مقایسه تاثیر مکمل‌های کربوهیدرات و کربوهیدرات-پروتئین بر عملکرد و برخی از شاخص‌های ایمنی طی فعالیت‌های تناوبی فوتبال

هادی قائدی[۱]، محمد فرامرزی[۲]، علی خازنی*[۳]، غلامرضا امانی[۴]، احسان امیرحسینی[۵]

۱- مربی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لامرد

۲- استادیار دانشگاه شهرکرد

۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

۴- کارشناسی ارشد مدیریت ورزشی، دانشگاه چمران اهواز

۵- کارشناسی ارشد تربیت بدنی، آموزش و پرورش شیراز

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۸/۲۳ **تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۱۰/۲۵**

چکیده

هدف پژوهش: هدف اصلی این مطالعه مقایسه تاثیر مکمل‌های کربوهیدرات و کربوهیدرات-پروتئین بر عملکرد و برخی از شاخص‌های ایمنی طی فعالیت‌های تناوبی فوتبال بود. **روش‌شناسی:** ۲۴ فوتبالیست مرد منتخب باشگاهی (میانگین سنی ۴/۷±۲۰/۴۸سال، قد ۷/۱±۱۶۵/۵سانتی‌متر، وزن ۶/۸±۶۵/۶۶ کیلوگرم، شاخص توده بدن ۱/۶۸±۲۰/۷۷ کیلوگرم مترمربع و حداکثر اکسیژن مصرفی ۴/۶۲±۶۳/۴ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) بصورت هدفمند انتخاب و بطور مساوی در سه گروه نوشیدنی کربوهیدراتی(CHO)، نوشیدنی کربوهیدرات-پروتئین (CHO-PRO) و دارونما (P) تقسیم شدند. فعالیت‌های تناوبی شامل ۲۴ وهله آزمون تعدیل شده اکبلوم یا فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز فوتبال بود که به دو نیمه تقسیم شد. در انتهای هر وهله فعالیت از پرسشنامه درک فشار(RPE) بورگ و ضربان قلب جهت بررسی شدت فعالیت استفاده شد. آزمودنی‌ها پیش، در حین و ۱ ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی نوشیدنی مصرف کردند. گروه CHO ۶۰ گرم کربوهیدارت، گروه CHO-PRO ۶۰ گرم کربوهیدارت+۱۸گرم پروتئین و گروه P آسپارتام در یک لیترآب مصرف کردند. پیش از فعالیت، بلافاصله، ۱ و ۲۴ ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز خون‌گیری وریدی بعمل آمد و تعداد سلول‌های ایمنی، هورمون کورتیزول، CRP و اینترلوکین-۶ خون اندازه‌گیری شد. **نتایج:** یافته‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنادار در RPE انتهای نیمه دوم، IL-6، لکوسیت‌ها و نوتروفیل‌های نمونه خون بلافاصله و ۱ ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO و CHO نسبت به P بود (P≤۰/۰۵)؛ در حالی‌که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های نوشیدنی Pro-Cho و Cho بدست نیامد. هم‌چنین افزایش معنادار در IL-6، کورتیزول، لکوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها و لنفوسیت‌های نمونه خون بلافاصله و ۱ ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی و CRP نمونه خون ۲۴ ساعت فعالیت‌های تناوبی گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO، CHO و P نسبت به پیش از فعالیت یا مرحله استراحت مشاهده شد(P≤۰/۰۵). **نتیجه‌گیری:** نتیجه این که مصرف یک وهله‌ای ترکیب کربوهیدرات با پروتئین پیش، در حین و ۱ ساعت پس از فعالیت، تاثیر معنی‌داری بر RPE و شاخص‌های ایمنی ناشی از فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز فوتبال نسب به مصرف کربوهیدرات بتنهایی ندارد، اگرچه هر دو گروه مکمل نسبت به گروه دارونما، کاهش در RPE و تغییر مثبت در برخی از شاخص‌های ایمنی را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: مکمل کربوهیدرات، مکمل کربوهیدرات-پروتئین، شاخص‌های ایمنی، التهاب، فعالیت‌های تناوبی، درک فشار، بازیکنان فوتبال

* **نویسنده مسئول:** علی خازنی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

E-Mail: khazaniali@gmail.com

A comparison of the effects of Carbohydrate and Carbohydrate-Protein supplements on Performance and Selected Immune markers during intermittent soccer activities

Abstract

Background and Aim: The main purpose of this study a comparison of the effects of Carbohydrate and Carbohydrate-Protein supplements on Performance and Selected Immune markers during intermittent soccer activities. **Materials and Methods**: Towenty four soccer players of super clubs (age 20.48±4.7 year, height 165.5±7.1cm, weight 65.66±6.8 kg, BMI 20.77±1.68 (kg/m^2), and Vo_{2max} 63.4±4.62 ml. kg^{-1}. min) selected and divaided into 3 groups as a carbohydrate (CHO), carbohydrate-protein (CHO-PRO) and placebo (P). Intermittent activities included 24 trials of modified Ekblom tests or activities of soccer simulation, that divaided in two parts. At the end of each trial to monitor intensity of activites, Rating of Perceived Exertion (RPE), Borg scale and heart rat were checked. Subjects ingested drinks before, during and 1 hour after intermittent activities. CHO group 60g carbohydrate, group 60g carbohydrate+18g protein and Placebo group some Aspartame ingested in 1 liter water. Blood samples were collected before (baseline), immediately, 1 and 24 hour after intermittent activities. Immune cells, Cortisol hormone, C-reactive protein (CRP) and interleukin-6 (IL-6) levels were measured each time. **Results**: The results showed significant differences in RPE at the end of the second part of the soccer simulation activites, IL-6 level, Leukocyte and Neutrophil counts, immediately and 1 hour after intermittent activities of CHO and CHO-PRO groups compared to placebo group ($p\leq0.05$). Any significant difference between CHO and CHO-PRO group was not. Also an increased in IL-6 level, Cortisol, Leukocyte, Neutrophil and Lymphocyte counts immediately and 1 hour after intermittent activities and CPR from 24 hours after intermittent activities in CHO-PRO, CHO and P compared to baseline. **Conclusion**: The results of this study indicate that acute ingestion of carbohydrate with additional protein before, during and 1 hour after intermittent activities of soccer simulation does not attenuate Immune markers and RPE than when the carbohydrate was ingested alone. Although, both CHO-PRO and CHO groups compared to P group decrease in RPE and positive alternation at some Immune markers were observed.

Key words: carbohydrate, carbohydrate-protein, Immune markers, inflammation, RPE, intermittent activities, soccer player

مقدمه

آنالیز بازی فوتبال نشان داد که بازیکنان فوتبال مسافتی حدود ۱۰ کیلومتر را با ۷۰ تا ۸۰ درصد اکسیژن مصرفی حداکثر انجام می‌دهند؛ همچنین ۱۴۰۰ تغییر در شدت فعالیت دارند. فعالیت طولانی مدتی با این شدت وابسته به گلیکوژن و سوبستراهای متابولیکی است همچنین فاصله بین دو نیمه فوتبال زمانی مناسب برای مصرف نوشیدنی یا تغذیه است (۱،۲،۳،۴). تخلیه گلیکوژنی با خستگی در طی فعالیت‌های ورزشی شدید همراه است (۵،۶). بازیکنان فوتبال از نوشیدنی در فرصت‌های ایجاد شده در طی بازی جهت جلوگیری از خستگی ناشی از آب‌زدایی استفاده می‌کنند. نوشیدنی کربوهیدراتی علاوه بر جلوگیری از اثرات آب‌زدایی باعث بهبود عملکرد و کاهش خستگی در طول دویدن‌های تناوبی شدید شده است (۳،۵). برخی از پژوهش‌ها نیز بهبود در عملکرد بازیکنان فوتبال را گزارش کردند (۵،۷،۸)، هرچند که پژوهش‌های وجود دارد که نتایج مثبتی بدست نیاوردند (۳،۹).

