الجمهورية العربية السورية
الجامعة السورية الخاصة
كلية الصيدلة

تأثير المكملات الغذائية على الصحة والأداء الرياضي

The effect of nutritional supplements on health and athletic performance

مشروع أعد لنيل درجة الإجازة في الصيدلة والكيمياء الصيدلية :

إعداد الطالبات :

سمية طرقي المحمد **ماريا وليد الأغواني**

إشراف الدكتور :

حسام الدين شحرور

2025-2024 م

الفهرس:

العنوان	رقم الصفحة
1.مقدمة	4
2. أنواع المكملات الغذائية للرياضيين:	5
1.2. البروتينات:	5
2.2. الكرياتين:	7
3.2. الحموض الأمينية: الأرجينين:	10
4.2. بيتا آلانين:	12
5.2. بيتا هيدروكسي بيتا ميتيل بوتيرات HMB:	14
6.2. الأحماض الأمينية متفرعة السلسلةBCAAs :	16
7.2. السيترولين:	17
8.2. الغلوتامين:	18
9.2. الفيتامينات: فيتامين C و فيتامين E المضادان للأكسدة:	20
10.2. الحديد:	22
11.2. بيكربونات الصوديوم:	25
3. المكونات المحظورة في المكملات الغذائية:	27
1.3. أندروستيرون:	27
2.3. ثنائي ميتيل أميل أمين Dimethylamylamine DMAA	28
3.3. الإيفيدرا:	28
4. تنظيم المكملات الغذائية لتحسين الأداء الرياضي:	29
5. تقييم سلامة المكملات الرياضية:	29
6. استراتيجيات من أجل تحسين التمرين و الأداء الرياضي:	31
الاستبيان	33
المراجع	44

فهرس الأشكال:

الشكل	رقم الصفحة
الشكل (1): البروتينات المستخدمة في المكملات الغذائية	6
الشكل (2): بنية الكرياتين	8
الشكل (3): بنية الأرجينين.	11
الشكل(4): بنية البيتا آلانين	12
الشكل(5): بنية بيتا هيدروكسي بيتا ميتيل بوتيرات.	14
الشكل(6): الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة.	16
الشكل(7): بنية السيترولين.	17
الشكل(8): بنية الغلوتامين.	19
الشكل(9): بنية الفيتامينات E و C .	20
الشكل(10): بنية الحديد.	23
الشكل(11): بنية بيكربونات الصوديوم.	25
الشكل(12): بنية الأندروستيرون.	27
الشكل(13): بنية ثنائي ميتيل أميل أمين.	28
الشكل(14): بنية الإفدرين.	29

1. مقدمة:

تعتبر المكملات الغذائية منتجات طبية تستخدم لتحسين و دعم النظام الغذائي و توفير عنصر غذائي مفقود من النظام الغذائي، يمكن أن يكون المكمل الغذائي إما مستخرجاً من مصادر غذائية أو مركباً صناعياً، يؤخذ غالباً عن طريق الفم و يحتوي على واحد أو أكثر من المكونات الغذائية التالية: فيتامينات – معادن – أحماض أمينية – بروتينات – أحماض دسمة أساسية – مواد عشبية و غيرها من المواد ذات التأثير الغذائي أو الفيزيولوجي. يتم إنتاج المكملات الغذائية بعدة أشكال صيدلانية مثل الكبسولات و الأقراص و الحبوب و أشكال أخرى مصممة لتناولها بجرعات صغيرة و محددة بدقة[1].

يؤثر سوء التغذية و نقص المغذيات الأساسية سلباً على الصحة، و على الرغم من أن تحسين جودة النظام الغذائي أمراً ضرورياً، فإن تناول المكملات الغذائية و الأغذية المدعمة يمكن أن يساعد في تلبية الاحتياجات بشكل نوعي. تستخدم المكملات الغذائية على نطاق واسع و يمكن تحسين الصحة و الحالة التغذوية إذا تم تناولها بشكل صحيح و تحت إشراف طبي[2].

تعامل منظمة الغذاء و الدواء المكملات الغذائية على أنها منتجات غذائية آمنة حيث تساعد على تحسين صحة الجسم و الحفاظ عليها و تعويض نقص العناصر الغذائية إلا أنها في الغالب لا تستخدم لعلاج الأمراض و لا تصنف على أنها أدوية، حيث أن الأدوية تكون مصممة لعلاج أمراض محددة و بجرعات دقيقة[3].

في حين توفر سلسلة من المكملات الغذائية من أجل الدعم الغذائي في حال سوء التغذية و نقص بعض العناصر الغذائية فقد انتشر أيضاً عدد كبير من المكملات الغذائية التي تهدف إلى تحسين الأداء الرياضي و قد تم إجراء دراسات عديدة حول سلامة و فعالية هذه المكملات[4].

إن استخدام المكملات الغذائية الرياضية لتحسين الأداء أمر شائع جداً بين الرياضيين حيث أنهم يحتاجون إلى استهلاك قدر كاف من الطاقة قبل فترات التدريب و أثناءها و بعدها للحفاظ على وزن الجسم و صحته، حيث يمكن أن يؤدي انخفاض تناول الطاقة إلى فقدان الكتلة العضلية أو الفشل في اكتسابها و فقدان كثافة العظام و زيادة خطر الإصابة بالأمراض و إطالة مدة التعافي بالإضافة إلى ذلك إن المكملات الغذائية تعزز التمارين الرياضية و الأداء البدني و تقوم بتحسين القوة و القدرة على التحمل و تحقيق هدف الأداء بشكل أسرع و أكثر كفاءة و تقليل احتمالية الإصابة أثناء التدريب[5,6] .

على اعتبار أن الحالة التغذوية هي عامل رئيسي يؤثر على الأداء الرياضي و القدرة على التحمل و على الصحة العامة للرياضيين و بسبب الانتشار الواسع لاستخدام المكملات الغذائية و الزيادة في توافرها فإن الإرشادات الغذائية الصحيحة تشكل جزءاً أساسياً من برامج التدريب لتعزيز الأداء الرياضي و الوقاية من الإصابات، و بناءً على الفهم الحديث لاحتياجات الرياضيين و اختلاف النتائج حسب مستوى التدريب و طبيعة النشاط و كثافته و مدته و الظروف البيئية المحيطة يجب على أخصائيي التغذية الرياضية العمل بشكل وثيق مع الرياضيين لضمان استهلاكهم للكميات و الأنواع الصحيحة من الأغذية و المكملات الغذائية[7].

2. أنواع المكملات الغذائية للرياضيين:

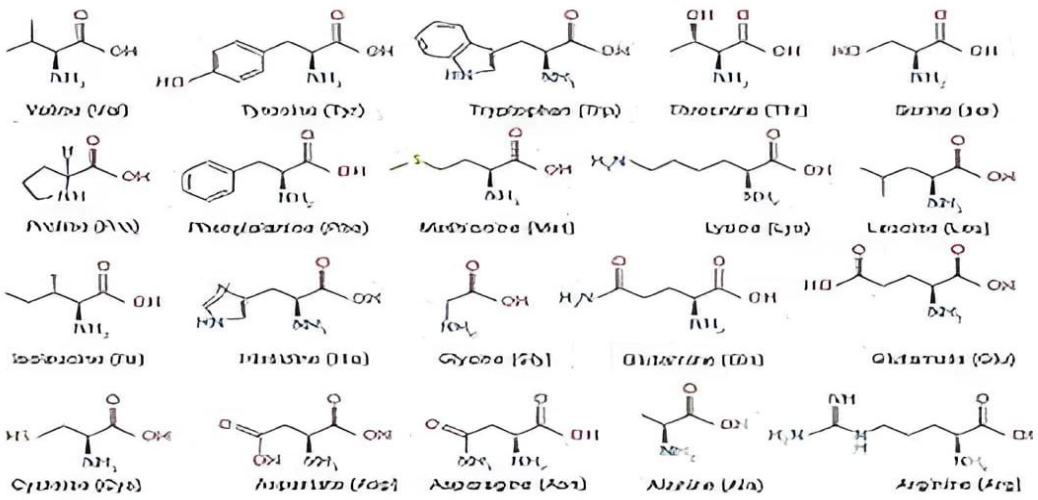
تلعب المكملات الغذائية دوراً هاماً في تحسين الأداء الرياضي و التعافي من الأنشطة الرياضية. حيث ثبت أن تناول الكربوهيدرات بكمية مناسبة يحقق قدرة تحمل أفضل، في حين أن تناول البروتينات و الكربوهيدرات معاً بعد التمرين يمكن أن يؤدي إلى تعافي أفضل. و أيضاً المكملات الغذائية المولدة للطاقة يمكن أن تمنح الرياضيين قدرة أكبر في الرياضات التنافسية و تعمل بشكل عام على تحسين عملية استقلاب الطاقة.

أهم المكملات الغذائية التي يحتاجها الرياضيون:

1.2. البروتينات:

تعتبر البروتينات ضرورية لبناء العضلات و الحفاظ عليها و إصلاحها، تزيد التمارين الرياضية من أكسدة البروتينات العضلية و تحللها و بعد ذلك يزداد اصطناع البروتينات العضلية خلال يوم إلى يومين. تؤدي تمارين المقاومة المنتظمة إلى تراكم البروتينات في العضلات الهيكلية و زيادة حجم الألياف العضلية، في حين أن ممارسة التمارين الهوائية يؤدي إلى تراكم البروتينات في العضلات العامة و خاصة في الميتوكوندريا مما يعزز القدرة التأكسدية عند التدريبات اللاحقة[8,9] .

يجب على الرياضيين مراعاة جودة البروتينات و كميتها لتلبية احتياجاتهم و يتم الحصول عليها من النظام الغذائي أو من المكملات الغذائية لدعم نمو العضلات و صيانتها و إصلاحها.



الشكل (1): البروتينات المستخدمة في المكملات الغذائية

1.1.2. فعالية المكملات البروتينية:

إن تناول كمية كافية من البروتين أمر ضروري لتوفير الأحماض الأمينية الأساسية اللازمة من أجل اصطناع البروتينات العضلية و الحد من تحللها و أيضاً يعتبر ضرورياً لتحسين استجابة التدريب و فترة التعافي بعد التمرين[10]. لقد بينت الدراسات أن اصطناع البروتينات العضلية التي تؤدي إلى زيادة القوة و الكتلة العضلية يكون مثالياً مع استهلاك البروتين عالي الجردة (الذي يوفر 10 غرام من الأحماض الأمينية الأساسية) في غضون 0–2 ساعة بعد التمرين. و أيضاً أظهرت الدراسات التي أجريت على الأشخاص الذين يمارسون تمارين المقاومة أن تناول بعض البروتين قبل النوم يمكن أن يزيد من معدل اصطناع البروتينات أثناء الليل و يزيد من كتلة العضلات و قوتها[11].

2.1.2. سلامة و أمان المكملات البروتينية:

إن منظمة الغذاء و الدواء لم تقوم بتحديد الحد الأعلى المسموح به للبروتين حيث أن خطر الآثار الضارة الناجمة عن زيادة البروتينات من الطعام منخفضة للغاية، إلا أنه يجب الحذر عند الحصول على كميات عالية من البروتينات من الأغذية و المكملات الغذائية بسبب ضعف الدراسات حول آثارها الضارة المحتملة [12,13].

إن المكملات البروتينية التي توفر ضعفين إلى ثلاثة أضعاف من الكمية الموصى بها يومياً من البروتين (0.8 غرام لكل كغ للبالغين الأصحاء و 0.85 غرام لكل كغ للمراهقين) لم تسبب أي زيادة في خطورة الإصابة بحصوات الكلى أو الجفاف أو اختلال وظائف الكلى و أيضاً لم تبدي أي تأثيرات على صحة العظام أو على معدل الترشيح الكبيبي و مستويات الدهون و الغلوكوز و الكرياتين و نيتروجين اليوريا في الدم عند تناولها لعدة أشهر [14,15]. لكن يمكن أن تزيد البروتينات من إفراز الكالسيوم في البول لذلك يجب تعويضه من خلال تناول كمية زائدة منه[16].

3.1.2. جرعة المكملات البروتينية:

تحتوي العديد من الأطعمة مثل اللحوم و الدواجن و البيض و منتجات الألبان و الفاصولياء و المكسرات على نسبة جية من البروتينات. تتكون العديد من المكملات الغذائية البروتينية من مزيج من مصادر البروتينات هذه و بذلك تحتوي على جميع الأحماض الأمينية الأساسية الضرورية لتحفيز اصطناع بروتينات العضلات و تكيف العضلات مع التدريب [17,18]. توصي الجمعية الأمريكية للرياضيين بأن يستهلك الرياضيون 0.3 غرام لكل كغ من كتلة الجسم من البروتين عالي الجودة من 0 إلى 2 ساعة بعد التمرين ثم كل 3 إلى 5 ساعات. و كذلك يحتاج الرياضيون إلى تناول يومي من البروتين يتراوح من 1.2 إلى 2.0 غرام لكل كغ من أجل دعم التكيفات الاستقلابية و إصلاح العضلات و إعادة بنائها، و قد يستفيد الرياضيون من كميات أكبر لفترات قصيرة من التدريب المكثف أو عندما يقللون من تناولهم للطاقة لتحسين اللياقة البدنية [19,20]. و قد أظهرت الدراسات أن متوسط تناول البروتين اليومي للرجال البالغين هو 100 غرام و للنساء 69 غرام، و يمكن للرياضيين الذين يحتاجون إلى بروتين إضافي الحصول عليه عن طريق تناول المزيد من الأطعمة الغنية بالبروتين و تناول مكملات البروتين و منتجات الأطعمة و المشروبات المدعمة بالبروتين [21–23].

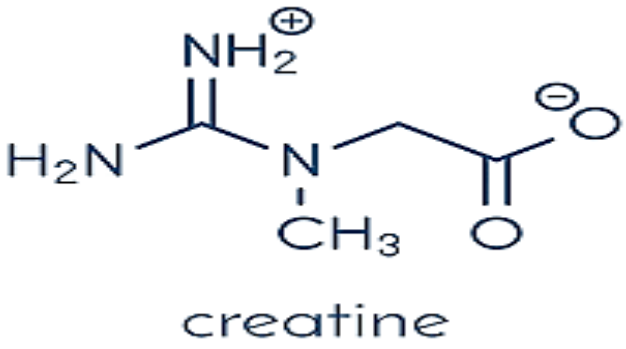
2.2. الكرياتين:

يعتبر الكرياتين أحد المكملات الغذائية الأكثر دراسةً و استخداماً على نطاق واسع لتعزيز أداء التمارين الرياضية. يتم إنتاج الكرياتين داخلياً و يتم الحصول عليه من النظام الغذائي بكميات صغيرة. يساعد في توليد الATP و بالتالي يقوم بتزويد العضلات بالطاقة[22].

يظهر دور الكرياتين بتحسين أداء العضلات بأربع طرق:

- يزيد مخزون الفوسفوكرياتين المستخدم لتوليد الATP في بداية التمرين المكثف.
- يسرع إعادة اصطناع الفوسفوكرياتين بعد التمرين.
- يثبط تحلل نيوكليوتيدات الأدينين و تراكم اللاكتات.
- يعزز تخزين الغليكوجين في العضلات الهيكلية[23,24].

يقوم الكبد و الكلى باصطناع حوالي 1 غرام يومياً من الكرياتين ابتداءً من الأحماض الأمينية الغليسين و الأرجينين و الميتيونين. و أيضاً يتم الحصول على الكرياتين من مصادر غذائية، حيث تحتوي الأطعمة الحيوانية مثل لحم البقر (2غرام في كل 450 غرام) و لحم الخنزير (2.3 غرام في كل 450 غرام) و السلمون (2 غرام في كل 450 غرام) على الكرياتين[25]. بشكل عام يحتوي جسم الإنسان الذي يزن 70 كغ على حوالي 100 غراماً من الكرياتين و الفوسفوكرياتين و كلها تكون موجودة في العضلات الهيكلية و القلبية. و فقط عندما يتناول الرياضيون كميات زائدة من لكرياتين كمكمل غذائي يمكن أن يكون له دوراً في توليد الطاقة و إنتاج الATP[26]. يتم استقلاب الكرياتين متحولاً إلى الكرياتينين و الذي يتم التخلص منه من الجسم عن طريق الكلى[27].



الشكل (2): بنية الكرياتين

1.2.2. فعالية مكملات الكرياتين:

لقد بينت الدراسات أن تناول مكملات الكرياتين قصير الأمد (لمدة 5 إلى 7 أيام) لدى كل من الرجال و النساء غالباً ما تزيد بشكل كبير من القوة و القدرة على أداء التمارين التي تتضمن مجموعة متعددة من تقلصات العضلات بأقصى جهد و تمارين الركض و كرة القدم[28].

