

## Review Paper

## Exercise-associated Muscle Cramps in Runners: A Review

Ali Fattahi<sup>1</sup> , \*Mahboobeh Dehnavi<sup>1</sup> , Leila Hamzeh<sup>1</sup>

1. Department of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

**Citation:** Fattahi A, Dehnavi M, Hamzeh L. [Exercise-associated Muscle Cramps in Runners: A Review (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2021; 7(1):78-93. <https://doi.org/10.32598/biomechanics.7.2.1> <https://doi.org/10.32598/biomechanics.7.2.1>**Article Info:**

Received: 31 May 2021

Accepted: 26 Jun 2021

Available Online: 01 Sep 2021

**Keywords:**

Muscle cramp, Training, Athletes, Runners

**ABSTRACT****Objective** Exercise-associated Muscle Cramp (EAMC) is an intense, painful, and involuntary contraction of skeletal muscles during a physical activity. Runners are more prone to this syndrome than other athletes. The present paper aims to review of the literature on EAMC in runners to determine the reasons and nature of EAMC in this sports field.**Methods** A search was conducted for related studies from 1997 to 2021 in MEDLINE/PubMed, EMBASE/SCOPUS, LILACS, CINAHL, CENTRAL, Web of Science, PEDro, Google Scholar as well as MagIran, IranDoc, IranMedex, MedLib using MeSH Keywords. The reference section of the studies were also checked to find more studies. Finally, 15 eligible papers on EAMC in runners were reviewed and findings were reported.**Results** Several factors were found to be effective in EAMC among runners, including dehydration, electrolyte deficit, cold, long training or competition period, increased body temperature during training or competition, history of injury or muscle cramp, increased training intensity in short time, and dietary restrictions.**Conclusion** The cause of EAMC in runners seems to be multifactorial.**Extended Abstract****1. Introduction**

Prevalence of Exercise-associated muscle cramp (EAMC) has been reported in different studies and groups of athletes [1-5]. One of these groups is runners [6, 7]. Due to the fact that a lot of muscles are used during running and the amount of energy consumed in these runners is high, and considering that no review study was not found that addressed the causes of EAMC in runners, this review study aims to investigate EAMC in runners to determine the cause and general nature of EAMC in this sport to provide

more complete and better information for interventions and future studies on EAMC in runners. As a result, it can help prevent, treat and reduce its occurrence.

**2. Methods**

A search was conducted for studies on EAMC in runners published in Persian or English from 1997 to 2021 in MEDLINE/PubMed, EMBASE/SCOPUS, LILACS, CINAHL, CENTRAL (Cochrane Central Register of Controlled Trials), Web of Science, PEDro, Google Scholar, MAGIRAN, IRANDOC, IranMedex, MedLib, and SID using the MeSH keywords: Muscle cramp or muscle fatigue or chronic disease, running, ultra-marathon or half-marathon or marathon

**\* Corresponding Author:****Mahboobeh Dehnavi, PhD.****Address:** Department of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.**Tel:** +98 (935) 3954320**E-mail:** mahboobeh.dehnavi@gmail.com

**Table 1.** Specifications of reviewed studies on EAMC in runners

Author (s)	Title	Study Design	Running Type	Findings	PED ro Scale
Hanson et al. [39]	Potential nutrition contributions to exercise-associated muscle cramping in four recreational half-marathoners: A case series	Case series	Half-marathon	The observed case of EAMC does not appear to be entirely inconsistent with the traditional dehydration/ electrolyte loss theory.	6/11
Fredericson et al. [40]	Disabling foot cramping in a runner secondary to paramyotonia congenita: A case report	Case report	Endurance running	The runner had cramping in left foot. His symptoms developed insidiously after about 20 minutes of exercise. The more he continued to run, the more the symptoms were aggravated. This symptom was easily provoked when he was exposed to cold temperature.	4/11
Caselli et al. [41]	Lower extremity injuries at the New York City marathon	Cross-sectional	Marathon	Their results indicated that muscle cramps was one of the most common injuries occurring in marathon runners. An inverse relationship was observed between the number of miles trained per week and the number of injuries	6/11
Ferreira et al. [42]	Hydration practices of runners during training vs competition	Cross-sectional	-	A significant difference was observed for reported hydration practices between training and competitions. 41% of runners in competitions and 54% in training had inadequate hydration habits. Runners were not able to transfer their knowledge about proper hydration during both training and competition practices.	
Hawes et al. [43]	Exertional heat illness in half marathon runners: experiences of the Great North Run	Cross-sectional	Half marathon	As the exercise intensity increased and the body temperature rose above 41 degrees, the athletes were more likely to fall. Under these conditions, during cooling and recovery, muscle cramps occurred in runners.	5/11
Martínez-Navarro et al. [44]	Muscle cramping in the marathon: dehydration and electrolyte depletion vs. muscle damage	Cross-sectional	Marathon	Runners who suffered EAMC did not exhibit a greater degree of dehydration and electrolyte depletion after the marathon but displayed significantly higher concentrations of muscle damage biomarkers.	9/11
Hoffman et al. [45]	Muscle cramping during a 161-km ultramarathon: Comparison of characteristics of those with and without cramping	Observational	Ultramarathon	Muscle cramping is most common in those with a prior history of cramping and greater muscle damage during an ultramarathon, suggesting an association with relative muscular demand. Impaired fluid and sodium balance did not appear to be an etiology of muscle cramping during an ultramarathon.	8/11
Schwellnus et al. [46]	Increased running speed and previous cramps rather than dehydration or serum sodium changes predict exercise-associated muscle cramping: A prospective cohort study in 210 Ironman triathletes	Prospective cohort	Triathletes	The results from this study add to the evidence that dehydration and altered serum electrolyte balance are not causes for EAMC. Rather, endurance runners competing at a fast pace, which suggests that they exercise at a high intensity, are at risk for EAMC.	10/11
Schwabe et al. [47]	Medical complications and deaths in 21 and 56 km road race runners: A 4-year prospective study in 65 865 runners—SAFER study I	Prospective cohort	Marathon	The incidence of medical complications was higher in 56 km runners but sudden cardiac deaths only occurred in 21 km runners.	9/11
Parnell et al. [48]	Dietary restrictions in endurance runners to mitigate exercise-induced gastrointestinal symptoms	Cross-sectional	Endurance running	Abdominal cramping was directly related to dietary restrictions. The prevalence of these cramping was higher in younger athletes, especially females, which may explain their propensity to avoid foods.	7/11

Author (s)	Title	Study Design	Running Type	Findings	PED ro Scale
Schwellnus et al. [49]	Underlying chronic disease, medication use, history of running injuries and being a more experienced runner are independent factors associated with exercise-associated muscle cramping: A cross-sectional study in 15778 distance runners	Cross-sectional	endurance running	Novel risk factors associated with EAMC in distance runners were underlying chronic disease, medication use, a history of running injuries, and experienced runners	8/11
Schwellnus et al. [50]	Increased running speed and pre-race muscle damage as risk factors for exercise-associated muscle cramps in a 56 km ultra-marathon: a prospective cohort study	Prospective cohort	Ultramarathon	Novel risk factors for EAMC in distance runners are a past history of EAMC, faster running pace at the early stage of a race and possibly pre-race muscle damage	10/11
Hoogervorst et al. [51]	Gastrointestinal complaints and correlations with self-reported macronutrient intake in independent groups of (ultra) marathon runners competing at different distances	Cross-sectional	endurance running	Participants reported complaints with muscle cramps and stomach cramps. In some cases, the severity of the muscle cramps increased with increasing running distance. Except for more carbohydrates in 60-km runners, no difference in food intake was found	7/11
Schwellnus et al. [52]	Serum electrolyte concentrations and hydration status are not associated with EAMC in distance runners	Prospective cohort	endurance running	There are no clinically significant alterations in serum electrolyte concentrations and there is no alteration in hydration status in runners with EAMC participating in an ultra-distance race	9/11
Wardenaar et al. [53]	Nutrient intake by ultramarathon runners: can they meet recommendations?	Cross-sectional	Ultramarathon and marathon	Moderate, mostly negative, correlations with nutrient intake were seen for abdominal cramping. During a competition day, a large variation was found in nutrient intake; this may be related to a high incidence of abdominal cramping	7/11

or ultrarunning or athletes or athletic performance, exercise or endurance exercise, water-electrolyte imbalance, electrolytes or dehydration or sports nutrition or hydration. After finding articles, first their title and abstracts and then their contents were read. If they met the inclusion criteria, they would be used in the review. Inclusion criteria were: Being published in Persian or English, studies on EAMC in runners, and availability of fulltexts.