بیشتر مطالعات بهبود عملکرد را طی مصرف ترکیبی کربوهیدرات با پروتئین نسبت به کربوهیدرات را طی فعالیت‌های استقامتی و نیمه استقامتی طولانی مدت را گزارش کردند (۱۰،۱۱). مطالعات اخیر نیز به بررسی تاثیر مصرف کربوهیدرات بر بهبود عملکرد طی فعالیت‌های تناوبی شبیه‌سازی شده فوتبال پرداختند که نتایج متفاوتی را گزارش کردند (۱،۳،۵،۷)، هرچند پروتئین در مقایسه با کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها می‌تواند نقش کوچکی در تولید انرژی (۵ تا ۱۰ درصد) ایفا کند، اما در عین حال این نسبت در حالت تخلیه گلیکوژنی افزایش می‌یابد و موثر واقع می‌شود (۱۰،۱۱،۱۲). درحالی که پژوهشی که تاثیر مصرف ترکیبی کربوهیدرات با پروتئین را بر عملکردهای تناوبی فوتبالیست‌ها بررسی کرده باشد، وجود ندارد.

یکی از فرایندهای که بوسیله استرس اکسایشی ایجاد می‌شود، التهاب است. فعالیت‌های تناوبی شدید ورزش‌های تیمی استرس اکسایشی و پاسخ‌های التهابی سایتوکاین‌های مانند اینترلوکین-۶ (IL-6)[1] را افزایش می‌دهد (۳،۱۳). برخی از مشاهدات حاکی از کاهش پاسخ‌های التهابی طی مصرف آنتی‌اکسیدانت‌ها و مکمل کربوهیدرات است (۳،۱۴)؛ اگرچه بی‌شاپ و همکاران[2] (۲۰۰۲) نشان دادند مصرف یک وهله‌ای کربوهیدرات طی ۹۰ دقیقه فعالیت

[1] Interleukin-6

[2] Bishop et al.

تناوبی باعث افزایش IL-6 می‌شود (۱۵). براین اساس فرضیه افزایش IL-6 درپاسخ به بحران انرژی از عضله در حال انقباض بیان شد (۱۵،۱۶،۱۷)؛ مطالعات زیادی نشان داده‌اند مصرف کربوهیدرات، با کاهش میزان رهایی کورتیزول می‌تواند سرکوب سیستم ایمنی پس از فعالیت ورزشی را کمتر نماید. نتایج این تحقیقات نشان داده‌اند در مقایسه با گروهی که دارونما مصرف کرده‌اند، دریافت کربوهیدرات هنگام فعالیت ورزشی تداومی بلندمدت به کاهش پاسخ کورتیزول و اختلال کمتر در سلول‌های ایمنی منجر می‌شود (۲،۱۸،۱۹،۲۰). برخی از پژوهشگران مصرف گلوتامین، اسیدهای امینه و پروتئین را پس از فعالیت ورزشی سنگین را بر عملکرد سیستم ایمنی و کاهش خطر عفونت‌های تنفسی فوقانی را مفید دانستند (۲،۲۱)، در حالی که برخی پژوهشگران عدم سوددهی را گزارش کردند (۱۰،۲۱). با این حال، بیشتر تحقیقات به موضوع تاثیر مصرف مکمل کربوهیدرات بر پاسخ ایمنی به فعالیت‌های ورزشی بلند مدت تداومی (معمولاً با بار ثابت) توجه کرده‌اند (۱۰،۱۱،۱۹،۲۰). مطالعات مختلف بیشتر از دوچرخه سواری یا دویدن‌های بلند مدت بر روی نوار گردان، افزایش کربوهیدرات در دسترس را در افزایش عملکرد شاخص‌های ایمنی و التهابی سودمند گزارش کردند (۱۹،۲۰،۲۳،۲۴). هرچند تعداد قابل توجهی از ورزشکاران در رشته‌های ورزشی چند سرعته مانند فوتبال، بسکتبال، هاکی و ... شرکت می‌کنند که آنها شدت فعالیت ورزشی و هزینه انرژی با وهله کوتاه افزایش شتاب، جابه جایی‌های سریع، چرخش و پرش افزایش می‌یابد (۲،۳،۶). با این حال تحقیقات بسیار اندکی تاثیر نوشیدنی‌های کربوهیدرات و کربوهیدرات-پروتئین بر پاسخ ایمنی به فعالیت‌های تناوبی که ویژگی اغلب ورزش‌های تیمی است، پرداخته‌اند (۳،۱۵،۲۱).

یکی از ویژگی‌های پژوهش حاضر فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز فوتبال می‌باشد. مطالعات پژوهشی اخیر بر استفاده از پروتکل‌های تمرینی که اصل ویژگی تمرینی و قابلیت تعمیم فعالیت‌های اجرا را داشته باشند، تاکید دارند و سعی بر شبیه‌ساز فعالیت در رشته‌های مختلف ورزشی داشته‌اند (۱،۳،۵،۷،۲۵). در پژوهش حاضر نیز از فعالیت‌های شبیه‌ساز فوتبال استفاده شده است که از لحاظ شدت، مدت و مسافت اجرا مشابه یک بازی فوتبال می‌باشد (۴) و از مهارت‌های ویژه فوتبال در حین فعالیت استفاده شده است و فعالیت‌های تناوبی شامل اجرای مهارت‌های مختلف فوتبال مانند دویدن با توپ، دویدن سریع، جاگینگ، ضربه شوت به دروازه، پاس، دریبل و ضربه سر زدن می‌باشد (۷،۲۵). بر این اساس هدف اصلی پژوهش حاضر مقایسه تاثیر مکمل‌های کربوهیدرات و کربوهیدرات-پروتئین بر عملکرد و برخی از شاخص های ایمنی طی فعالیت‌های تناوبی فوتبال می‌باشد.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش به صورت نیمه تجربی با طرح تحقیق اندازه گیری های مکرر می‌باشد. جامعه آماری تحقیق شامل بازیکنان فوتبال منتخب باشگاهی بودند. که تعداد ۲۴ مرد فوتبالیست به صورت نمونه‌گیری در دسترس (هدفمند) انتخاب شدند. پس از انتخاب آزمودنی‌ها، ابتدا موضوع تحقیق، هدف و روش اجرای آن و همین طور کاربردها و خطرات احتمالی که برای آنها در پی دارد به آگاهی آنها رسید. سپس آزمودنی‌ها داوطلبانه رضایت نامه کتبی برای شرکت در مراحل پژوهش را امضا کردند. پس از آن از طریق پرسشنامه وضعیت و تاریخچه سلامتی آنها در چند ماه گذشته مورد بررسی قرار گرفت.

یک جلسه قبل از شروع آزمون‌گیری، حداکثر اکسیژن مصرفی (Vo_{2max}) بازیکنان بوسیله آزمون کوپر و مشخصات فردی و ترکیب بدنی با استفاده از دستگاه تجزیه ترکیب بدنی[1] (مدل Olympia-3.03 PLUS ساخت کشور کره جنوبی) اندازه‌گیری شد. همچنین آزمون تعدیل شده اکبلوم یا فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز فوتبال آموزش داده شد. ۲روز بعد آزمودنی‌ها ساعت ۷،۳۰ صبح پس از یک دوره ۸ تا ۱۲ ساعتی عدم مصرف هرگونه مواد غذایی در زمین چمن حاضر شدند و در حالت ناشتای خون وریدی پایه اندازه‌گیری شد. ۱۵ دقیقه پس از مصرف یک صبحانه سبک و استاندارد (۲۳گرم ،۴گرم چربی و ۳گرم پروتئین)، آزمودنی‌ها با توجه به آمادگی جسمانی (Vo_{2max}) بصورت مساوی در سه گروه نوشیدنی تقسیم شدند. آزمودنی‌ها پیش، در حین و ۱ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی نوشیدنی مصرف کردند. گروه CHO ۶۰گرم کربوهیدارت، گروه CHO-PRO ۶۰گرم کربوهیدارت+۱۸گرم پروتئین و گروه P آسپارتام در یک لیترآب مصرف کردند. (۱۱).

[1] Body composition Analyzer

پروتکل به صورت یک سویه کور[1] (پژوهشگر در جریان تفاوت‌های نوشیدنی بود) انجام گرفت اگرچه افراد رکوردگیر و ورزشکاران در جریان تفاوت‌های نوشیدنی نبوده و استفاده از نوشیدنی‌ها در هر گروه بصورت تصادفی توسط رکوردگیر انجام گرفت.

