The Effects of Chronic Weightlessness on Limited of Stability and Dynamic Balance in Breath-hold and SCUBA Divers

Sanadgol R[1], Akoochakian M[2], Alizadeh M.H[3]

Abstract

Purpose: Water immersion built a new environment in which weightlessness puts unknown demand on somatosensory system such as altered sensory integration due to the improper proprioception afferent. This condition can lead to an imprecise function of human postural balance system. But studies focused on the short-term effects of water immersion instead of truly long-term adaptations. So, the aim of this study was to investigate if chronic exposure to microgravity environment can lead to balance deficits and furthermore, to assess potential differences between two types of diving which is breath-hold and SCUBA.

Method: 11 breath-hold divers (BHD), 13 scuba divers (both types of divers must have diving experience for at least 4 years) and 22 non-divers (ND), without any history of recent injuries or history that affects balance control, recent were undergone Functional reach test (FRT) as well as Y balance test (YBT).

Results: There were no meaningful differences among experimental groups in limited of stability (p=0.860) and all groups were highly stable in FRT. But in other research criteria, BHD group were significantly had a better ability to maintain their balance during YBT task (p=0.004), while that SCUBA group found to have a poor ability in this matter versus BHD (p=0.001) and ND (p=0.001) groups.

Conclusions: Our findings suggest that BHD and SCUBA divers have a normal ability in order to do functional reach tasks, but by increasing movement demands, SCUBA divers have been faced with balance difficulty more than BHD divers. Hence, according to the obvious difference between BHD and SCUBA divers, along with showing a meaningful difference by ND group, it seems that adding balance training to the routine BHD and SCUBA divers' program, should be beneficial in order to improve their balance ability.

Keywords: Apnea, Freediving, Space, Weightlessness, Balance, Immersion

Received: 2021.08.07 Accepted: 2021.10.26

بررسی تاثیر بی‌وزنی بلندمدت بر محدوده ثبات و تعادل پویای غواصان حبس‌نفس، اسکوبا و افراد غیر غواص

روزبه سندگل[۱]، مهدیه آکوچکیان [۲]، محمدحسین علیزاده[۳]

هدف: مطالعات حاضر در بخش بی‌وزنی معطوف به آثار و پیامدهای کوتاه مدت محیط کم جاذبه و بی‌وزنی بر انسان به جای سنجش تغییرات احتمالی درازمدت آن شده است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر قرارگیری غواصان، در بی‌وزنی و به شکل مکرر در بروز مشکلات تعادلی از یک طرف و از طرفی بررسی تفاوت دو گروه غواص اسکوبا و حبس نفس در حفظ تعادل و محدوده ثبات عملکردی از طرف دیگر است.

روش بررسی: این پژوهش از نوع نیمه تجربی و مداخله‌ای، دارای سه گروه بود. تعداد جامعه غواصان در جزیره کیش و شهر چابهار، ۸۵ نفر و تعداد افراد غیرغواص ۵۰ نفر بود. از بین جامعه پژوهش حاضر بر اساس معیارهای پژوهش تعداد ۱۱ غواص حبس‌نفس، ۱۵ غواص اسکوبا و ۲۲ فرد سالم انتخاب و در سه گروه حبس‌نفس، اسکوبا و کنترل به شکل در دسترس و هدفمند قرار گرفتند. تمامی آزمودنی‌ها به وسیله آزمون محدوده ثبات عملکردی و آزمون تعادل پویای Y مورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور انجام اندازه‌گیری ها، ابتدا هر آزمون به شکل کامل توسط آزمونگر انجام و توضیح داده شد و سپس به آزمودنی اجازه داده شد ۳ بار به شکل آزمایشی حرکت را انجام داده تا از این راه هم با نحوه‌ی اجرا و هم خطاهای آزمونی آشنا شود. از آزمون

آنووای یک طرفه و تست تعقیبی توکی جهت مقایسه داده های سه گروه استفاده شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد.

یافته ها: در محدوده ثبات عملکردی تفاوتی معنادار میان سه گروه دیده نشده است (p=/۸۶۰) اما در بخش تعادل پویا در بین سه گروه تفاوت معناداری وجود دارد (p≤۰/۰۵). نتایج آزمون تعقیبی توکی در بخش تحلیل داده‌های آزمون تعادل پویا نشان داد که گروه حبس‌نفس با دو گروه اسکوبا (p=۰/۰۰۱) و افراد غیرغواص دارای تفاوت معنادار است (p=۰/۰۰۴) و از طرفی میان دو گروه اسکوبا و افراد غیرغواص نیز تفاوت معنادار بود (p=۰/۰۰۱). بنابراین غواصان حبس‌نفس و اسکوبا دارای توانایی حفظ محدوده ثبات عملکردی مطلوبی می باشند اما هر دو گروه غواص با افزایش نیاز حرکتی در حفظ تعادل خویش با مشکل مواجه می شوند که این مشکل به شکل معناداری در غواصان اسکوبا نامطلوب‌تر است.

نتیجه گیری: با توجه به تفاوت مشهود دو گروه غواص که حاکی از توانایی حفظ تعادل مناسب تر در غواصان حبس‌نفس و در مقابل وجود مشکل در حفظ تعادل در غواصان اسکوبا است، و همچنین تفاوت بارز میان افراد غیر غواص و هر دو گروه غواص، به نظر می‌رسد که بهتر باشد برنامه‌های تمرینی‌ای را با هدف حفظ و بهبود تعادل، به برنامه عملکردی این غواصان افزوده شود.