### 3. Results

The search in online databases yielded 326 articles. By reviewing their reference sections, 5 more articles were yielded. After removing duplicates, 241 were identified for review. After reviewing their titles and abstracts, 202 were deleted and 39 remained for reading their fulltexts. Finally, 15 eligible articles were selected and their results were reported (Table 1).

### 4. Discussion and Conclusion

The purpose of this study was to investigate EAMC in runners. Studies have reported a variety of information on EAMC in runners. Studies showed that the causes of EAMC are: dehydration and electrolyte deficiency, cold, prolonged training or competition, increased body temperature during training or competition, history of muscle injuries and cramps in the past, increased intensity of training in a short time, and dietary restrictions. Therefore, in order to reduce the occurrence EAMC in runners, it is necessary to consider these factors and study them in detail.

#### Ethical Considerations

##### Compliance with ethical guidelines

There were no ethical considerations to be considered in this research.

### **Funding**

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or profit-non sectors.

### **Authors' contributions**

All authors equally contributed to preparing this article.

### **Conflicts of interest**

The authors declared no conflict of interest.

---

This Page Intentionally Left Blank

---

## مقاله مروری:

## کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندها: مروری بر مطالعات

علی فتاحی<sup>۱</sup>، محبوبه دهنوی<sup>۱</sup>، لیلا حمزه<sup>۱</sup>

۱. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد تهران مرکزی، تهران، ایران.

## حکمه

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۰ خرداد ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۰۵ تیر ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۱۰ شهریور ۱۴۰۰

**هدف** کرامپ عضلانی ناشی از ورزش به عنوان انقباضات دردناک، متناوب و غیرارادی عضله اسکلتی تعریف می‌شود. یکی از ورزش‌هایی که ورزشکاران آن رشته بیشتر دچار کرامپ عضلانی ناشی از ورزش می‌شوند، دوندگان هستند؛ بنابراین هدف از این مطالعه مروری بررسی کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان است تا مشخص شود که آیا علت وقوع کرامپ و به‌طور کلی ماهیت کرامپ عضلانی در این رشته ورزشی چگونه است.

**روش‌ها** مقالات با جست‌وجوی هشت پایگاه داده سیناهل، لیلکس، سنترال، پدرو، وب آو ساینس، اسکوپوس، امپیس و مدلاین شناسایی شدند. دوره جست‌وجو از سال ۱۹۹۷ تا می سال ۲۰۲۱ را پوشش داد. کلیدواژه‌ها در اصل از اصطلاحات MeSH انتخاب شده و سپس تا حدی اصلاح شدند تا اطمینان حاصل شود که همه مطالعات واجد شرایط پیدا شده‌اند. علاوه بر این، جست‌وجوی دستی و بررسی کامل منابع مقالات نیز انجام شد. همچنین این کار در پایگاه‌های فارسی پایگاه‌های علمی جهاد دانشگاهی، ایران‌داک، ایران‌مدکس، مگ ایران، مدلیب معادل کلیدواژه‌های جست‌وجو شده به زبان انگلیسی از هشت پایگاه داده انجام شد.

**یافته‌ها** بعد از بررسی کل متن مقالات، پانزده مقاله که به بررسی کرامپ عضلانی در دوندها پرداخته بودند، انتخاب شدند و نتایج آن‌ها گزارش شد.

**نتیجه‌گیری** به نظر می‌رسد که علت وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندها چند عامل باشد. مطالعات علت وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندها را دهیدراسیون و نقص الکترولیت، سرما، طولانی شدن مدت تمرین یا مسابقه، افزایش دمای بدن هنگام تمرین یا مسابقه، سابقه آسیب‌دیدگی و کرامپ عضلانی در گذشته، افزایش شدت تمرین در مدت‌زمان کوتاه و محدودیت‌های غذایی ذکر کرده‌اند.

## کلیدواژه‌ها:

کرامپ عضلانی، دونده، تمرین، ورزشکار

## مقدمه

کرامپ عضلانی ناشی از ورزش به عنوان انقباضات دردناک، متناوب و غیرارادی عضله اسکلتی تعریف می‌شود [۱-۳] که هنگام یا بلافاصله بعد از ورزش و در افراد سالم اتفاق می‌افتد [۶-۴] و در آن هیچ‌گونه آسیب متابولیکی، نورولوژیکی و آندوکرینی مشاهده نمی‌شود [۷، ۸].

نشانه‌های بالینی کرامپ عضلانی ناشی از ورزش شامل درد، سفتی، کوتاهی عضلانی است [۹، ۱۰]. معمولاً ورزشکاران تا هشت روز بعد از وقوع کرامپ عضلانی نیز نشانه‌های آن را گزارش کرده‌اند [۱۰، ۱۱]. شدت کرامپ عضلانی می‌تواند از ناراحتی و تأثیر جزئی بر عملکرد جسمی تا درد شدید و ناتوانی باشد [۱۴-۱۲]. درد و ناتوانی ناشی از کرامپ حرکت را محدود می‌کند، اما

با این حال بدون هیچ مداخله‌ای بعد از مدتی بهبود می‌یابد [۱۶] [۹، ۱۵]. با وجود این، نیازی ضروری برای فهمیدن علل ایجاد کرامپ و فرایندهای فیزیولوژیکی آن وجود دارد.

در اوایل تحقیقات روی کرامپ عضلانی، این پدیده را کرامپ عضلانی ناشی از گرما فرض کرده‌اند [۱۷-۲۱]، اما مشخص شده است که کرامپ عضلانی در شرایط سرما نیز رخ می‌دهد، چرا که مطالعاتی که در شرایط سرما صورت گرفته است، نشان داده‌اند که این شرایط در هوای سرد نیز رخ می‌دهد [۲۲] و حتی یکی از علت‌های وقوع کرامپ عضلانی را نیز سرما دانسته‌اند [۱۷]. علاوه بر این مطالعات دیگر انجام گرفته است و نشان داده‌اند که کمبود آب بدن یا کاهش الکترولیت بدن (تعادل آب نمک) نیز منجر به ایجاد کرامپ عضلانی می‌شوند [۲۵-۲۳، ۱].

\* نویسنده مسئول:

دکتر محبوبه دهنوی

نشانی: تهران، دانشگاه آزاد، واحد تهران مرکزی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی.

تلفن: ۳۹۵۴۳۲۰ (۹۱۲) +۹۸

پست الکترونیکی: mahboobeh.dehnavi@gmail.com

## روشن‌شناسی

مقالات با جست‌وجوی هشت پایگاه داده مدلاین / پاب‌مد<sup>۱</sup>، امباس / اسکوپوس<sup>۲</sup>، لیلکس<sup>۳</sup>، سنترال<sup>۴</sup>، سیناهل<sup>۵</sup>، وب‌ساینس<sup>۶</sup>، پدرو<sup>۷</sup> و گوگل اسکالر<sup>۸</sup> شناسایی شدند. دوره جست‌وجو از سال ۱۹۹۷ تا می سال ۲۰۲۱ را پوشش داد. کلیدواژه‌ها در اصل از اصطلاحات MeSH انتخاب شده و سپس تا حدی اصلاح شدند تا اطمینان حاصل شود که همه مطالعات واجد شرایط پیدا شده‌اند. علاوه بر این، جست‌وجوی دستی و بررسی کامل منابع مقالات نیز انجام شد.

پایگاه‌های داده با کلید واژه‌هایی همچون: Muscle cramp or muscle fatigue or chronic disease \* and running \* or ultra-marathon or half-marathon or marathon or ultrarunning or athletes or athletic performance \* and exercise\* or endurance exercise \* and water-electrolyte imbalance \* or electrolytes or dehydration or sports nutrition or hydration.

همچنین این کار در پایگاه‌های فارسی پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی<sup>۹</sup>، مدلیب<sup>۱۰</sup>، ایران مدکس<sup>۱۱</sup>، ایرانداک<sup>۱۲</sup> و مگ‌ایران<sup>۱۳</sup> معادل کلیدواژه‌های جست‌وجو شده به زبان انگلیسی از هشت پایگاه داده انجام شد. پس از گردآوری نتایج جست‌وجو، ابتدا عنوان و سپس خلاصه مقالات مطالعه شد. چنانچه مقالات با معیار ورود و خروج هم‌خوانی داشت، از نتایج آن در مطالعه مروری استفاده و در غیر این صورت کنار گذاشته می‌شد. بر اساس معیارها و اهداف تحقیق، پانزده مقاله پس از مراحل ارزیابی انتخاب شد. تمام مقالات به صورت متن کامل فراهم شد.