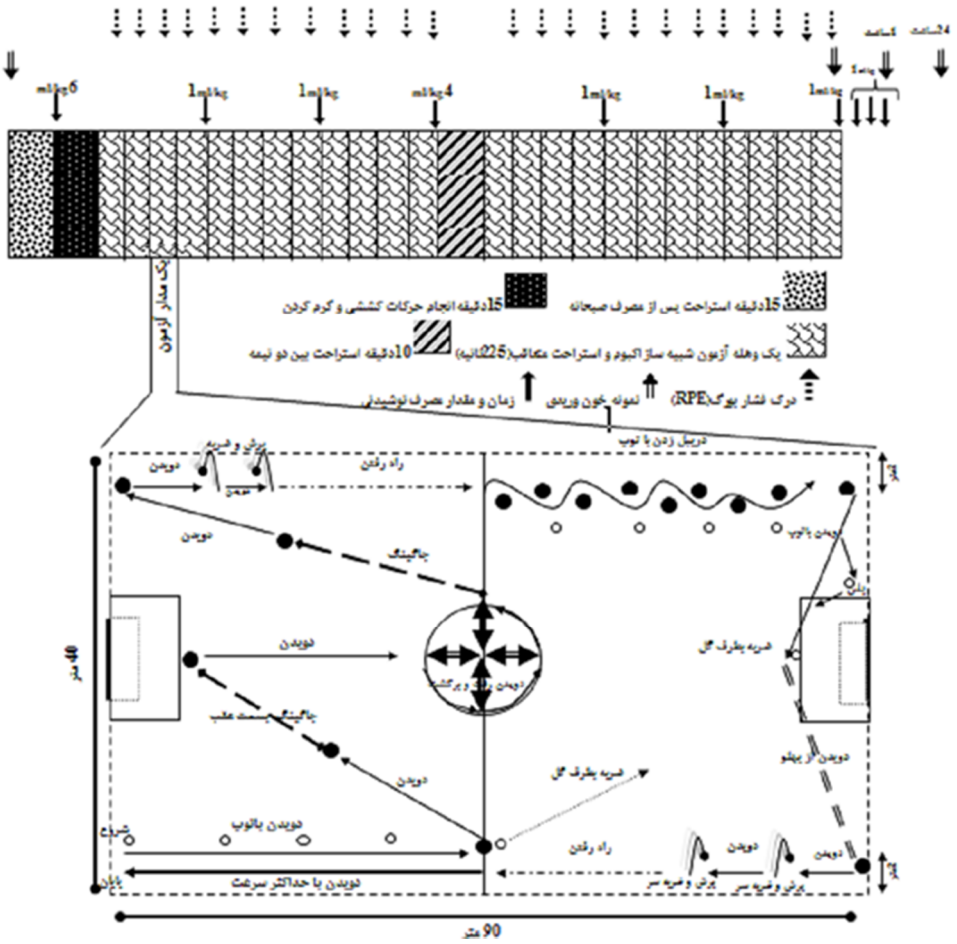
۱۵دقیقه پس از مصرف صبحانه استاندارد ۶ میلی‌لیتر بر کیلوگرم نوشیدنی مصرف کردند، در انتهای وهله‌های ۴، ۸، ۱۶، ۲۰ و۲۴، ۱ میلی‌لیتر بر کیلوگرم نوشیدنی و در انتهای وهله ۱۲ (به‌عنوان انتهای نیمه اول) ،۴میلی‌لیتر بر کیلوگرم نوشیدنی مصرف کردند. همچنین در انتهای دقایق ۱۵، ۴۵ و ۶۰ پس از فعالیت نیز، ۱ میلی‌لیتر بر کیلوگرم نوشیدنی مصرف نمودند (۷) (شکل۱). مکمل مصرفی کربوهیدرات شامل کربومس ۱ (حاوی نسبت ایده‌آلی از قندهای ساده گلوکز و فروکتوز و کربوهیدرات‌های پیچیده) و پروتئین شامل ایزو وی (۹۲درصد پروتئین خالص وی[2]) ساخت شرکت غذایی کانادایی مس گلوبال[3] و بسته‌بندی توسط شرکت PNC یا پویان ایران بودند که دارای مجوز رسمی از وزارت بهداشت و درمان هستند.

فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز فوتبال شامل ۲۴ وهله آزمون‌های تناوبی تعدیل شده اکبلوم بود که به دو نیمه تقسیم شد. که از توپ در مسیر این آزمون استفاده شده است (دویدن بسمت عقب و جلو، پابکس به پهلو، دویدن سریع، جاگینگ، دریبل، پاس، ضربه زدن به طرف دروازه و ضربه سر). فعالیت‌های تناوبی داخل زمین چمن با حدود۸۰ تا۹۰ درصد ضربان بیشینه بود (۷،۲۵) (شکل۱). جهت همگنی آزمودنی‌ها براساس حداکثر اکسیژن مصرفی بصورت هدفمند به سه گروه نسبتاً مشابه تقسیم شدند همچنین آزمودنی‌ها بصورت گروه‌های ۳ نفری همگن فعالیت‌های تناوبی را اجرا می‌کردند و استفاده از نوشیدنی‌ها بصورت تصادفی توسط رکوردگیر به آزمودنی‌ها ارائه شده بود، زمان در نظر گرفته شده جهت اجرای یک وهله آزمون تعدیل‌شده اکبلوم ۳ دقیقه و ۴۵ ثانیه (۲۲۵ ثانیه) بود. پس از اجرای هر وهله با شدت فوق و بر اساس پروتکل تمرینی شکل ۱، زمان اضافی را استراحت کردند. در انتهای هر وهله فعالیت تعدیل‌شده اکبلوم یا فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز فوتبال از پرسشنامه درک فشار[4] (RPE) بورگ و ضربان قلب جهت بررسی شدت فعالیت استفاده شد (۲۶) (شکل۱). پیش از فعالیت، بلافاصله ۱و ۲۴ ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز مقدار ۷ میلی‌لیتر خون سیاهرگی با استفاده از لوله‌های استریل شده حاوی ماده ضد انعقاد (EDTA) گرفته شد و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال و تعداد سلول‌های ایمنی (لکوسیت، نوتروفیل و لنفوسیت) با دستگاه شمارش‌گر سلولی میندرای (ساخت آمریکا) و به شیوه اچ-اوان[5] اندازه‌گیری شد و هورمون کورتیزول با کیت آی بی ال[6] (ساخت آلمان) با روش الآیزا[7]، برای سنجش CRP از کیت شرکت پارس آزمون به روش ایمنوتوربیدیمتریک و میزان اینترلوکین-۶ نیز به روش الآیزا با کیت ای بیوسنس[8] آمریکا با حساسیت ۰/۰۳ پیکوگرم در میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. همچنین پس از اجرای پروتکل تمرینی و خون‌گیری، در ساعت ۵، ۱۲تا ۱۳همه آزمودنی‌ها از یک نوع ناهار مشابه استفاده کردند و شب قبل از آزمون‌گیری و شب ۲۴ ساعت پس از آن نیز از سفارش شده از غذایی نسبتاً سبک و استاندار مصرف نمایند همچنین هر کدام از آزمودنی‌ها خواسته شده تغذیه مصرفی روزانه خود را در طی پژوهش یادداشت کرده و تحویل دادند.

با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف از طبیعی بودن جامعه اطمینان حاصل شد. اطلاعات بدست آمده براساس میانگین و انحراف استاندارد دسته بندی و توصیف شدند. جهت بررسی همگنی و کنترل تفاوت‌ها سطوح پایه متغیرها و تغییرات RPE درنیمه اول و دوم از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه[9] و تعقیبی توکی[10] استفاده شد. برای ارزیابی تغییرات ایجاد شده در متغیرها و تعامل آنها از تحلیل واریانس دو طرفه[11] با اندازه‌گیری مکرر[12] (۳×۴) و جهت تعیین تغییرات زمانی در هر گروه از روش اندازه گیری مکرر با تصحیح LSD استفاده شد. درصورت معنادار بودن مقدار F از آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه بین

---

[1] Single Blind
[2] Whey
[3] Mass Global Nutrition
[4] Rating of Perceived Exertion (RPE)
[5] H-1
[6] IBL
[7] Enzym-linked immunoabsorbent assay (ELISA)
[8] eBiosience
[9] One-way analysis of variance (ANOVA)
[10] Post hoc Tukey's test
[11] Two-way
[12] Repeated-measures ANOVA



شکل ۱. پروتکل فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز فوتبال (آزمون اکبلوم تعدیل شده) و نحوۀ خون‌گیری و مکمل‌سازی

گروهی و زمان‌های متفاوت استفاده گردید. در صورت معنی‌داری کرویت مخلی، تصحیح اپسیلون گرین هاوس ارائه شد. همچنین از آزمون تحلیل کواریانس جهت تعدیل سطوح پایه نیز استفاده شد که با نتایج تحلیل کواریانس[1] مشابه بود که تحلیل واریانس یک‌طرفه گزارش شد. یافته‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ ($P<۰/۰۵$) بررسی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام شد.