کلمات کلیدی: غواصی، اسکوبا، حبس‌نفس، بی‌وزنی، فضانوردی، تعادل، غوطه‌وری

نویسنده مسئول: مهدیه آکوچکیان، makoochakian@ut.ac.ir، ORCID: 0000-0003-3214-5135

آدرس: کیش، بلوار میرمهنا، ابتدای خیابان نیایش، پردیس بین المللی کیش دانشگاه تهران، گروه علوم ورزشی

۱- دانشجوی دکتری آسیب‌شناسی ورزشی- امدادگری، گروه علوم ورزشی، پردیس بین المللی کیش، دانشگاه تهران، کیش، ایران

۲- استادیار آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، گروه علوم ورزشی، پردیس بین المللی کیش، دانشگاه تهران، کیش، ایران

۳- استاد آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، گروه طب ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مقدمه

تجسس در محیط ناشناخته دریا و رفتن به ژرفای آب به منظور بررسی این محیط ناشناخته، همانند فضانوردی برای شناخت دنیای خارج از جو زمین، همواره از علاقه مندی-های انسان کنجکاو بوده است. وجود چنین نیازی انسان را به سمت غواصی سوق داده که این کار از گذشته تا بحال با اتکا به حبس‌نفس (۳-۱) و با پیشرفت علم و فناوری، با استفاده از ابزار کمک تنفسی انجام دهد (۴). در طی دو دهه گذشته ورزش آبی جدیدی مورد توجه علاقه مندان به این بخش ورزشی با عنوان غواصی حبس‌نفس قرار گرفت (۴) که در آن ورزشکاران به دنبال اهدافی از جمله حبس‌نفس هر چه بیش‌تر در سطح آب یا حبس‌نفس و فرو رفتن در عمق هر چه بیش‌تر می‌باشند (۷، ۶). بنابراین به منظور دستیابی به این اهداف، ورزشکاران به انجام تمرینات تنفسی یوگا و کشش عضلانی (به منظور افزایش انعطاف پذیری قفسه سینه و حجم ریوی) می‌باشند (۶). و از طرفی بی‌نیاز بودن به وسایل کمکی مانند کپسول هوا، منجر به افزایش محبوبیت روز افزون غواصی حبس‌نفس شده است (۸، ۷). غواصی اسکوبا نیز یکی از شناخته شده-ترین روش های انجام غوص است که در آن تجهیزات تنفسی غواص را بی نیاز از تنفس اکسیژن سطح کرده و در نتیجه انسان می‌توانند اقدام به انجام غوص در عمق بیش‌تر و نیز زمانی طولانی‌تر کند (۴). پژوهشگرانی که در بخش تاثیر غواصی و غوطه‌وری در آب و بی‌وزنی فعالیت می‌کنند، بر این باورند که این امر، منجر به کاهش حس‌عمقی و بازخوردهای وابسته شده و یکپارچگی بین حس‌عمقی (Proprioception)، سیستم بینایی و وستیبولار (Vestibular) دستخوش تغییر می‌شود (۱۱ - ۹). این در حالیست که مطالعات نشان می‌دهد انجام فعالیت های ورزشی با فراهم نمودن فرصت‌های تمرینی و ایجاد چالش برای سازوکارهای بدن منجر به بهبود تعادل و حس‌عمقی می شود (۱۲).

دو محیط کم‌جاذبه و غوطه‌وری در آب را می‌توان به علت حذف سطح اتکا، کاهش وزن، تغییر فشار، جابجایی مایعات و تغییر در تون عضلانی، مشابه یکدیگر دانست (۱۳). از سویی دیگر تصور می‌شود ادامه چنین تحریکاتی در کنار کاهش وزن منجر به کاهش کیفیت حس‌پیکری و داده های آوران حس‌عمقی شده و در نتیجه تاخیر در بازخورد و ناتوانی در تولید نیروی عضلانی کافی را رقم بزند که این موارد خود می‌تواند راستای بدن را تغییر داده و تعادل افراد

را کاهش دهد (۱۳). بنابراین شاید دور از انتظار نباشد که رابطه میان سه سیستم بینایی، وستیبولار و حس عمقی در افرادی که مداوم در معرض شرایط محیطی ای هستند که منجر به کاهش دقت و یا قطع داده های حس عمقی می شود، تغییر یافته و این افراد دچار سو عملکرد در تعادل شوند (۱۳). به طور کلی غواصی در محیطی با کمترین میزان ورود نیروی گرانش بر بدن انسان، انجام می‌شود چرا که شناوری یا غوطه‌وری در آب به هر شکلی، موجب کاهش چشم‌گیر وزن شده و در نتیجه محیطی ناشناخته، با نیازهای ناشناس برای سیستم حسی‌حرکتی ایجاد می‌کند (۱۳). از سوی دیگر، غواصان حبس‌نفس به دلیل عدم وابستگی به تجهیزات کمکی و در نتیجه فراغ بال بیش‌تر در انجام غوص، مدت زمان طولانی را در سطح آب به شکل شناور سپری می‌کنند و تحقیقات بر روی غواصان نشان داده است که بازخورد حس‌عمقی و حس موقعیت مفصلی به دلیل کاهش جاذبه (پیامد غوطه‌وری) دچار نقص و کاهش دقت گشته و در نتیجه سیستم حسی‌حرکتی را دچار نقص می‌کند (۱۵، ۱۴). همچنین تحقیقات در ارتباط با محیط کم‌جاذبه و فضانوردان مشخص کرده است که قرارگیری در برابر بی‌وزنی موجب بروز سازگاری‌های منفی کوتاه مدت در دو بخش سیستم حسی‌حرکتی و عصبی عضلانی و بلند مدت در سیستم عصبی مرکزی (Central Nervous System ;CNS) و داده های حس‌عمقی شده و در نتیجه اختلال در حفظ راستای قامت و تعادل می‌شود (۱۱). حس‌عمقی به عنوان مهم ترین بخش سیستم حسی‌حرکتی که در کنترل حرکات انسان دخالت دارد، شناخته می شود چرا که هرگونه آسیب به بخش های تشکیل دهنده آن موجب بروز نقصان در حرکت و نیز نوعی بی‌ثباتی در مفاصل شده که با عنوان بی‌ثباتی عملکردی (Functional Instability) از آن یاد می شود (۱۶).