معیارهای ورود مطالعه: در مرحله اول، غربالگری عنوان و چکیده مطالعات توصیفی با تمرکز بر کرامپ عضلانی در دوندها انجام شد. مقالات انتشار یافته به زبان فارسی و انگلیسی بررسی شدند. یک دستیار تحقیق به صورت مستقل چکیده‌های مقالات را بررسی می‌کرد. مرحله دوم غربالگری کل متن با توجه به بررسی کرامپ عضلانی در دوندها انجام شد. غربالگری کل متن توسط

همچنین مطالعات دیگر، تئوری کنترل عصبی عضلانی تغییر یافته را علت وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش دانسته‌اند [۲۶-۲۹]. علاوه بر این، جورباتو و همکاران، در یک مطالعه مروری به این نتیجه‌گیری رسیدند که پتانسیل حرکتی در هنگام کرامپ عضلانی در موتور نورون‌های حرکتی ایجاد می‌شوند که احتمالاً با عدم تعادل بین افزایش تحریک از دوک‌های عضلانی و بازدارندگی حرکتی در بخش‌های گلژی تاندون‌ها همراه است. در مجموع به نظر می‌رسد که کرامپ عضلانی با تحریک محیطی از سلول‌های عصبی ایجاد می‌شود [۳۰].

نلسون و همکاران در یک مطالعه مروری، علت وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش چند عامل دانسته‌اند و به جای دهیدراتاسیون (کمبود آب در بدن) و یا نقص الکتروولیت از عدم تعادل بین تحریک بیش از حد دوک‌های عضلانی و مهار گلژی تاندون‌ها به نورون‌های حرکتی آلفا دانسته‌اند. اعتقاد بر این است که این عدم تعادل ناشی از اضافه بار عضلانی و خستگی است [۳۱].

در جدیدترین مطالعه مروری صورت گرفته توسط میلر مشخص شده است که علت کرامپ عضلانی ناشی از ورزش تنها به خاطر دهیدراتاسیون و نقص الکتروولیت نیست، بلکه از همگرایی عوامل داخلی و خارجی ناشی می‌شود که برای تغییر تحریک‌پذیری سیستم عصبی مرکزی و محیطی عمل می‌کنند [۳۲].

شیوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در مطالعات و گروه‌های مختلف ورزشکاران گزارش شده است [۳۳-۳۷]. یکی از ورزش‌هایی که ورزشکاران آن رشته بیشتر دچار کرامپ عضلانی ناشی از ورزش می‌شوند، دوندگان هستند [۲۸، ۷]. یا توجه به اینکه در این رشته ورزشی عضلات زیادی به کار گرفته می‌شوند و میزان انرژی مصرفی در این ورزشکاران زیاد است و همچنین با توجه به اینکه مطالعه مروری پیدا نشد که به‌طور اختصاصی به بررسی علل وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان پرداخته شده باشد؛ بنابراین هدف از این مطالعه مروری بررسی کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان است تا مشخص شود که علت وقوع کرامپ و به‌طور کلی ماهیت کرامپ عضلانی در این رشته ورزشی چگونه است و آیا علل وقوع کرامپ در این رشته متفاوت با ماهیت کلی آن است یا خیر؟ با بررسی دقیق یک رشته ورزشی، اطلاعات کامل‌تر و بهتری از علل وقوع کرامپ در دوندگان فراهم می‌شود تا در مطالعات آتی، مداخلات و همچنین بحث روی کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان به جزئیات بیشتری صورت بگیرد، چراکه با شناسایی دقیق دلایل وقوع کرامپ عضلانی در این رشته ورزشی باعث فهم دقیق و بیشتر درباره این پدیده می‌شود و در نتیجه به پیشگیری، درمان و کاهش وقوع آن کمک می‌کند.

1. MEDLINE/PubMed
2. EMBASE/SCOPUS
3. LILACS
4. CENTRAL
5. CINAHL (Cochrane Central Register of Controlled Trials)
6. Web of Science
7. PEDro
8. Google Scholar
9. SID
10. MedLib
11. Iran Medex
12. IRANDOC
13. MAGIRAN

بگیرد، نشان‌دهنده سطح متوسط مقاله است و اگر زیر پنج بگیرد، نشان‌دهنده سطح ضعیف مقاله است.

### نتایج

فرایند انتخاب مطالعات در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است. با جست‌وجو در منابع الکترونیکی تعداد ۳۲۶ عنوان به دست آمد. جست‌وجوی دستی و بررسی منابع مقالات تعداد پنج عنوان دیگر به دست آمد. بعد از حذف عنوان‌های تکراری تعداد ۲۴۱ چکیده برای مرور مشخص شدند. بعد از بررسی عنوان و چکیده مقالات تعداد ۲۰۲ مقاله حذف شدند و ۳۹ مقاله برای مطالعه کل متن انتخاب شدند. بعد از بررسی متن کل مقالات، پانزده مقاله که به بررسی کرامپ عضلانی در دونده‌ها پرداخته بودند، انتخاب و نتایج آن‌ها گزارش شد (جدول شماره ۱).

با بررسی سطح کیفی مقالات با ابزار PEDro، میانگین امتیازاتی که مقالات از این مقیاس گرفتند، برابر نمره هفت بود و نشان‌دهنده این است مقالاتی که برای فرا تحلیل این مطالعه استفاده شدند از سطح کیفیت بالایی برخوردارند و نتایج حاصل از این مطالعات قابل اعتماد است.

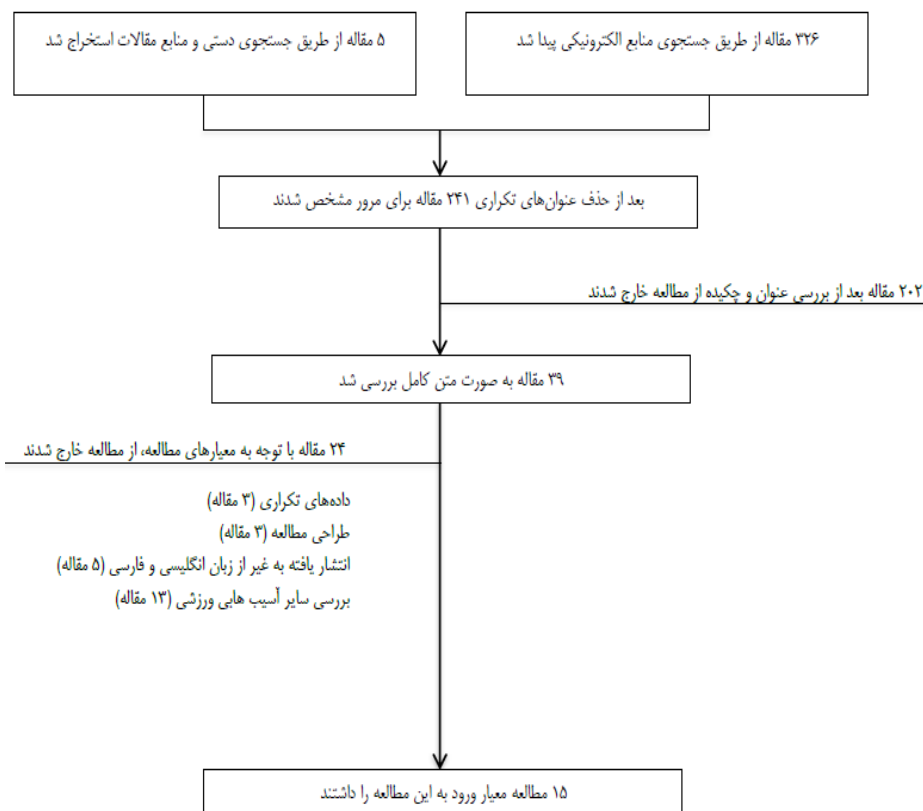
همان‌طور که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌کنید، تعداد پانزده مقاله به بررسی کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان

یک محقق انجام شد. یک محقق ارشد نیز لیست نهایی مقالات انتخاب‌شده را جهت اطمینان از اینکه تمام مقالات با هدف تحقیق هم‌راستا است، بررسی کرد. خلاصه اطلاعات توصیفی توسط دستیار تحقیق جمع‌آوری شد و توسط محقق ارشد چک شد. از یک جدول نمونه (تصویر شماره ۱) برای استخراج اطلاعات جامعه هدف، بررسی کرامپ عضلانی در دونده‌ها و نتایج آن‌ها استفاده شد.

معیارهای خروج مقالات عبارت بود از: مقالاتی که جامعه آماری آن‌ها افراد غیردونده بود، مقالاتی که در آن‌ها به آسیب‌هایی غیر از کرامپ عضلانی پرداخته بودند، مقالاتی که به بررسی آسیب‌های ورزشی در این افراد پرداخته بود. همچنین مقالاتی که در کنفرانس‌ها چاپ شده بود و متن کامل مقاله تحت داوری و توسط مجله چاپ نشده بودند. علاوه بر این، مقالاتی که به‌صورت مروری چاپ شده بودند نیز از روند بررسی خارج شدند.