نتایج و یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از تحلیل واریانس دوطرفه نشان‌دهنده عدم تعاملی بین زمان خونگیر و نوشیدنی‌های مصرفی بود در حالی که تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی (تفاوت بین گروهی) نشان‌دهنده افزایش معنادار در میزان درک فشار (RPE) انتهای نیمه دوم فعالیت‌های تناوبی گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO و CHO نسبت به P بود (بترتیب $P=۰/۰۰$، $P=۰/۰۳$). افزایش معنادار در میزان IL-6، لکوسیت‌ها و نوتروفیل‌های نمونه خون بلافاصله (بترتیب $P=۰/۰۳$، $P=۰/۰۲$، $P=۰/۰۳$) و ۱ساعت (بترتیب $P=۰/۰۴$، $P=۰/۰۳$، $P=۰/۰۳$) پس از فعالیت‌های تناوبی گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO نسبت به دارونما مشاهده شد؛ هم‌چنین افزایش معنادار در میزان IL-6، لکوسیت‌ها و نوتروفیل‌های نمونه خون بلافاصله (بترتیب $P=۰/۰۲$، $P=۰/۰۱$، $P=۰/۰۲$) و ۱ساعت (بترتیب $P=۰/۰۳$، $P=۰/۰۲$، $P=۰/۰۲$) پس از فعالیت‌های تناوبی گروه‌های نوشیدنی CHO نسبت به دارونما بدست آمد؛ در حالی که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO و CHO بدست نیامد (جدول ۲).

نتایج حاصل از آزمون‌های مکرر با تصحیح LSD هر گروه (درون گروهی) نشان‌دهنده افزایش معنادار در IL-6، هورمون کورتیزول، لکوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها و لنفوسیت‌های نمونه خون بلافاصله و ۱ ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی و CRP نمونه خون ۲۴ ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO ، CHO و P نسبت به پیش

[1] Analysis of covariance (ANCOVA)

از فعالیت یا مرحله استراحت بود (P≤۰/۰۵)؛ در حالی که تغییرات معنی‌داری در متغیرهای دیگر گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO ، CHO و P بدست نیامد.

بحث

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده کاهش معنادار در میزان درک فشار (RPE) انتهای نیمه دوم فعالیت‌های تناوبی گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO و CHO نسبت به P بود؛ در حالی که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های CHO-PRO و CHO بدست نیامد. میزانRPE بعنوان شاخصی جهت برآورد فشار یا عملکرد ورزشکاران طی فعالیت‌های ورزشی مختلف استفاده می‌شود (۱۳). پژوهش‌های کورل و همکاران[1] (۲۰۰۹)، علی اجمل و همکاران[2] (۲۰۰۷)، وینیک و همکاران[3] (۲۰۰۵) و ولش و همکاران[4] (۲۰۰۲) بهبود در اجرا طی مصرف کربوهیدرات نسبت به دارونما یا آب را گزارش کردند (۵،۷،۸،۲۳). در حالی که ابی و همکاران[5] (۲۰۰۹)، کلارک و همکاران[6] (۲۰۰۵) و موریس و همکاران[7] (۲۰۰۳) تغییرات معنی‌داری مشاهده نکردند (۳،۹،۲۷).

ابی و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر معنی‌داری در زمان تکرارها طی شبیه‌سازی فوتبال بدست نیاوردند عدم تاثیر معنادار در عملکرد را به میزان و تکرارهای اندک مصرف نوشیدنی نسبت داده‌اند (۳). اغلب ورزشکاران استقامتی و نیمه استقامتی از غلظت حجمی ۶ تا ۱۵ درصدی کربوهیدرات در محلول‌های مصرفی خود استفاده کردند (۱۰،۱۱،۲۸، ۲۹). کاملاً روشن است که اگر بلافاصله پس از ورزش کربوهیدرات مصرف نشود، عضلات قادر نخواهند بود ذخایر گلیکوژنی خود را به‌طور کامل ترمیم کنند. این بدان معنا است که انرژی کمتری برای مسابقه یا تمرین بعدی در دسترس خواهد بود (۱۱).

[1] Currell et al.
[2] Ali Ajmol et al.
[3] Winnick et al.
[4] Welsh et al.
[5] Abbey et al.
[6] Clarke et al.
[7] Morris et al.

جدول۱. اطلاعات آنتروپومتریکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها (داده‌ها به صورت M±SD هستند)

گروه / متغیر	کربوهیدرات-پروتئین	کربوهیدرات	دارونما	ارزش P
سن (سال)	۲۰/۱±۴/۹۴	۲۰/۶۶±۴/۰۸	۲۰/۴±۵/۶۵	۰/۱۸
وزن (Kg)	۶۳/۴۳± ۵/۰۰	۶۷/۸۷ ±۸/۱۲	۶۶/۱±۹/۷	۰/۱
قد (cm)	۱۷۲/۶۶±۶/۳۶	۱۷۳/۱۶±۶/۰۴	۱۵۸/۶۶±۸/۵	۰/۰۳
BMI	۲۱/۲۵±۲/۵	۲۲/۰۸±۳/۸	۲۰/۲۵±۴/۵	۰/۰۹
Vo_{2max} ($ml.Kg^{-1}.min$)	۶۲/۴±۴/۳	۶۱/۸۴±۴/۴	۶۲/۵±۴/۹	۰/۶۴
میزان چربی (درصد)	۱۰/۴۵±۳/۸	۱۰/۸±۴/۸	۱۱/۲۵±۴/۱۲	۰/۱

جدول ۲. مقایسه ضربان قلب و فشار نیمه اول و دوم فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز فوتبال

گروه	متغیر	انتهای نیمه اول	انتهای نیمه دوم
		میانگین±انحراف معیار	میانگین±انحراف معیار
کربوهیدرات-پروتئین	ضربان قلب (در دقیقه)	۱۶۲/۹±۱۰/۴	۱۶۸/۷۵±۱۰/۴
کربوهیدرات	ضربان قلب (در دقیقه)	۱۶۳/۲۲±۹/۵	۱۷۰/۳۴±۱۱/۴
دارونما	ضربان قلب (در دقیقه)	۱۶۶/۸±۱۱/۸	۱۷۵/۸±۱۳/۴
کربوهیدرات-پروتئین	درک فشار (RPE)	۱۳/۹۵± ۰/۹۱	۱۵±۱/۳۷*
کربوهیدرات	درک فشار (RPE)	۱۴±۱/۰۸	۱۶/۱±۱/۸۸*
دارونما	درک فشار (RPE)	۱۵/۱±۲/۱۸	۱۷/۵±۳/۸۱