بی‌وزنی در بلند مدت موجب تغییر ماهیت داده های حسی آوران حاصل از گیرنده های مکانیکی، گیرنده های پوستی و ارتعاشی می شود (۱۷، ۱۱). این تغییرات موجب کاهش کیفیت عملکرد مسیر عصبی وستیبولواسپاینال (Vestibulo-Spinal) در افرادی که تحت تاثیر محیط کم جاذبه می باشند، شده و به مرور زمان منجر به تغییر موقعیت حسی در مغز می شود (۱۷، ۱۱). مواردی از این دست که سبب اختلال در انتقال و یا کاهش حجم تکانه های حسی می گردد، منجر به بروز حرکات جانبی مداخله‌گر در زمان انجام فعالیت های پیچیده حرکتی و در نتیجه وقوع نقص در سیستم کنترل پاسچر (Posture) و به دنبال آن پلاستیسیتی (انعطاف‌پذیری) مغزی (Brain Plasticity) می شود (۱۱). پژوهش های گوناگون نشان داده است که بروز پلاستیسیتی خود موجبات اختلال در سیستم تعادلی بدن را فراهم می‌کند (۱۱).

با در نظر گرفتن مواردی از این قبیل، احتمال می رود که غواصان در اثر تغییر ماهیت محیط فعالیت خود که بی‌وزنی در آن غالب است، دارای نقصان در حس عمقی و در نتیجه کاهش پایداری و تعادل باشند. از آنجایی که تحقیقات نشان داده است تعادل و سیستم های مرتبط به آن در غوطه‌وری و محیط کم‌جاذبه در کوتاه مدت دچار بدعملکردی می شوند (۱۷- ۱۳، ۱۱ -۹) و از طرفی کاهش تعادل خود یکی از عوامل مهم پیشبین و افزایش دهنده خطر افتادن است، می‌توان این گونه استنباط نمود که بی‌تعادلی طولانی مدت همراه با افزایش سن می تواند کیفیت زندگی غواصان را کاهش داده و این گروه را مستعد بروز آسیب های دیگر (از جمله افت عملکرد روزانه، بروز اختلالات ساختای و وضعیتی و ناهنجاری ها و نیز تاثیرات اجتماعی و اقتصادی) بکند.

نکته قابل توجه این است که غواصی محدود به سن و جنسیت نیست و از طرفی غواصان مدت زمان زیادی را در آب به شکل شناور و غوطه‌ور سپری می‌کنند و لذا با توجه مکانیزم کاهش حس‌عمقی و تاثیر آن بر حفظ تعادل و در نهایت سازگاری‌های کوتاه مدت و نیز بلند مدت احتمالی (۱۷، ۱۵، ۱۳)، سلامتی غواصان کاهش یافته که این امر خود ضرورت بررسی چنین فرضیه ای را نشان می دهد. از طرفی دیگر محقق تاکنون موفق به یافتن تحقیقی مبنی بر تاثیر نقصان حس‌عمقی (در نتیجه غوطه‌وری در آب) بر محدوده ثبات و تعادل غواصان حبس‌نفس، نشده است. لذا در این پژوهش تلاش بر پاسخ به این پرسش هاست که آیا غواصان حبس‌نفس که مدت زیادی را به حالت غوطه‌ور در آب به سر می برند، دارای نقصان در حفظ محدوده ثبات و به دنبال آن نقصان تعادل می باشند. از سوی دیگر چون از انجام یک فعالیت ورزشی انتظار می رود تغییرات مثبتی در سیستم حسی حرکتی ایجاد شود، آیا این دسته از ورزشکاران که در کنار ورزش اصلی به انجام تمرینات تکمیلی (تمرینات تنفسی) می پردازند، در مقایسه با غواصان اسکوبا از توانایی حفظ محدوده ثبات و تعادل

مناسبی برخوردارند یا خیر؟

روش بررسی

این پژوهش از نوع نیمه تجربی و مداخله ای، دارای سه گروه بود. همچنین به لحاظ استفاده و کاربرد نتایج برآمده از آن، از نوع مطالعات کاربردی است. جامعه آماری پژوهش حاضر را کلیه غواصان مرد حبس‌نفس، اسکوبا و افراد غیر غواص واقع در جزیره کیش و شهر چابهار تشکیل دادند. تعداد جامعه غواصان ذکر شده، ۸۵ نفر (پس از مراجعه به فدراسیون نجات غریق و غواصی ایران و بررسی مدارک غواصان) و تعداد افراد غیرغواص ۵۰ نفر بود. از بین جامعه پژوهش حاضر تعداد ۱۱ غواص حبس‌نفس (میانگین سن: ۴/۲۱ ± ۳۲/۱۸ سال، قد: ۴/۲۳ ± ۱۷۵/۲۳سانتی متر، وزن: ۱۰/۳۶ ± ۸۲/۵۲ کلیوگرم، شاخص توده بدنی: ۲/۸۵ ± ۲۶/۸۳)، ۱۵ غواص اسکوبا (میانگین سن: ۴/۱۳ ± ۳۲/۳۸ سال، قد: ۳/۹۴ ± ۱۷۵/۴۲سانتی متر، وزن: ۹/۵۱ ± ۸۲/۲۱ کیلوگرم، شاخص توده بدنی: ۲/۶۳ ± ۲۶/۶۸) و ۲۲ فرد غیرغواص (میانگین سن: ۵/۷۴ ± ۲۹/۷۷ سال، قد: ۸/۴۶ ± ۱۷۰/۰۹سانتی متر، وزن: ۱۳/۴۲ ± ۷۰/۳۰ کیلوگرم، شاخص توده بدنی: ۳/۰۷ ± ۲۴/۱۴) بر اساس معیارهای ورود به و خروج از پژوهش انتخاب و در سه گروه حبس‌نفس، اسکوبا و افراد غیرغواص به شکل در دسترس و هدفمند قرار گرفتند. معیارهای ورود پژوهش شامل نداشتن فعالیت ورزشی منظم به شکل مداوم، نداشتن سابقه آسیب در اندام تحتانی، نداشتن سابقه بیماری نورولوژیکی و گوش داخلی، شاخص توده بدنی کم‌تر از ۳۰، بازه سنی ۲۰ تا ۳۵ سال، تاییدیه سلامت عمومی توسط پزشک و معیارهای خروج از پژوهش شامل ابتلا به ناهنجاری های عضلانی اسکلتی ناحیه مچ پا، زانو، گردن و کمر و اختلالات پاسچرال واضح، اعتیاد به مواد مخدر یا مواد روان گردان، سابقه آسیب و جراحی و توانبخشی اندام تحتانی، کمر و گردن و مصرف داروهای تاثیرگذار بر تعادل بود. همچنین به منظور تایید بلندمدت بودن بی‌وزنی غواصان باید دارای سابقه‌ی انجام غواصی دست کم به مدت ۴ سال می‌بودند.

