ كيلومتر بر ساعت بر سرعت تردميل افزوده شد (۱۴). آزمودني‌ها در خلال انجام آزمون از طريق ماسك دوطرفه با مقاومت اندك و فضاي مردة ۴۰ ميلي ليتر تنفس مي‌كردند و گازهاي تنفسي در تمامي طول آزمون نفس به نفس جمع آوري مي‌شد. اين عمل تا وقوع VO2max ادامه يافت. در حالي كه آزمودني به طور شفاهي تشويق مي‌شد تا آزمون را تا جايي كه امكان دارد ادامه دهد. وقوع VO2max در اين تحقيق براساس دستيابي به دو مورد از سه شاخص زير تعريف شد:

۱. حالت فلات در VO2 با وجود افزايش در سرعت دويدن

۲. نسبت تبادل تنفسي بيشتر از ۱/۱

۳. رسيدن ضربان قلب به ضربان قلب بيشينة پيش بيني شده براساس سن (۱۷)

آزمون تجزيه و تحليل گازهاي تنفسي

ابتدا دستگاه كاليبره شد. سپس آزمودني با امكانات لازم براي اجراي اين آزمون و همچنين ضربان‌سنج پلار براي اندازه‌گيري ضربان قلب در خلال آزمون آماده شد. در مرحلة بعد، از آزمودني خواسته شد كه به مدت پنج دقيقه با سرعت شش كيلومتر بر ساعت مرحلة گرم كردن را روي تردميل انجام دهد. سپس آزمون با شصت درصد VO_2max آزمودني آغاز شد. بعد از گذشت هر دقيقه، ۰/۸ كيلومتر بر ساعت بر سرعت تردميل افزوده شد. آزمودني‌ها در خلال اجراي آزمون از طريق ماسك تنفس مي‌كردند و گازهاي تنفسي در تمامي طول آزمون به روشي كه در بالا اشاره شد نفس به نفس جمع‌آوري مي‌شد. اين عمل تا وقوع VO2max ادامه يافت (۱۷).

اندازه‌گيري درصد SPO_2 : ميزان SPO2 بـه وسـيلةدسـتگاه pluse oximeter(Ohmad, 1523) ساخت فنلاند در خلال آزمون تجزيه و تحليل گازهاي تنفسي به طور مداوم هر ده ثانيه يك بار از نوك انگشت آزمودني ثبت شد. به اين صورت كه ابتدا نوك انگشت كاملاً تميـز و سـپس بـا الكل ضدعفوني مي‌شد. سپس از آزمودني خواسته مي‌شد كه انگشت خود را در محفظـة تعبيـه شده در دستگاه قرار دهد. داده‌هاي ارائه شده به وسيلة دستگاه با دقت كامل بـازنگري و ثبـت شد تا از ثبت مقادير نامربوط جلوگيري كند. از ثبت داده‌ها در مواقعي كه ارسال سيگنال توسط دستگاه دچار اشكال مي‌شد، صرف نظر شد. باتوجه به اين شرايط، ثبت داده‌هاي مربوط به پـنج آزمودني دچار اشكال شد كه از تجزيه و تحليل آماري كنار گذاشته شدند.

تعيين آستانة بي‌هوازي

۱. روش كنترل معادل تهويه‌اي اكسيژن

در اين روش آستانة بي‌هوازي به وسيلة افزايش ناگهاني در نمودار مربوط به معادل تهويـه‌اي اكسيژن بدون اينكه با افزايش در نمودار مربوط به معادل تهويه‌اي دي اكسيد كربن همراه باشد، برآورد شد (۲۰). تعيين اين نقطه بر روي نمودار معـادل تهويـه‌اي اكـسيژن بـه وسـيلة $K4b_2$ Softwater analyzer انجام گرفت. بعد از اين تعيين اين نقطه اكسيژن مصرفي، ضـربان قلـب و سرعت دويدن معادل با آن مشخص شد و به عنوان متغيرهاي معادل با آستانة بي‌هوازي در نظر گرفته شد (شكل ۱a).

۲. روش **V-Slope**:

در اين روش نمودار مربوط به VCO_2 و VO_2 ترسيم مي‌شود به طـوري كـه VCO_2 بـر روي محور yها و VO_2 بر روي محور xها قرار مي‌گيرد. اين نمودار شامل دو بخش اسـت: بخـش اول آن، كه ارتباط بين دو متغير خطي است و بخش دوم، كه ارتباط از حالت خطي خارج مي‌شود. بر روي هر يك از بخش‌ها به طور جداگانه خط رگرسيون درجة ۱ ترسيم شده و نقطة تلاقي اين دو خط به عنوان آستانة بي‌هوازي در نظر گرفته مي‌شود (۲۰) (شكل ۱b).