* علامت تفاوت معنادار نسبت به گروه دارونما

مصرف کربوهیدرات با افزایش میزان قند خون و اکسیداسیون قندی، بازده گلوکز کبدی را کاهش می‌دهد و متعاقباً تخلیه گلیکوژنی کبد و عضلات را به تاخیر انداخته و نقش مهمی بر افزایش عملکردهای ورزشکاران و جلوگیری از خستگی آنها خواهد شد. علاوه بر این با افزایش حساسیت انسولینی میزان گلوکز جذبی عضلات افزایش می‌یابد. هم‌چنین افزایش در غلظت انتقال دهنده‌های گلوکز از غشاء پلاسمایی عضلات مطرح شده است (۲،۳،۴،۹). مکانیزم جذب گلوکز بوسیله فعالیت مکانیزم انتقال‌دهنده گلوکز (Glut4) صورت می‌گیرد. Glut4 بوسیله تعدادی از سیگنال‌های درون سلولی مرتبط با کلسیم که بوسیله نورون‌های حرکتی و فعالیت‌های متابولیکی تولید انرژی تحریک می‌شود، تنظیم می‌شود (۱). برخی از پژوهش‌ها نیز نقش هیدراسیونی نوشیدنی‌های کربوهیدرات – پروتئین را شبیه یا بهتر از نوشیدنی‌های کربوهیدرات ذکر کردند (۳). همچنین ممکن است که مصرف کربوهیدرات – پروتئین نگهدارنده مقادیر بالای متابولیزم هوازی بوسیله تاثیر گذاشتن بر چرخه اسید تری کربوکسیلیک (TCA) در طول ورزش‌های شدید طولانی مدت باشد و می‌تواند کاهش واسطه‌های چرخه TCA را در طول ورزش طولانی جبران کند (۱،۲). این مکانیزم می‌تواند پیشرفت‌های مشاهده شده را در کارایی فعالیت‌های نیمه استقامتی، استقامتی و تناوبی طولانی مدت را توجیه کند. همچنین این امکان وجود دارد که پروتئین از طریق آسان‌تر کردن انتقال مایع / سوخت در طول پوشش داخلی معده به بهتر کردن استقامت در فعالیت‌های ورزشی کمک کند(۲۰،۲۲،۴۱).

برخی از پژوهش‌ها احتمال افزایش و بهبود در اجراهای بی‌هوازی را به نقش و ارتباط انرژی کربوهیدراتی در سیستم عصبی می‌دانند (۲۳)؛ مصرف کربوهیدرات می‌تواند سطوح تریپتوفان را در طول ورزش کاهش داده و خستگی مرکزی را کم کند (۱۱). اگرچه برخی پژوهش‌های دیگر بهبود در اجرا و کاهش زمان خستگی را مرتبط به سیستم عصبی ندانسته و این بهبود را در نتیجه افزایش در سطح گلیکوژنی یا جلوگیری از مصرف آن می‌دانند (۱۰،۱۲).

از طرفی کاهش آسیب دیدگی ماهیچه‌ای بعد از ورزش می‌تواند برای کارایی اجراهای بعدی تاثیر گذار باشد (۲۴،۳۰). والش بهبود در اجرا به هنگام مصرف مکمل کربوهیدرات را نتیجه مثبت در کارایی فیزیکی و روانی بیان کرد (۸). سیفرت و همکاران[1] (۲۰۰۷) که بهبود در اجراهای متوالی شناگران دانشگاهی طی ۳ وهله ۸ تایی شنای ۱۰۰ متر و ۲ وهله شنای ۲۰۰ متر و کاهش ۲۵ درصدی در شاخص‌های آسیب عضلانی (CK) به هنگام مصرف محلول کربوهیدرات – پروتئین نسبت به آب به‌دست آوردند (۳۰). هرچند پروتئین در مقایسه با کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها می‌تواند نقش کوچکی در تولید انرژی (۵ تا ۱۰ درصد) ایفا کند، اما در عین حال این نسبت در حالت تخلیه گلیکوژنی افزایش یابد و موثر واقع شود (۱۰،۱۱). با توجه به اینکه در زمینه تاثیر مصرف محلول کربوهیدرات – پروتئین بر اجراهای تناوبی مطالعات اندکی صورت گرفته است (۲۱)، لذا مکانیزم‌های درگیر در بهبود یا عدم بهبود اجراهای تناوبی و مسیرهای متابولیکی مربوطه ذکر یا دقیقاً مشخص نشده است (۲۱)، بیشتر پژوهش‌های که نتایج مثبتی را طی مصرف کربوهیدرات– پروتئین هنگام فعالیت‌های پیاپی بلند و میان مدت استقامتی گزارش کردند (۱۰،۱۱،۲۱)، مکانیزم‌های احتمالی موثر در مصرف نوشیدنی کربوهیدرات –پروتئین بر اجراهای پیاپی را شامل افزایش حدود ۲۵ درصدی در کالری تولیدی و اکسیداسیون پروتئین دانسته‌اند. که به طور بالقوه میزان گلوکز خون و گلیکوژن عضلانی را تا مراحل آخر فعالیت تضمین می‌کند (۱۱). تخلیه گلیکوژنی باعث محدودیت در اجرا می‌شود و مصرف مکمل‌های کربوهیدرات–پروتئین نسبت به کربوهیدرات در یک دوره بازگشت به حالت اولیه سریع باعث افزایش در میزان انسولین و متعاقب آن افزایش در بازسازی گلیکوژنی می‌شود (۱۰،۱۱). برخی از پژوهش‌ها نیز نقش هیدراسیونی نوشیدنی‌های کربوهیدرات–پروتئین را شبیه یا بهتر از نوشیدنی‌های کربوهیدرات ذکر کردند (۱۱). همچنین مصرف مکمل‌های کربوهیدراتی بتنهایی یا بهمراه پروتئین می‌تواند اثرات مثبتی بر عملکرد سیستم ایمنی داشته باشد و از این طریق با جلوگیری از آسیب و ایجاد التهاب عملکردهای ورزشی را بهبود بخشد (۳،۱۲،۱۳،۲۱،۲۴).

در بررسی پاسخ‌های التهابی ناشی از فعالیت‌های تناوبی در مصرف دو نوشیدنی کربوهیدرات و کربوهیدرات-پروتئین، افزایش معنادار در انترلوکین۶ نمونه خون بلافاصله و ۱ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO و CHO نسبت به P بدست آمد؛ در

[1] Seifert et al.

حالی که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های CHO-PRO و CHO مشاهده نشد. هم‌چنین افزایش معنادار در IL-6 نمونه خون بلافاصله و ۱ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی و CRP نمونه خون ۲۴ساعت فعالیت‌های تناوبی گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO ، CHO و P نسبت به پیش از فعالیت یا مرحله استراحت بدست آمد. CRP نقش‌های متعددی را بواسطه اتصال به فسفولیپیدهای سلول‌های آسیب دیده و فعال کردن کمپلمان‌ها و افزایش دریافت سلول‌های آسیب دیده توسط ماکروفاژها انجام می‌دهد. فعالیت‌های مزمن و بلند مدت با کاهش سطح پایه CRP همراه است که خود ناشی کاهش تولیدات سایتوکاین‌ها بوسیله بافت چربی، عضله اسکلتی، حساسیت انسولینی، تاثیرات آنتی اکسیدانی می‌باشد (۲). CRP یک مرحله پاسخ متوسط که ناشی از سایتوکاین‌ها بویژه IL-6 دارد. برخی از مطالعات نشان دادند که همراه با افزایش شاخص‌های التهابی و شاخص‌های آسیب عضلانی نیز افزایش می‌یابند (۳،۲۱). اگرچه پاسخ اولیهCRP نامحسوس بوده است ولی ۲۴ ساعت پس از فعالیت افزایش معنی‌داری نسبت به حالت استراحتی، بلافاصله و ۱ ساعت پس از فعالیت مشاهده شد که با نتایج بتس و همکاران[1] (۲۰۰۹) همسو و با نتایج افروندہ و همکاران[2] (۲۰۱۰) غیر همسو می‌باشد (۲۱،۳۱). CRP بطور کلی یک دوره تاخیری در پاسخ به فعالیت‌های ورزشی دارد که این دوره تاخیری را به نیمه عمر بالای آن که حدود ۱۸ ساعت گزارش شده نسبت می‌دهند (۲۱).

پژوهش حاضر با پژوهش‌های که کاهش در میزانIL-6 در تمرینات تناوبی و تمرینات تداومی را با مصرف نوشیدنی کربوهیدراتی گزارش کردند، همسو می‌باشد (۱۵،۲۰). در حالی که با نتایج ابی و همکاران (۲۰۰۹) و دپندر و همکاران[3] (۲۰۱۰) همسو نمی‌باشد (۳،۱۳). افرونده و همکاران (۲۰۱۰) افزایش در میزان IL-6 را ۸ و ۲۴ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی مقاومتی در گروه نوشیدنی کربوهیدراتی نسبت به گروه کنترل را گزارش کردند (۳۱). بطورکلی نتایج متفاوتی پژوهش‌های متعدد را بدلیل زمان‌های خونگیری، روش‌های مکمل‌سازی (میزان ترکیبات، زمان مصرف) و پروتکل های تمرینی گوناگون اعلام کردند (۱۳،۱۵،۳۱). در بررسی تاثیر نوشیدنی‌های ترکیبی کربوهیدرات-پروتئین بر شاخص‌های التهابی مطالعات اندک صورت گرفته است که نتایج مشابه با پژوهش حاضر بدست آوردند (۲۱،۲۳).