### روش بررسی کیفیت مقالات

برای بررسی کیفیت مقالات از مقیاس PEDro استفاده شد. این مقیاس یازده سؤال دارد. برای هر سؤال یک امتیاز در نظر گرفته می‌شود. اگر مقاله امتیاز هفت و بالای هفت بگیرد، نشان‌دهنده سطح بالای کیفیت مقاله است و اگر بین پنج تا شش





جدول ۱. نتایج حاصل از مطالعاتی که به بررسی کرامپ عضلانی در دوندگاران پرداخته‌اند

نویسنده	عنوان مقاله	نوع مطالعه	نوع سرعت	نتایج اصلی	PED or Scale
هشنون و همکاران [۳۹]	مشارکت‌های احتمالی تنبیهی در کرامپ عضلانی مرتبط به ورزش در چهار نیمه ماراثن باز تفریحی: سری موردی	مطالعه سری موردی	نیمه ماراثن	به نظر نمی‌رسد که مورد مشاهده شده کرامپ عضلانی ناشی از ورزش، کاملاً با تئوری سستی کجایی / الکترولیت مغایرت داشته باشد.	۱۱/۶
فردیکسون و همکاران [۴۰]	تاوان‌کننده کرامپ یا در یک دوندگاران به Paramyotonia Congenita: یک مطالعه موردی	مطالعه موردی	دوندگاران استقامتی	شخص در پای چپ احساس کرامپ و درد داشت، وقتی مدت تمرین به بیست دقیقه می‌رسید، علائم او تشدید می‌شد و هرچقدر بیشتر تمرین می‌کرد علائم را با شدت بیشتری احساس می‌کرد و همچنین تمرین در هوای سرد نیز علائم را دو چندان می‌کرد	۱۱/۳
کاسلی و همکاران [۴۱]	آسیب‌های اندام تحتانی در دوندگان ماراثن در شهر نیویورک	مطالعه مقطعی	دوندگاران ماراثن	نتایج این مطالعه نشان داد که کرامپ عضلانی یکی از آسیب‌هایی است که بین دوندگان از شیوع بالایی برخوردار است، علاوه بر این، مشاهده کردند که بین افزایش تعداد کیلومترهای دویدن در هفته با کاهش کرامپ عضلانی همراه است.	۱۱/۶
فرزیرا و همکاران [۴۲]	تمرین مصرف آب دوندگاران هنگام تمرین در مقابل رهاقت	مطالعه مقطعی	نانشخص	تفاوت معنی‌داری بین مصرف آب هنگام تمرین و مسابقه بین دوندگاران مشاهده شد. دوندگاران در ۴۱ مسابقه و ۵۴ درصد در تمرین از مصرف آب کافی غافل بودند. به نظر می‌رسد که دوندگاران از مصرف آب کافی هنگام تمرین و مسابقه غفلت می‌کنند.	۱۱/۵
هاوس و همکاران [۴۳]	بیماری گرمای ورزشی در دوندگاران نیمه ماراثن: تجربیات از Great North Run	مطالعه مقطعی	نیمه ماراثن	هنگامی که شدت تمرین بالا می‌رفت و دمای بدن بالای ۴۱ درجه می‌شد، احتمال افتادن و زشتکار افزایش پیدا می‌کرد. در این شرایط، هنگام سرد کردن و ریکاوری مجدد صورت می‌گرفتند، کرامپ عضلانی در دوندگاران اتفاق می‌افتاد.	۱۱/۵
مارتینز و همکاران [۴۴]	کرامپ عضلانی در ماراثن: کمبود آب بدن و کاهش الکترولیت در مقابل آسیب عضلانی	مطالعه مقطعی	ماراثن	دوندگاران که از کرامپ عضلانی رنج می‌برند بعد از ماراثن، میزان بیشتری از کم‌آبی و کاهش الکترولیت را نشان نمی‌دهند، اما غلظت‌های بیشتری از بیومارکرهای آسیب عضلانی را نشان می‌دهند.	۱۱/۹
هافمن و همکاران [۴۵]	کرامپ عضلات در طی یک مسابقه فوق ماراثن ۱۶۱ کیلومتری: مقایسه خصوصیات افراد با یا بدون گرفتگی عضلات	مطالعه مشاهده‌ای	فوق ماراثن	کرامپ عضلات در طی دو فوق ماراثن، بیشتر در کسانی اتفاق می‌افتد که سابقه کرامپ عضلات و آسیب‌دیدگی قبلی دارند و این ارتباط با تقاضای نسبی عضلات ارتباط دارند. به نظر نمی‌رسد که اختلاف در تعادل مایعات و سدیم به‌عنوان یک اتیولوژی در کرامپ عضلات طی دو فوق ماراثن باشد.	۱۱/۸

نویسنده	عنوان مقاله	نوع مطالعه	نوع سرعت	نتایج اصلی	PED or Scale
شولوس و همکاران [۴۳]	افزایش سرعت دویدن و کرامپ‌های قلی به جای کم‌آبی یا تغییرات سلیم سرم، کرامپ عضلات مرتبط به ورزش را پیش‌بینی می‌کند. یک مطالعه کوهورت آینده‌نگر در ۲۱۰ ورزشکار سه‌گانه	مطالعه کوهورت آینده‌نگر	رشته سه‌گانه	نتایج حاصل از این مطالعه به شواهد اضافه می‌کند که کم‌آبی و تغییر تعادل الکترولیت سرم، دلیلی برای کرامپ عضلانی ناشی از ورزش نیست. در عوض، خودآنگ استقامتی که با سرعت بالایی رقابت می‌کنند که نشان می‌دهد که آن‌ها با شدت بالا ورزش می‌کنند در معرض خطر بالایی از کرامپ عضلانی ناشی از ورزش هستند.	۱۱۱۰
شواب و همکاران [۴۷]	عوارض پزشکی و مرگ‌ومیر در دوندگاری مسابقه‌ای جامه‌ای ۲۱ و ۵۴ کیلومتر: یک مطالعه آینده‌نگر	مطالعه کوهورت آینده‌نگر	دوندگان استقامتی ۲۱ و ۵۴ کیلومتری	دوندگان استقامتی که در مسافت ۵۴ کیلومتری می‌دویند، به میزان بیشتری، کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در مقایسه با دوندگانی که در مسافت ۲۱ کیلومتری می‌دویند داشتند.	۱۱۱۹
پزل و همکاران [۴۸]	محدودیت‌های غلظتی در دوندگان استقامت برای کاهش علائم گوارشی ناشی از ورزش	مطالعه مقطعی	دوندگان استقامتی	کرامپ عضلانی در ناحیه شکم با محدودیت‌های غلظتی ارتباط مستقیم دارد. همچنین شیوع کرامپ در ورزشکاران جوان، به‌ویژه در زنان بیشتر است که ممکن است تمایل آن‌ها به اجتناب از غذاها را توضیح دهد.	۱۱۱۷
شولوس و همکاران [۴۹]	زمینه بیماری مزمن، استفاده از دارو، سابقه آسیب‌دیدگی در دویدن و سابقه بیشتر در دویدن از عوامل مستقل مرتبط با کرامپ عضلانی مرتبط با ورزش است: یک مطالعه مقطعی در دوندگان فوق‌ماراتن ۵۴ کیلومتری هستند. یک مطالعه کوهورت آینده‌نگر	مطالعه مقطعی	دوندگان استقامتی	ریسک فاکتورهای جدید مرتبط با کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان استقامتی شامل بیماری‌های مزمن، استفاده از دارو، سابقه آسیب‌دیدگی در دویدن و سابقه طولانی دویدن هستند.	۱۱۱۸
شولوس و همکاران [۵۰]	افزایش سرعت دویدن و آسیب عضلانی قبل از مسابقه به عنوان عوامل خطر برای کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان فوق‌ماراتن ۵۴ کیلومتری	مطالعه کوهورت آینده‌نگر	فوق ماراتن	ریسک فاکتورهای جدید برای کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان استقامتی شامل کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در گذشته، سرعت دویدن سریع‌تر در مرحله اولیه مسابقه و احتمالاً آسیب عضلانی قبل از مسابقه.	۱۱۱۰
هورگوست و همکاران [۵۱]	شکایات و ارتباطات دستگاه گوارش با مصرف درشت مغزی خود گزارش‌شده در گروه‌های مستقل (فوق ماراتن) دوندگاری ماراتن که در فاصله‌های مختلف رقابت می‌کنند	مطالعه مقطعی	دوندگاری استقامت	دوندگاری هر سه مسافت ماراتن، ۶۰ کیلومتری و ۱۲۰ کیلومتری، شکایت بالایی از کرامپ عضلانی در اندام تحتانی و ناحیه شکم گزارش دادند. در برخی موارد با افزایش مسافت دویدن، میزان شدت کرامپ عضلانی افزایش می‌یافت. به جز مصرف کربوهیدرات بیشتر در دوندگاری در مسافت ۶۰ کیلومتری، هیچ تفاوتی برای مصرف عناصر مغزی یافت نشد.	۱۱۱۷
شولوس و همکاران [۵۲]	غلظت الکترولیت سرم و وضعیت هیدراتاسیون با کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگاری مسافتی ارتباط ندارد	مطالعه کوهورت آینده‌نگر	دوندگاری استقامت	هیچ تغییر معناداری از نظر بائنی در غلظت‌های الکترولیت سرم و هیچ تغییری در وضعیت هیدراتاسیون در دوندگاری که کرامپ عضلانی ناشی از ورزش دارد و در یک مسابقه با مسافت خیلی طولانی شرکت می‌کنند وجود ندارد.	۱۱۱۹
وردن و همکاران [۵۳]	مصرف مواد مغزی توسط دوندگان فوق‌ماراتن: آیا آن‌ها می‌توانند توصیه‌ها را برآورده کنند	مطالعه مقطعی	دوندگاری ماراتن و فوق ماراتن	به‌طور کلی، همبستگی متوسط و بیشتر مغزی بین مصرف مواد مغزی با کرامپ عضلانی ناحیه شکم مشاهده شد. در طول مسابقه، تنوع زیادی در مصرف مواد مغزی پیدایشه این ممکن است مربوط به شیوع بالای کرامپ عضلانی ناحیه شکم باشد.	۱۱۱۷