۳. روش RER

آستانة بي‌هوازي در اين روش به عنوان نقطه‌اي كه در آن نسبت تبادل تنفـسي از ۱ بيـشتر مي‌شود و بعد از آن به سطوح پايين بازگشت نمي‌كند، تعريف شـد. بعـد از تعيـين ايـن نقطـه اكسيژن مصرفي، ضربان قلب و سرعت دويدن معـادل بـا آن مـشخص مـي‌شـد و بـه عنـوان

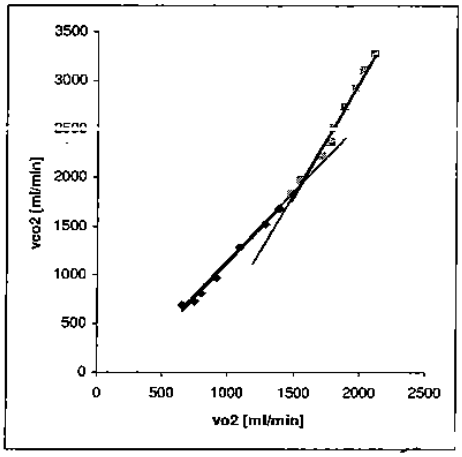
متغيرهاي معادل با آستانة بي‌هوازي در نظر گرفته شد (۱۴). همچنين در خلال اجـراي آزمـون تجزيه و تحليل گازهاي تنفسي، زماني كه نسبت تبادل تنفسي از ۱ فراتر مي‌رفت، نمونة خـوني گرفته و ميزان لاكتات خون تعيين شد و به عنوان مقدار لاكتات آستانه در نظر گرفته شد تا بـا مقدار لاكتات خون معادل با آستانة لاكتات در آزمون مرجع مقايسه شود (شكل ۱c).

۴. روش SPO_2٪

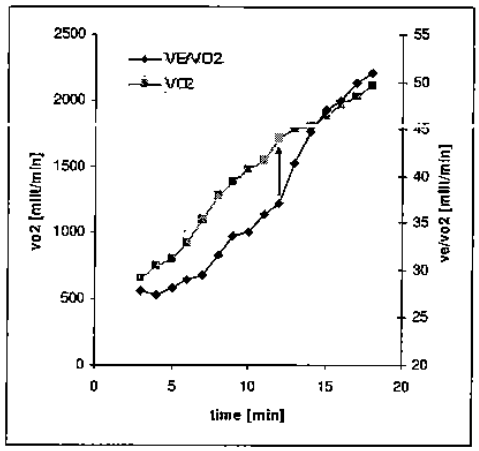
نمودار درصد SPO_2 – سرعت دويدن ترسيم و آستانة بي‌هوازي به عنوان نقطه‌اي كه در آن نمودار دچار كاهش ناگهاني مي‌شد، تعريف شد. باتوجه به اين تعريف، تعيين اين نقطه به وسيلة نرم‌افزار matlab 6 انجام گرفت. در اين روش بر روي داده‌ها منحني درجة ۳ ترسيم شد و جايي كه مشتق دوم منحني از صفر رد مي‌شد به عنوان كاهش ناگهاني در نمودار در نظر گرفتـه شـد (شكل ۱d) (۱۲).

آزمون مرجع:بعد از يك مرحله گرم كردن به مدت پنج دقيقه با سـرعت شـش كيلـومتربر ساعت، آزمون با سرعت معادل ۶۰ درصد VO_2max آزمودني آغاز شد[۱]. سپس هر سـه دقيقـه يك بار ۰/۸ كيلومتر بر سراعت بر سرعت تردميل افزوده شد. اين عمل تا سـر حـد وامانـدگي ادامه يافت. در ۳۰ ثانية انتهايي از هر مرحلة سه دقيقه‌اي، نمونة خوني از نوك انگـشت دسـت (در هر مرحله يك انگشت) به وسيلة lancet 2000, pistol 2000 گرفته شـد و مقـدار لاكتـات خون به وسـيلة دسـتگاه analyzer (lactate scout, senslab GmbH leipzig) سـاخت آلمـان، تعيين و ضربان قلب هم‌زمان با عمل اندازه‌گيري لاكتات در هر مرحله ثبت شـد. بـراي آسـتانة لاكتات نمودار غلظت لاكتات _ سرعت دويدن ترسيم شد و نقطـه‌اي كـه در آن نمـودار دچـار افزايش ناگهاني مي‌شد، به عنوان آستانة لاكتات در نظر گرفته شد (شكل ۱e). در خلال آزمـون گازهاي تنفسي به طور مداوم جمع‌آوري شد.