در پژوهش‌ها فرضیه کاهش گلوکز و اثر تحریکی آن بر سیستم عصبی سمپاتیک و رهایی کاتکولامین‌ها را بیان کردند؛ که این عوامل خود می‌توانند باعث افزایش در میزان IL-6 شود (۸،۳۳)؛ برخی از پژوهش‌های دیگر کاهش در منابع ذخایر گلیکوژنی (۲،۳۳) یا افزایش در سطوح کلسیم سیتوزولیک در طی انقباضات عضلانی را ذکر کردند (۱۶). اگر چه مطالعات اولیه از این فرضیه حمایت می‌کردند که افزایش IL-6 پلاسما با آسیب عضلانی ناشی از ورزش مرتبط است، اما به سرعت مشخص شد آسیب عضلانی به خودی خود تنها سهم کوچکی در افزایش ناشی از ورزش در سطوح IL-6 در گردش دارد (۲،۳،۱۶). بنابراین به نظر می‌رسد رهایش IL-6 ازعضلات در حال انقباض و در پی آن تجمع در گردش خون عمومی رابطه‌ی نزدیکی با مدت ورزش دارد (۲،۱۷). به‌هنگام ورزش بلند مدت سطح گلیکوژن عضلات اسکلتی در حال انقباض کاهش می‌یابد، بنابراین فرض بر این است به هنگام ورزش بلند مدت و در پاسخ به بحران انرژی به ویژه کاهش در ذخایر گلیکوژن عضله‌ی میوفیبریل‌های در حال انقباض رهایش IL-6 از عضلات اسکلتی رخ می‌دهد. با کاهش گلیکوژن عضله وابستگی عضلات در حال انقباض به گلوکز خون به عنوان انرژی افزایش می‌یابد(۲،۸،۱۵). بنابراین رهایش IL-6 از عضلات در حال انقباض ممکن است پیامی به کبد برای افزایش تولید گلوکز باشد تا از افت گلوکز خون ناشی از ورزش جلوگیری کند. مصرف کربوهیدرات به هنگام ورزش با فراهم‌کردن یک منبع برون‌زا گلوکز و کمک به حفظ غلظت گلوکز، غلظت سیستمیک IL-6 را کاهش می‌دهد (۲،۱۶).

در میزان هورمون کورتیزول نمونه خون مرحله استراحت، بلافاصله ، ۱ و ۲۴ساعت پس از فعالیت گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO ، CHO و P تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد؛ هرچند افزایش معنادار در کورتیزول نمونه خون بلافاصله و ۱ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO ، CHO و P نسبت به پیش از فعالیت یا مرحله استراحت بدست آمد. فعالیت ورزشی محرک نیرومند فعال سازی محور هیپوتالاموس–هیپوفیز-فوق

[1] Betts et al.
[2] Afroundeh et al.
[3] Depner et al.

جدول ۳. مقایسه میانگین± انحراف معیار سلول‌های ایمنی خون، اینترلوکین-۶ (IL-۶)، کورتیزول و CRP خون استراحت، بلافاصله ۱ و ۲۴ ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز فوتبال

گروه	متغیر	خون زمان استراحت	خون بلافاصله پس از فعالیت	خون ۱ ساعت پس از فعالیت	خون۲۴ ساعت پس از فعالیت
		میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار
کربوهیدرات -پروتئین	اینترلوکین-۶ Pg/ml	۰/۹±۰/۲۵	۶/۴۸±۱/۸۸*#	۳/۵±۱/۰۵*#	۰/۸۵±۰/۳
کربوهیدرات	اینترلوکین-۶ Pg/ml	۰/۸۸±۰/۶۵	۶/۲۴±۲/۰۲*#	۳/۱۸±۱/۷*#	۰/۸±۰/۴۴
دارونما	اینترلوکین-۶ Pg/ml	۱/۰±۰/۸	۷/۲±۲/۴*	۴/۹۶±۲/۰۵*	۰/۹±۰/۳۲
کربوهیدرات -پروتئین	کورتیزول nmol/L	۱۶/۶۵±۴/۴	۲۲/۲±۳/۶۱*	۱۸/۷۳±۲/۸۳*	۱۴/۷۵±۴/۴
کربوهیدرات	کورتیزول nmol/L	۱۶/۸۲±۲/۸۴	۲۱/۹±۳/۸*	۱۹/۷۵±۳/۴۱*	۱۴/۹۲±۲/۸۴
دارونما	کورتیزول nmol/L	۱۵/۴۸±۳/۰۳	۲۴/۹۱±۴/۶*	۲۰/۷±۵/۲۸*	۱۴/۸۸±۳/۰۳
کربوهیدرات -پروتئین	mg/l CRP	۱/۱۸±۱/۰۲	۱/۳۵±۱/۱۵	۱/۳۲±۰/۹	۴/۳۴±۰/۸۸*
کربوهیدرات	mg/l CRP	۱/۱۵±۰/۹۲	۱/۴۲±۱/۰۵	۱/۴±۱/۰۲	۴/۴۲±۰/۹*
دارونما	mg/l CRP	۱/۲±۱/۰	۱/۶۵±۱/۲۵	۱/۵۵±۱/۰	۵/۱۲±۲/۲۲*
کربوهیدرات -پروتئین	لکوسیت‌ها (µ/K)	۶/۷۶±۱/۰۹	۹/۹۷±۱/۷۵*#	۱۰/۹۷±۱/۷۵*#	۷/۲±۱/۲
کربوهیدرات	لکوسیت‌ها (µ/K)	۷/۱۶±۰/۸۲	۹/۲۲±۱/۵۵*#	۱۰/۲۲±۱/۵۵*#	۷/۶۶±۰/۹
دارونما	لکوسیت‌ها (µ/K)	۷/۰۱±۱/۱۶	۱۲/۶۶±۲/۹۶*	۱۳/۶۶±۲/۹۶*	۷/۹۵±۱/۶۶
کربوهیدرات -پروتئین	نوتروفیل‌ها K/µL	۳/۹۶±۱/۱	۶/۴۱±۲/۴۱*#	۸/۵±۲/۴۱*#	۵/۲±۱/۷۵
کربوهیدرات	نوتروفیل‌ها K/µL	۳/۶۶±۰/۶۱	۵/۸۲±۱/۸۴*#	۷/۹±۲/۴*#	۴/۲۳±۰/۸۱
دارونما	نوتروفیل‌ها K/µL	۳/۷۱±۱/۵۲	۸/۲±۲/۷۵*	۱۰/۱±۳/۵*	۵/۳±۱/۶۷
کربوهیدرات -پروتئین	لنفوسیت‌ها K/µL	۱/۶۵±۰/۴۵	۳/۱±۰/۵*	۱/۱۵±۰/۶۵	۱/۹±۰/۸
کربوهیدرات	لنفوسیت‌ها K/µL	۲/۶±۰/۷۳	۳/۳۶±۰/۹۲*	۲/۱±۰/۸۳	۲/۷±۰/۸۵
دارونما	لنفوسیت‌ها K/µL	۲/۲۱±۰/۵۸	۳/۲۶±۰/۷۶*	۱/۹۱±۰/۷۸	۲/۴±۰/۷

* علامت تفاوت معنادار نسبت به پیش از فعالیت (استراحت) (درون‌گروهی)

علامت تفاوت معنادار نسبت به گروه دارونما (بین‌گروهی)