تساعد مكملات الكرياتين عند تناولها على مدى أسابيع أو أشهر في التكيف التدريبي مع تمارين الجهد المتزايدة بمرور الوقت. عند تناول مكملات الكرياتين يظهر الأفراد استجابة مختلفة و ذلك بناءً على عوامل مختلفة مثل طبيعة النظام الغذائي و نسبة الكرياتين المختلفة حسب أنواع الألياف العضلية، حيث يكون لدى النباتيين مع انخفاض محتوى الكرياتين في عضلاتهم استجابات أكبر للمكملات مقارنة بمن يأكلون اللحوم بشكل عام [29]. أيضاً تختلف فعالية مكملات الكرياتين حسب نوع التمارين الرياضية، حيث يعزز الأداء أثناء التمارين القصيرة المتكررة عالية الكثافة مثل الركض و رفع الأثقال لأنه بمثل هذه التمارين اللاهوائية تأتي الطاقة بشكل أساسي من نظام طاقة فوسفات الكرياتين. أما في حال ممارسة الرياضات التي تتطلب التحمل مثل الجري لمسافات طويلة أو السباحة و التي لا تعتمد على نظام طاقة فوسفات الكرياتين قصير الأمد لتوفير الطاقة تكون مكملات الكرياتين ليس لها أي فائدة، بل على العكس يمكن أن تؤدي إلى زيادة الوزن الذي قد يعيق الأداء في مثل هذه الرياضات، إضافة إلى ذلك في التمارين الهوائية التي تستمر لأكثر من 150 ثانية يعتمد الجسم على الفسفرة التأكسدية كمصدر أساسي للطاقة و هو مسار استقلابي لا يتطلب الكرياتين.

2.2.2. سلامة و أمان مكملات الكرياتين:

يعتبر الكرياتين آمناً للاستخدام قصير الأمد من قبل البالغين الأصحاء، بالإضافة إلى ذلك تظهر الدراسات أن استخدام هذه المكملات لعدة سنوات آمناً إلى حد ما. و لكن يمكن أن تسبب بعض الآثار الجانبية مثل الغثيان و الإسهال و الاضطرابات الهضمية و تشنجات عضلية و عدم تحمل الحرارة، أيضاً قد تقلل مكملات الكرياتين من مجال حركة أجزاء مختلفة من الجسم (مثل الكتفين و الكاحلين) و تؤدي إلى تصلب العضلات و مقاومة التمدد. قد يكون لتناول كمية كافية من الماء أثناء تناول مكملات الكرياتين دوراً في التقليل من هذه التأثيرات. إن تناول مكملات الكرياتين غالياً ما تؤدي إلى زيادة الوزن لأنه يزيد من احتباس الماء و يحفز اصطناع بروتينات العضلات، حيث أنه عند تناول مكملات أحادي هيدرات الكرياتين ضمن برنامج التدريب يمكن أن يؤدي إلى زيادة 1–2 كغ من الوزن الإجمالي للجسم شهرياً[30].

3.2.2. جرعة مكملات الكرياتين:

لقد بينت الدراسات أن الكرياتين يعزز أداء التمارين الرياضية عالية الكثافة التي تتبعها فترات تعافي قصيرة و يحسن القدرة على التدريب.

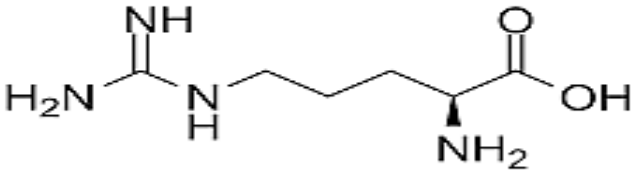
بينت الدراسات أن الرياضيين الذين يتناولون مكملات الكرياتين لديهم معدل أقل من الإصابات و التأثيرات الجانبية المرتبطة بالتمرين مقارنةً بأولئك الذين لا يتناولون الكرياتين[31]. يتكون البروتوكول النموذجي لمكملات الكرياتين للبالغين بغض النظر عن الجنس أو حجم الجسم من مرحلة تحميل لمدة 5–7 أيام حيث يتم تناول 20 غرام يومياً من أحادي هيدرات الكرياتين مقسمة على 4 جرعات كل منها 5 غرام، تليها مرحلة صيانة يتم تناول 3–5 غرام يومياً. ضمن بروتوكول آخر يتم تحديد جرعة التحميل اعتماداً على وزن الجسم، حيث يتم تناول 0.3 غرام لكل كغ من وزن الجسم يومياً. يتكون بروتوكول ثالث لمكملات الكرياتين من تناول جرعات فردية تبلغ حوالي 3–6 غرام يومياً (0.03–0.1 غرام لكل كغ من وزن الجسم) لمدة 3إلى 4 أسابيع بدون مرحلة التحميل. يعتبر أحادي هيدرات الكرياتين الذي يتكون من 88% كرياتين وزناً هو الشكل الأكثر استخداماً، بينما لم تثبت الأشكال الأخرى للكرياتين (مثل إستر إيتيل الكرياتين و الأشكال المرجعة للكرياتين) و التي عادةً ما تكون أكثر تكلفة أنها تتمتع بقدرة متفوقة على أحادي هيدرات الكرياتين في تعزيز مستويات الكرياتين في العضلات أو قابلية الهضم أو استقرار المنتج أو السلامة[32].

3.2. الحموض الأمينية: الأرجينين:

الأرجينين هو حمض أميني يوجد في العديد من الأغذية التي تحتوي على البروتين و خاصة المنتجات الحيوانية و المكسرات. يبلغ المدخول الغذائي النموذجي من الأرجينين 4–5 غرام يومياً، كما يقوم الجسم باصطناعه ابتداءً من السيترولين ضمن الكلى[33,34].

إن تناول مكملات الأرجينين يعزز التمرين و الأداء الرياضي بعدة طرق:

- يتم تحويل بعض الأرجينين إلى أكسيد النيتريك و هو موسع قوي للأوعية الدموية يمكنه زيادة تدفق الدم و المواد المغذية إلى العضلات الهيكلية.
- يمكن أن يؤدي توسع الأوعية الدموية المتزايد إلى تسريع إزالة الفضلات الاستقلابية المرتبطة بتعب العضلات مثل اللاكتات و الأمونيا التي ينتجها الجسم أثناء التمرين.
- يعمل الأرجنين كركيزة لاصطناع الكرياتين الذي يساعد في تزويد العضلات بالطاقة للنشاط المكثف قصير الأمد.
- قد يزيد الأرجينين من إفراز هرمون النمو البشري و الذي بدوره يحفز نمو العضلات [35,36].



الشكل (3): بنية الأرجينين.

1.3.2 فعالية مكملات الأرجنين:

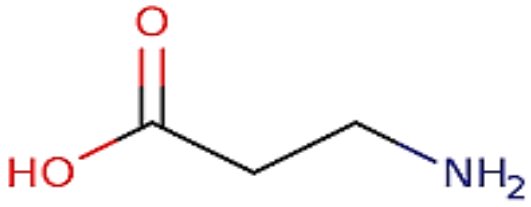
لقد توصلت الدراسات التي أجريت حول قدرة مكملات الأرجنين على رفع تركيزات هرمون النمو البشري في المصل إلى نتائج متضاربة، فاعتماداً على الدراسات إن مكملات الأرجنين قد تقلل من إفراز هرمون النمو أو تزيد من إفرازه، و أيضاً إن زيادة إفراز هرمون النمو قد لا تؤدي إلى المزيد من تدفق الدم إلى العضلات أو زيادة اصطناع البروتينات، و أيضاً لا توجد أدلة كافية تشير إلى أن مكملات الأرجنين تزيد من تراكيز الكرياتين في العضلات[37]. و في بعض الأبحاث التي أجريت تبين أن تناول جرعات تتراوح بين 2–20 غرام يومياً من مكملات الأرجنين لها تأثير ضئيل أو لم تؤثر على الأداء في التمارين الهوائية او اللاهوائية. إضافةً إلى ذلك لم يكن للأرجنين تأثير ملحوظ أو أثر بشكل قليل على تركيز أكسيد النيتريك أو تدفق الدم أو نواتج الاستقلاب في التمرين خاصةً عندما تناول الرياضيون المكملات لمدة 1–28 يوم [38,39].

2.3.2. سلامة و أمان مكملات الأرجنين:

تشير معظم الدراسات إلى أن تناول ما يصل إلى 9 غرام يومياً من الأرجنين لعدة أيام أو أسابيع يعد آمناً و جيد التحمل، و عند تناوله بجرعات تتراوح من 9 إلى 30 غرام يومياً فإن التأثيرات الجانبية الأكثر شيوعاً هي اضطرابات في الجهاز الهضمي مثل الغثيان و الإسهال بالإضافة إلى انخفاض قليل في ضغط الدم [40,41]. لم يتم إجراء دراسات كافية حول سلامة و أمان تناول مكملات الأرجنين بجرعات عالية لأكثر من ثلاثة أشهر[42].

4.2. بيتا آلانين:

البيتا آلانين هو نوع من الأحماض الأمينية التي لا يستخدمها الجسم في البروتينات. يعتبر المادة الأولية التي تحدد معدل اصطناع الكارنوزين (الذي يتكون من ثنائي ببيتيد الهيستدين مع البيتا آلانين) في العضلات الهيكلية. يساعد الكارنوزين في تخفيف التغيرات في درجة الحموضة ضمن العضلات و التي تنتج عن التحلل السكري اللاهوائي الذي يقوم بتوفير الطاقة أثناء التمارين عالية الكثافة و لكنه يؤدي إلى تراكم أيونات الهيدروجين مع تراكم حمض اللاكتيك الذي يؤدي إلى انخفاض قوة الأداء[43]. إن اصطناع المزيد من الكارنوزين في العضلات يؤدي لتخفيف الانخفاض في درجة الحموضة الناجم عن التمارين الرياضية، مما يعزز أداء الأنشطة المكثفة قصيرة إلى متوسطة الأمد مثل التجديف و السباحة[44]. يتم إنتاج البيتا آلانين في الكبد، و يوجد بكميات صغيرة نسبياً في الأطعمة الحيوانية مثل اللحوم و الدواجن و الأسماك. يتراوح المدخول الغذائي منه من صفر غرام لدى النباتيين إلى 1 غرام يومياً لدى الذين يأكلون اللحوم بكثرة[44]. على الرغم من تواجد الكارنوزين في الأطعمة الحيوانية مثل لحم البقر و لحم الخنزير إلا أن التناول الفموي للكارنوزين هو طريقة غير فعالة لزيادة تراكيز الكارنوزين في العضلات، لأن ثنائي البيبتيد يتم هضمه إلى الأحماض الأمينية المكونة له، لكن إن تناول بيتا آلانين يزيد من كمية الكارنوزين في الجسم، حيث أن تناول 4-6 غرام من بيتا آلانين يومياً لمدة 10 أسابيع يؤدي إلى زيادة مستويات الكارنوزين في العضلات بنسبة تصل إلى 80% و خاصةً عند الرياضيين[45,46].



الشكل(4): بنية البيتا آلانين

1.4.2. فعالية مكملات البيتا آلانين:

تشير بعض الدراسات إلى أن تناول بيتا آلانين يمكن أن يوفر فوائد أداء في الرياضات التنافسية التي تتطلب جهداً عالي الكثافة على مدى فترة قصيرة مثل التجديف و السباحة و الرياضات الجماعية مثل الهوكي و كرة القدم التي تتكون من سباقات متكررة و نشاط متقطع [44]. بالمقابل لم تجد دراسات أخرى مثل هذه الفوائد [45].

تتضارب الأدلة حول ما إذا كان تناول بيتا آلانين يحسن الأداء في أنشطة التحمل مثل ركوب الدراجات[47]. لقد توصلت الجمعية الدولية للتغذية الرياضية إلى أن تناول مكملات بيتا آلانين بجرعة 4–6 غرام يومياً لمدة 2–4 أسابيع على الأقل يمكن أن يحسن أداء التمارين عالية الكفاءة التي تستمر لأكثر من 60 ثانية[46]. و لكن إن فوائد تحسين الأداء تكون أقل في التمارين التي تستمر لأكثر من 4 دقائق حيث أن المسارات الاستقلابية الهوائية تلبي بشكل متزايد متطلبات الطاقة.أوصت الجمعية الدولية للتغذية الرياضية بإجراء المزيد من الأبحاث لتحديد ما إذا كانت مكملات بيتا آلانين تزيد من قوة و كتلة العضلات التي يمكن أن تنتجها تمارين المقاومة المنتظمة مثل رفع الأثقال.

2.4.2. سلامة و أمان مكملات البيتا آلانين:

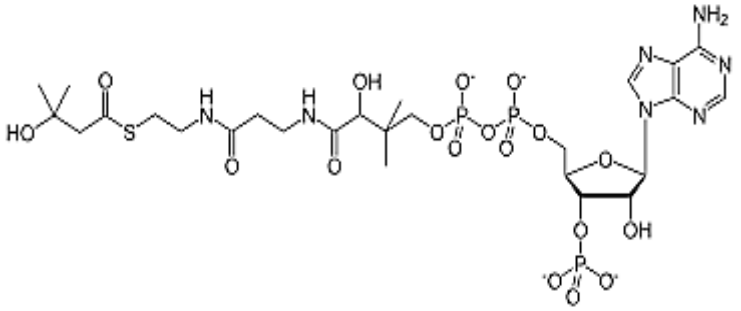
إن مكملات بيتا آلانين تعتبر آمنة عند تناولها بجرعات تتراوح بين 1.6–6.4 غرام يومياً لمدة تصل إلى 8 أسابيع [46]. و لكن تشير بعض الدراسات إلى أن تناول جرعة تقليدية من بيتا آلانين لا تقل عن 800 ميلي غرام أو تتجاوز 10 ميلي غرام لكل كغ من وزن الجسم يمكن أن يؤدي إلى تنميل و خدر متوسط إلى شديد[48]. هذا الشعور بالوخز و التنميل شائع في الوجه و الرقبة و ظهر اليدين و الجذع العلوي و يستمر عادةً لمدة 60–90 دقيقة، لكنه ليس رد فعل مؤلم أو خطير أو ضار. يمكن أن يؤدي تناول جرعات مقسمة أو شكل مديد التحرر من مكملات البيتا آلانين إلى تخفيف التنميل الناتج. وجدت بعض الدراسات أيضاً أن مكملات بيتا آلانين يمكن أن تسبب حكة في الجلد [48]. لم يتم إجراء دراسات كافية حول سلامة استخدام مكملات بيتا آلانين لأكثر من عام واحد[49].

3.4.2. جرعة مكملات البيتا آلانين:

بالنسبة للأفراد الأصحاء الراغبين باستخدام مكملات بيتا آلانين توصي الجمعية الدولية للتغذية الرياضية بجرعة تحميل يومية تتراوح بين 4 إلى 6 غرام ضمن جرعات مقسمة كل منها 2 غرام أو أقل لمدة أسبوعين على الأقل، حيث تبين الجمعية أن الفوائد تزداد بعد أربع أسابيع عندما ترتفع مستويات الكارنوزين العضلي بنسبة 40–60% [46]. ينصح بتناول المكملات مع الوجبات لزيادة مستويات الكارنوزين العضلي و استخدام جرعات مقسمة أو تناول شكل مديد التحرر في حال حدوث تنميل أو خدر.

5.2. بيتا هيدروكسي بيتا ميتيل بوتيرات HMB:

يعتبر HMB من نواتج استقلاب الحمض الأميني اللوسين متفرع السلسلة، حيث يتم تحويل حوالي 5% من اللوسين في الجسم إلى HMB الذي يتم تحويله بعد ذلك في الكبد إلى ركيزة أنزيمية ضرورية في اصطناع الكوليسترول [50]. لقد وجد أن العضلات الهيكلية التي تتعرض للإجهاد و التلف بسبب التمارين الرياضية تتطلب مصدراً خارجياً للأنزيم المساعد في اصطناع الكوليسترول في أغشيتها الخلوية من أجل استعادة البنية و الوظيفة [51,52]. بالإضافة إلى ذلك إن عملية تحول اللوسين إلى HMB تنشط اصطناع البروتينات العضلية و تقلل من تحللها [52]. إن تناول المكملات الغذائية من HMB هو الطريقة العملية الوحيدة للحصول على 3 غرام يومياً من HMB، حيث أنه يحتاج الشخص إلى تناول أكثر من 600 غرام يومياً من البروتين عالي الجودة (حوالي 2.2كغ من اللحم البقري) للحصول على ما يكفي من اللوسين (60 غرام) لكي تتحول إلى HMB (3 غرام) [52].



الشكل(5): بنية بيتا هيدروكسي بيتا ميتيل بوتيرات.

1.5.2. فعالية مكملات HMB:

لقد استخدمت الدراسات التي أجريت على HMB فترات مختلفة بشكل كبير لتناول المكملات (من يوم واحد إلى 6 أسابيع) و تراوحت الجرعات اليومية المدروسة من 1.5 إلى 6 غرام و الأكثر شيوعاً هي 3 غرام، حيث أن جرعة 3 غرام توفر نتائج معادلة لجرعة 6 غرام و نتائج أفضل من جرعة 1.5 غرام [53]. إن تناول مكملات HMB يساعد في تسريع التعافي من التمارين الرياضية و تجنب التلف في العضلات الهيكلية [54].

لذلك يجب على الرياضيين المدربين بذل جهد أكبر من الافراد غير المدربين للاستفادة المحتملة من تناول هذا المكمل الغذائي. تشير بعض الدراسات إلى أن تناول مكملات HMB له فوائد إضافية بما في ذلك القدرة على تعزيز القوة و الطاقة و تضخم العضلات الهيكلية و الأداء الهوائي لدى الأشخاص المدربين و غير المدربين [52].