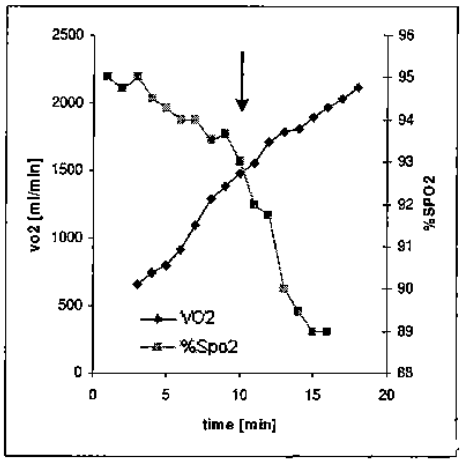
۱ــ برای تعیین این مقدار ابتدا **VO_2max** آزمودنی در آزمون تجزیه وتحلیل گازهای تنفسی مشخص شده و ۹۰ درصد این مقدار محاسبه و سپس از روی داده های مربوط به آزمون تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی این مقدار در داده های ثبت شده مربوط به **VO_2max** مشخص شد . سرعت معادل با این مقدار در آزمون تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی به عنوان سرعت شروع در آزمون لاکتات استفاده شد.



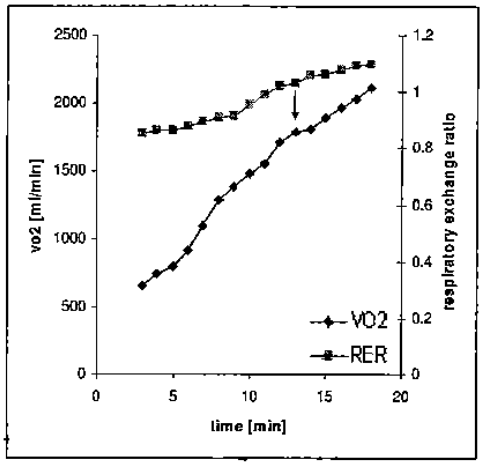
شکل **b**۱: تعيين آستانة بي‌هوازي به روش **V-slope** در يکي آزمودني‌هاي تحقيق



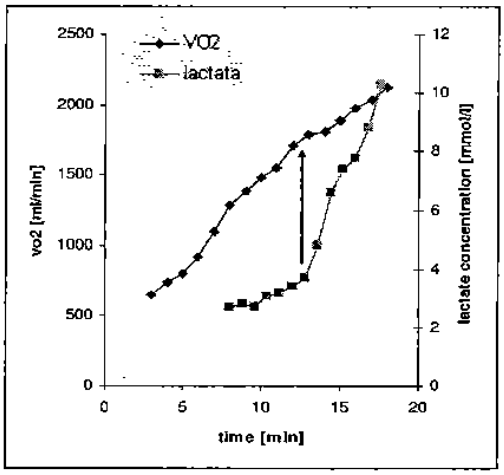
شکل **a**۱: تعيين آستانة بي‌هـوازي بـه روش کنتـرل معـادل از تهويه‌اي اکسيژن در يکي از آزمودني‌هاي تحقيق



شکل **d**۱: تعيين آستانة بي‌هوازي به روش درصد SPO_2 در آزمودني‌هاي تحقيق



شکل **c**۱: تعيين آستانة بـي‌هـوازي بـه روش **RER** در يکـي از يکي از آزمودني‌هاي تحقيق



شكل e١: تعيين آستانة لاكتات در يكي از آزمودني‌هاي تحقيق

نتايج و يافته های تحقيق

خلاصه‌اي از ويژگي‌هاي آنتروپومتريكي و فيزيولوژيكي آزمودني‌هـاي تحقيـق در جـدول ١ آورده شده است. ميانگين VO_2max آزمودني‌ها برابر با ٢/٤٩ ± ٤٥/٤٦ و بيشينة لاكتات تحمل شده به وسيلة آزمودني‌ها در آزمون مرجع ١/٤٦±١٠/٦٩ بود. مقدارهاي مربـوط بـه متغيرهـاي معادل با آستانة بي‌هوازي برآورد شده با هر روش در جدول ٢ آمده است.