مجله بیومکانیک ورزش

در راستای نتایج این مطالعات، نتایج چند مطالعه نیز گزارش کرده‌اند که کم‌آبی بدن و نقص الکترولیت از علت‌های کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در ورزشکاران است [۵۵، ۵۴، ۲۸، ۲۴، ۲۳]. یک مطالعه با بررسی نظر مربیان ورزشی، نشان داد که اکثریت قریب به اتفاق (۹۲/۱ درصد) کم‌آبی یا عدم تعادل الکترولیت را به‌عنوان شایع‌ترین علت وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش تشخیص داده‌اند [۵۶].

همچنین یک مطالعه در مورد ورزشکاران استقامتی نشان داد که اکثریت (۷۵ درصد) معتقدند که مصرف سدیم در طی فعالیت‌های استقامتی مانع از کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در این ورزشکاران می‌شود [۵۷].

به نظر می‌رسد که شدت تمرین بالا و تمرین کردن در مدت‌زمان طولانی باعث از دست رفتن آب بدن و همچنین عدم تعادل در الکترولیت بدن می‌شود و باعث عامل ایجاد یکی از علت‌های وقوع کرامپ عضلانی می‌شود، در حالی که نتایج چهار مطالعه نشان داد که کم‌آبی و نقص الکترولیت تأثیر معناداری روی کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان ندارد [۵۲، ۴۶-۴۴].

در راستای نتایج این مطالعات، نتایج مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که ارتباط قوی بین کمبود آب بدن یا نقص الکترولیت با کرامپ عضلانی ناشی از ورزش ندارد [۵۸]. این مطالعات با ارزیابی از حجم پلاسما، حجم خون و تغییرات وزن بدن در شرکت‌کنندگان به این نتایج دست پیدا کرده‌اند [۵۹، ۵۸]؛ بنابراین نتایج در مورد کمبود آب بدن و نقص الکترولیت به‌عنوان عامل کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان ضد و نقیض هست و نیاز به مطالعات بیشتری با بررسی دقیق‌تری است، اما به نظر می‌رسد که باید وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان را چند عاملی بدانیم و یکی از این عوامل نقص الکترولیت و دهیدراسیون است.

سابقه آسیب‌دیدگی، کرامپ عضلانی در گذشته و افزایش شدت تمرین در مدت‌زمان کوتاه در نتایج چهار مطالعه نشان داد که سابقه آسیب‌دیدگی، کرامپ عضلانی در گذشته و افزایش شدت تمرین در مدت‌زمان کوتاه از عوامل هستند که باعث بروز کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در مدت‌زمان کوتاه می‌شوند [۵۰، ۴۹، ۴۶، ۴۵].

هم‌راستا با نتایج مطالعات حاضر، نتایج مطالعات قبلی نیز نشان داده‌اند که افزایش شدت تمرین، سابقه آسیب قبلی، آسیب‌دیدگی قبل از مسابقه، تاریخچه‌ای از کرامپ عضلانی و فاکتورهای ژنتیکی از عوامل اتولوژیکالی هستند که با کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در ارتباط هستند [۶۲-۶۰، ۳۶].

علاوه بر این، فرض شده است که مسیر نهایی این فاکتورها می‌تواند باعث تحریک بیش از حد موتور نورون‌ها شود [۱۷]. در مورد تحریک‌پذیری نورون‌ها که می‌توانند یکی از علت‌های کرامپ عضلانی ناشی از ورزش شوند، مطالعات فرض کرده‌اند که پتانسیل حرکتی در هنگام کرامپ عضلانی در موتور نورون‌های

پرداخته‌اند. بیشتر مطالعات روی کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان استقامتی هستند و در مسافت‌های مختلفی به بررسی کرامپ عضلانی پرداخته‌اند. مسافت‌های بررسی، دوندگان استقامتی، ماراتن و فوق‌ماراتن را شامل می‌شود که نشان‌دهنده این می‌توان باشد که دوندگان استقامتی بیشتر از سایر دوندگان دچار کرامپ عضلانی ناشی از ورزش می‌شوند و کنترل این مشکل می‌تواند بر عملکرد این رشته از ورزشکاران استقامتی کمک فراوانی کند.

با بررسی نتایج مطالعات مشاهده می‌کنیم که بیشتر مطالعات روی علت‌های وقوع کرامپ عضلانی پرداخته‌اند و تنها یک مطالعه برای کاهش کرامپ عضلانی، تمرینات کششی را پیشنهاد داده‌اند.

با نگاه کردن به نتایج می‌توان پی برد که علت‌های وقوع کرامپ عضلانی در ورزشکاران دونده استقامتی بسیار متغیر بوده و نتایج مطالعات به عوامل مختلفی رسیده‌اند که باعث وقوع کرامپ عضلانی در این رشته ورزشی می‌شوند، در برخی موارد، نتایج این مطالعات ضد و نقیض بوده و برخی مطالعات عامل کم‌آبی و دهیدراسیون را یکی از فاکتورهای کرامپ عضلانی دانسته‌اند، در حالی که برخی عوامل عصبی عضلانی را علت وقوع کرامپ ذکر کرده‌اند و حتی مطالعات، علت وقوع گرما، سرما، محدودیت‌های غذایی، بیماری‌های قبلی، آسیب‌های ورزشی قبلی، کرامپ عضلانی قبلی و افزایش شدت تمرین به یک‌باره را علت‌های وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان دانسته‌اند.

این نتایج نشان‌دهنده این است که علت وقوع کرامپ به یک عامل برنمی‌گردد و افزایش شیوع کرامپ در دوندگان می‌تواند چند عاملی باشد و هریک از این عوامل می‌تواند بخشی از علت‌های وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان را تقویت کنند و در نهایت باعث وقوع کرامپ عضلانی در دوندگان هنگام تمرین را بلافاصله بعد از تمرین یا مسابقه باشند.

## بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان بود. نتایج مطالعات، اطلاعات مختلفی را از کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان گزارش کرده‌اند. مطالعات علت وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان را دهیدراسیون و نقص الکترولیت، سرما، طولانی شدن مدت تمرین یا مسابقه، افزایش دمای بدن هنگام تمرین یا مسابقه، سابقه آسیب‌دیدگی و کرامپ عضلانی در گذشته، افزایش شدت تمرین در مدت‌زمان کوتاه و محدودیت‌های غذایی ذکر کرده‌اند که هریک از این فاکتورها را بحث و بررسی کنیم.

## دهیدراسیون و نقص الکترولیت

نتایج دو مطالعه نشان داد که دهیدراسیون و نقص الکترولیت با کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندگان مغایرت ندارد [۴۲، ۳۹]؛

این نتیجه رسید که افزایش مدت تمرین یا مسابقه بر احتمال وقوع کرامپ عضلانی تأثیر بسزایی دارد؛ بنابراین مطالعات برای کاهش وقوع این احتمال، توصیه به مصرف مایعات، کربوهیدرات کافی و همچنین افزایش تعداد جلسات تمرین در هفته کرده‌اند.