2.5.2. سلامة و أمان مكملات HMB:

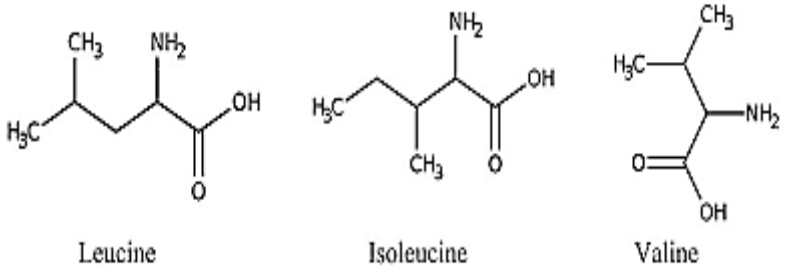
لقد تبين أن مكملات HMB جيدة التحمل، و تعتبر آمنة عند تناولها بجرعة 3 غرام يومياً لمدة 3 إلى 8 أسابيع لدى البالغين الأصغر سناً (من سن 18 إلى 47 عاماً) و الأكبر سناً (من سن 62 إلى 81 عاماً) من كلا الجنسين سواء يمارسون الرياضة أو لا [55]. و قد بينت الدراسات أن تناول حوالي 3 على 6 غرام يومياً لم يبدي أي تأثير سلبي على وظائف الدم و الكبد و الكلى. لكن على الرغم من أن تناول 3 غرام يومياً من HMB يبدو آمناً للاستخدام قصير الأمد لدى البالغين إلا أن سلامة و أمان استخدامه لم تتم دراسته لدى المراهقين [52].

3.5.2. جرعة مكملات HMB:

يتوفر HMB بشكلين: الأول هو ملح الكالسيوم أحادي الهيدرات HMB-Ca و الشكل الثاني خالٍ من الكالسيوم HMB-FA. يحتوي HMB-Ca على حوالي 13% من الكالسيوم وزناً و بذلك تضيف جرعة 3 غرام من المكمل يومياً حوالي 400 ميلي غرام من الكالسيوم إلى النظام الغذائي [55]. كما يمكن للأشخاص الذين يرغبون في الحد من تناول الكالسيوم استخدام HMB-FA. على الرغم من أن الشكل الخالي من الكالسيوم HMB-FA يبدو أن له تأثير أسرع و أكبر بناءً على قدرته على رفع مستويات HMB في البلازما إلا هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات لمقارنة تأثيرات HMB-Ca مع تأثيرات HMB-FA. توصي الجمعية الدولية للتغذية الرياضية بأن يتناول البالغون الأصحاء 1-2 غرام من HMB-Ca قبل التمرين ب60 إلى 120 دقيقة أو 1-2 غرام من HMB-FA قبل التمرين ب30 إلى 60 دقيقة [52]. كما تقترح أن يتناول مستخدمي المكملات 3 غرام يومياً من HMB (مقسمة على ثلاث جرعات متساوية كل منها 1 غرام) لمدة أسبوعين على الأقل قبل التمرين عالي الكفاءة لتحسين التأثيرات الوقائية لHMB على العضلات.

6.2. الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة BCAAs:

تعتبر الأحماض الأمينية الأساسية اللوسين و الإيزولوسين و الفالين هي الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة. تشكل هذه الأحماض الأمينية حوالي 25% من الأحماض الأمينية في الأغذية التي تحتوي على بروتينات كاملة [56]، تكون معظم هذه الأغذية هي منتجات حيوانية مثل اللحوم و الدواجن و الأسماك و البيض و الحليب. تشكل BCAAs حوالي 14–18% من الأحماض الأمينية ضمن بروتينات العضلات الهيكلية البشرية [57]. على عكس الأحماض الأمينية الأساسية الأخرى يمكن استقلاب BCAAs بواسطة الميتوكوندريا في العضلات الهيكلية لتوفير الطاقة أثناء التمرين [58,59]. قد تحفز BCAAs و خاصة الوسين أيضاً اصطناع البروتينات في العضلات التي تمارس الرياضة [60].



الشكل(6): الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة.

1.6.2. فعالية مكملات BCAAs:

قد تعمل BCAAs على تأخير الشعور بالتعب و تساعد في الحفاظ على التركيز الذهني من خلال التنافس مع الحمض الأميني التربتوفان (الذي يعتبر مادة أولية للناقل العصبي السيروتونين الذي ينظم الحالة المزاجية و النوم) على الدخول إلى الدماغ [61]. تشير العديد من الدراسات إلى أن تناول حوالي 10–14 غرام من BCAAs يومياً قد يعزز اكتساب الكتلة العضلية و القوة أثناء التدريب.لكن ليس من المؤكد من خلال الأبحاث الحالية ما إذا كان تناول البروتين و الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة قبل التمرين أو بعده يؤثر على قدرتهم على زيادة اصطناع البروتينات العضلية و تقليل استقلاب البروتين [62,63].

2.6.2. سلامة و أمان مكملات BCAAs:

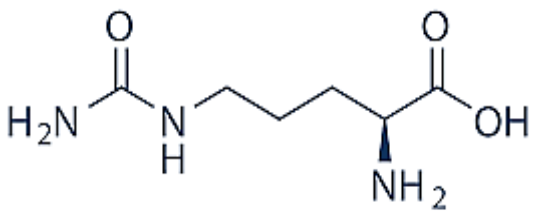
يعتبر تناول مكملات BCAAs بجرعات مقسمة تصل إلى 20 غرام يومياً آمن [59]. و بالنسبة للوسين وحده تشير الدراسات إلى حد أقصى آمن هو 500 ميلي غرام لكل كغ يومياً للرجال الأصحاء الشباب و كبار السن، أو حوالي 38 غرام يومياً لرجل يزن 75 كغ [64,65].

3.6.2. جرعة مكملات BCAAs:

إن تناول الأطعمة الحيوانية التي تحتوي على بروتينات كاملة أو مزيج من الأطعمة النباتية مع مكملات البروتينات التي توفر معاً جميع الأحماض الأمينية الأساسية يؤدي إلى زيادة استهلاك BCAAs تلقائياً و ذلك دون الحاجة إلى تناول مكملات BCAAs بشكل خاص [62].

7.2. السيترولين:

السيترولين هو حمض أميني غير أساسي يقوم الجسم بإنتاجه بدءاً من الغلوتامين و يتم الحصول عليه أيضاً من النظام الغذائي. يعتبر البطيخ المصدر الأكثر انتشاراً له، حيث يحتوي كوب واحد من البطيخ المقطع على حوالي 365 ميلي غرام من السيترولين [66]. يتم تحويل حوالي 80% من السيترولين في الجسم ضمن الكلى إلى أرجينين و هو حمض أميني أيضاً. يمكن أن تظهر أهمية السيترولين من خلال تحوله إلى الارجينين الذي بدوره يتحول إلى أكسيد النيتريك و هو موسع قوي للأوعية الدموية، يمكن من خلال هذه الآلية أن يعمل السيترولين كعامل مساعد لتوليد الطاقة. قد يكون تناول السيترولين طريقة أكثر كفاءة لزيادة مستويات الأرجينين في الدم من تناول الأرجنين بحد ذاته لأن كمية السترولين الممتصة من الأمعاء أكبر من كمية الأرجنين. في الغالب يتم استخدام مالات السيترولين و هو مزيج من السيترولين و حمض الماليك (يوجد في العديد من الفواكه و يتم إنتاجه داخلياً) حيث أن حمض الماليك هو وسيط في حلقة كريبس قد يعزز إنتاج الطاقة.



الشكل(7): بنية السيترولين.

1.7.2. فعالية مكملات السيترولين:

إن معظم الدراسات حول تناول مكملات السيترولين كانت محدودة و متضاربة. حيث أنه حسب دراسة أجريت على عدد من رافعي الأثقال الذكور الأصحاء الذين تتراوح أعمارهم بين 22 و 37 عاماً تناولوا 8 غرام من السيترولين قبل ساعة واحد من تمرين حمل الأثقال ظهرت لديهم آلام عضلية أقل بشكل ملحوظ بعد يوم و يومين من الاختبار مما إذا كانوا لم يتناولوا المكمل الغذائي [67]. بالمقابل دراسة أخرى أجريت بشكل عشوائي على عدد من الشباب و الشابات الأصحاء تناولوا السيترولين بدون مالات (إما 3 غرام قبل الاختبار أو 9 غرام على مدار 24 ساعة) تبين أنهم لم يستطيعوا أداء اختبار المشي التدريجي بشكل جيد مقارنةً بالذين لم يتناولوا مكملات السيترولين [68].

2.7.2. سلامة و امان مكملات السيترولين:

لم تقم الدراسات بعد بتقييم سلامة السيترولين بشكل كافٍ و خاصة عندما يتم تناول المكملات لعدة أشهر. في دراسة رافعي الأثقال السابقة لقد أبلغ المشاركون عن عدم ارتياح في المعدة بعد تناول مكملات السيترولين [67]. لم تجد الدراسات قصيرة الأمد أي تأثيرات ضارة لتناول السيترولين لغير الرياضيين بجرعة تصل إلى 6 غرام يومياً لمدة أربعة أسابيع أو 1.35 غرام يومياً لمدة 6 أسابيع [69].

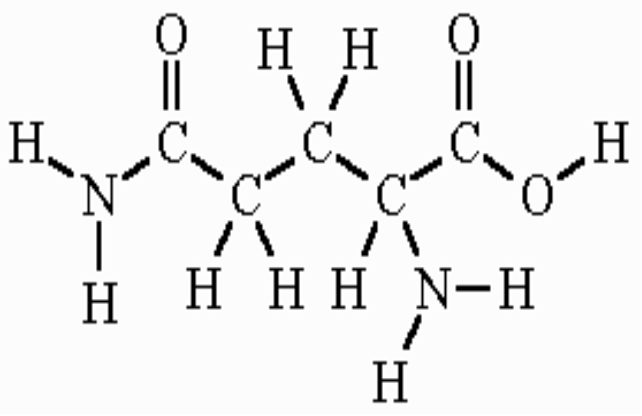
3.7.2. جرعة مكملات السيترولين:

توفر المكملات الغذائية التي تحتوي على السيترولين إما السيترولين أو مالات السيترولين. تحتوي مالات السيترولين على 56.64% من السيترولين وزناً، حيث يوفر 1 غرام من مالات السيترولين 566 ميلي غرام من السيترولين. لم تحدد الدراسات فيما إذا كانت مكملات مالات السيترولين توفر السيترولين بشكل أفضل من مكملات السيترولين القياسية [67].

8.2. الغلوتامين:

يعتبر الغلوتامين أكثر الأحماض الأمينية وفرةً في العضلات و الدم و مجموعة الأحماض الأمينية الحرة في الجسم. يتم تصنيعه في الجسم بشكل أساسي من الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة. يستهلك الشخص البالغ حوالي 3–6 غرام يومياً من الأطعمة التي تحتوي على البروتين [70,71]. يعتبر الغلوتامين جزءاً رئيسياً في عملية الاستقلاب و إنتاج الطاقة.

و يساهم بتقديم النيتروجين في العديد من التفاعلات الكيميائية الحيوية [72]. يعد الغلوتامين مكمل غذائي أساسي للمرضى المصابين بأمراض خطيرة عندما تتجاوز حاجة الجسم للغلوتامين قدرته على إنتاج كميات كافية منه.



الشكل(8): بنية الغلوتامين.

1.8.2. فعالية مكملات الغلوتامين:

لقد بينت دراسة أجريت على رافعي الأثقال تناولوا مكملات الغلوتامين (0.9 غرام لكل كغ من كتلة الجسم الخالية من الدهون أو ما يقارب 45 غرام يومياً) لم يبدي الغلوتامين أي تأثير على أداء العضلات أو تكوين الجسم أو تحلل البروتينات العضلية [73]. قامت دراسة أخرى بدراسة تأثير الغلوتامين (أربع جرعات كل منها 0.3 غرام لكل كغ من كتلة الجسم على مدى ثلاثة أيام) في مرحلة التعافي من التمارين، حيث قلل تناول مكملات الغلوتامين من فقدان القوة و سرع من استعادة القوة و قلل من الآلام العضلية، و قد كانت هذه التأثيرات أكثر وضوحاً لدى الرجال مما هي عليه من النساء [74]. يستخدم الرياضيون مكملات الغلوتامين على انها تخفف من ضعف المناعة الناجم عن التمارين الرياضية و تقلل من خطر الإصابة بعدوى الجهاز التنفسي العلوي، لكن هذه التأثير ليس مدعوماً بدراسات كافية بعد [72].

2.8.2. سلامة و أمان مكملات الغلوتامين:

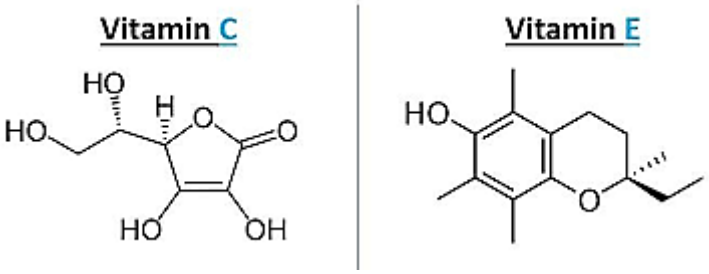
حسب الدراسات التي أجريت على مكملات الغلوتامين لم تظهر أي تأثيرات جانبية للغلوتامين. يتناول العديد من المرضى المصابين بأمراض استقلابية خطيرة مثل العدوى و أمراض الأمعاء و الحروق الغلوتامين كجزء من الرعاية الطبية. حيث لم تقدم الجرعات الفموية التي تتراوح بين 0.21 إلى 0.42 غرام لمل كغ من كتلة الجسم من الغلوتامين أي دليل كيميائي حيوي أو سريري على السمية [70].

3.8.2. جرعة مكملات الغلوتامين:

تتفاوت جرعة مكملات الغلوتامين حسب الحاجة إليها و حسب الهدف التي تؤخذ لأجله . بشكل عام تتراوح الجرعات اليومية للغلوتامين بين 0.21 إلى 0.42 غرام لكل كغ من كتلة الجسم (ما يعادل 15-30 غرام يومياً لشخص يزن 70 كغ).

9.2. الفيتامينات: فيتامين C و فيتامين E المضادان للأكسدة:

تزيد التمارين الرياضية من استهلاك الجسم للأكسجين و تحفز الإجهاد التأكسدي، مما يؤدي إلى إنتاج أنواع الأكسجين و النيتروجين التفاعلية (الجذور الحرة) و إنتاج جزيئات ذات إجهاد تأكسدي في الأنسجة المختلفة بما في ذلك العضلات. يمكن للجذور الحرة أن تضعف أداء التمارين الرياضية من خلال إعاقة قدرة العضلات على إنتاج القوة، و بالتالي تسريع تلف العضلات و التعب و حدوث الألم و الالتهاب [75,76]. لقد وجد أن المكملات الغذائية التي تحتوي على مضادات الأكسدة مثل فيتامين C و فيتامين E يمكن أن تقلل من تكوين الجذور الحرة هذه و بالتالي تقليل تلف العضلات الهيكلية و التعب و تعزيز التعافي [77,78].



الشكل(9): بنية الفيتامينات E و C .

1.9.2. فعالية مكملات الفيتامينات المضادة للأكسدة:

تشير الدراسات إلى أن تناول جرعات عالية من مكملات مضادات الأكسدة و خاصة فيتامين C و فيتامين E قد يقلل من بعض التأثيرات المفيدة للتمارين الرياضية بدلاً من تعزيزها. ففي إحدى الدراسات التي أجريت على عدد من البالغين الأصحاء تتراوح أعمارهم بين 20–30 عاماً معظمهم من ممارسي الرياضة تلقوا 1000 ملغ من فيتامين C و 235 ملغ من فيتامين E على شكل ألفا توكوفيرول أثناء اتباع برنامج تدريب على التحمل يعتمد على الجري، و قد بينت الدراسة أنه لم يكن للمكملات أي تأثير على الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين أو أداء الجري بل على العكس خفضت بشكل كبير مستويات العلامات الكيميائية الحيوية المتعلقة بتكوين الميتوكوندريا و الإشارات الخلوية الناجمة عن التمرين و بالتالي تقليل التكيفات المرغوبة الناجمة عن التدريب داخل العضلات الهيكلية [79]. أجريت دراسة أخرى باستخدام نفس الجرعات من مضادات الأكسدة على رياضيين اتبعوا برنامج تدريب القوة لمدة 10 أسابيع، لقد تبين أن المكملات لم تؤثر على نمو العضلات بل أنها قللت بشكل كبير من اكتساب قوة الذراع [80]. تشير أغلب الراسات إلى أن أنواع الأكسجين التفاعلية و أكسيد النيتريك الناجم عن التمرين مفيدان، حيث تحفز هذه الجذور الحرة تغيرات تكيفية في العضلات تؤدي إلى زيادة إنتاج الميتوكوندريا و تضخم الألياف العضلية [81–83]. يبدو أن تعريض الخلايا لتراكيز عالية من المكملات الغذائية المضادة للأكسدة يعمل على إضعاف أو منع إشارات الخلايا و بالتالي تثبيط التكيفات الفيزيولوجية و الجسدية الملائمة لممارسة الرياضة [84].

2.9.2. سلامة و أمان مكملات الفيتامينات المضادة للأكسدة:

لا تظهر الدراسات حول سلامة فيتامين C و فيتامين E و غيرها من المكملات المضادة للأكسدة التي يتم تناولها أثناء ممارسة الرياضة أي دليل على حدوث آثار ضارة، بغض النظر عن إمكانية تقليل بعض فوائد ممارسة الرياضة. من بين الآثار الجانبية المحتملة لزيادة فيتامين C:

- الإسهال.
- الغثيان.
- تشنجات البطن
- اضطرابات الجهاز الهضمي الأخرى

إن تناول كميات زائدة من فيتامين E يزيد من مخاطر التأثيرات النزفية، إضافة إلى ذلك أظهرت نتائج دراسة سريرية واسعة أن مكملات فيتامين E حتى بجرعات أقل من الحد الأعلى المسموح به (400 وحدة دولية يومياً لعدة سنوات) قد تزيد من خطر إصابة الرجال بسرطان البروستات[85].