جدول ١ _ توصيف ويژگي‌هاي فيزيولوژيك آزمودني‌ها (متغيرها برحسب ميانگين ±انحراف معيار هستند)

متغير	ميانگين ± انحراف استاندارد
سن (سال)	٢٤ ± ١/٠٨٢
قد (سانتی متر)	١٧٥/٦ ± ٥/٧٩
وزن (كيلوگرم)	٦٨/٩٦ ± ٥/٠٨٢
چربی بدن (درصد)	٩/٤٣ ± ٢/٤٩
(ml/kg/min) Vo_{2max}	٤٥/٤٦ ± ٦/٤٩

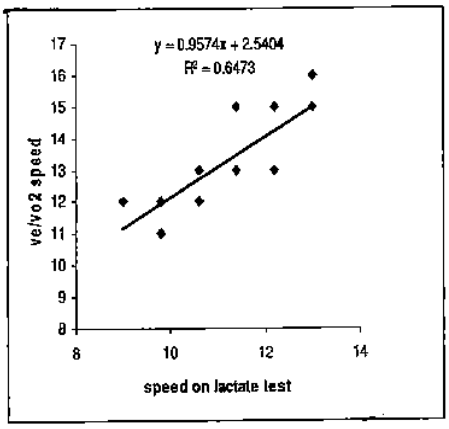
در مقایسه با آزمون مرجع هر چهار روش تمایل به کمتر برآورد کردن آستانه داشـتند. ایـن تفاوت در روش‌هاي این تفاوت در روش‌هاي RER و معادل تهویه‌اي اکسیژن غیرمعنـي‌دار و در مورد روش‌هاي SPO_2٪, V-Slope معني‌دار بود (P< ۰۵).

جدول ۲ _ متغیرهاي معادل با آستانة برآورد شده با روش‌هاي مختلف

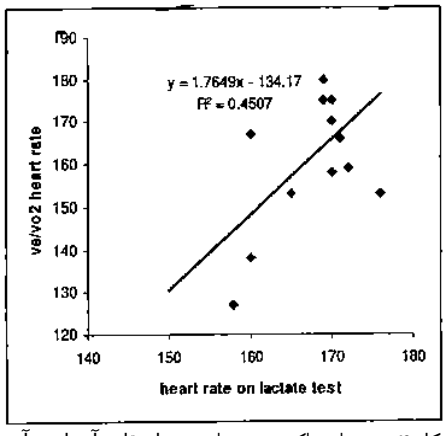
متغیر	آستانة لاکتات	آستانة **RER**	آستانة **VE/VO_2**	آستانة **V-Slope**	آستانة **$\%SPO_2$**
ضربان قلب **(beat / min)**	۱۶۶/۲ ±۶/۹	۱۶۳/۸ ± ۱۰/۷	۱۵۸/۸ ± ۱۱/۱	۱۵۲/۹ ±۱۴/۸	۱۵۱/۲ ±۱۶/۴
اکسیژن مصرفي **(ml/min)**	۲۱۷۶/۶ ± ۲۰۶/۴	۲۱۴۱/۲±۲۴۵/۶	۱۹۷۵ ± ۲۳۲/۲	۱۹۳۳/۷ ± ۲۱۶/۴	۱۹۰۹/۵ ± ۲۲۱/۴

متغیرها براساس میانگین ± انحراف معیار هستند.

بین اکسیژن مصرفي، ضربان قلب و سرعت آستانة برآورد شده به روش VE/VO_2 و آزمون مرجع همبستگي معني‌دار یافت شد (به ترتیب P< ۰/۱، r = ۷۳۱ و P< ۰/۱، r = ۶۷۱ و P< ۰/۱ و r = ۸۰۸). نمودار پراکنش و معادله پیش‌بیني در شکل‌هاي ۳ و ۴ آمده است.

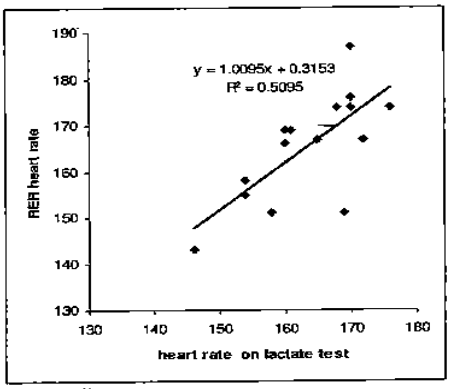


شکل ۳ _ نمودار پراکنش مربوط به سرعت آستانة برآورد شده به روش **VE/VO_2** و آزمون مرجع

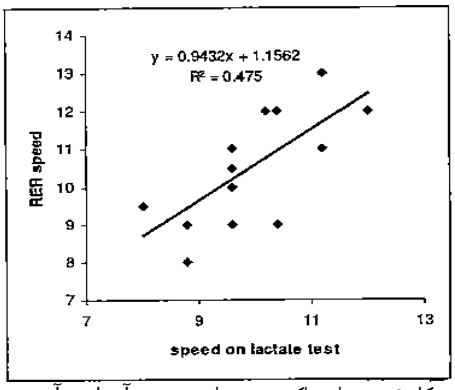


شکل ۴ _ نمودار پراکنش مربوط به ضربان قلب آستانة برآورد شده به روش **VE/VO_2** و آزمون مرجع

بين اكسيژن مصرفي، ضربان قلب، سرعت و مقدار لاكتات خون آستانة برآورد شده به روش RER و آزمون مرجع همبستگي معني‌دار به دست آمد (به ترتيب P< ٠/١، ٧٨۴ = r و P<٠/١، ٧١۴ = r و P< ٠/١، ۶٨ = r و P< ٠/٠۵، ۵٧٩=r). نمودار و معادلة پيش‌بيني در شكل‌هاي ۵ و ۶ آمده است.