روش جمع آوری داده ها برای هر ۳ گروه مشابه بود. پس از یک جلسه‌ی هماهنگی به این افراد اطلاعاتی در مورد اهداف طرح پژوهشی، مراحل انجام پژوهش و اختیاری بودن شرکت در آن و امکان انصراف در حین اجرا داده شد و شرکت کنندگان فرم رضایت نامه را خوانده و تکمیل کردند. پس از توضیحات ابتدایی، با استفاده از آزمون رسیدن عملکردی (Functional reach test) (تصویر ۱)، محدوده ثبات آزمودنی سنجیده و ثبت شد (۲۲ - ۱۸). سپس تعادل پویا با اجرای آزمون تعادل Y (Y balance test) (تصویر ۲)، اندازه‌گیری شد (۲۴، ۲۳).

آزمون رسیدن عملکردی

به منظور اندازه‌گیری محدوده ثبات از آزمون میدانی رسیدن عملکردی استفاده شد که روایی آن ۰/۷۱ و پایایی آن ۰/۹۸ گزارش شده است (۲۵). این آزمون به منظور سنجش توانایی فرد در خم شدن به جلو (فراتر از طول اندام فوقانی) تا جایی که فرد بتواند ثبات خود را حفظ و قدم بر نداشته یا نیوفتد، اجرا می شود (۲۶). متر نواری روی دیوار نصب و از آزمودنی خواسته شد در نزدیکی دیوار بایستد در حالی‌که پاها به اندازه عرض شانه از یکدیگر فاصله داشت. سپس آزمودنی دست خود را تا زاویه ۹۰ درجه با مشت بسته و هم‌راستا با متر نواری بالا آورده و آزمونگر فاصله ابتدایی را ثبت می کرد. از آزمودنی خواسته می شد تا به سمت جلو به شکلی که دست وی به پایین یا بالای متر نواری متمایل نشود و نیز تعادل وی برهم نخورد، خم شده و به مدت ۳۰ ثانیه وضعیت را حفظ کند و در انتها فاصله جدید توسط آزمونگر ثبت شد (۲۶). قدم برداشتن، تغییر فاصله پاها، افتادن دست به پایین یا بالاتر رفتن از خط افقی (متر روی دیوار) به منزله خطا در نظر گرفته می‌شد و در صورت بروز، حرکت از نو انجام می شد. در مجموع هر آزمودنی ۳ تکرار را انجام و میانگین آن به عنوان رکورد وی ثبت شد (۲۸ - ۲۵).

آزمون تعادل Y

برای اندازه‌گیری تعادل پویا از تست Y استفاده شد که پایایی آن ۰/۸۸ تا ۰/۹۹ و روایی بالا گزارش شد (۲۴، ۲۳). به لحاظ اینکه آزمون تعادل Y، با طول پا رابطه معنی داری دارد به منظور اجرای این آزمون و نرمال کردن اطلاعات، قبل از شروع فرایند اندازه‌گیری، با استفاده از متر نواری طول واقعی پا از خار خاصره قدامی فوقانی تا قوزک داخلی در حالت طاق باز در حالت خوابیده بر روی زمین اندازه‌گیری شد (۲۴، ۲۳). این تست در سه جهت قدامی، خلفی-داخلی و خلفی-خارجی انجام شد و آزمودنی روی

یک پا در مرکز Y قرار گرفته و سعی می کرد با حفظ تعادل روی پای تکیه‌گاه، با پای دیگر عمل دستیابی را انجام دهد. آزمودنی با پنجه پا دورترین نقطه ممکن را در هر یک از جهات تعیین شده بدون خطا لمس می کرد. فاصله محل تماس تا مرکز، فاصله دستیابی بوده که به سانتی متر اندازه‌گیری شده به منظور به حداقل رساندن اثرات یادگیری هر آزمودنی ۶ بار با فاصله ۱۵ ثانیه استراحت، این آزمون را در هر یک از جهت های سه‌گانه تمرین کرد و بعد از ۵ دقیقه استراحت، آزمودنی آزمون اصلی را در جهت-های اصلی انجام داد (۲۴، ۲۳). در صورت بروز خطا، اگر پایی که در مرکز قرار داشت حرکت می کرد یا تعادل فرد دچار اختلال می شد، از آزمودنی خواسته می شود آزمون را دوباره تکرار کند (۲۴، ۲۳).

برای تجزیه و تحلیل داده ها در بخش آمار توصیفی از میانگین و انحراف معیار به منظور بررسی اطلاعات دموگرافیک آزمودنی ها (جدول ۱) و در بخش آمار استنباطی، پس از تایید نرمال بودن توزیع داده ها از راه آزمون کولموگروف اسمیرنف (KS)، به منظور مقایسه داده های حاصل از سه گروه مورد مطالعه، از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) و تست تعقیبی توکی در سطح آلفای کوچک تر از ۰/۰۵ استفاده شد. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS نسخه ۱۸ استفاده شد.