3.9.2. جرعة مكملات الفيتامينات:

إن الحد الأعلى المسموح به من فيتامين C الذي حددته منظمة الغذاء و الدواء باعتباره الحد الأعلى المرتبط بخطورة قليلة أو معدومة من الآثار الصحية الضارة هو 1800 ميلي غرام يومياً للمراهقين و 2000 ميلي غرام يومياً للبالغين [86]. هذه الكميات أعلى بكثير من الجرعات التي استخدمتها الدراسات عادةً لممارسة الرياضة و الأداء الرياضي. الحد الأعلى المسموح به من فيتامين E هو 800 ميلي غرام يومياً للمراهقين و 1000 ميلي غرام (1100–1500 وحدة دولية) يومياً للبالغين، و هي أيضاً أعلى من الجرعة التي استخدمتها الدراسات عادةً [86]. لا يوجد سوى القليل من الدراسات التي تدعم استخدام مكملات مضادات الأكسدة كمساعدات لتوليد الطاقة التي تحتوي على كميات أكبر من تلك المتوفرة ضمن نظام غذائي مناسب و متوازن [86].

10.2. الحديد:

الحديد معدن أساسي و مكون هيكلي للهيموغلوبين الذي يدخل في تركيب كريات الدم الحمراء و ينقل الأكسجين من الرئتين إلى الأنسجة، و أيضاً مكون للميوغلوبين و هو بروتين في العضلات يزودها بالأكسجين. كما أن الحديد ضروري لاستقلاب الجزيئات للحصول على الطاقة حيث يعد من مكونات السيتوكرومات و انزيمات الديهيدروجيناز المشاركة في أكسدة الجزيئات [87]. يؤدي نقص الحديد إلى إضعاف قدرة حمل الأكسجين و وظيفة العضلات و يحد من قدرة الأفراد على ممارسة الرياضة و النشاط [88]. يمكن أن تشمل آثار العوز:

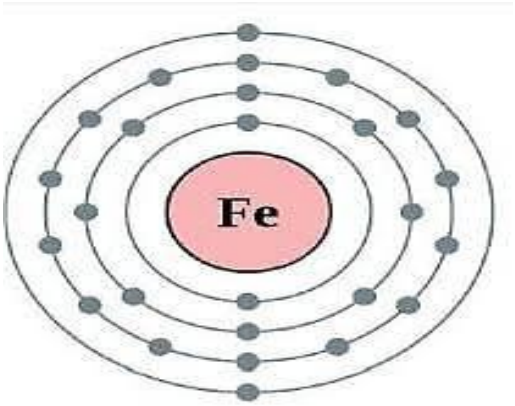
- التعب و الخمول.
- انخفاض القدرة الهوائية.
- بطء أوقات تجارب الأداء [89].

يعد توازن الحديد من الأمور الهامة لدى الرياضيين، حيث يجب عليهم الانتباه إلى كل من تناول الحديد و خسائر الحديد. تتعرض الفتيات المراهقات و النساء في سن ما قبل انقطاع الطمث لخطر متزايد للحصول على كميات غير كافية من الحديد من وجباتهن الغذائية، لذلك يحتجن إلى كمية زائدة من الحديد مقارنة بالفتيان و الرجال أنهن يفقدن قدراً كبيراً من الحديد بسبب الدورة الشهرية، و قد لا يتناولن كمية كافية من الأغذية الحاوية على الحديد [90,91].

يفقد الرياضيون من كلا الجنسين كمية إضافية من الحديد لعدة أسباب أهمها:

- ينتج النشاط البدني التهاباً حاداً يقلل من امتصاص الحديد من الأمعاء.
- استخدام الحديد من قبل بيبتيد الهيبسيدين الذي يقوم بتنظيم توازن الحديد.
- استخدام مضادات الالتهاب و مسكنات الألم ممكن أن يؤدي إلى فقدان بعض الدم من الجهاز الهضمي.
- يتم فقدان الحديد أيضاً في العرق.
- يؤدي الاصطدام المتكرر بالأسطح الصلبة إلى تدمير كريات الدم الحمراء و انحلال الدم مكان الاصطدام[92,93].

تشمل أغنى المصادر الغذائية بالحديد الهيمي (الذي يتمتع بتوافر حيوي كبير) اللحوم الخالية من الدهون و المأكولات البحرية. تحتوي الأطعمة النباتية مثل المكسرات و الفاصولياء و الخضراوات و منتجات الحبوب المدعمة على الحديد غير الهيمي و هو أقل توافراً حيوياً من الحديد الهيمي.



الشكل(10): بنية الحديد.

1.10.2. فعالية مكملات الحديد:

على الرغم من أن فقر الدم الناجم عن عوز الحديد يقلل من القدرة على العمل إلا أن نتائج الدراسات متضاربة حول ما إذا كان نقص الحديد الخفيف دون فقر الدم يضعف الأداء الرياضي و التمارين [94,95]. اقترحت إحدى الدراسات أن الوقاية من نقص الحديد و علاجه يمكن أن يحسن أداء النساء الرياضيات اللواتي في سن الإنجاب في الرياضات التي تتطلب القدرة على التحمل و إخراج أقصى قدر من القوة[96].

2.10.2. سلامة و أمان مكملات الحديد:

يمكن للرياضيين الحصول بأمان على جرعات الحديد الموصى بها من خلال تناول نظام غذائي صحي يحتوي على أطعمة غنية بالحديد و تناول مكملات غذائية تحتوي على الحديد حسب الحاجة.يمكن وصف جرعات عالية من الحديد لعدة أسابيع أو أشهر لعلاج عوز الحديد و خاصة إذا كان هناك فقر دم. الحد الأعلى المسموح بع من الحديد هي 45 ميلي غرام يومياً للرجال و النساء الأكبر من 14 عاماً و جرعة 40 ميلي غرام يومياً للأطفال الأصغر سناً [90]. يمكن أن يؤدي تناول أكثر من 20 ميلي غرام لكل كغ من الحديد من المكملات الغذائية أو الأدوية إلى اضطراب في المعدة و الإمساك و الغثيان و الإقياء و آلام في البطن و الإغماء و خاصة إذا لم يتناول المستخدمون الطعام في نفس الوقت [93]. الأفراد المصابون بداء ترسب الأصبغة الدموية الوراثي و الذي يجعلهم أكثر عرضة لامتصاص كميات زائدة من الحديد الغذائي و المكملات لديهم خطر متزايد من زيادة الحديد [97].

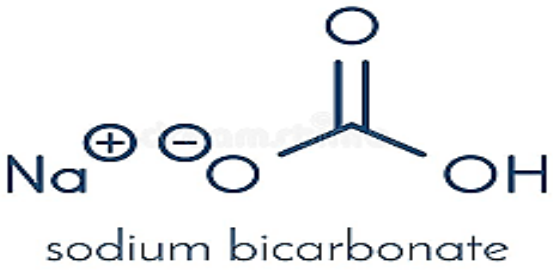
3.10.2. جرعة مكملات الحديد:

نبلغ الكمية الموصى بها من الحديد 11 ميلي غرام للذكور المراهقين و 15 ميلي غرام للفتيات في سن المراهقة. و تبلغ الكمية الغذائية الموصى بها 8 ميلي غرام للرجال و 18 ميلي غرام للنساء في سن 50 عام او أقل و 8 ميلي غرام لكبار السن من كلا الجنسين. قد يحتاج الأفراد الذين يمارسون تمارين مكثفة إلى 30–70% من الحديد أكثر من الأشخاص النشطين و الخاملين بشكل معتدل [90].

إن الكميات الموصى بها للنباتيين أعلى بمقدار 1.8 مرة من تلك الموصى بها للأشخاص الذين يتناولون اللحوم [90]. إن مكملات الحديد لا تكون فعالة إلا إذا كان الفرد يعاني من عوز الحديد و يجب الانتباه إلى الآثار الجانبية في الجهاز الهضمي التي يمكن أن تسببها مكملات الحديد.

11.2. بيكربونات الصوديوم:

تعرف بيكربونات الصوديوم عادةً باسم صودا الخبز. يؤدي تناول عدة ملاعق صغيرة من بيكربونات الصوديوم على مدى فترة قصيرة إلى زيادة درجة حموضة الدم مؤقتاً من خلال آلية عمله كوقاء. يعتقد أن البيكربونات تعزز التخلص من أيونات الهيدروجين التي تتراكم و تتدفق من العضلات أثناء توليدها للطاقة على شكل ATP عبر تحلل الغلوكوز اللاهوائي أثناء التمارين عالية الكثافة و بالتالي تقليل الحماض الاستقلابي الذي يساهم في التعب [98,99]. و نتيجة لذلك قد يؤدي تناول مكملات بيكربونات الصوديوم إلى تحسين الأداء في التمارين المكثفة قصيرة الأمد (مثل الركض و السباحة) و في الرياضات المكثفة بشكل متقطع (مثل الملاكمة و التنس).



الشكل(11): بنية بيكربونات الصوديوم.

1.11.2. فعالية مكملات بيكربونات الصوديوم:

إن نتائج الدراسات حول فعالية بيكربونات الصوديوم متضاربة، فقد بينت بعض الدراسات أن تناول حوالي 300 ميلي غرام لكل كغ من كتلة الجسم من بيكربونات الصوديوم قد يوفر فائدة طفيفة إلى متوسطة في الأداء في التمارين الشاقة على مدار عدة دقائق و في الرياضات التي تتضمن نشاط متقطع عالي الكفاءة [100].

ومع ذلك إن الأفراد لديهم استجابات متفاوتة للبيكربونات حيث أن في إحدى الدراسات تبين أن تناول البيكربونات لا يفيد بعض الأفراد و يمكن أن يزيد من سوء الأداء بدلاً من تعزيزه. تشير العديد من نتائج الدراسات إلى أن المكملات الغذائية المحتوية على بيكربونات الصوديوم من المرجح أن تعمل على تحسين أداء الرياضيين المدربين [99].

2.11.2. سلامة و أمان مكملات بيكربونات الصوديوم:

الأثر الجانبي الرئيسي لمكملات البيكربونات بكميات الغرام هو اضطراب الجهاز الهضمي و الذي يتضمن:

- الغثيان و الإقياء.
- آلام المعدة.
- الإسهال.

يمكن لمستخدمي المكملات تقليل هذا الاضطراب عن طريق تقسيم الجرعة الإجمالية إلى عدة جرعات صغيرة يتم تناولها على مدار ساعة مع السوائل و وجبة خفيفة من الأطعمة الغنية بالكربوهيدرات [101]. تحتوي بيكربونات الصوديوم على 27.4% صوديوم وزناً، و بذلك الفرد الذي يزن 70 كغ و يتناول جرعة موصى بها تبلغ 300 ميلي غرام لكل كغ من وزن الجسم يستهلك ما يقارب 5750 ميلي غرام صوديوم. يمكن أن يؤدي تناول كمية كبيرة من الصوديوم إلى فرط إماهة مؤقت و الذي قد يكون مفيداً في الأنشطة، حيث قد تؤدي خسائر العرق الكبيرة إلى نقص كبير في السوائل و مع ذلك فإن الزيادة و لو كانت طفيفة في وزن الجسم بسبب احتباس السوائل قد تعيق الأداء في بعض الرياضات [98]. لم تقيم الدراسات سلامة الاستخدام طويل الأمد لبيكربونات الصوديوم كمساعد على توليد الطاقة على مدى أشهر أو أكثر.

3.11.2. جرعة مكملات بيكربونات الصوديوم:

إن كمية بيكربونات الصوديوم الموصى بها من المكملات الغذائية حوالي 300 ميلي غرام لكل كغ من كتلة الجسم أو ما يعادل 4–5 ملاعق صغيرة (4.6 غرام) لمعظم الأفراد تؤخذ قبل التمرين بساعة إلى ساعتين في جرعة واحدة أو على جرعات متعددة على شكل حبوب أو مسحوق مخلوط مع سائل منكه،

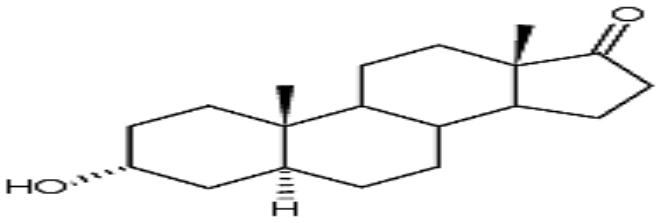
يجد العديد من الرياضيين أن هذه الكمية من مسحوق بيكربونات الصوديوم المذابة في السائل مالحة بشكل غير مستساغ [98]. يدعم المعهد الأسترالي للرياضة استخدام البيكربونات لتحسين الأداء الرياضي في المسابقات الرياضية المناسبة تحت إشراف خبير في الطب الرياضي، لكن هناك حاجة إلى مزيد من الأبحاث لفهم كيفية استخدام المكملات للحصول على أفضل النتائج في الأداء.

3. المكونات المحظورة في المكملات الغذائية:

هماك العديد من المواد التي تحظرها إدارة الغذاء و الدواء حالياً في المكملات الغذائية و التي استخدمها بعض الرياضيين سابقاً كمساعدات لتوليد الطاقة، على الرغم من عدم وجود أدلة تدعم استخدامها.

1.3. أندروستيرون:

يعتبر الأندروستيرون طليعة هرمون يحوله الجسم إلى هرمون التستوستيرون (الذي يحفز نمو العضلات) و الإستروجين [102]. تم ترويج الأندروستيرون كمساعد لتوليد الطاقة عام 1998 [103]. و لكن بعد إجراء الدراسات حول تلقي الأندروستيرون لعدة أسابيع أثناء الخضوع لتدريبات المقاومة و تمارين تقوية العضلات، لم يؤثر الاستخدام قصير أو طويل الأمد للمكمل على تركيزات هرمون التستوستيرون المصلية و لم ينتج أي فوائد ملحوظة في أداء تدريبات المقاومة أو قوة العضلات أو كتلة الجسم الهزيلة و أيضاً لقد لوحظ انخفاضاً كبيراً في مستويات كوليسترول البروتين الدهني عالي الكثافة HDL و زيادة كبيرة في تركيز هرمون الإستروجين في المصل [104,105]. في مارس 2004 حذرت إدارة الغذاء و الدواء من توزيع المكملات الغذائية التي تحتوي على الأندروستيرون و لم توافق عليه كمكون غذائي مسموح به في المكملات الغذائية [102]. تحظر اللجنة الأولمبية العالمية و الوكالة العالمية لمكافحة المنشطات استخدام الأندروستيرون [102].

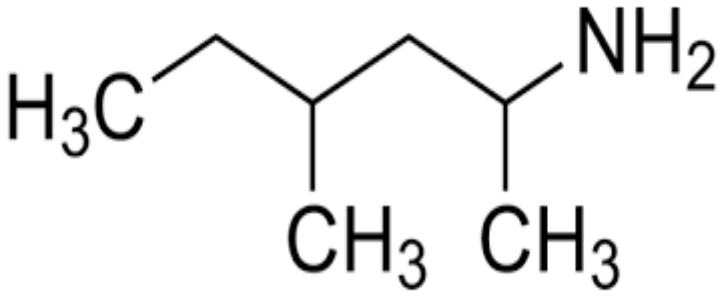


الشكل(12): بنية الأندروستيرون.

2.3. ثنائي ميتيل أميل أمين Dimethylamylamine DMAA

DMAA هو منبه كان سابقاً يدرج في بعض المكملات الغذائية التي تؤخذ قبل التمرين التي يزعم أنها تعزز أداء التمارين الرياضية و تساعد في بناء العضلات.

في عام 2013 أعلنت إدارة الغذاء و الدواء أن المنتجات التي تحتوي على هذا المكون غير قانونية بعد أن تلقت 86 تقريراً عن حالات وفاة و أمراض مرتبطة بالمكملات الغذائية التي تحتوي على DMAA و تضمنت هذه التقارير مشاكل في القلب بالإضافة إلى اضطرابات الجهاز العصبي و النفسي [106].



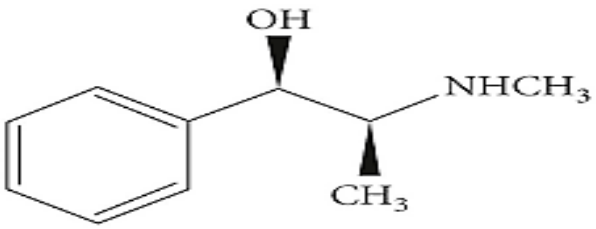
الشكل(13): بنية ثنائي ميتيل أميل أمين.

3.3. الإيفيدرا:

يحتوي الإيفيدرا على قلويدات الإيفيدرين و هي مركبات منشطة، و القلويد الأساسي هو الإيفيدرين [107]. في تسعينيات القرن العشرين كان الإيفيدرا (الذي غالباً ما يتم دمجه مع الكافئين) مكوناً شائعاً في المكملات الغذائية لتعزيز الأداء الرياضي و تعزيز فقدان الوزن. أظهرت الدراسات أن مشاركة الإيفيدرين و الكافئين أنتجت زيادة بنسبة 20–30% في القوة و القدرة على التحمل، لكن الإيفيدرين وحده لم يكن له تأثيرات كبيرة على معايير أداء التمارين الرياضية مثل استهلاك الأكسجين أو الوقت حتى الإرهاق [108,109]. لقد ارتبط استخدام الإيفيدرا بالوفاة و الآثار الجانبية الخطيرة بما فيها:

- الغثيان و الإقياء.
- أعراض نفسية مثل القلق وتغير المزاج.
- ارتفاع ضغط الدم.
- الخفقان.
- السكتة الدماغية.
- نوبات قلبية[107][108].