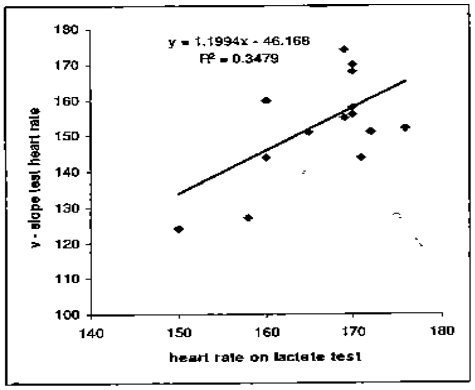


شكل ۵ _ نمودار پراكنش مربوط به ضربان قلب آستانة برآورد شده به روش **RER** و آزمون مرجع

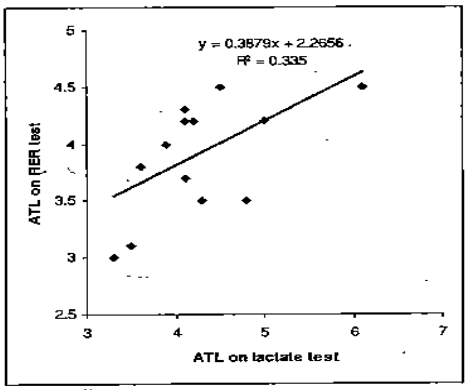


شكل ۶_ نمودار پراكنش مربوط به سرعت آستانه برآورد شده به روش **RER** و آزمون مرجع

بين اكسيژن مصرفي، ضربان قلب و سرعت آستانة برآورد شده به روش V-Slope و آزمون مرجع همبستگي معني‌دار يافت شد (به ترتيب P< ٠/١؛ r = ۶٨۴، r = ۵٩٠ و P<٠/٠۵، ۶٣ = r). نمودار پراكنش و معادلة پيش بين در شكل‌هاي ٧ و ٨ آمده است.

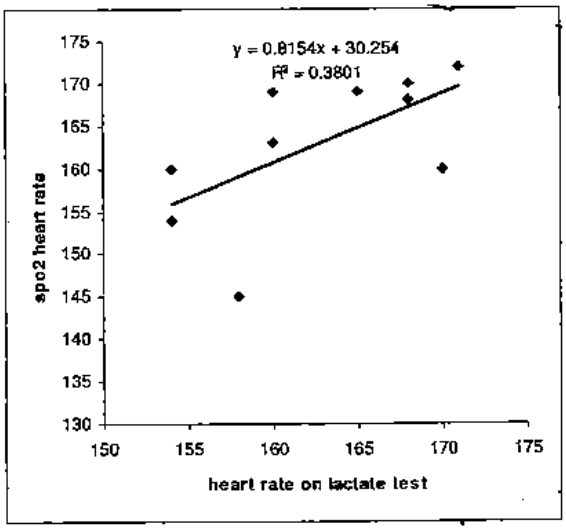


شكل ٧ _ نمودار پراكنش مربوط به ضربان قلب آستانة برآورده شده به روش **V-Slope** و آزمون مرجع



شكل ٨ _ نمودار پراكنش مربوط به ميزان لاكتات آستانة برآورد شده به روش **RER** و آزمون مرجع

بين اکسيژن مصرفي، ضربان قلب و سرعت آستانة برآورد شده به روش **SPO2%** و آزمـون مرجـع همبـستگي معنـي‌دار يافـت شـد (P< ۰/۵، r = ۰/۶۱ و P< ۰/۵، r = ۰/۵۱۰، r = ۰/۶۲، P< ۰/۰۵). نمودار پراکنش ضربان قلب و معادله پيش بين در شکل ۹ آمده است.