کلیه است که می تواند باعث ترشح هورمون قشر فوق کلیه (ACTH) شود، در واقع، غده فوق‌کلیه را برای تولید و ترشح کورتیزول تحریک می‌کند. مطالعات زیادی نشان داده‌اند مصرف کربوهیدرات با کاهش رهایش کورتیزول می‌تواند افت سیستم ایمنی پس از فعالیت ورزشی را کمتر کند. کاهش گلوکز خون محرک دیگری برای این مسیر است که از طریق آن کربوهیدرات در دسترس می‌تواند بر عملکرد ایمنی تاثیرگذار باشد (۱،۲). با توجه به ارتباط بین هورمون های استرسی و پاسخ ایمنی به فعالیت‌های شدید بلند مدت، خوردن کربوهیدرات می‌تواند مقادیر گلوکز پلاسما را حفظ کند، افزایش هورمون‌های استرسی را کمتر کند و به موجب آن تغییرات سیستم ایمنی را کاهش دهد (۲،۲۰). این فرضیه ابتدا توسط نایمن و همکارانش با انجام یک‌سری مطالعات درباره آثار مصرف کربوهیدرات بر پاسخ‌های ایمنی به فعالیت‌های تداومی بلند مدت مطالعه شد (۱۹). اثر مصرف مکمل کربوهیدرات بر پاسخ‌های ایمنی به ۲/۵ ساعت دویدن در گروهی از دوندگان ماراتن و در مطالعه بعدی، بر روی ۱۰ ورزشکار سه گانه به ۲/۵ ساعت دویدن و رکاب‌زدن نشان داد خوردن نوشیدنی‌های حاوی کربوهیدرات قبل، هنگام (در حدود یک لیتر در

ساعت) و پس از ۲/۵ ساعت فعالیت ورزشی، باعث مقادیر بیشتر گلوکز پلاسما، کاهش پاسخ کورتیزول و اختلالات کمتر در سیستم ایمنی شده است. استدلال آنها این بود بخشی از سازوکار مربوط به این پاسخ ها، کاهش پاسخ کورتیزول به دلیل حفظ غلظت گلوکز پلاسما بوده است (۱۹). با این حال، مطالعه‌های مختلفی با استفاده از دوچرخه‌سواری یا دویدن‌های بلند مدت بر روی نوار گردان گزارش کرده‌اند، افزایش کربوهیدرات در دسترس در افزایش عملکرد ایمنی سودمند است (۱۹،۲۲). با این حال، تحقیقات بسیار اندکی درباره نوشیدن کربوهیدرات بر پاسخ ایمنی به فعالیت‌های تناوبی که ویژگی اغلب ورزش‌های تیمی است، وجود دارد (۱،۳). تاثیر کربوهیدرات بر پاسخ سیستم ایمنی به فعالیت ورزشی بلندمدت می‌تواند به کاهش پاسخ کورتیزول به فعالیت ورزشی که به دلیل حفظ غلظت گلوکز پلاسما است، نسبت داده شود. نشان داده شده است کورتیزول آثار زیان باری بر بیشتر مراحل و اجزای سیستم ایمنی دارد(۲). افزایش ترشح کورتیزول با توجه به ظرفیت تمرینی افراد تابع شدت تمرین است. تفاوت های فردی در پاسخ گلوکوکورتیکوئیدها به تمرین به ویژه در افراد بسیار ورزیده تاثیر بیشتری دارد، چون کورتیزول تنها هنگام تمرینات شدید آزاد می‌شود (۲). علاوه بر این ، هورمون کورتیزول دارای تغییرات روزانه است، یعنی ابتدا یک اوج اولیه و سپس کاهشی را در طول صبح نشان می‌دهد (۱،۲). علاوه بر این احتمال دارد شدت بیشتر و استرس‌های روانی و محیطی محرک اضافی دیگری برای ترشح کورتیزول باشند. از عوامل دیگری که ممکن است در مقادیر نسبتاً پایین کورتیزول سرم در این پژوهش دخالت داشته باشد، زمان انجام پروتکل یعنی صبح است. به طور کلی، به نظر می‌رسد مدت و شدت تمرین، سطح آمادگی فرد و تغییرات روزانه در میزان کورتیزول سرم دخالت داشته باشد (۱،۲).

نتایج پژوهش نشان‌دهنده افزایش معنادار در تعداد لکوسیت‌ها و نوتروفیل‌های نمونه خون بلافاصله و ۱ساعت پس از فعالیت‌های تناوبی گروه‌های نوشیدنی CHO-PRO و CHO نسبت به P بود؛ در حالی که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های CHO-PRO و CHO بدست نیامد. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های بیشتر مطالعات که افزایش در میزان نوتروفیل‌ها و لکوسیت‌ها را در طی مصرف نوشیدنی کربوهیدراتی نسبت به دارونما گزارش کرده‌اند، همسو می‌باشد (۱۵،۱۹،۲۲). همچنین با نتایج بتس و همکاران (۲۰۰۹) که تفاوت معنی‌داری در تعداد سلول‌های ایمنی بین دو گروه نوشیدنی کربوهیدارت و کربوهیدرات – پروتئین بدست نیاورند (۲۱).

گلوکز مادهٔ سوختنی مهمی برای لنفوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها و ماکروفاژهای دستگاه ایمنی است (۲). علاوه بر اثر نیروزایی CHO به هنگام ورزش، به نظر می‌رسد ۳۰ تا ۶۰ گرم CHO در ساعت در کاهش اختلال ایمنی ناشی از ورزش مؤثر است (۲،۱۵،۲۲). شواهدی مبنی بر اینکه هنگام ورزش، هورمون‌های استرسی در تغییر تعداد گلبول‌ها، توزیع مجدد زیرمجموعه های سلولی آنها به عنوان واسطه عمل می‌کنند وجود دارد، از طرف دیگر، بسیاری از مطالعات ارتباط معنی‌داری بین سطوح کورتیزول خون و تعداد سلول‌ها هنگام و پس از تمرین گزارش کرده‌اند ولی برخی دیگر موفق به کشف چنین رابطه‌ای نشدند (۱۸،۲۱). چون مقادیر کورتیزول خون ممکن است همیشه در طول تمرین‌های کوتاه مدت (کمتر از ۳۰ دقیقه) یا متوسط (کمتر از ۶۰ تا ۷۰ درصد) زیاد نشود، به نظر می‌رسد کورتیزول ممکن است تنها در افزایش لوکوسیت‌ها (عمدتاً از طریق گرانولوسیت‌ها) هنگام و پس از ورزش‌های شدید بلند مدت (بیشتر از ۶۰ دقیقه با بیشتر از ۷۰ درصد) دخالت داشته باشد (۲،۱۸). بین افزایش تعداد گلبول‌های سفید و گرانولوسیت‌ها و افزایش غلظت کورتیزول سرم خون پس از دوی ماراتن، ارتباط معنی‌داری مشاهده کردند (۱۹،۲۰). در گزارش بعدی نایمن و همکارانش پس از ۲/۵ ساعت دویدن روی نوارگردان با شدت ۷۵ درصد VO_{2max}، بین غلظت کورتیزول پلاسما و نسبت بین نوتروفیل به لنفوسیت‌ها ارتباط معنی‌داری مشاهده کردند (۱۹). بین سطح کورتیزول پلاسما پس از تمرین (۸۷ دقیقه تمرین با ۱۰۰ درصد آستانه بی‌هوازی فردی) و تعداد گلبول‌های سفید یک و دو ساعت بعد از تمرین ارتباط معنی‌داری را مشاهده کردند(۲).

بی‌شاپ و همکاران[1] (۲۰۰۱) در تحقیقی درباره تاثیر مکمل کربوهیدرات بر پاسخ ایمنی بازیکنان فوتبال مشاهده کردند مقادیر گلوکز گروه دارونما در مقایسه با گروه کربوهیدرات پس از فعالیت تا حد معنی‌داری کمتر بوده، اما

[1] Bishop et al.

الگوی تغییرات کورتیزول پلاسما و تعداد لنفوسیت‌های گردش خون بین دو گروه کربوهیدرات و دارونما تفاوتی نداشته است. در مقابل، تحقیق دیگری توسط همان گروه در سال ۲۰۰۲ نشان داد مکمل کربوهیدرات تاثیر معنی‌داری بر پاسخ سایتوکاین‌ها دارد. تفاوت مهم دو مطالعه آنها نوع پروتکل تناوبی مورد استفاده بوده است. در مطالعه اول از پروتکل تناوبی ویژه فوتبال در میدان استفاده کرده‌اند، در حالیکه در مطالعه دوم از دستورالعمل تناوبی دوهای رفت و برگشت که فشار بیشتری داشته استفاده کرده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد علاوه بر مدت، شدت فعالیت نیز نقش مهمی در تغییرات مقادیر گلوکز و کورتیزول پلاسما و مشخص شدن نقش مکمل کربوهیدرات دارد (۱۵،۲۲).