في عام 2004 حظرت إدارة الغذاء و الدواء استخدام و بيع المكملات الغذائية التي تحتوي على قلويدات الإيفيدرين لأنها مرتبطة بمخاطر عديدة [108].



(–)- Ephedrine

الشكل(14): بنية الإفدرين.

4. تنظيم المكملات الغذائية لتحسين الأداء الرياضي:

تنظم إدارة الغذاء و الدواء المكملات الغذائية لتحسين أداء التمارين الرياضية وفقاً لقانون الصحة و التعليم للمكملات الغذائية لعام 1994 [110]. مثل المكملات الغذائية الأخرى تختلف المكملات الغذائية الرياضية عن الأدوية التي تصرف مع أو بدون وصفة طبية في أنها لا تتطلب موافقة مسبقة من قبل إدارة الغذاء و الدواء. يتحمل مصنعو المكملات مسؤولية تحديد ما إذا كانت منتجاتهم آمنة وأن ادعاءاتهم على الملصقات صادقة و ليست مضللة. على الرغم من عدم إلزامهم بتقديم الأدلة إلى إدارة الغذاء و الدواء قبل تسويق منتجاتهم إلا أنه إذا وجدت إدارة الغذاء و الدواء أن أحد المكملات الغذائية غير آمن تقوم بسحب المنتج من السوق. تسمح إدارة الغذاء و الدواء للمكملات الغذائية بأن تحتوي فقط على مكونات غذائية مثل الفيتامينات و المعادن و الأحماض الأمينية و البروتينات و المنتجات العشبية. لا يسمح لهذه المنتجات بأن تحتوي مكونات صيدلانية ولا يسمح للمصنعين الترويج لها لتشخيص أو علاج أو شفاء أو منع أي مرض [110].

5. تقييم سلامة المكملات الرياضية:

مثل جميع المكملات الغذائية يمكن أن يكون للمكملات المستخدمة لتعزيز الأداء الرياضي آثار جانبية و قد تتفاعل مع بعض الأدوية.

في بعض الحالات تكون المكملات النباتية أو المكونات الأخرى التي يتم الترويج لها كمساعدات لتوليد الطاقة غير معروفة، إضافةً إلى ذلك تحتوي العديد من هذه المنتجات على مكونات متعددة لم يتم اختبارها بعد بشكل كاف و لم يتم دراسة تفاعلها مع بعضها البعض . يجب على الأفراد المهتمين بتناول المكملات الغذائية الرياضية اتباع نصائح مقدمي الرعاية الصحية حول استخدام هذه المنتجات.

1.5. الغش في تصنيع المكملات الرياضية:

تطلب إدارة الغذاء و الدواء من مصنعي المكملات الغذائية اتباع معايير الجودة التي تضمن احتواء هذه المنتجات على المكونات و الكميات الموضحة على الملصقات و خلوها من المواد غير المعلنة و مستويات الملوثات غير الآمنة [111]. مع ذلك تشير منظمة الغذاء و الدواء إلى أن المنتجات التي يتم تسويقها كمكملات غذائية لكمال الأجسام هي من بين المنتجات الأكثر غشاً بمكونات غير معلنة أو تحمل علامات مضللة مثل المنشطات الابتنائية و الأدوية. يمكن أن يؤدي استخدام مثل هذه المنتجات الملوثة إلى حدوث مشاكل صحية و ربما استبعاد الرياضيين من المنافسات إذا أظهر اختبار المخدرات أنهم تناولوا مواد محظورة [112].

توصي إدارة الغذاء و الدواء الرياضيين المستخدمين للمكملات بالاتصال بمقدمي الرعاية الصحية إذا ظهرت لديهم أعراض ربما تكون مرتبطة بهذه المنتجات و من بين هذه الأعراض:

- الغثيان.
- التعب.
- الحمى.
- آلام البطن.
- ألم صدري.
- ضيق تنفس.
- يرقان (اصفرار الجلد أو بياض العينين).
- تغير لون البول.

استعانت بعض شركات المكملات الغذائية بشركات اعتماد خارجية للتحقق من هوية و محتوى المكملات الغذائية الخاصة بها المستخدمة لتعزيز الأداء الرياضي، و بالتالي توفر بعض الضمانات الإضافية بأن المنتجات تحتوي على الكميات الموضحة على الملصقات و المكونات خالية من المواد المحظورة.

2.5. التداخلات مع الأدوية:

يمكن لبعض المكونات الموجودة ضمن المكملات الغذائية الرياضية ان تتفاعل مع بعض الأدوية. على سبيل المثال قد يؤدي تناول جرعات عالية من مكملات مضادات الأكسدة مثل فيتامينات C وE أثناء العلاج الكيميائي أو العلاج الإشعاعي للسرطان إلى تقليل فعالية هذه العلاجات من خلال تثبيط الضرر التأكسدي الخلوي في الخلايا السرطانية [113]. أيضاً يمكن لمكملات الحديد أن تقلل من التوافر البيولوجي لليفودوبا (المستخدم لعلاج باركنسون) و الليفوتيروكسين (المستخدم في حالة قصور الغدة الدرقية) لذلك يجب تناول مكملات الحديد في وقت مختلف من اليوم عن هذين الدوائين. لذلك يجب على الأفراد الذين يتناولون المكملات الغذائية و الأدوية بشكل منتظم استخدام هذه المنتجات تحت إشراف مقدمي الرعاية الصحية.

6. استراتيجيات من أجل تحسين التمرين و الأداء الرياضي:

إن العلم السليم يدعم استخدام عدد قليل من المكملات الغذائية التي تعتبر مفيدة في تحسين الأداء الرياضي، و إن أفضل طريقة لاستخدام المكملات الغذائية الرياضية هي إضافتها إلى نظام غذائي مختار بعناية. و أيضاً أوضحت الدراسات أنه لا داعي لاستخدامها من قبل الرياضيين الشباب. و تضيف الأكاديمية الأمريكية لطب الأطفال ان المواد المعززة للأداء لا تؤدي إلى تحسنات كبيرة لدى معظم الرياضيين المراهقين على عكس تلك الفوائد التي تنتج عن التغذية السليمة و أساسيات التدريب [114]. يؤدي الرياضيون المدربون أفضل أداء لهم و يتعافون بسرعة أكبر عندما يتناولون نظاماً غذائياً مناسباً من الناحية الغذائية مع سوائل كافية و عندما يتمتعون باللياقة البدنية المناسبة و التدريب المناسب. لقد وضعت وزارة الصحة الأمريكية إرشادات غذائية تصف نمطاً غذائياً صحياً بأنه:

- يتضمن مجموعة متنوعة من الخضراوات و الفواكه و الحبوب (نصفها على الأقل حبوب كاملة) و الحليب و اللبن و الجبن الخالي من الدهون و منخفض الدسم.
- يتضمن مجموعة من الأطعمة البروتينية مثل اللحوم الخالية من الدهون و الدواجن و البيض و المأكولات البحرية و الفاصولياء و البازلاء و العدس و المكسرات و منتجات الصويا.
- يحد من الأطعمة و المشروبات التي تحتوي على نسبة عالية من السكريات المضافة و الدهون المشبعة و الصوديوم.
- يحد من المشروبات الكحولية.
- يحقق احتياجات الجسم اليومية من السعرات الحرارية [115].

التوصيات:

تقدم العديد من المكملات الغذائية فوائد صحية عديدة ويجب أن يتم العمل على الاستفادة من جميع خصائصها المفيدة وتوخي الحذر فيما يتعلق بتأثيراتها الجانبية.

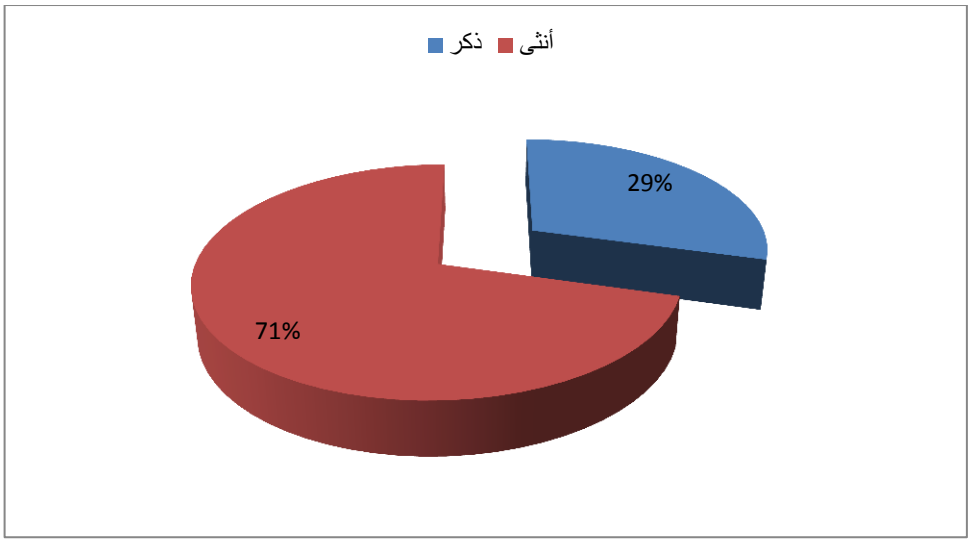
يمكن أن تكون بعض المكملات الغذائية مفيدة للصحة، لكن لم تثبت أن جميع أنواع المكملات لها فعالية، حيث لا يمكن للمكملات الغذائية أن تحل محل مجموعة متنوعة من الأطعمة المهمة في النظام الغذائي الصحي.

قد يؤدي تناول المكملات الغذائية إلى حدوث آثار جانبية غير متوقعة خصوصاً عند تناول منتج جديد، أو إذا تم استخدامها كبديل للدواء الموصوف من قبل الطبيب أو عند تناول العديد من المكملات الغذائية مجتمعة، ومن الممكن أيضاً أن تتفاعل بعض المكملات الغذائية مع بعض الأدوية. ويجب التأكد من أن المريض الذي يتناول المكملات الغذائية بالإضافة إلى الطعام لا يتناول كميات أكثر من حاجته بحيث يزداد خطر الإصابة بالآثار الجانبية. وتجدر الإشارة إلى أنه يجب توخي الحذر عند تناول المكملات الغذائية من قبل الحامل والمرضعة والأطفال دون استشارة الطبيب.

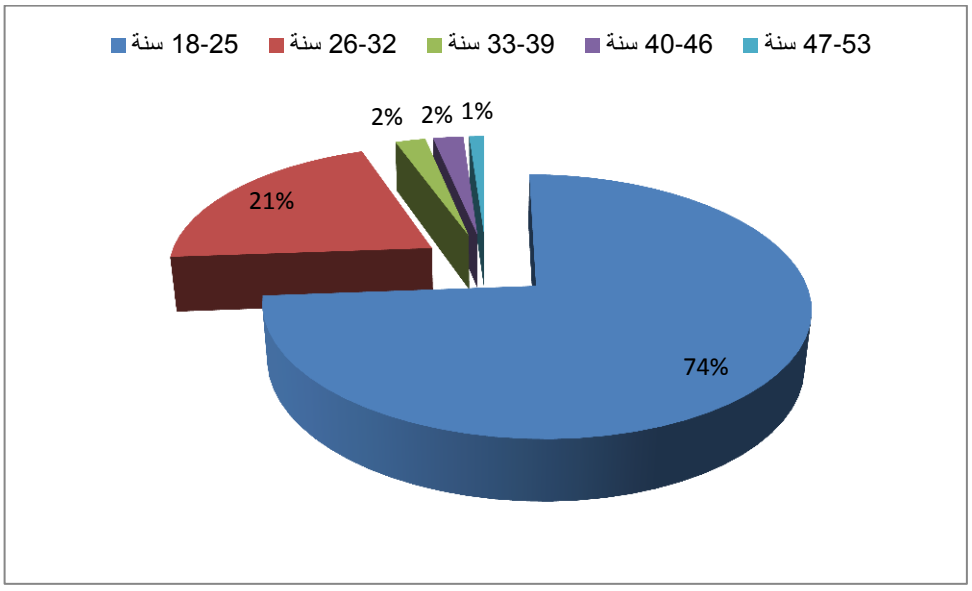
الاستبيان:

تم إنشاء هذا الاستبيان من أجل معرفة مدى وعي المجتمع فيما يتعلق بالمكملات الغذائية , استخداماتها والآثار الجانبية المحتملة التي قد تنشأ عن استخدامها , بلغ عدد المشاركين في الاستبيان 157 شخصاً وكانت النتائج كالتالي:

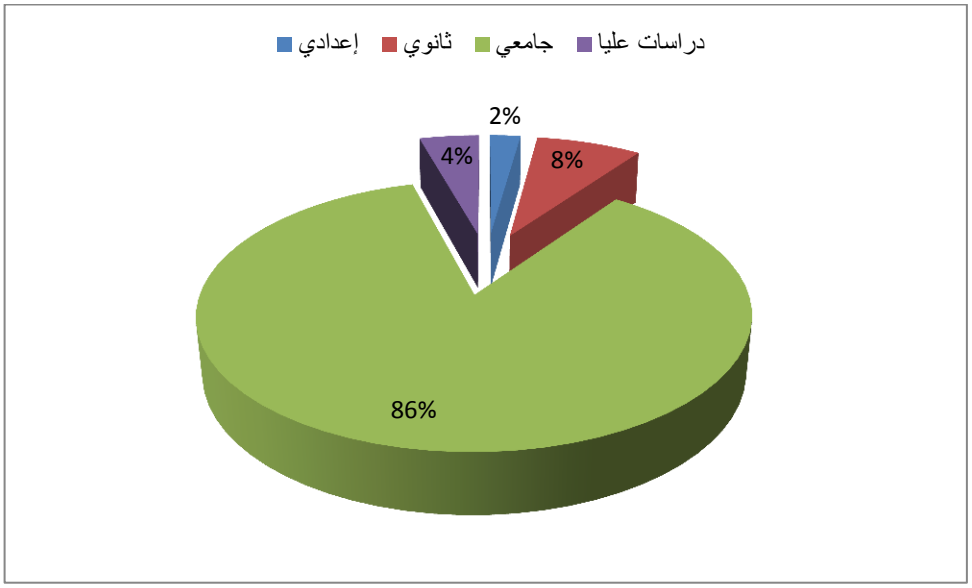
1- تقسيم عينة الاستبيان حسب العمر:



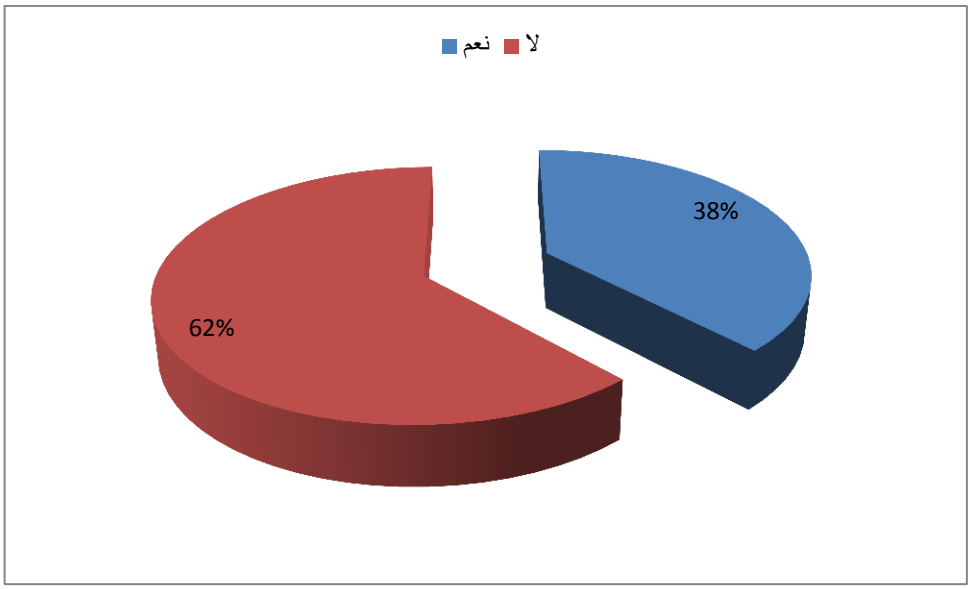
2- تقسيم عينة الاستبيان بحسب العمر:



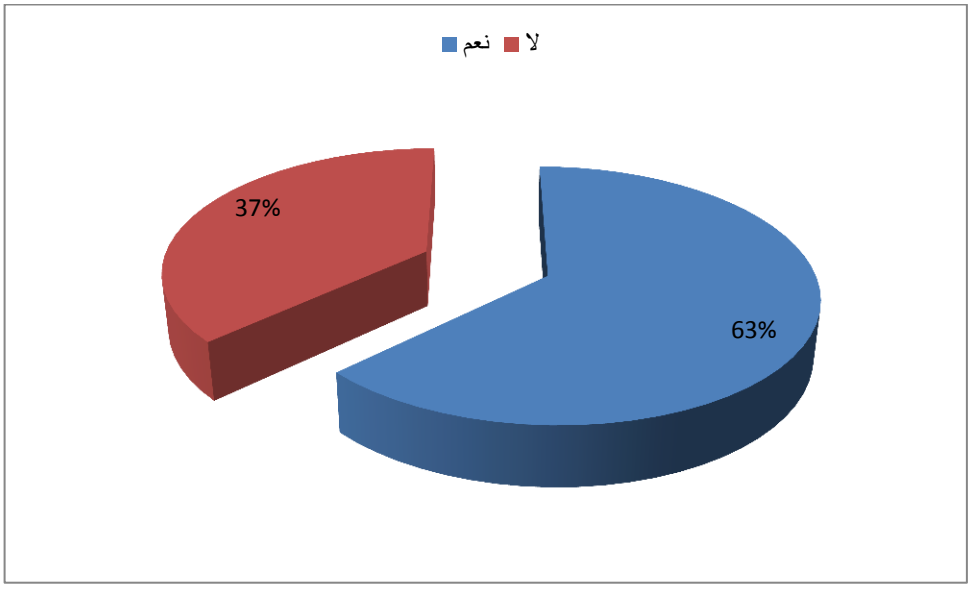
3- تقسيم عينة الاستبيان بحسب المستوى الدراسي:



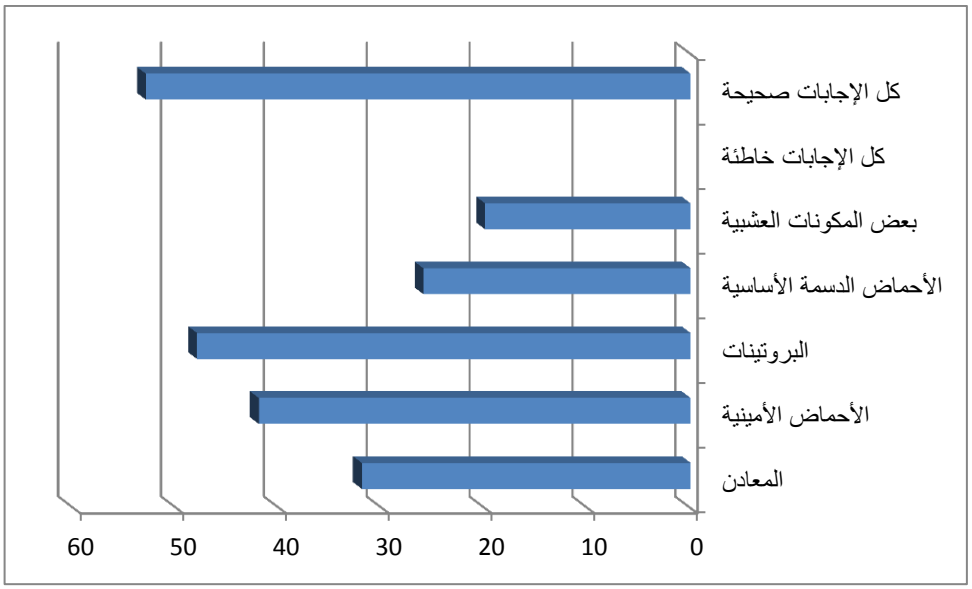
4- هل تقوم باستخدام المكملات الغذائية من أجل تحسين أدائك الرياضي؟



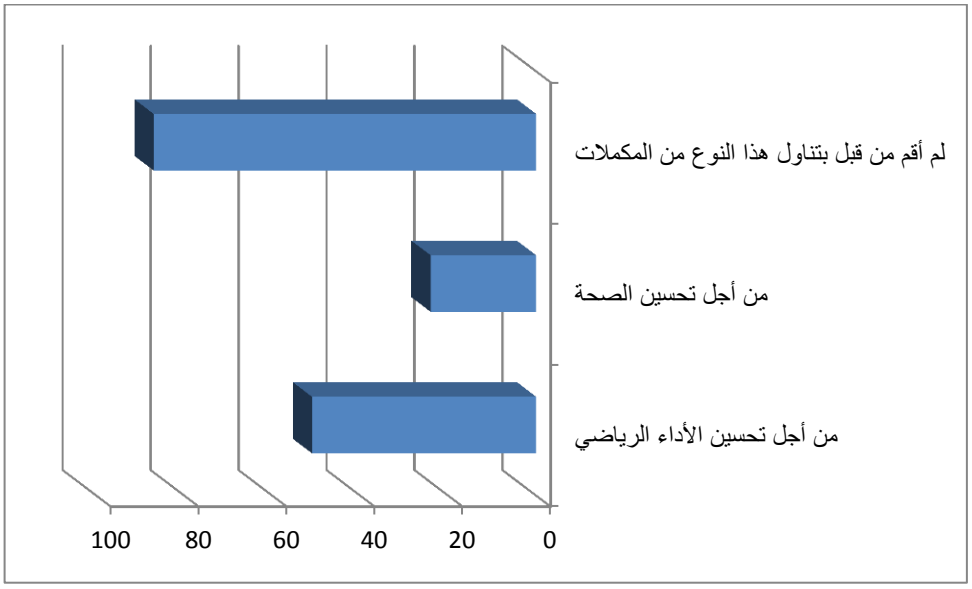
5- هل تقوم باستخدام المكملات الغذائية من أجل تحسين صحتك ؟



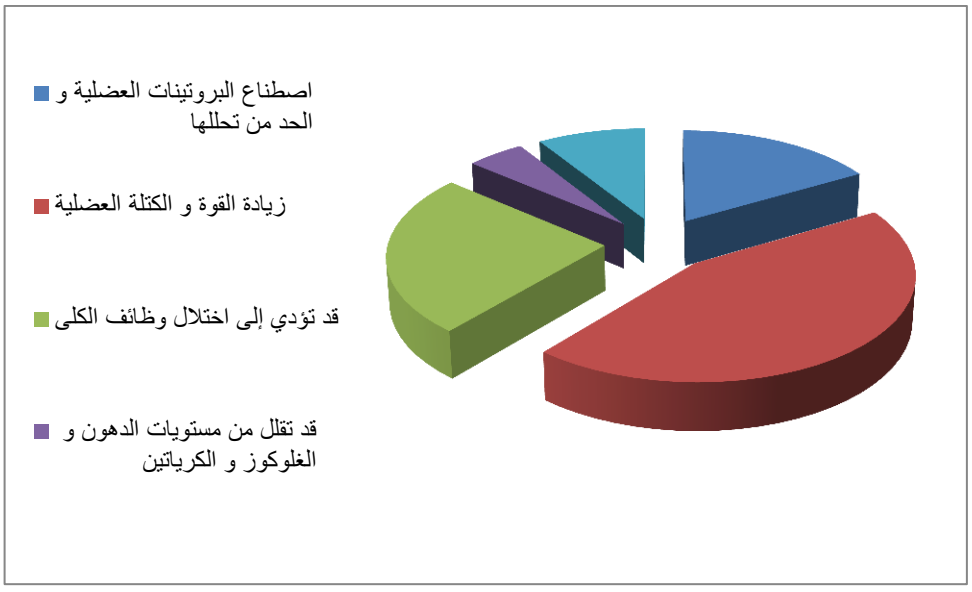
6- أي مما يلي يعتبر من المكملات الغذائية ؟



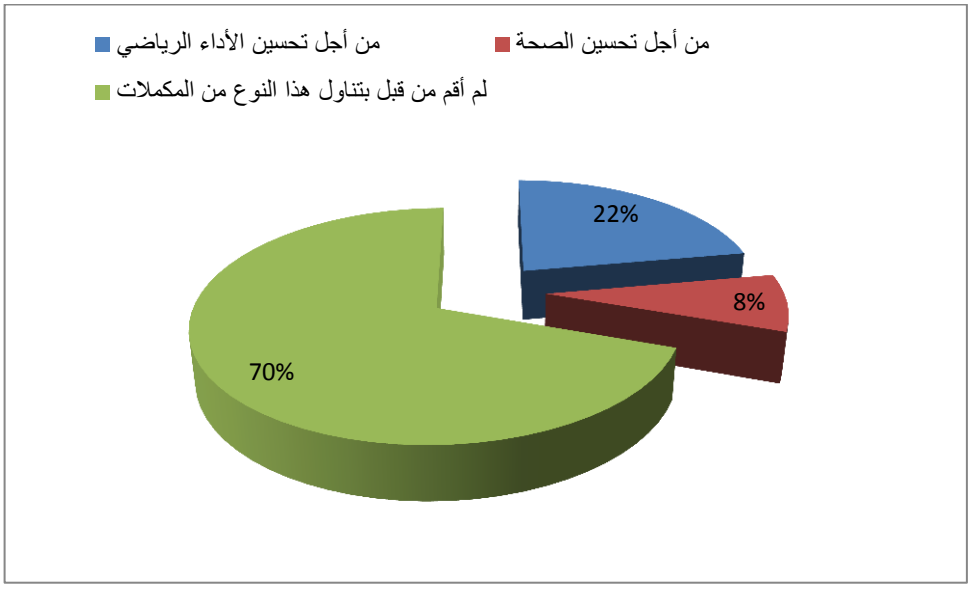
7- هل قمت من قبل بتناول المكملات البروتينية ؟



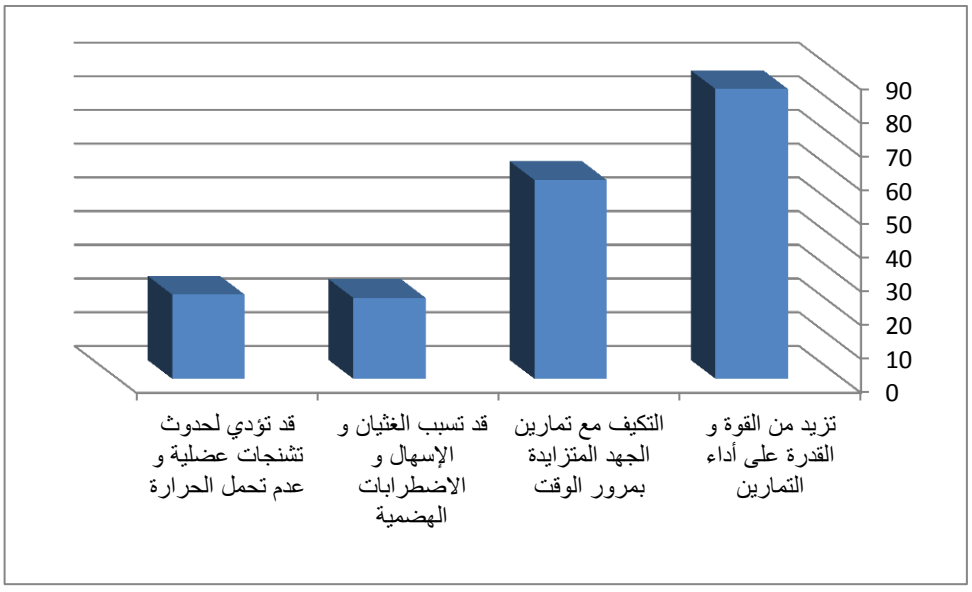
8- التأثيرات الناجمة عن المكملات البروتينية :



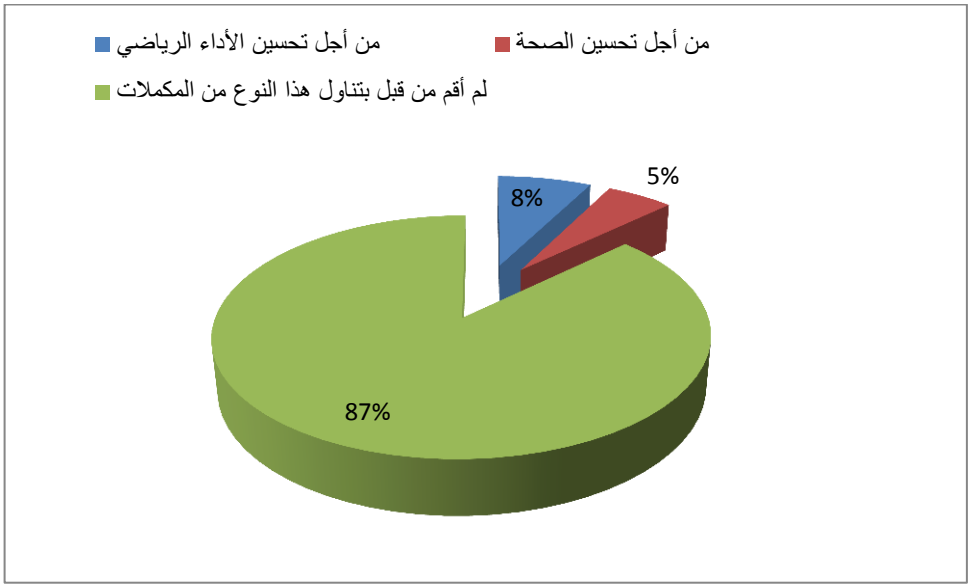
9- هل قمت من قبل بتناول مكملات الكرياتين؟



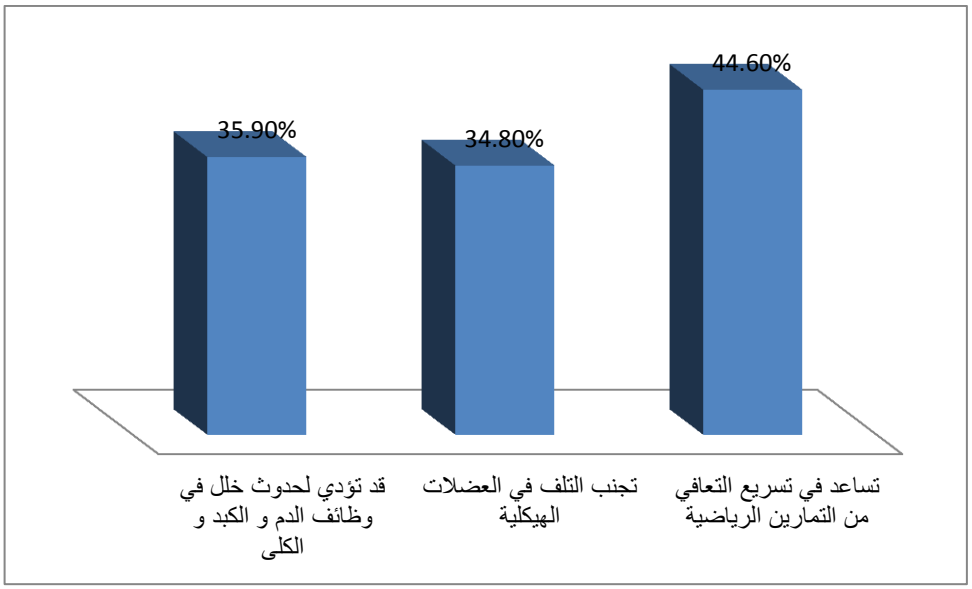
10- التأثيرات الناجمة عن مكملات الكرياتين:



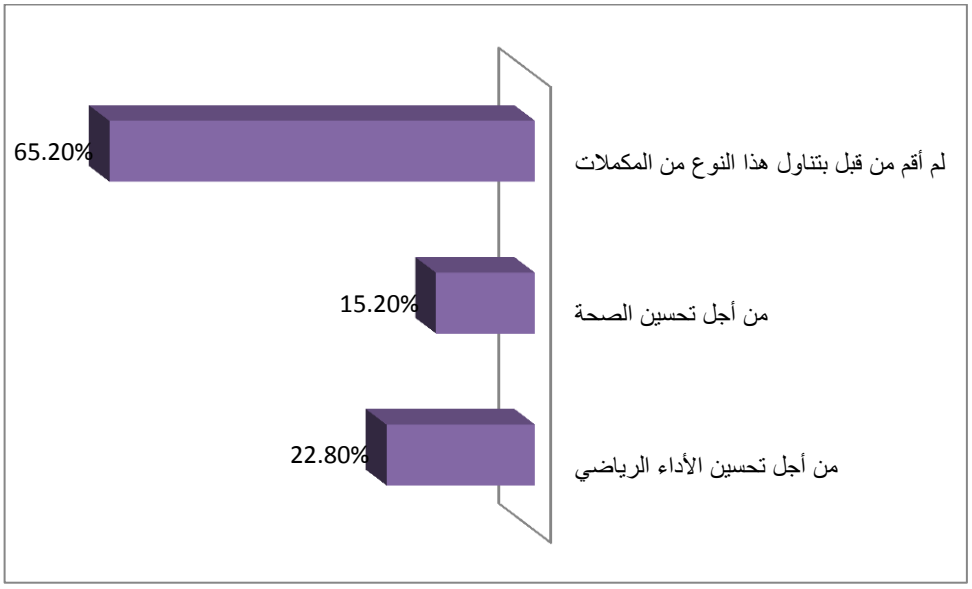
11- هل قمت من قبل بتناول مكملات بيتا هيدروكسي بيتا ميتيل بوتيرات ؟