*شکل ۹ _ نمودار پراکنش مربوط به ضربان قلب آستانة برآورده شده به روش **SPO2%** و آزمون مرجع*

بحث و نتيجه‌گيري

نکتة منحصر به فرد تحقيق حاضر، برآورد آستانة بي‌هوازي از راه کنترل اشباع هموگلـوبين از اکسيژن بود. ما فرض کرديم که مي‌توان با کنترل اشـباع هموگلـوبين، بـا اکـسيژن آسـتانة بي‌هوازي را مشخص کنيم. فرض ما اين بود که از سرعت‌هاي ملايم تا سرعت‌هـاي نزديـک بـه سرعت آستانة مسير غالب در توليد انـرژي، مـسير هـوازي اسـت و جـدا شـدن اکـسيژن از هموگلوبين در راستاي نياز بدن به اکسيژن اتفاق مي‌افتد. اما با وقوع آسـتانة بـي‌هـوازي ايـن ارتباط مختل مي‌شود و جدا شدن اکسيژن از هموگلوبين مستقل از نياز بدن به اکسيژن اسـت. تجزيه و تحليل يافته‌هاي تحقيق، کـاهش ناگهـاني در نمـودار سـرعت – درصـد اشـباع را در سرعت‌هاي نزديک به آستانه نشان داد. پايايي و صحت دستگاه استفاده شده در انـدازه‌گيـري

اشباع هموگلوبين از اكسيژن، پيش از اين توسط دانيل مارتين و همكـاران (١٩٩٢) و اسـكات و همكاران (١٩٨٩) به اثبات رسيده است (٨ و ٢٢). علت كاهش ناگهاني را كه در نمـودار سـرعت دويدن – $SPO_2\%$ ديده مي‌شود، مي‌توان به فعال شدن مسير بي‌هوازي و افزايش ناگهاني توليد لاكتات نسبت داد. اسيد لاكتيك توليدي در بدن، تحت تأثير سيستم تامپوني بدن به بي‌كربنات تبديل مي‌شود. اسيد لاكتيك ابتدا بايد به اسيد كربنيك تبديل شود كه توسط آنزيم كربنيـك انيدراز كاتاليز مي‌شود كه در گويچة قرمز خون وجود دارد. سپس اسيد كربنيك بـه كربنـات و يون هيدروژن تبديل مي‌شود و با افزايش يون كربنات در گويچة قرمز، يون كربنـات از گويچـه خارج مي‌شود. پس از اين، يون كلر وارد گويچة قرمز مي‌شود تا بار الكتروشيميايي مثبت ناشـي از يون هيدروژن در داخل گويچه را خنثي سازد. ورود يون كلر به داخل گويچه، سبب جدا شدن اكسيژن از هموگلوبين مي‌شود (٢١).

در اين تحقيق همچنين اعتبار سه روش متـداول بـرآورد آسـتانة بـي‌هـوازي بـه وسـيلة پارامترهاي گازي مورد آزمون قرار گرفت. تحقيقات قبلي نشان داده‌انـد كـه بـين تغييـرات در تبادل گازهاي تنفسي و وقوع آستانة لاكتات همبستگي وجـود دارد (١۴، ١٨ و ٢٠). نتـايج ايـن تحقيق نيز همبستگي معني‌دار بين اين سه روش با روش مرجع را نشان داد. بين ضـربان قلـب آستانة برآورد شده به وسيلةروش معادل تهويه‌اي اكسيژن و آزمون مرجع همبستگي معنـي‌دار وجود داشت. روش معادل تهويه‌اي اكسيژن، تهوية دقيقه‌اي و معادل تهويه‌اي دي اكسيد كـربن تا لحظةرسيدن به آستانه به طرز مشابه افزايش پيدا مي‌كنند. با وقوع آستانه، عمـل بافرينـگ اسيد لاكتيك انجام مي‌شود كه سبب افزايش VE, CO_2 مي‌شود، در حالي كه اكسيژن مـصرفي دچار تغيير نمي‌شود. پيامد اين عمل، افزايش در معادل تهويه‌اي اكـسيژن اسـت در حـالي كـه معادل تهويه‌اي دي اكسيد كربن بدون تغيير باقي مي‌ماند (١١٢). در تحقيقات متعـددي از ايـن شاخص براي تعيين آستانة بي‌هوازي استفاده شده است (٩، ١٣، ١۴ و ٢٠). در سـه تحقيـق اول (٩، ٢٠، ١٣) روش معادل تهويه‌اي اكسيژن، به عنوان بهترين روش در برآورد آستانة بـي‌هـوازي معرفي شده است كه با نتايج تحقيق ما كه RER را به عنـوان بهتـرين روش نـشان مـي‌دهـد، هم‌راستا نيست. همچنين در اين دو تحقيق نسبت به تحقيق ما، آستانة بي‌هوازي در درصدهاي بيشتري از VO_2max روي داده بود. دليل تفاوت موجود را مي‌توان به وسـيلة مـورد اسـتفاده نسبت داد. در اين تحقيقات از ارگومتر استفاده شد كه سبب تحميل بار مضاعف بر اندام زيرين و خستگي زودرس مي‌شود. همچنين VO_2max اندازه‌گيـري شـده بـا اسـتفاده از ارگـومتر در