یافته‌ها

ابتدا از آزمون کلروموگروف- اسمیرنف برای کسب اطمینان از نرمال بودن توزیع داده ها در بین گروه ها استفاده شد. بررسی ها نشان دهنده توزیع طبیعی داده ها محدوده ثبات عملکردی (KS-Z =۰/۵۶۷، p= /۹۰۴) و تعادل پویا (KS-Z =۰/۴۴۴، p=۰/۹۸۹) بوده و به همین جهت در تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون پارامتریک آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شده است. همان طور که در جدول ۲ نشان داده شده در محدوده ثبات عملکردی تفاوتی معنادار میان سه گروه دیده نشد (p= ۰/۸۶۰) اما در بخش تعادل پویا در بین سه گروه تفاوت معناداری وجود دارد (p≤۰/۰۵).

نتایج آزمون تعقیبی توکی (جدول ۳) در بخش تحلیل داده های آزمون تعادل پویا نشان داد که گروه حبس‌نفس با دو گروه اسکوبا (p=۰/۰۰۱) و افراد غیرغواص دارای تفاوت معنادار است (p=۰/۰۰۴) و از طرفی میان دو گروه اسکوبا و افراد غیرغواص نیز تفاوت معنادار بود (p=۰/۰۰۱). بنابراین، یافته ها حاکی از تعادل پویای بهتر در غواص حبس‌نفس نسبت به غواص اسکوبا می باشد. از طرفی، مقایسه با گروه غیرغواص نشان داد که هر دو گروه غواص در برابر افراد یاد شده دارای عملکرد ضعیف تری در حفظ تعادل پویا می‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر بی‌وزنی بلندمدت بر محدوده ثبات و تعادل پویای غواصان حبس‌نفس، اسکوبا در مقایسه با افراد غیرغواص بود. بررسی داده ها نشان داد که غواصان حبس‌نفس و اسکوبا در مقایسه با یکدیگر و نیز با افراد غیرغواص، از نظر محدوده ثبات عملکردی تفاوتی نداشته اند. این در حالیست که بررسی نتایج آزمون تعادل پویا حاکی از توانایی بهتر غواصان حبس‌نفس در قیاس با غواصان اسکوبا بود. نکته قابل توجه مشاهده ضعف در حفظ تعادل پویا در مقایسه با افراد غیرغواص، برای هر دو گروه غواصان است.

براساس یافته های پژوهش حاضر غواصان حبس‌نفس و اسکوبا وضعیت خوب و مناسبی را در حفظ محدوده ثبات عملکردی خود داشتند. نتایج پژوهش های گوناگون به خوبی روشن ساخته در شرایط بی‌وزنی، حس عمقی دچار نقص عملکرد شده که اطلاعات دو زیر سیستم همکار با حس‌عمقی در حفظ وضعیت بدن و تعادل (گوش داخلی و بینایی) جایگاه این نقص را پوشش می دهند (۲۹، ۱۷، ۱۱). سیستم عصبی مرکزی اطلاعات حاصل از سه بخش جمع‌آوری داده ها (حس‌عمقی، گوش داخلی و بینایی) دریافت کرده و در ناحیه سربلوم (Cerebellum) با برنامه های از پیش تعیین شده مورد قیاس و ارزیابی قرار می دهد (۲۹). در صورتی که داده های یکی از این زیر سیستم ها با برنامه‌ی معمول هم خوانی نداشته باشد، آن داده ها را از معادله‌ی پردازش حذف و سهم داده های سیستم های دیگر را افزایش می دهد (۲۹، ۱۱). این مکانیزم که به عنوان "تنظیم فعال داده های چندگانه (Dynamic Re-Weighting of Multimodal Inputs)" شناخته می شود به طور معمول با افزایش سن و پدیده ی پیری بیش‌تر شده و نقش بسیار مهمی در حفظ تعادل انسان ایفا می کند (۲۹). بنابراین دلیل مشاهده عدم نقص در حفظ محدوده ثبات در دو گروه غواص حبس نفس

جدول ۱: اطلاعات دموگرافیک آزمودنی ها

شاخص	گروه	انحراف معیار± میانگین
سن (سال)	حبس‌نفس	۳۲/۱۸ ± ۴/۲۱
	اسکوبا	۳۲/۳۸ ± ۴/۱۳
	افراد سالم	۲۹/۷۷ ± ۵/۷۴
قد (سانتی متر)	حبس‌نفس	۱۷۵/۲۳ ± ۴/۲۳
	اسکوبا	۱۷۵/۴۲ ± ۳/۹۴
	افراد سالم	۱۷۰/۰۹ ± ۸/۴۶
وزن (کیلوگرم)	حبس‌نفس	۸۲/۵۲ ± ۱۰/۳۶
	اسکوبا	۸۲/۲۱ ± ۹/۵۱
	افراد سالم	۷۰/۳۰ ± ۱۳/۴۲
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	حبس‌نفس	۲۶/۸۳ ± ۲/۸۵
	اسکوبا	۲۶/۶۸ ± ۲/۶۳
	افراد سالم	۲۴/۱۴ ± ۳/۰۷
طول پا (سانتی متر)	حبس‌نفس	۸۹/۸۲ ± ۳/۷۹
	اسکوبا	۹۰/۰۰ ± ۳/۵۱
	افراد سالم	۸۷/۱۸ ± ۵/۴۳

جدول ۲: نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه برای مقایسه محدوده ثبات عملکردی و تعادل پویا