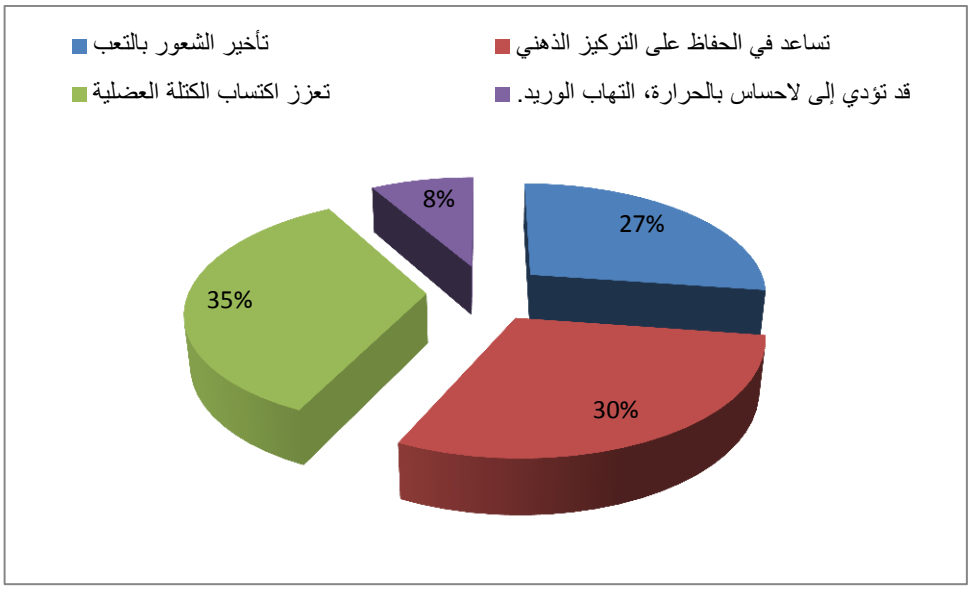
12- التأثيرات الناجمة عن مكملات بيتا هيدروكسي بيتا ميتيل بوتيرات :



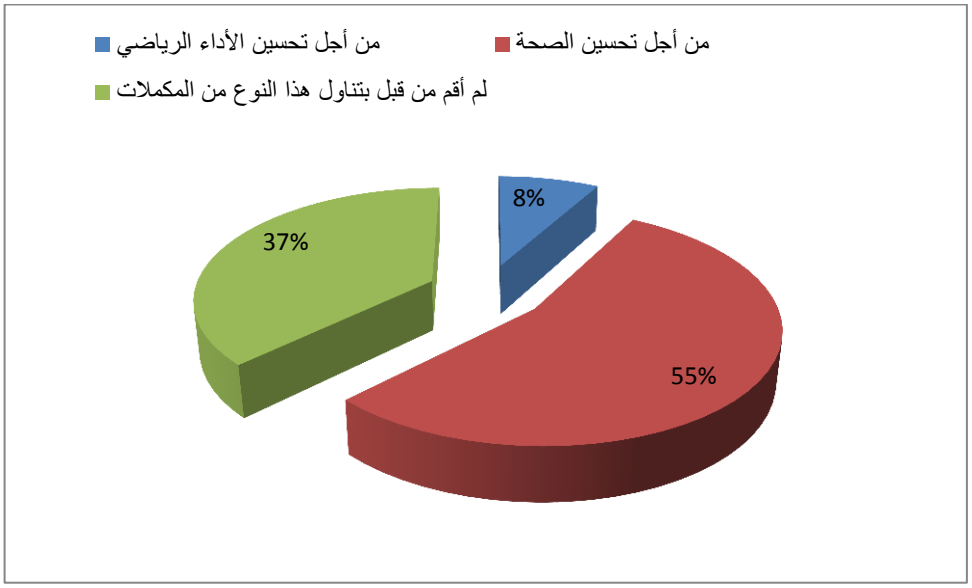
13- هل قمت من قبل بتناول مكملات الأحماض الأمينية ؟



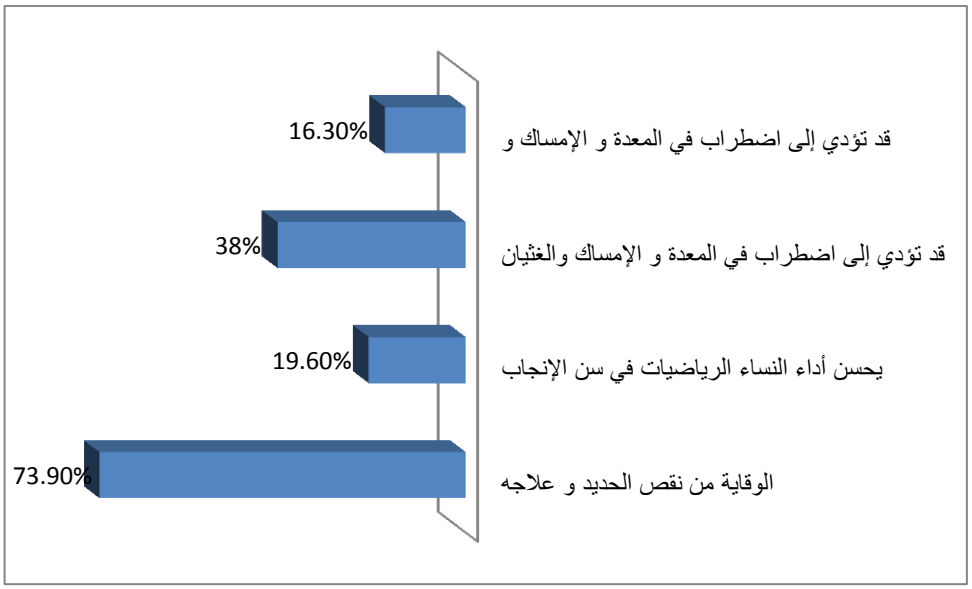
14- التأثيرات الناجمة عن مكملات الأحماض الأمينية :



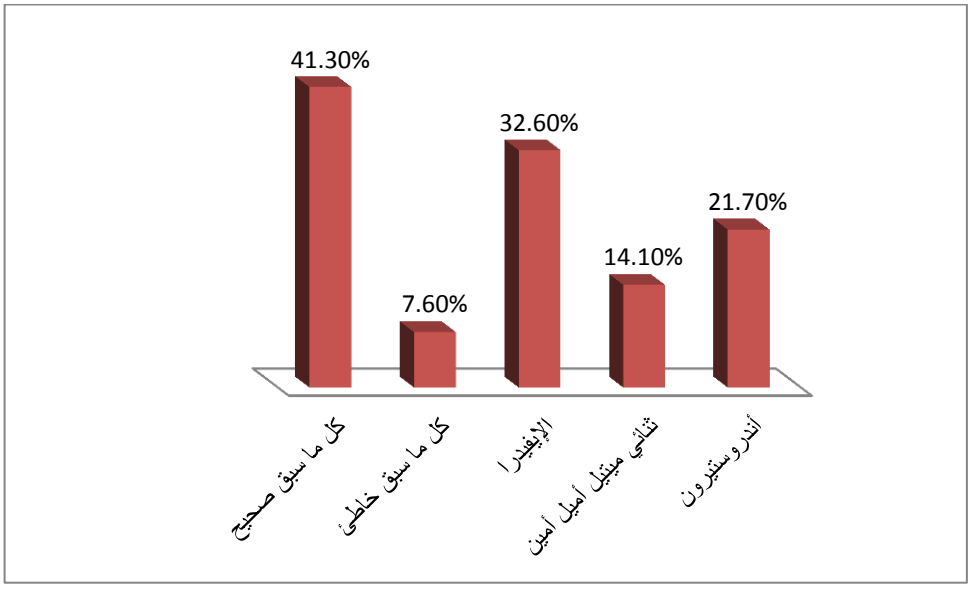
15- هل قمت من قبل بتناول المكملات الحاوية على الحديد ؟



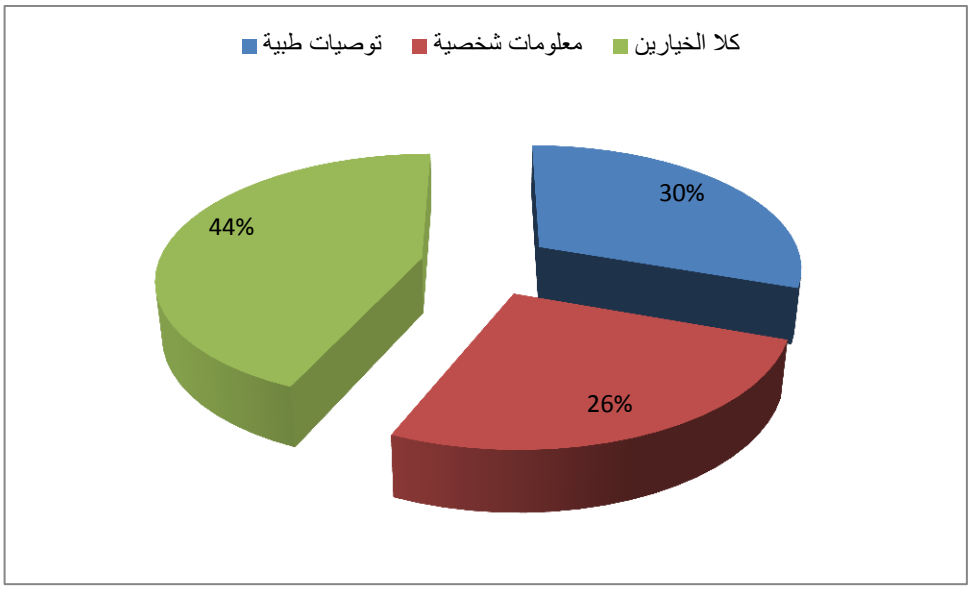
16- التأثيرات الناجمة عن المكملات الحاوية على الحديد :



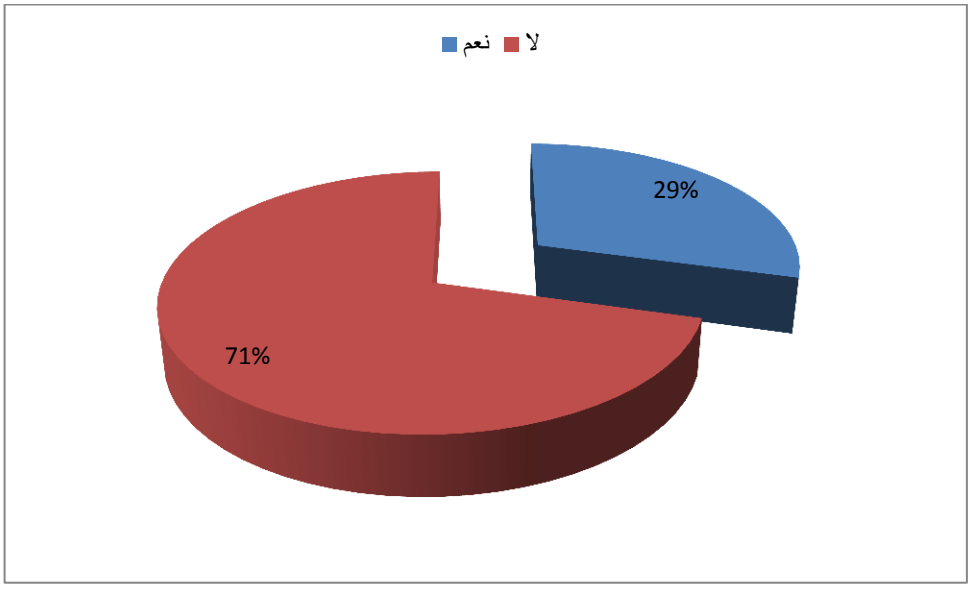
17- المكونات المحظورة في المكملات الغذائية



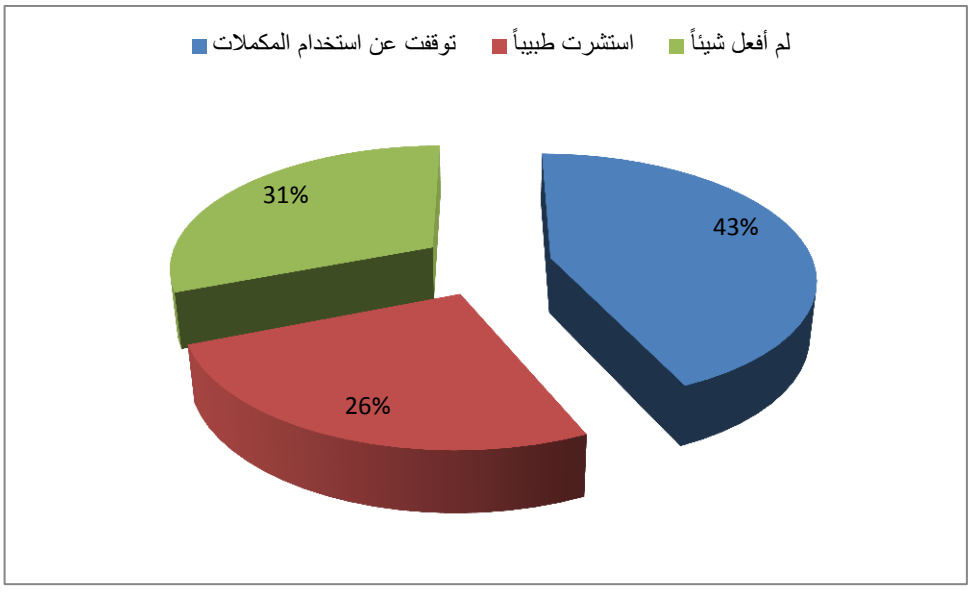
18- هل تتناول المكملات الغذائية بناءً على توصيات طبية أم بناءً على معلومات شخصية ؟



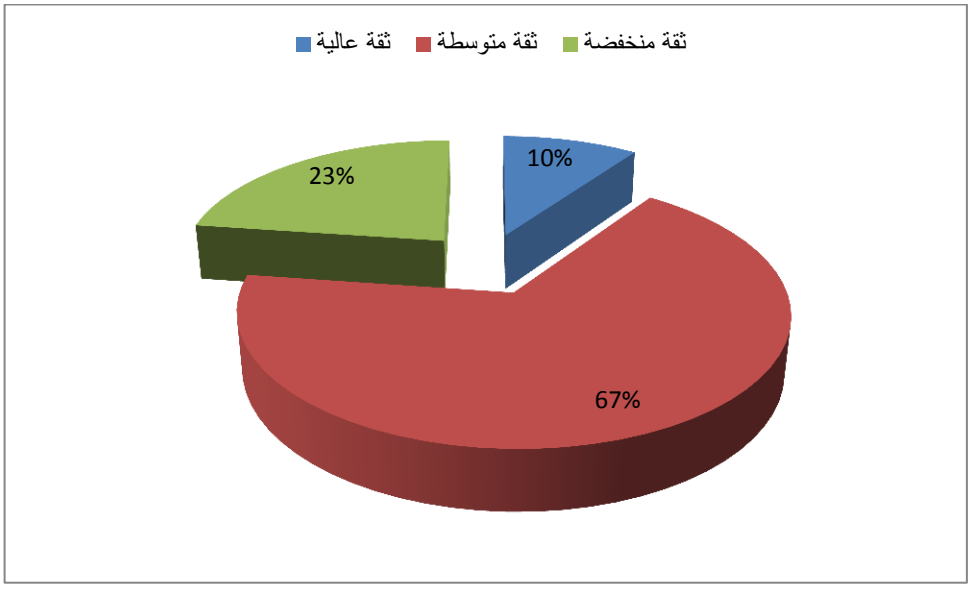
19- هل واجهت آثارً جانبية نتيجة استخدام المكملات الغذائية؟



20- إذا واجهتك آثار جانبية عند استخدام المكملات الغذائية كيف تعاملت معها ؟



21- ما مدى ثقتك بالمعلومات المتوفرة عن المكملات الغذائية على الانترنت؟



References :

1. Mazza, E.; Ferro, Y.; Pujia, R.; Mare, R.; Maurotti, S.; Montalcini, T.; Pujia, A. Mediterranean Diet In Healthy Aging. J. Nutr. Health Aging 2021, 25, 1076–1083. [Google Scholar] [CrossRef]
2. Tresserra-Rimbau, A. Dietary Polyphenols and Human Health. Nutrients 2020, 12, 2893. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
3. Martinovic, D.; Tokic, D.; Vilovic, M.; Rusic, D.; Bukic, J.; Bozic, J. Sport Dietary Supplements and Physical Activity in Biomedical Students. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 2046. [Google Scholar] [CrossRef]
4. Dwyer, J.T.; Coates, P.M.; Smith, M.J. Dietary Supplements: Regulatory Challenges and Research Resources. Nutrients 2018, 10, 41. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
5. Bailey, R.L. Current regulatory guidelines and resources to support research of dietary supplements in the United States. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2020, 60, 298–309. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
6. priet, L.L. Performance Nutrition for Athletes. Sports Med. 2019, 49 (Suppl S1), 1–2. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
7. Malsagova, K.A.; Kopylov, A.T.; Sinitsyna, A.A.; Stepanov, A.A.; Izotov, A.A.; Butkova, T.V.; Chingin, K.; Klyuchnikov, M.S.; Kaysheva, A.L. Sports Nutrition: Diets, Selection Factors, Recommendations. Nutrients 2021, 13, 3771. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
8. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM, MacKillop M. 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;116:501-28. [PubMed abstract]
9. Sureda A, Pons A. Arginine and citrulline supplementation in sports and exercise: Ergogenic nutrients? Med Sport Sci 2013;59:18-28. [PubMed abstract]
10. Eudy AE, Gordon LL, Hockaday BC, Lee DA, Lee V, Luu D, Martinez CA, Ambrose PJ. Efficacy and safety of ingredients found in preworkout supplements. Am J Health-Syst Pharm 2013;70:577-88. [PubMed abstract]
11. Alvares TS, Meirelles CM, Bhambhani YN, Paschoalin VMF, Gomes PSC. L-arginine as a potential ergogenic aid in healthy subjects. Sports Med 2011;41(3):233-48. [PubMed abstract]
12. Brooks JR, Oketch-Rabah H, Low Dog T, Gorecki DK, Barrett ML, Cantilena L, Chung M, Costello RB, Dwyer J, Hardy ML, Jordan SA, Maughan RJ, Marles RJ, Osterberg RE, Rodda BE, Wolfe RR, Zuniga JM, Valerio LG Jr, Jones D, Deuster P, Giancaspro GI, Sarma ND. Safety and performance benefits of arginine supplements for military personnel: a systematic review. Nutr Rev 2016;74:708-21. [PubMed abstract]
13. Marcell TJ, Taaffe DR, Hawkins SA, Tarpenning KM, Pyka G, Kohlmeier L, Wiswell RA, Marcus R. Oral arginine does not stimulate basal or augment exercise-induced GH secretion in either young or old adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 1999;54:M395-9. [PubMed abstract]
14. Zajac A, Poprzecki S, Zebrowska A, Chalimoniuk M, Langfort J. Arginine and ornithine supplementation increases growth hormone and insulin-like growth factor-1 serum levels after heavy-resistance exercise in strength-trained athletes. J Strength Cond Res 2010;24:1082-90. [PubMed abstract]
15. Grimble GK. Adverse gastrointestinal effects of arginine and related amino acids. J Nutr 2007;137:1693S-1701S. [PubMed abstract]