### نتیجه‌گیری نهایی

به نظر می‌رسد که علت وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندها چند عاملی باشد. مطالعات علت وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندها را دهیدراسیون و نقص الکترولیت، سرما، طولانی شدن مدت تمرین یا مسابقه، افزایش دمای بدن هنگام تمرین یا مسابقه، سابقه آسیب‌دیدگی و کرامپ عضلانی در گذشته، افزایش شدت تمرین در مدت‌زمان کوتاه و محدودیت‌های غذایی ذکر کرده‌اند؛ بنابراین نیاز است که برای کاهش وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندها، چندین عامل را در نظر گرفت و همه عوامل را دقیقاً بررسی و مطالعه کرد.

### ملاحظات اخلاقی

#### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله از نوع مروری است و مستقیماً از هیچ انسانی یا حیوانی در آن استفاده نشده است.

#### حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

#### مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان سهم یکسانی در نگارش مقاله داشته‌اند.

#### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حرکتی ایجاد می‌شوند که احتمالاً با عدم تعادل بین افزایش تحریک از دوک‌های عضلانی و بازدارندگی حرکتی در بخش‌های گلژی تاندون‌ها همراه است [۳۰].

بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که وقوع هر یک از فاکتورهای ذکر شده می‌تواند تئوری کنترل عصبی عضلانی تغییر یافته را که منجر به کرامپ عضلانی ناشی از ورزش می‌شود را تقویت کند، هر چند برای نتیجه‌گیری بهتر نیاز است که مطالعات پژوهشی با دقت و اطلاعات جزئی‌تری صورت بگیرد.

علاوه بر این ثابت شده است کرامپ عضلانی اسکلتی ناشی از ورزش با بیماری‌های مزمن در ارتباط است، از جمله بیماری‌های قلبی عروقی، متابولیکی، بیماری‌های سیستم عصبی محیطی و مرکزی و سایر بیماری‌های دیگر همچون بیماری کلیوی که میزان تنظیم مایعات و الکترولیت‌ها را دچار اختلال می‌کند [۶۷-۶۳] که همه این عوامل باعث افزایش وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش در دوندها می‌شود.

طولانی شدن مدت تمرین یا مسابقه و محدودیت‌های غذایی

نتایج سه مطالعه نشان داد که با افزایش مسیر مسابقه و طولانی شدن مدت تمرین، می‌تواند احتمال وقوع کرامپ عضلانی را افزایش دهد [۴۳، ۴۷، ۵۱]. همچنین نتایج دو مطالعه، یکی از علت‌های وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش را محدودیت‌های غذایی فرض کرده‌اند [۴۸، ۵۳]. به طوری که مطالعات گزارش کرده‌اند که با افزایش مدت تمرین میزان وقوع کرامپ افزایش می‌یابد [۴۸، ۶۸].

همچنین گزارش شده است که احتمال وقوع کرامپ عضلانی در دوندگان ماراتن به میزان ۳۰-۵۰ درصد است [۶۹]، در دوندگانی که ۶۰ کیلومتر می‌دوند احتمال ۸۳ درصد است [۵۳] و در دوندگان ۱۶۱ کیلومتری به میزان ۹۶ درصد گزارش شده است [۷۰].

نتایج این مطالعات فرضیه تأثیرگذاری افزایش شدت و مدت تمرین بر احتمال وقوع کرامپ عضلانی ناشی از ورزش را بیش از پیش تقویت می‌کند. همچنین میزان حذف غذا و مایعات را در کاهش وقوع کرامپ را مؤثر دانسته‌اند [۷۴-۷۱]. یکی از فاکتورهای غذایی مهم را کربوهیدرات دانسته‌اند و مطالعات به نتیجه رسیده‌اند که کاهش میزان کربوهیدرات بر خستگی عضلانی اسکلتی تأثیر بسزایی دارد و باعث می‌شود که عضلات زودتر خسته شوند [۷۷-۷۵]؛ بنابراین پیشنهاد کرده‌اند که میزان مصرف کربوهیدرات بر هر ساعت تمرین یا مسابقه ۶۰ تا ۹۰ گرم باشد [۷۸].

همچنین برای دوندگان مصرف مایعات را هنگام تمرین و مسابقه سفارش و بین ۷۶۵-۳۵۴ میلی‌لیتر را در هر ساعت توصیه کرده‌اند [۸۲-۷۹، ۷۰، ۵۳]. با جمع‌بندی این بخش می‌توان به

## References

- [1] Murray D, Miller KC, Edwards JE. Does a reduction in serum sodium concentration or serum potassium concentration increase the prevalence of exercise-associated muscle cramps? *J Sport Rehabil.* 2016; 25(3):301-4. [DOI:10.1123/jsr.2014-0293] [PMID]
- [2] Miller KC. The evolution of exercise-associated muscle cramp research. *ACSMs Health Fit J.* 2018; 22(4):6-8. [DOI:10.1249/FIT.0000000000000395]
- [3] Katzberg HD, Khan AH, So YT. Assessment: Symptomatic treatment for muscle cramps (an evidence-based review): Report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology.* 2010; 74(8):691-6. [DOI:10.1212/WNL.0b013e3181d0ccca] [PMID]
- [4] Schwellnus MP. Skeletal muscle cramps during exercise. *Phys Sportsmed.* 1999; 27(12):109-15. [DOI:10.3810/psm.1999.11.1116] [PMID]
- [5] Dickhuth HH, Röcker K, Niess A, Horstmann T, Mayer F, Striegel H. Exercise-induced, persistent and generalized muscle cramps. A case report. *J Sports Med Phys Fitness.* 2002; 42(1):92-4. [PMID]
- [6] Simchak AC, Pascuzzi RM. Muscle cramps. *Semin Neurol.* 1991; 11(3):281-7. [DOI:10.1055/s-2008-1041233] [PMID]
- [7] Armstrong S, Cross T. Exercise-associated muscle cramps. *Med Today.* 2013; 14(11):62-5. <https://medicinetoday.com.au/2013/november/regular-series/exercise-associated-muscle-cramps>
- [8] Maquirriain J, Merello M. The athlete with muscular cramps: Clinical approach. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007; 15(7):425-31. [DOI:10.5435/00124635-200707000-00007] [PMID]
- [9] Miller KC. Myths and misconceptions about exercise-associated muscle cramping. *ACSMs Health Fit J.* 2016; 20(2):37-9. [DOI:10.1249/FIT.0000000000000187]
- [10] Sulzer NU. Exercise associated muscle cramping: Investigating a novel hypothesis. Cape Town: University of Cape Town; 2003. <https://books.google.com/books?id=NYtfNwAACAAJ&dq>
- [11] Qiu J, Kang J. Exercise associated muscle cramps - A current perspective. *Arch Sports Med.* 2017; 1(1):3-14. [DOI:10.36959/987/223]
- [12] Miller KC, Mack GW, Knight KL, Hopkins JT, Draper DO, Fields PJ, et al. Three percent hypohydration does not affect threshold frequency of electrically induced cramps. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42(11):2056-63. [DOI:10.1249/MSS.0b013e3181dd5e3a] [PMID]
- [13] Hallissey HM. The use of bananas in preventing exercise associated muscle cramps [MSc. thesis]. Fargo, ND: North Dakota State University; 2014. <https://library.ndsu.edu/ir/handle/10365/27535>
- [14] Bergeron MF. Muscle cramps during exercise-Is it fatigue or electrolyte deficit? *Curr Sports Med Rep.* 2008; 7(4):S50-5. [DOI:10.1249/JSR.0b013e31817f476a]
- [15] Eichner ER. The role of sodium in 'heat cramping'. *Sports Med.* 2007; 37(4-5):368-70. [DOI:10.2165/00007256-200737040-00024] [PMID]
- [16] Miller KC, Stone MS, Huxel KC, Edwards JE. Exercise-associated muscle cramps: Causes, treatment, and prevention. *Sports Health.* 2010; 2(4):279-83. [DOI:10.1177/1941738109357299] [PMID] [PMCID]
- [17] Schwellnus MP. Cause of Exercise Associated Muscle Cramps (EAMC)-altered neuromuscular control, dehydration or electrolyte depletion? *Br J Sports Med.* 2009; 43(6):401-8. [DOI:10.1136/bjism.2008.050401] [PMID]
- [18] Bentley S. Exercise-induced muscle cramp. Proposed mechanisms and management. *Sports Med.* 1996; 21(6):409-20. [DOI:10.2165/00007256-199621060-00003] [PMID]
- [19] Jayaraman RC, Reid RW, Foley JM, Prior BM, Dudley GA, Weingand KW, et al. MRI evaluation of topical heat and static stretching as therapeutic modalities for the treatment of eccentric exercise-induced muscle damage. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 93(1-2):30-8. [DOI:10.1007/s00421-004-1153-y] [PMID]
- [20] Eichner ER. Heat cramps in sports. *Curr Sports Med Rep.* 2008; 7(4):178-9. [DOI:10.1249/JSR.0b013e31817ebfcd] [PMID]
- [21] Schallig W, Levels K, Daanen HAM. Heat and exercise associated muscle cramps: The influence of heat on the occurrence of exercise associated muscle cramps: A review. *Sport Geneesk.* 2017; 50(1):30-9. <https://research.vu.nl/en/publications/heat-and-exercise-associated-muscle-cramps>
- [22] Jones BH, Rock PB, Smith LS, Teves MA, Casey JK, Eddings K, et al. Medical complaints after a marathon run in cool weather. *Phys Sportsmed.* 1985; 13(10):103-10. [DOI:10.1080/00913847.1985.11708904] [PMID]
- [23] Behringer M, Link TW, Montag JCK, McCourt ML, Mester J. Are electrically induced muscle cramps able to increase the cramp threshold frequency, when induced once a week? *Orthop Rev.* 2015; 7(3):6028. [DOI:10.4081/or.2015.6028] [PMID] [PMCID]
- [24] Miller KC, Knight KL, Wilding SR, Stone MB. Duration of electrically induced muscle cramp increased by increasing stimulation frequency. *J Sport Rehabil.* 2012; 21(2):182-5. [DOI:10.1123/jsr.21.2.182] [PMID]
- [25] Miller KC, Knight KL. Initial electrical stimulation frequency and cramp threshold frequency and force. *J Athl Train.* 2012; 47(6):643-7. [DOI:10.4085/1062-6050-47.5.12] [PMID] [PMCID]
- [26] Minetto MA, Holobar A, Botter A, Ravenni R, Farina D. Mechanisms of cramp contractions: Peripheral or central generation? *J Physiol.* 2011; 589(23):5759-73. [DOI:10.1113/jphysiol.2011.212332] [PMID] [PMCID]
- [27] Minetto MA, Holobar A, Botter A, Farina D. Discharge properties of motor units of the abductor hallucis muscle during cramp contractions. *J Neurophysiol.* 2009; 102(3):1890-901. [DOI:10.1152/jn.00309.2009] [PMID]
- [28] Khan SI, Burne JA. Reflex inhibition of normal cramp following electrical stimulation of the muscle tendon. *J Neurophysiol.* 2007; 98(3):1102-7. [DOI:10.1152/jn.00371.2007] [PMID]
- [29] Miller KC, Burne JA. Golgi tendon organ reflex inhibition following manually applied acute static stretching. *J Sports Sci.* 2014; 32(15):1491-7. [DOI:10.1080/02640414.2014.899708] [PMID]
- [30] Giuriato G, Pedrinolla A, Schena F, Venturini M. Muscle cramps: A comparison of the two-leading hypothesis. *J Electromyogr Kinesiol.* 2018; 41:89-95. [DOI:10.1016/j.jelekin.2018.05.006] [PMID]
- [31] Nelson NL, Churilla JR. A narrative review of exercise-associated muscle cramps: Factors that contribute to neuromuscular fatigue and management implications. *Muscle Nerve.* 2016; 54(2):177-85. [DOI:10.1002/mus.25176] [PMID]
- [32] Miller KC. Exercise-associated muscle cramps. In: Adams W, Jardine J, editors. *Exertional Heat Illness.* Cham: Springer; 2020. pp. 117-136. [DOI:10.1007/978-3-030-27805-2\_6]
- [33] Troyer W, Render A, Jayanthi N. Exercise-associated muscle cramps in the tennis player. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2020; 13(5):612-21. [DOI:10.1007/s12178-020-09662-8] [PMID] [PMCID]