نتیجه‌گیری

نتیجه این که مصرف یک وهله‌ای کربوهیدرات بهمراه پروتئین پیش، در حین و ۱ ساعت پس از فعالیت، تاثیر معنی‌داری بر میزان RPE و شاخص‌های التهابی ناشی از فعالیت‌های تناوبی شبیه‌ساز فوتبال نسب به مصرف کربوهیدرات بتنهایی ندارد، اگرچه هردو گروه مکمل نسبت به گروه دارونما، کاهش در RPE و تغییر مثبت در برخی از شاخص‌های ایمنی را نشان داد. بنظر می‌رسد با توجه به نقش کلیدی مصرف ترکیبی کربوهیدرات و پروتئین در دوره بازگشت به حالت اولیه، این نوشیدنی در فعالیت تناوبی شدید و نسبتاً بلند مدت نسبت به مصرف کربوهیدرات اثربخشی بهتر داشته باشد (۱۵) که می‌تواند در فصل مسابقات در رشته‌های ورزشی که مسابقات با فواصل اندک انجام می‌گیرد، استفاده شوند. نتایج این پژوهش بر اساس پروتکل تعریف شده در بازیکنان فوتبال می‌باشد که بصورت مکمل‌گیری کوتاه مدت بوده است.

منابع

۱- فرامرزی محمد، گائینی عباسعلی، کردی محمدرضا.(۱۳۸۶). اثر فعالیت‌های تناوبی شدید و مکمل کربوهیدرات بر تغییرات شاخص‌های بیوشیمیایی ویژه سلول‌های قلبی در بازیکنان فوتبال. المپیک، ۳۹: ۴۴-۳۵.

۲- گلیسون، مایکل.(۱۳۸۸). عملکرد دستگاه ایمنی در ورزش. چاپ اول. مترجمان حمید آقاعلی‌نژاد، علیرضا صفری، امین عیسی‌نژاد، مهدیه ملانوری، مریم دلفان، زهرا میرآخوری. تهران. انتشارات دنیای حرکت.

3- Abbey EL, Rankin JW. (2009). Effect of Ingesting a Honey-Sweetened Beverage on Soccer Performance and Exercise-Induced Cytokine Response. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 19: 659-672.

4- Stolen T, Chamari K, Wisloff J. (2005). Physology of soccer, An Update. Sports Medicine, 35(6): 501-536.

5- Ali A, Williams C. (2009). Carbohydrate ingestion and soccer skill performance during prolonged intermittent exercise. J Sports Sci , 27(14):1499-508.

6- Phillips SM, Sproule J, Turner AP. (2011). Carbohydrate ingestion during team games exercise: current knowledge and areas for future investigation. Sports Medicine, 41(7):559-85.

7- Currell K, Conway S, Jeukendrup AE. (2009). Carbohydrate ingestion improves performance of a new reliable test of soccer performance. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism , 19:34-46.

8- Welsh RS, Davis JM, Burke JR, Williams HG.(2002). Carbohydrates and physical/mental performance during intermittent exercise to fatigue. Medicine and Science in Sports and Exercise, 34(4):723-31.

9- Morris J.G, Nevill M.E, Thompson D, Collie J, Williams C.(2003). The influence of a 6.5% carbohydrate-electrolyte solution on performance of prolonged intermittent high-intensity running at 30 degrees C. Journal of Sports Sciences, 21(5): 371–381.

10- Ivy JL. (2004). Regolation of muscle glycogen repletion, nuscle protein syntesis and repair following exercise. Journal of Sports Science and Medicine, 3:131-138.

11- Saunders MJ. (2007). Coingestion of Carbohydrate-Protein during Endurance Exercise: Influence on Performance and Recovery. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 17: 87-102.

12- Wojcik JR, Walber-R J, Smith LL, Gwazdauskas FC. (2001). Comparison of carbohydrate and milk-based beverages on muscle damage and glycogen following exercise. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 11(4):406-19.

13- Depner CM, Kirwan RD, Frederickson SJ, Miles, MP(2010). Enhanced inflammation with high carbohydrate intake during recovery from eccentric exercise. European Journal of Applied Physiology , 109(6):1067-76.

14- Peake J, Suzuki K. (2004). Neutrophil activation, antioxidant supplements and exercise-induced oxidative stress. Exercise Immunology Review, 10:129–141.

15- Bishop NC, Gleeson M, Nicholas CW, Ajmol a. (2002). Influence of carbohydrate supplementation on plasma cytokine and neutrophil degranulation response to high intensity intermittent exercise, International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. Metabolism, 12:145-156.

16- Febbraio MA, Steensberg A, Keller C, Starkie RL, Nielsen HB, Krustrup P, Ott P, Secher NH, Pedersen BK.(2003). Glucose ingestion attenuates interleukin-6 release from contracting skeletal muscle in humans. The Journal of Physiology , 549(2):607-12.

17- Febbraio MA, Hiscock N, Sacchetti M, Fischer CP, Pedersen BK.(2004). Interleukin-6 is a novel factor mediating glucose homeostasis during skeletal muscle contraction. Diabetes, 53 (7):1643-8.

18- Depner CM, Frederickson SJ, Rhodes K, Bond K, Barry R, Kirwan R, Miles MP. (2009). Post-exercise carbohydrates increase the magnitude of the inflammatory response. Medicine and Science in Sports and Exercise, 41(5):103-5.

19- Nieman D, Henson D, Gojanovich G, Davis JM, Dumke C, Utter A, Murphy A, Pearce S, McAnulty S, McAnulty L.(2007). Immune changes: 2 h of continuous vs. intermittent cycling. International Journal of Sports Medicine, 28 (7):625–630.

20- Nieman DC, Nehlsen- C SL, Fagoaga OR, Henson DA, Utter A, Davis JM. (1998). Influence of mode and carbohydrate on the cytokine response to heavy exertion. Medicine and Science in Sports and Exercise, 30(5):671-8.

21- Betts JA, Toone RJ, Stokes KA, Thompson D. (2009). Systemic indices of skeletal muscle damage and recovery of muscle function after exercise: effect of combined carbohydrate–protein. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 34: 773–784.

22- Bishop NC, Walsh NP, Haines DL, Richards EE, Gleeson M. (2001). Pre-exercise carbohydrate status and immune responses to prolonged cycling: Effect on plasma cytokine concentration. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 11: 503–512.

23- Winnick JJ, Davis JM, Welsh RS, Carmichael MD, Murphy EA, Blackmon JA.(2005). Carbohydrate feedings during team sport exercise preserve physical and CNS function. Medicine and Science in Sports and Exercise, 37(2):306-15.

24- White JP, Wilson J.M, Austin KG, Greer BK, John N, Panton LB. (2008). Effect of carbohydrate-protein supplement timing on acute exercise-induced muscle damage. Journal of the International Society of Sports Nutrition , 19:5-15.

25- Esposito F, Impellizzeri FM, Margonato V, Vanni R, Pizzini G, Veicsteinas A.(2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. European Journal of Applied Physiology , 93(1-2):167-72.

26- Borg G. (1998). Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Human Kinetics.

27- Clarke ND, Drust B, MacLaren DP, Reilly T. (2005). Strategies for hydration and energy provision during soccer-specific exercise. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 15(6):625-40.

28- Hargreaves M, Hawley J, Jeukendroup A. (2004). Pre-Exercise carbohydrate and fat ingestion: effects on metabolism and performance. Sports Science, 22:39-45.

29- Harmon JH, Burckhard J.R, Seifert J.G.(2007). Ingestion of a carbohydrate-protein supplement improves performance during repeated bouts of high intensity cycling. Medicine and Science in Sports and Exercise, 39(5):363-372.

30- Seifert JG, McKenzie R. A. (2007). carbohydrate/ protein energy gel improves swimming performance in collegiate swimmers. Medicine and Science in Sports and Exercise, 39:362-5.

31- Afroundeh R, Siahkouhian M, Khalili A. (2010). The effect of post-exercise carbohydrate ingestion on inflammatory responses to short time, high-force eccentric exercise. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 50 (2):182-8.