مقايسه با تردميل ۱۰ تا ۲۰ درصد کمتر برآورد مي‌شود که مي‌توانـد تفـاوت مـشاهده شـده را توجيه کند (۲۴). علت تفاوت تحقيق ما با تحقيق ازوليك و همکـاران (۲۰۰۳) را مـي‌تـوان بـه شرايط آزمايشگاهي نسبت داد. آنها شرايط هيپوکسي را براي تحقيق خود انتخاب کرده بودنـد (۲۰) و ما تحقيق خود را در وضعيت نرمال انجام داديم. از طرفي اين يافتة تحقيق با تحقيق گير سولبرگ و همکاران (۲۰۰۵) که بيشترين همبستگي را بين اکسيژن مصرفي معـادل بـا آسـتانة برآورد شده بـا روش RER و اکـسيژن مـصرفي معـادل بـا آسـتانة لاکتـات بـه دسـت آورد، هم‌راستاست. هرچند آنها در تحقيق خود، ضريب همبستگي بيشتري را به دسـت آوردنـد (۸۷ درصد). علت اين اختلاف را مي‌توان با توجه به تفاوت در تعيين آستانة لاکتات توجيه کرد. آنها در تحقيق خود آستانة لاکتات را معادل با نقطه‌اي در نظر گرفتند که مقدار لاکتات خون بـه ۱/۵ ميلي‌مول بيشتر از حالت پايه مي‌رسد، در حالي که ما آستانة لاکتات را که معـادل بـا افـزايش ناگهاني در مقدار لاکتات خون در نظر گرفتيم.

در اين پژوهش، کمترين اختلاف و بيـشترين همبـستگي بـين آسـتانة بـرآورد شـده بـه وسيلةروش RER و روش مرجع به دست آمـد. اخـتلاف بـين روش RER و روش مرجـع غيـر معني‌دار، ولي بين روش V-Slope و روش مرجع معني‌دار بود. توليد CO_2 اضافي در نتيجة فعال شدن عمل بافرينگ اسيد لاکتيك دليل شکستي است که در نودار VCO_2/VO_2 ديده مي‌شـود (روش **V-slope**) (۱۲). نکتة جالب توجه اين است که مقـدارهاي آسـتانة بـي‌هـوازي در روش V-slope کمتر از روش RER بود. از آنجا که هر دو روش از يـك اصـل فيزيولوژيـك اسـتفاده مي‌کنند، کسب نتايج مشابه با اين دو روش مورد انتظار بود. علت اختلاف موجود را مي‌تـوان بـا مقدار تعيين شده در روش RER (رسيدن نسبت تبادل تنفسي به ۱) توجيه کرد که ممکن است بر آستانة تعيين شده با روش RER اثرگذار باشد. يافتة ديگر اين تحقيق در مورد آزمون نسبت تبادل تنفسي اين بود که مقدار لاکتات خون در آستانة برآورد شده در آزمـون نـسبت تبـادل تنفسي، کمتر از مقدار لاکتات خون در آستانة آزمون لاکتات بود. با توجه به شرايط يکـسان در دو آزمون، عاملي که در اين اختلاف سهيم است، اين است که روش نـسبت تبـادل تنفـسي در مقايسه با آزمون لاکتات، آستانة بي‌هوازي را در سرعت‌هاي کمتـر بـرآورد مـي‌کنـد و موجـب مي‌شود که مقدار لاکتات معادل با آستانة بي‌هوازي در اين آزمون کمتر از آزمون لاکتات باشد.

نتيجه‌گيري

نتايج كلي تحقيق حاكي از آن است كه مي‌توان با استفاده از كنترل شاخص SPO_2٪ آسـتانة بي‌هوازي را برآورد كرد. همچنين در اين تحقيق روش نسبت تبادل تنفسي به عنـوان بهتـرين روش در برآورد آستانة بي‌هوازي به وسيلة پارامترهاي گازي شناخته شد. يافتة ديگـر تحقيـق اين بود كه مي‌توان با سطح اطمينان ۹۵ درصد ضربان قلب آسـتانه را از ضـربان قلـب آسـتانه برآورد شده با روش RER برآورد كرد.

منابع و مآخذ

1. Beaver, W. Liamarra, N. Wasserman, K. (1981). "Breath – by – breath measurment of true alveolar gas exchange". J appl physiol, 51: PP:162-1675.

2. Bbroch, K.W. Ingjer, F. Larsen, S., Tomten, S. (1993). "Rate of accumulation of the blood lactate during graded exercise as a predictor of anaerobic threshold". Journal of sports sciences, 11: PP:49-55.

3. Breuer, H.W. (1987). "Transcutaneous PCO2 – monitoring for the evaluation of the anaerobic threshold". Comparision of lactate and vetilatory threshold, department of pathophisiology.