- [34] Wise P, Lafferty L, Phillips SF. A case of persistent muscle cramps in an American football player with cystic fibrosis. *Cureus*. 2020; 12(6):e8621. [DOI:10.7759/cureus.8621] [PMID] [PMCID]
- [35] Changstrom B, Brill J, Hecht S. Severe exercise-associated hyponatremia in a collegiate American football player. *Curr Sports Med Rep*. 2017; 16(5):343-5. [DOI:10.1249/JSR.0000000000000399] [PMID]
- [36] Summers KM, Snodgrass SJ, Callister R. Predictors of calf cramping in rugby league. *J Strength Cond Res*. 2014; 28(3):774-83. [DOI:10.1519/JSC.0b013e31829f360c] [PMID]
- [37] ZwemZa. Cramps in swimming.... What is the cause? [Internet]. 2014 [Updated 2014 November 15]. Available from: <https://www.zwemza.com/?p=17753>
- [38] Turnipseed WD. Popliteal entrapment in runners. *Clin Sports Med*. 2012; 31(2):321-8. [DOI:10.1016/j.csm.2011.09.010] [PMID]
- [39] Hanson J, Dole A. Potential nutrition contributions to exercise-associated muscle cramping in four recreational half-marathoners: A case series. *Int J Strength Cond*. 2021; 1(1):1-9. [DOI:10.47206/ijsc.v1i1.43]
- [40] Fredericson M, Kim BJ, Date ES. Disabling foot cramping in a runner secondary to paramyotonia congenita: A case report. *Foot Ankle Int*. 2004; 25(7):510-2. [DOI:10.1177/107110070402500712] [PMID]
- [41] Caselli MA, Longobardi SJ. Lower extremity injuries at the New York City marathon. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1997; 87(1):34-7. [DOI:10.7547/87507315-87-1-34] [PMID]
- [42] Ferreira FG, Pereira LG, Xavier WDR, Guttierrez APM, Santana ÂMC, Costa NMB, et al. Hydration practices of runners during training vs competition. *Arch Med Deporte*. 2016; 33(1):11-7. [https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or01\\_ferreira.pdf](https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or01_ferreira.pdf)
- [43] Hawes R, McMorran J, Vallis C. Exertional heat illness in half marathon runners: Experiences of the Great North Run. *Emerg Med J*. 2010; 27(11):866-7. [DOI:10.1136/emj.2010.090928] [PMID]
- [44] Martínez-Navarro I, Montoya-Vieco A, Collado-Boira E, Hernando B, Panizo N, Hernando C. Muscle cramping in the marathon: Dehydration and electrolyte depletion vs. muscle damage. *J Strength Cond Res*. 2020; August. [DOI:10.1519/JSC.0000000000003713] [PMID]
- [45] Hoffman MD, Stuempfle KJ. Muscle cramping during a 161-km ultramarathon: Comparison of characteristics of those with and without cramping. *Sports Med Open*. 2015; 1:24. [DOI:10.1186/s40798-015-0019-7] [PMID] [PMCID]
- [46] Schwellnus MP, Drew N, Collins M. Increased running speed and previous cramps rather than dehydration or serum sodium changes predict exercise-associated muscle cramping: a prospective cohort study in 210 Ironman triathletes. *Br J Sports Med*. 2011; 45(8):650-6. [DOI:10.1136/bjism.2010.078535] [PMID]
- [47] Schwabe K, Schwellnus M, Derman W, Swanevelder S, Jordaan E. Medical complications and deaths in 21 and 56 km road race runners: A 4-year prospective study in 65 865 runners-SAFER study I. *Br J Sports Med*. 2014; 48(11):912-8. [DOI:10.1136/bjsports-2014-093470] [PMID]
- [48] Parnell JA, Wagner-Jones K, Madden RF, Erdman KA. Dietary restrictions in endurance runners to mitigate exercise-induced gastrointestinal symptoms. *J Int Soc Sports Nutr*. 2020; 17:32. [DOI:10.1186/s12970-020-00361-w] [PMID] [PMCID]
- [49] Schwellnus MP, Swanevelder S, Jordaan E, Derman W, Van Rensburg DCJ. Underlying chronic disease, medication use, history of running injuries and being a more experienced runner are independent factors associated with exercise-associated muscle cramping: A cross-sectional study in 15778 distance runners. *Clin J Sport Med*. 2018; 28(3):289-98. [DOI:10.1097/JSM.0000000000000456] [PMID]
- [50] Schwellnus MP, Allie S, Derman W, Collins M. Increased running speed and pre-race muscle damage as risk factors for exercise-associated muscle cramps in a 56 km ultra-marathon: A prospective cohort study. *Br J Sports Med*. 2011; 45(14):1132-6. [DOI:10.1136/bjism.2010.082677] [PMID]
- [51] Hoogervorst D, van der Burg N, Versteegen JJ, Lambrechtse KJ, Redegeld MI, Cornelissen LA, et al. Gastrointestinal complaints and correlations with self-reported macronutrient intake in independent groups of (ultra) marathon runners competing at different distances. *Sports*. 2019; 7(6):140. [DOI:10.3390/sports7060140] [PMID] [PMCID]
- [52] Schwellnus MP, Nicol J, Laubscher R, Noakes TD. Serum electrolyte concentrations and hydration status are not associated with Exercise Associated Muscle Cramping (EAMC) in distance runners. *Br J Sports Med*. 2004; 38(4):488-92. [DOI:10.1136/bjism.2003.007021] [PMID] [PMCID]
- [53] Wardenaar FC, Dijkhuizen R, Ceelen IJM, Jonk E, de Vries JHM, Witkamp RF, et al. Nutrient intake by ultramarathon runners: Can they meet recommendations? *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2015; 25(4):375-86. [DOI:10.1123/ijsnem.2014-0199] [PMID]
- [54] Miller KC, Knight KL. Electrical stimulation cramp threshold frequency correlates well with the occurrence of skeletal muscle cramps. *Muscle Nerve*. 2009; 39(3):364-8. [DOI:10.1002/mus.21170] [PMID]
- [55] Sulzer NU, Schwellnus MP, Noakes TD. Serum electrolytes in Ironman triathletes with exercise-associated muscle cramping. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37(7):1081-5. [DOI:10.1249/01.mss.0000169723.79558.cf] [PMID]
- [56] Stone MB, Edwards JE, Stemmanns CL, Ingersoll CD, Palmieri RM, Krause BA. Certified athletic trainers' perceptions of exercise-associated muscle cramps. *J Sport Rehabil*. 2003; 12(4):333-42. [DOI:10.1123/jsr.12.4.333]
- [57] McCubbin AJ, Cox GR, Costa RJS. Sodium intake beliefs, information sources, and intended practices of endurance athletes before and during exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2019; 29(4):371-81. [DOI:10.1123/ijsnem.2018-0270] [PMID]
- [58] Braulick KW, Miller KC, Albrecht JM, Tucker JM, Deal JE. Significant and serious dehydration does not affect skeletal muscle cramp threshold frequency. *Br J Sports Med*. 2013; 47(11):710-4. [DOI:10.1136/bjsports-2012-091501] [PMID]
- [59] Jung AP, Bishop PA, Al-Nawwas A, Dale RB. Influence of hydration and electrolyte supplementation on incidence and time to onset of exercise-associated muscle cramps. *J Athl Train*. 2005; 40(2):71-5. [PMID] [PMCID]
- [60] Shang G, Collins M, Schwellnus MP. Factors associated with a self-reported history of exercise-associated muscle cramps in Ironman triathletes: A case-control study. *Clin J Sport Med*. 2011; 21(3):204-10. [DOI:10.1097/JSM.0b013e31820bcbfd] [PMID]
- [61] O'Connell KO, Posthumus M, Schwellnus MP, Collins M. Collagen genes and exercise-associated muscle cramping. *Clin J Sport Med*. 2013; 23(1):64-9. [DOI:10.1097/JSM.0b013e3182686aa7] [PMID]
- [62] MacSearraigh ET, Kallmeyer JC, Schiff HB. Acute renal failure in marathon runners. *Nephron*. 1979; 24(5):236-40. [DOI:10.1159/000181723] [PMID]
- [63] Minetto MA, Holobar A, Botter A, Farina D. Origin and development of muscle cramps. *Exerc Sport Sci Rev*. 2013; 41(1):3-10. [DOI:10.1097/JES.0b013e3182724817] [PMID]
- [64] Parisi L, Pierelli F, Amabile G, Valente G, Calandriello E, Fattapposta F, et al. Muscular cramps: Proposals for a new classification. *Acta Neurol Scand*. 2003; 107(3):176-86. [DOI:10.1034/j.1600-0404.2003.01289.x] [PMID]