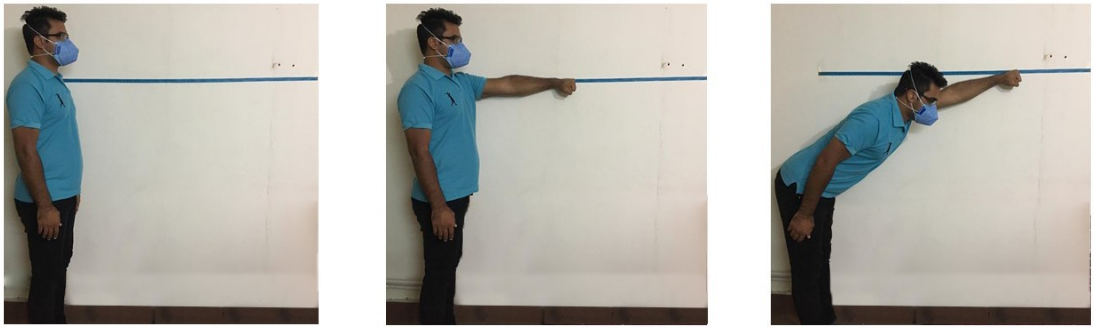
	مجموع مجذورات		درجه آزادی		میانگین مجذورات			
متغیر	**بین گروهی**	**درون گروهی**	**بین گروهی**	**درون گروهی**	**بین گروهی**	**درون گروهی**	**مقدار F**	**p – مقدار**
محدوده ثبات عملکردی	۱۴/۴۳	۲۰۵۵/۹۳	۲	۴۳	۷/۲۱۶	۴۷/۸۱۳	۰/۱۵۱	۰/۸۶۰
تعادل پویا	۱۷۷۱/۲۰	۲۸۳۲/۳۱	۲	۴۳	۸۸۵/۶۰	۶۵/۸۶	۱۳/۴۴	۰/۰۰۱*

*سطح معناداری p<۰/۰۵

جدول ۳: نتایج آزمون تعقیبی توکی جهت مقایسه تعادل پویا

گروه مرجع	گروه مورد مقایسه	تفاوت میانگینی	خطای استاندارد	p – مقدار
حبس‌نفس	اسکوبا	۱۳/۱۸	۳/۳۱	۰/۰۰۱*
	شاهد	-۱۰/۱۹	۲/۹۹	۰/۰۰۴*
اسکوبا	حبس‌نفس	-۱۳/۱۸	۳/۳۱	۰/۰۰۱*
	شاهد	-۲۳/۳۷	۲/۸۲	۰/۰۰۱*
شاهد	حبس‌نفس	۱۰/۱۹	۲/۹۹	۰/۰۰۴*
	اسکوبا	۲۳/۳۷	۲/۸۲	۰/۰۰۱*

*سطح معناداری p<۰/۰۵



الف ب ج

تصویر ۱: نحوه انجام آزمون رسیدن عملکردی

الف: نوار مدرج در راستای شانه قرارگرفته و پاها به اندازه عرض شانه باز بود؛ ب: دست را نود درجه بالا آورده و در راستای نوار مدرج قرار گرفت؛ ج: به سمت جلو خم شده تا جایی که تعادل برهم نخورد)

تصویر ۲: نحوه انجام آزمون تعادل Y (پای اتکا در وسط قرار گرفته و آزمودنی اقدام به بردن پا در سه جهت قدامی، خلفی-داخلی و خلفی-خارجی می کند؛ در انتهای هر حرکت فاصله از مرکز Y یاداشت می

و اسکوبا به نظر می رسد وجود چنین مکانیزمی جبرانی از سوی گوش داخلی و سیستم بینایی باشد که در نتیجه آن غواصان توانایی نرمال در حفظ محدوده‌ی ثبات عملکردی دارند.

اما یافته‌ها در تعادل پویا مشخص ساخت که با سخت تر شدن حرکت از ایستاده به سمت حفظ تعادل تک پا در حین انجام حرکت، توانایی غواصان اسکوبا و به میزان کمتری غواصان حبس‌نفس، به شکل چشم‌گیری کاهش می یابد که از جمله علل بروز چنین حالتی می‌توان به ضعف در تعامل داده های سه زیر سیستم حفظ تعادل (حس‌عمقی، گوش داخلی و بینایی) و کاهش سطح اتکا اشاره نمود. نتایج تحقیق حاضر در زمینه تاثیر بی‌وزنی بر تعادل پویا با نتایج تحقیق Cohen و همکاران (۳۰) که به بررسی تغییرات وضعیتی (Postural) و حرکتی تعادل پویا بعد از ماموریت فضایی طولانی مدت پرداختند نیز هم‌راستاست. آزمودنی های پژوهش یاد شده شامل ۱۵ نفر از فضانوردانی بود که به ایستگاه فضایی رفته و پس از ۶ ماه ماموریت، به زمین بازگشته بودند. آزمودنی ها در فاصله پیش از شروع ماموریت و نیز دو تا هفت روز پس از بازگشت به زمین مورد ارزیابی تعادل ایستا از طریق دو آزمون عملکردی حرکتی و آزمون ارزیابی عملکرد حسی قرار گرفته و نتایج حاصل حاکی از کاهش چشم‌گیر توانایی حفظ تعادل ایستا پس از بازگشت به زمین بود (۳۰). همچنین پژوهش های پیشین انجام شده در آزمایشگاه علوم اعصاب ناسا از جمله پژوهش Mulavara و همکاران (۳۱) موید این مهم است که قرارگیری بلند مدت در محیط کم‌جاذبه منجر به کاهش دقت سیستم حسی‌پیکری و در نتیجه کاهش چشم‌گیر توانایی فرد در حفظ تعادل پویا و گام برداشتن، می شود.