4. Carlo, B., Miguel, V., Francisco, M. Joaquim, S., Laura, G. "2004". "Lactate removal during active recovery related to the individual anaerobic and ventilatory thresholds in soccer players". Eur J Appl Physiol, 93: PP:224-230.

5. Coen, B., Urhausen, A., Kindermann, W. (2001). "individual anaerobic threshold: methological aspects of its assessment in running". International journal of sports medicine, 20: PP:8-16.

6. Conconi, F., Ferrarti,M. Giorgio, P. (1982). "determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runner". Journal of applied physiology, 52 (4): PP:869-873.

7. Conconi, F., Grazzi G. Casoni I., Gugliemini C., Borestto C., Ballarin E., Mazzoni G., Patraccini M., Manfredini F. (1996). "The conconi test: methodology after 12 years of application". Int. J. Sports. Med.Vol. 17, No. 7, PP: 509-519.

8. Daniel, M., Scott, P., Michael, C., Nancy C., and criswell. (1992). "Validity of pluse oximetry during exercise in elite endurance athletes". Journal of applied physiology, 72 (2): PP:455-458.

9. Davis, H.A. Gass, G.C. (1981). "The anaerobic threshold as determined before and during lactic acidosis". Eur J Appl Physiol, 47: PP:141-149.

10. Dekerle, B. Baron, L., Dupont, J., Vanvelcenaher, P., Pelayo (2003). "Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power." Eur J Appl Physiol. 89: PP:281-288.

11. Dominique, C., Michel, F. Jean – Pierre, L. Christian, P. (1998). "Effects of interval training at the ventilatory threshold on clinical and cardiorespiratory responses in elderly humans", Eur J Appl Physiol, 78: PP:170-176.

12. Edil, S., Antonio, G. (2004). "Compartion of computerized methods for deceting the ventilatory threshold", Eur J appl physiol, 93: PP:315-324.

13. Formanek D, Wanke HL, Lahrmann H, Rauscher H, Popp W, Zwick H. (1993). "Inspiratory muscle performance relative to the ventilatory threshold in healthy subjects". Med Sci Sports Exerc. 25: PP:1120-1125.

14. Geir, S., Bjorn R., skjonsberg, H. and Fredrik, Bjochem, (2005). "Respiratory gas exchange indices for estimating the anaerobic threshold", journal of sports science and medicine, 4, PP:29-36.

15. Helgerud, J., Engen, L.C., Wissloff. U., Hoff, G. (2001). "Aerobic endurance training improves soccer performance". Meidicne and science in sports and exercise. 33: PP:1925-1931.

16. Hoogeveen., A. R. (2000). "The effect of endurance training on the ventilatory response to exercise in elite cyclists". Eur J Appl Physiol, 82: PP:45-51.

17. John, A. Vachon, J.A. David R. Bassett, J. Clarke S. (1999). "Validity of the heart rate deflection point as a pridictor of the lactate threshold during running". Journal of applied physiology, 87: PP:452-459.

18. Kazuto, O., Haruki, I. Naomi H., Tomoko, M., Akihiko, T., Keiko, O. Koike, T., Aizawalong, Fu., Naohiko, O. (2004). "Relationship between double product break point, lactate threshold, and ventilatory threshold in cardiac patients", Eur J Appl Physiol, 91: PP:224-229.

19. Myers, J., Ashley, E. (1997). "Dangerous curves a perspective on exercise, lactate and the anaerobic threshold", Chest, 111: PP:787-795.

20. Ozcelik, O., Kelestimor, H. (2003). "Effects of acute hypoxia on the estimation of lactate threshold from ventilatory gas exchange indices during an incremental exercise test". Physiol, Res. 53: PP:45-51.

21. Powers, S.K. and E.T. Howley. (2004). "Exercise physicology: theory and application to fitness and performance". Dubuque, la: brown and benchmark, fifth edition.

22. Scoot, K., powers., Stephen, depression, James, freeman et al. (1989). "Accuracy of pulse oximetry to estimate Hbo2 fraction of total Hb during exercise". J. appl. Physiol, 67 (1): PP:300-304.

23. Stockhausen, W., Grathwohl, C., Burklin, P. Spranz, J. Keul. (1997). "Stage duration and increase of work load in incremental testing on a cycle ergometer". Eur j appl physiol., 76: PP:295-301.

24. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ, Casaburj, R. (1999). "Principles of exercise testing and interpretation", 3rd edn. Lea and Febiger, Philadelphia, pp: 17-61, 153-154.

25. Weltman, A. (1995)." The blood lactate response to exercise". Human Kinetics. P: 450-1A1: 29-47.