- [65] Miller TM, Layzer RB. Muscle cramps. *Muscle Nerve*. 2005; 32(4):431-42. [DOI:10.1002/mus.20341] [PMID]
- [66] Mehta SS, Fallon MB. Muscle cramps in liver disease. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2013; 11(11):1385-91. [DOI:10.1016/j.cgh.2013.03.017] [PMID]
- [67] Viljoen CT, van Rensburg DCJ, Verhagen E, van Mechelen W, Tomás R, Schoeman M, et al. Epidemiology of injury and illness among trail runners: A systematic review. *Sports Med*. 2021; 51(5):917-43. [DOI:10.1007/s40279-020-01418-1] [PMID]
- [68] Peters HP, van Schelven FW, Verstappen PA, de Boer RW, Bol E, Erich WB, et al. Gastrointestinal problems as a function of carbohydrate supplements and mode of exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1993; 25(11):1211-24. [DOI:10.1249/00005768-199311000-00003] [PMID]
- [69] Ter Steege RWF, Van Der Palen J, Kolkman JJ. Prevalence of gastrointestinal complaints in runners competing in a long-distance run: An internet-based observational study in 1281 subjects. *Scand J Gastroenterol*. 2008; 43(12):1477-82. [DOI:10.1080/00365520802321170] [PMID]
- [70] Stuempfle KJ, Hoffman MD, Weschler LB, Rogers IR, Hew-Butler T. Race diet of finishers and non-finishers in a 100 mile (161 km) mountain footrace. *J Am Coll Nutr*. 2011; 30(6):529-35. [DOI:10.1080/07315724.2011.10719999] [PMID]
- [71] de Oliveira EP, Burini RC, Jeukendrup A. Gastrointestinal complaints during exercise: Prevalence, etiology, and nutritional recommendations. *Sports Med*. 2014; 44(Suppl 1):79-85. [DOI:10.1007/s40279-014-0153-2] [PMID] [PMCID]
- [72] Jeukendrup AE. Training the gut for athletes. *Sports Med*. 2017; 47(Suppl 1):101-10. [DOI:10.1007/s40279-017-0690-6] [PMID] [PMCID]
- [73] Rehrer NJ, van Kemenade M, Meester W, Brouns F, Saris WHM. Gastrointestinal complaints in relation to dietary intake in triathletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 1992; 2(1):48-59. [DOI:10.1123/ijns.2.1.48] [PMID]
- [74] Abe K. A patient developed painful muscle cramps due to over-eating mangos. *Case Rep Neurol Med*. 2012; 2012:742125. [DOI:10.1155/2012/742125] [PMID] [PMCID]
- [75] Ørtenblad N, Westerblad H, Nielsen J. Muscle glycogen stores and fatigue. *J Physiol*. 2013; 591(18):4405-13. [DOI:10.1113/jphysiol.2013.251629] [PMID] [PMCID]
- [76] Jeukendrup A. A step towards personalized sports nutrition: Carbohydrate intake during exercise. *Sports Med*. 2014; 44(Suppl 1):25-33. [DOI:10.1007/s40279-014-0148-z] [PMID] [PMCID]
- [77] Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J Acad Nutr Diet*. 2016; 116(3):501-28. [DOI:10.1016/j.jand.2015.12.006] [PMID]
- [78] Burke LM, Jeukendrup AE, Jones AM, Mooses M. Contemporary nutrition strategies to optimize performance in distance runners and race walkers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2019; 29(2):117-29. [DOI:10.1123/ijns.2019-0004] [PMID]
- [79] Wardenaar FC, Hoogervorst D, Versteegen JJ, van der Burg N, Lambrechtse KJ, Bongers CCWG. Real-time observations of food and fluid timing during a 120 km ultramarathon. *Front Nutr*. 2018; 5:32. [DOI:10.3389/fnut.2018.00032] [PMID] [PMCID]
- [80] Moran ST, Dziedzic CE, Cox GR. Feeding strategies of a female athlete during an ultraendurance running event. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2011; 21(4):347-51. [DOI:10.1123/ijns.21.4.347] [PMID]
- [81] Martinez S, Aguilo A, Rodas L, Lozano L, Moreno C, Tauler P. Energy, macronutrient and water intake during a mountain ultramarathon event: The influence of distance. *J Sports Sci*. 2018; 36(3):333-9. [DOI:10.1080/02640414.2017.1306092] [PMID]
- [82] Kruseman M, Bucher S, Bovard M, Kayser B, Bovier PA. Nutrient intake and performance during a mountain marathon: An observational study. *Eur J Appl Physiol*. 2005; 94(1-2):151-7. [DOI:10.1007/s00421-004-1234-y] [PMID]

---

This Page Intentionally Left Blank

---