کنترل تعادل و حرکت نیازمند مکانیزم های متفاوت و پیچیده ای به منظور حفظ تعادل پویا می باشد. به منظور دستیابی به چنین هدفی، تعامل سه زیر سیستم حس-عمقی، گوش داخلی و نیز بینایی بسیار حیاتی می باشد، چرا که پژوهش ها نشان داده است که اختلال در هر کدام

می‌تواند توانایی انجام حرکت و حفظ تعادل پویا را در انسان کاهش دهد (۱۳). از طرفی تعادل پویا در زمان انجام حرکات بدنی به خصوص در حین راه رفتن و دویدن که خود ذاتا حرکاتی با سطح اتکای بسیار کم می باشد، از اهمیت بالایی برخوردار بوده چرا که ضعف در این مهم می‌تواند منجر به ایجاد خطر و آسیب، از جمله افتادن بشود (۳۲). بنابراین سیستم عصبی مرکزی به منظور ارائه برنامه حرکتی مناسب در برابر اغتشاشات داخلی و محیطی، از روند تطبیق‌پذیری (Adaptive Process) (بدین معنی که مغز در پاسخ به محرک جدید، برنامه حرکتی را اصلاح و تنظیم می‌کند) بهره می‌جوید (۳۲). بنابراین سیستم عصبی برای این منظور نیازمند داده هایی جامع و دقیق از زیر سیستم های حسی می باشد، اما نتایج پژوهش حاضر و نیز پژوهش های انجام شده در محیط کم‌جاذبه نشان داد که سیستم حس‌عمقی دچار اختلال چشم‌گیر شده و در نتیجه نمی‌تواند اطلاعات درستی از بدن در اختیار سیستم عصبی مرکزی قرار دهد. بنابراین احتمالا همین نقص در داده ها و نیز از طرفی سهم بالای داده های حس بینایی در غواصان اسکوبا (یافته‌ی پیشین پژوهش حاضر) منجر به بروز اختلال در حفظ تعادل پویای ایشان شده است. احتمال می رود دلیل عملکرد ضعیف غواصان حبس‌نفس با وجود اینکه از سیستم حسی مطلوبی برخوردار می باشند، در مقابل افراد سالم ناشی از وقوع ضعف عضلانی متعاقب بی‌وزنی بلند مدت باشد. پژوهش ها نشان داده است که افراد در طولانی مدت، به موجب نبود نیروی گرانش یا کاهش چشم‌گیر اثر آن بر بدن، دچار ضعف عضلانی مخصوصا در عضلات ثبات‌دهنده شده و این امر در زمان بازگشت به محیط گرانشی زمین موجب کاهش توانایی ایشان در حفظ تعادل می‌شود (۳۴، ۳۳، ۱۱).

محدویت های پژوهش حاضر شامل کوچک بودن ن مونه های غواص در هر دو گروه و عدم وجود زمان مشخص به منظور جمع‌آوری داده ها بود. عامل موثر در محدودیت نخست، تعداد کم غواصان حبس‌نفس با سابقه بیش‌تر از چهار سال غواصی در ایران (به دلیل نو پا بودن این رشته در کشور) و عدم تمایل به همکاری از طرف تعداد زیادی از غواصان اسکوبا و افراد سالم (به دلیل شیوع بیماری کرونا) بود. دومین محدودیت نیز به دلیل شیوع بیماری کرونا (COVID-19) رخ داد که به جهت حفظ سلامتی آزمودنی ها، از هرکدام در هر زمانی که توانایی همکاری را داشتند، آزمون ها گرفته می شد. با توجه به محدودیت های یاد شده پیشنهاد می شود که تاثیر بی‌وزنی بلندمدت بر محدوده ثبات عملکردی و تعادل پویا حاضر در تعداد بیش‌تری از غواصان و در زمان مشخصی از روز بررسی شود.

یافته های پژوهش‌های حیطه بی‌وزنی و کاهش وزن نشان می دهد که متعاقب اختلال در حس‌عمقی، افراد دچار ضعف در حفظ راستای بدن (Poor Posture) شده و قرار گرفتن در بی‌وزنی می‌تواند توانایی حفظ تعادل افراد را دست‌خوش تغییرات ناخوشایندی کند. پژوهش حاضر نشان داد که غواصان حبس‌نفس و اسکوبا دارای توانایی حفظ محدوده ثبات عملکردی مطلوبی می باشند اما غواصان اسکوبا با افزایش نیاز حرکتی در حفظ تعادل خویش با مشکل بیش‌تری در مقایسه با غواصان حبس نفس مواجه می شوند. لذا با توجه به تفاوت مشهود دو گروه غواص که حاکی از توانایی حفظ تعادل مناسب تر در غواصان حبس‌نفس و در مقابل وجود مشکل در حفظ تعادل در غواصان اسکوبا است، و همچنین تفاوت بارز میان افراد غیر غواص و هر دو گروه غواص، به نظر می رسد که بهتر باشد برنامه های تمرینی را با هدف حفظ و بهبود تعادل، به برنامه عملکردی این غواصان افزوده شود.

سپاسگزاری

پژوهشگران مطالعه حاضر از تمامی آزمودنی ها که حداکثر همکاری را در انجام تحقیق به عمل آوردند کمال تقدیر و تشکر را دارند. و قابل ذکر است که این مقاله، حاصل بخشی از رساله دکتری گرایش آسیب شناسی ورزشی – امدادگری، با کد اخلاق IR.SSRI.REC.1399.867 می باشد که در پردیس بین‌المللی کیش دانشگاه تهران انجام شد.

منابع

1. Bowen RL. The Pearl Fisheries of the Persian Gulf. Middle East Journal 1951; 5(2): 161-180.

2. Lindholm P, Lundgren CE. The physiology and pathophysiology of human breath-hold diving. J Appl Physiol 2009; 106(1): 284-292.

3. Kim MY, Choi S, Kim WJ. Health Status of Haenyeo Who Visited the Emergency. International Journal of Bio-science and Bio-technology 2015; 7(6): 33-40.

4. Kim MY, Choi S, Kim WJ. Health Status of Haenyeo Who Visited the Emergency. International Journal of Bio-science and Bio-technology 2015; 7(6): 33-40.

5. Shahnavazi M, Salari B, Fekrazad R. The Effect of Scuba Diving on Microleakage of a Class II Composite Restoration: An In-Vitro Study. InHealthcare 2021; 9(6): 768.

6. Lindholm P. Loss of motor control and/or loss of consciousness during breath-hold competitions. Int J Sports Med 2007; 28(4): 295-309.

7. Malou Strandvad S, Davis TC. The Disappearing Act :Geometries of free-diving. Performance Research 2016; 21(2): 125-37.

8. Ridgway L, McFarland K. Apnea diving: long-term neurocognitive sequelae of repeated hypoxemia. Clin Neuropsychol 2006; 20(1): 160-76.

9. Ostrowski A, Strzała M, Stanula A, Juszkiewicz M, Pilch W, et al. The role of training in the development of adaptive mechanisms in freedivers. J Hum Kinet 2012; 32: 197-210

10. Dalecki M, Dräger T, Mierau A, Bock O. Production of finely graded forces in humans: effects of simulated weightlessness by water immersion. Exp Brain Res 2012; 218(1): 41-47

11. Money KE, Cheung BS. Alterations of proprioceptive function in the weightless environment. J Clin Pharmacol 1991; 31(10): 1007-1009.

12. Hilbig R, Gollhofer A, Bock O, Manzey D. Sensory Motor and Behavioral Research in Space. Springer International Publishing; 2017.

13. Koohboomi M, Norasteh AA, Samami N. Effect of yoga training on balance in elderly women. J Kermanshah Univ Med Sci 2015; 19(1): 1-8.

14. Glass SM, Rhea CK, Wittstein MW, Ross SE, et al. Changes in Posture Following a Single Session of Long-Duration Water Immersion. J Appl Biomech 2018: 1-7.

15. Bock O. Joint position sence in simulated changed-gravity environment. Aviat Space Environ Med. 1994; 65(7): 621-626.

16. Daleki M, Bock O. Changed Joint position sense and muscle activity in simulated wieghtlessness by water immersion. Aviat Space Environ Med 2013; 84(2): 110-115.

17. Parkhurst TM, Burnett CN. Injury and proprioception in the lower back. J Orthop Sports Phys Ther 1994; 19(5): 282-295.

18. Strzalkowski ND, Lowrey CR, Perry SD, Williams DR, et al. Selective weighting of cutaneous receptor feedback and associated balance impairments following short duration space flight. Neurosci Lett. 2015; 592: 94-98.

19. Pinsault N, Fleury A, Virone G, Bouvier B, et al. Test-retest reliability of cervicocephalic relocation test to neutral head position. Physiother Theory Pract 2008; 24(5):380-391.

20. Vuillerme N, Pinsault N, Bouvier B. Cervical joint position sense is impaired in older adults. Aging Clin Exp Res 2008; 20(4): 355-358.

21. Roren A, Mayoux-Benhamou M-A, Fayad F, Poiraudeau S, et al. Comparison of visual and ultrasound based techniques to measure head repositioning in healthy and neck-pain subjects. Man Ther 2009; 14(3): 270-277.

22. Chen X, Treleaven J. The effect of neck torsion on joint position error in subjects with chronic neck pain. Man Ther 2013;18(6):562-567.

23. Clark NC, Röijezon U, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: clinical assessment and intervention. Man Ther 2015; 20(3): 378-387.

24. Schwiertz G, Beurskens R, Muehlbauer T. Discriminative validity of the lower and upper quarter Y balance test performance: a comparison between healthy trained and untrained youth. BMC Sports Sci Med Rehabil 2020; 12(1): 73.

25. Alshehre Y, Alkhathami K, Brizzolara K, Weber M, Wang-Price S. Reliability and Validity of the Y-balance Test in Young Adults with Chronic Low

Back Pain. Int J Sports Phys Ther 2021; 16(3): 628-635.

26. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. J Gerontol 1990; 45(6): M192-M197.

27. Takahashi T, Ishida K, Yamamoto H, Takata J, et al. Modification of the functional reach test: analysis of lateral and anterior functional reach in community-dwelling older people. Arch Gerontol Geriatr 2006; 42(2): 167-173.

28. Duncan PW, Studenski S, Chandler J, Prescott B. Functional reach: predictive validity in a sample of elderly male veterans. J Gerontol 1992; 47(3): M93-8.

29. Tanaka R, Ishikawa Y, Yamasaki T, Diez A. Accuracy of classifying the movement strategy in the functional reach test using a markerless motion capture system. J Med Eng Technol. 2019; 43(2): 133-138.

30. Carriot J, Jamali M, Cullen KE. Rapid adaptation of multisensory integration in vestibular pathways. Front Syst Neurosci 2015; 9: 59.

31. Cohen HS, Kimball KT, Mulavara AP, Bloomberg JJ, et al. Posturography and locomotor tests of dynamic balance after long-duration spaceflight. J Vestib Res. 2012; 22(4): 191-196.

32. Mulavara AP, Feiveson AH, Fiedler J, Cohen H, et al. Locomotor function after long-duration space flight: effects and motor learning during recovery. Exp Brain Res 2010; 202(3): 649-659.

33. Buurke TJ, Lamoth CJ, Vervoort D, van der Woude LH, et al. Adaptive control of dynamic balance in human gait on a split-belt treadmill. J Exp Biol. 2018; 221(Pt 13): jeb174896.

34. Thornton W, Bonato F. The Human Body and Weightlessness: Operational Effects, Problems and Countermeasures: Springer; 2017.

35. Macaulay TR, Peters BT, Wood SJ, Clément GR, et al. Developing Proprioceptive Countermeasures to Mitigate Postural and Locomotor Control Deficits After Long-Duration Spaceflight. Front Syst Neurosci 2021; 15: 658985.