16. Dong J-Y, Qin L-Q, Zhang Z, Zhao Y, Wang J, Arigoni F, Zhang W. Effect of oral L-arginine supplementation on blood pressure: A meta-analysis of randomized, double-blind, placebo-controlled trials. Am Heart J 2011;162:959-65. [PubMed abstract]
17. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, Dietitians of Canada. American College of Sports Medicine position stand: Nutrition and athletic performance. Med Sci Sports Exerc 2009:709-31. [PubMed abstract]
18. Williams MH. Sports nutrition. In Ross AC, Caballero B, Cousins RJ, Tucker KL, Ziegler TR. Modern Nutrition in Health and Disease. 11th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2014:1549-63.
19. Kreider RB, Kalman DS, Antonio J, Ziegenfuss TN, Wildman R, Collins R, Candow DG, Kleiner SM, Almada AL, Lopez HL. International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. J Int Soc Sports Nutr. 2017;14:18. [PubMed abstract]
20. Salomons GS, Jakobs C, Wyss M. Creatine. In: Coates PM, Betz JM, Blackman MR, Cragg GM, Levine M, Moss J, White JD, eds. Encyclopedia of Dietary Supplements, 2nd ed. New York, NY: Informa Healthcare;2010:202-207.
21. Cooper R, Naclerio F, Allgrove J, Jimenez A. Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. J Int Soc Sports Nutr. 2012,9:33. [PubMed abstract]
22. Kreider RB. Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. Mol Cell Biochem 2003;244:89-94. [PubMed abstract]
23. Volek JS, Kraemer WJ, Bush JA, Boetes M, Incledon T, Clark KL, Lynch JM. Creatine supplementation enhances muscular performance during high-intensity resistance exercise. J Am Diet Assoc 1997;97:765-70. [PubMed abstract]
24. Skare O-C, Skadberg O, Wisnes AR. Creatine supplementation improves sprint performance in male sprinters. Scand J Med Sci Sports 2001;11:96-102. [PubMed abstract]
25. Larson-Meyer DE, Hunter GR, Trowbridge CA, Turk JC, Ernest JM, Torman SL, Harbin PA. The effect of creatine supplementation on muscle strength and body composition during off-season training in female soccer players. J Strength Cond Res 2000;14:434-442.
26. Operation Supplement Safety. Creatine supplements .
27. Schilling BK, Stone MH, Utter A, Kearney JT, Johnson M, Coglianese R, Smith L, O'Bryant HS, Fry AC, Starks M, Keith R, Stone ME. Creatine supplementation and health variables: a retrospective study. Med Sci Sports Exerc 2001;33:183-8. [PubMed abstract]
28. Poortmans JR, Francaux M. Long-term oral creatine supplementation does not impair renal function in healthy athletes. Med Sci Sports Exerc 1999;31:1108-10. [PubMed abstract]
29. Vannas-Sulonen K, Sipila I, VannasA, Simell O, Rapola J. Gyrate atrophy of the choroid and retina: a five-year follow-up of creatine supplementation. Ophthalmology 1985;92:1719-27. [PubMed abstract]
30. Jager R, Purpura M, Shao A, Inoue T, Kreider RB. Analysis of the efficacy, safety, and regulatory status of novel forms of creatine. Amino Acids 2011;40:1369-83. [PubMed abstract]
31. Pasiakos SM, McClung JP. Supplemental dietary leucine and the skeletal muscle anabolic response to essential amino acids. Nutr Rev 2011;69:550-7. [PubMed abstract]
32. Schoenfeld BJ, Aragon AA, Krieger JW. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. J Int Soc Sports Nutr 2013;10:53. [PubMed abstract]

33. Breen L, Phillips SM. Nutrient interaction for optimal protein anabolism in resistance exercise. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2012;15:226-32. [PubMed abstract]
34. Rosenbloom C. Protein power: answering athletes' questions about protein. Nutr Today 2015;50(2):72-7.
35. Pasiakos SM, McClung JP. Supplemental dietary leucine and the skeletal muscle anabolic response to essential amino acids. Nutr Rev 2011;69:550-7. [PubMed abstract]
36. Schoenfeld BJ, Aragon AA, Krieger JW. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. J Int Soc Sports Nutr 2013;10:53. [PubMed abstract]
37. Breen L, Phillips SM. Nutrient interaction for optimal protein anabolism in resistance exercise. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2012;15:226-32. [PubMed abstract]
38. Rosenbloom C. Protein power: answering athletes' questions about protein. Nutr Today 2015;50(2):72-7.
39. Pasiakos SM, McClung JP. Supplemental dietary leucine and the skeletal muscle anabolic response to essential amino acids. Nutr Rev 2011;69:550-7. [PubMed abstract]
40. Schoenfeld BJ, Aragon AA, Krieger JW. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. J Int Soc Sports Nutr 2013;10:53. [PubMed abstract]
41. Breen L, Phillips SM. Nutrient interaction for optimal protein anabolism in resistance exercise. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2012;15:226-32. [PubMed abstract]
42. Rosenbloom C. Protein power: answering athletes' questions about protein. Nutr Today 2015;50(2):72-7.
43. Hobson RM, Saunders B, Ball G, Harris RC, Sale C. Effects of b-alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. Amino Acids 2012;43:25-37. [PubMed abstract]
44. Harris RC, Sale C. Beta-alanine supplementation in high-intensity exercise. Med Sport Sci 2013;59:1-17. [PubMed abstract]
45. Blancquaert L, Everaert I, Derave W. Beta-alanine supplementation, muscle carnosine and exercise performance. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2015;18:63-70. [PubMed abstract]
46. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Stout JR, Hoffman JR, Wilborn CD, Sale C, Kreider RB, Jager R, Earnest CP, Bannock L, Campbell B, Kalman D, Ziegenfuss TN, Antonio J. International Society of Sports Nutrition position stand: beta-alanine. J Int Soc Sports Nutr 2014;12:30. [PubMed abstract]
47. Glenn JM, Gray M, Stewart R, Moyen NE, Kavouras SA, DiBrezzo R, Turner R, Baum J. Incremental effects of 28 days of beta-alanine supplementation on high-intensity cycling performance and blood lactate in masters female cyclists. Amino Acids 2015;47:2593-2600.
48. Ko R, Dog TL, Gorecki DKJ, Cantilena LR, Costello RB, Evans WJ, Hardy ML, Jordan SA, Maughan RJ, Rankin JW, Smith-Ryan AE, Valerio Jr LG, Jones D, Deuster P, Giancaspro GI, Sarma ND. Evidence-based evaluation of potential benefits and safety of beta-alanine supplementation for military personnel. Nutr Rev 2014;72:217-25. [PubMed abstract]

49. Quesnele JJ, Laframboise MA, Wong JJ, Kim P, Wells GD. The effects of beta-alanine supplementation on performance: a systematic review of the literature. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2014;24:14-27. [PubMed abstract]
50. Zanchi NE, Gerlinger-Romero F, Guimaraes-Ferreira L, Filho MAS, Felitti V, Lira FS, Seelaender M, Lancha Jr AH. HMB supplementation: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action. Amino Acids 2011;40:1015-25. [PubMed abstract]
51. Gallagher PM, Carrithers JA, Godard MP, Schulze KE, Trappe SW. B-hydroxy-B-methylbutyrate ingestion, part II: effects on hematology, hepatic and renal function. Med Sci Sports Exerc 2000;32:2116-19. [PubMed abstract]
52. Wilson JM, Fitschen PJ, Campbell B, Wilson GJ, Zanchi N, Taylor L, Wilborn C, Kalman DS, Stout JR, Hoffman JR, Ziegenfuss TN, Lopez HL, Kreider RB, Smith-Ryan AE, Antonio J. International Society of Sports Nutrition position stand: beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB). J Int Soc Sports Nutr 2013;10:6. [PubMed abstract]
53. Albert FJ, Morente-Sanchez J, Ortega FB, Castillo MJ, Gutierrez A. Usefulness of B-hydroxy-B-methylbutyrate (HMB) supplementation in different sports: An update and practical implications. Nutr Hosp 2015;32:20-33. [PubMed abstract]
54. Molfino A, Gioia G, Faneli FR, Muscaritoli M. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation in health and disease: a systematic review of randomized trials. Amino Acids 2013;45:1273-92. [PubMed abstract]
55. Nissen S, Sharp RL, Panton L, Vokovich M, Trappe S, Fuller Jr. JC. B-hydroxy-B-methylbutyrate (HMB) supplementation in humans is safe and may decrease cardiovascular risk factors. J Nutr 2000;130:1937-45. [PubMed abstract]
56. Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, La Bounty P, Roberts M, Burke D, Landis J, Lopez H, Antonio J. International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. J Int Soc Sports Nutr 2007;4:8. [PubMed abstract]
57. Helms ER, Aragon AA, Fitschen PJ. Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation. J Int Soc Sports Nutr 2014;11:20. [PubMed abstract]
58. Negro M, Giardina S, Marzani B, Marzatico F. Branched-chain amino acid supplementation does not enhance athletic performance but affects muscle recovery and the immune system. J Sports Med Phys Fitness 2008;48:347-51. [PubMed abstract]
59. Dunford M, Coleman EJ. Ergogenic aids, dietary supplements, and exercise. In: Rosenbloom CA and Coleman EJ, eds. Sports Nutrition: A Practice Manual for Professionals. 5th ed. Chicago IL: Academy of Nutrition and Dietetics, 2012:128-61.

60. Pasiakos SM, McClung JP. Supplemental dietary leucine and the skeletal muscle anabolic response to essential amino acids. Nutr Rev 2011;69:550-7. [PubMed abstract]
61. Schoenfeld BJ, Aragon AA, Krieger JW. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. J Int Soc Sports Nutr 2013;10:53. [PubMed abstract]
62. Breen L, Phillips SM. Nutrient interaction for optimal protein anabolism in resistance exercise. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2012;15:226-32. [PubMed abstract]
63. Rosenbloom C. Protein power: answering athletes' questions about protein. Nutr Today 2015;50(2):72-7.
64. Rasmussen B, Gilbert E, Turki A, Madden K, Elango R. Determination of the safety of leucine supplementation in healthy elderly men. Amino Acids 2016;48:1707-16. [PubMed abstract]
65. Elango R, Chapman K, Rafii M, Ball RO, Pencharz PB. Determination of the tolerable upper intake level of leucine in acute dietary studies in young men. Am J Clin Nutr 2012;96:759-67. [PubMed abstract]
66. Rimando AM, Perkins-Veazie PM. Determination of citrulline in watermelon rind. J Chromatogr 2005;1078:196-200. [PubMed abstract]
67. Pérez-Guisado J, Jakeman PM. Citrulline malate enhances athletic anaerobic performance and relieves muscle soreness. J Strength Cond Res 2010;24:1215-22. [PubMed abstract]
68. Hickner RC, Tanner CJ, Evans CA, Clark PD, Haddock A, Fortune C, Geddis H, Waugh W, McCammon M. L-citrulline reduces time to exhaustion and insulin response to a graded exercise test. Med Sci Sports Exerc 2006;38:660-6. [PubMed abstract]
69. Oketch-Rabah HA, Roe AL, Gurley BJ, Griffiths JC, Giancaspro GI. The importance of quality specifications in safety assessments of amino acids: the cases of L-tryptophan and L-citrulline. J Nutr 2016;146:2643S-51S. [PubMed abstract]
70. Ziegler, TR. Glutamine. In Ross CA, Caballero B, Cousins RJ, Tucker KL, Ziegler TR, eds. Modern Nutrition in Health and Disease. 11th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2014:464-76.
71. Gleeson M. Dosing and efficacy of glutamine supplementation in human exercise and sport training. J Nutr 2008;138:2045S-9S. [PubMed abstract]
72. Abcouwer SF. Glutamine. In Coates PM, Betz JM, Blackman MR, Cragg GM, Levine M, Moss J, White JD, eds. Encyclopedia of Dietary Supplements, 2nd ed. New York, NY: Informa Healthcare;2010:370-8.

73. Candow DG, Chilibeck PD, Burke DG, Davison KS, Smith-Palmer T. Effect of glutamine supplementation combined with resistance training in young adults. Eur J Appl Physiol 2001;86:142-9. [PubMed abstract]
74. Legault Z, Bagnall N, Kimmerly DS. The influence of oral L-glutamine supplementation on muscle strength recovery and soreness following unilateral knee extension eccentric exercise. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2015;25:417-26. [PubMed abstract]
75. Konig D, Wagner KH, Elmadfa I, Berg A. Exercise and oxidative stress: significance of antioxidants with reference to inflammatory, muscular, and systemic stress. Exerc Immunol Rev 2001;7:108-33. [PubMed abstract]
76. Fisher-Wellman K, Bloomer RJ. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. Dyn Med 2009:8:1-25. [PubMed abstract]
77. de Sousa CV, Sales MM, Rosa TS, Lewis JE, de Andrade RV, Simões HG. The antioxidant effect of exercise: a systematic review and meta-analysis. Sports Med 2017;47:277-93. [PubMed abstract]
78. Merry TL, Ristow M. Do antioxidant supplements interfere with skeletal muscle adaptation to exercise training? J Physiol 2016;594:5135-47. [PubMed abstract]
79. Paulsen G, Cumming KT, Holden G, et al. Vitamin C and E supplementation hampers cellular adaptation to endurance training in humans: a double-blind, randomised, controlled trial. J Physiol 2014;592:1887-901. [PubMed abstract]
80. Paulsen G, Cumming KT, Hamarsland H, Borsheim E, Berntsen S, Taastad T. Can supplementation with vitamin C and E alter physiological adaptations to strength training? BMC Sports Sci Med Rehabil 2014;6:28. [PubMed abstract]
81. Malm C, Svensson M, Ekblom B, Sjodin B. Effects of ubiquinone-10 supplementation and high intensity training on physical performance in humans. Acta Physiol Scand 1997;161:379-84. [PubMed abstract]
82. Paulsen G, Hamarsland H, Cumming KT, Johansen RE, Hulmi JJ, Borsheim E, Wiig H, Garthe I, Raastad T. Vitamin C and E supplementation alters protein signalling after a strength training session, but not muscle growth during 10 weeks of training. J Physiol 2014;592:5391-408. [PubMed abstract]
83. Gomez-Cabrera M-C, Domenech E, Romagnoli M, Arduini A, Borras C, Pallardo FV, Sastre J, Vina J. Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. Am J Clin Nutr 2008;87:142-9. [PubMed abstract]
84. Mason SA, Morrison D, McConell GK, Wadley GD. Muscle redox signalling pathways in exercise. Role of antioxidants. Free Radic Biol Med 2016;98:29-45. [PubMed abstract]

85. Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Washington, DC: National Academy Press, 2000.
86. Klein EA, Thompson Jr. IM, Tangen CM, Crowley JJ, Lucia MS, Goodman PJ, Minasian LM, Ford LG, Parnes HL, Gaziano JM, Karp DD, Lieber MM, Walther PJ, Klotz L, Parsons JK, Chin JL, Darke AK, Lippman SM, Goodman GE, Meyskens FL Jr, Baker LH. Vitamin E and the risk of prostate cancer: the Selenium and Vitamin E Cancer Prevention Trial (SELECT). JAMA 2011;306:1549-56. [PubMed abstract]
87. Wessling-Resnick M. Iron. In: Ross AC, Caballero B, Cousins RJ, Tucker KL, Ziegler RG, eds. Modern Nutrition in Health and Disease, 11th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2014:176-188.
88. Latunde-Dada GO. Iron metabolism in athletes—achieving a gold standard. Eur J Haematol 2012;90:10-5. [PubMed abstract]
89. McClung JP, Murray-Kolb LE. Iron nutrition and premenopausal women: Effects of poor iron status on physical and neuropsychological performance. Annu Rev Nutr 2013;33:271-88. [PubMed abstract]
90. Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, DC: National Academy Press, 2001.
91. McClung JP, Gaffney-Stomberg E, Lee JJ. Female athletes: A population at risk of vitamin and mineral deficiencies affecting health and performance. J Trace Elem Med Biol 2014;28:388-92. [PubMed abstract]
92. Pasricha S-R, Low M, Thompson J, Farrell A, De-Regil L-M. Iron supplementation benefits physical performance in women of reproductive age: a systematic review and meta-analysis. J Nutr 2014;144(6):906-14. [PubMed abstract]
93. Aggett PJ. Iron. In: Erdman JW, Macdonald IA, Zeisel SH, eds. Present Knowledge in Nutrition, 10th ed. Washington, DC: Wiley-Blackwell; 2012:506-20.
94. Alaunyte I, Stojceska V, Plunkett A. Iron and the female athlete: a review of dietary treatment methods for improving iron status and exercise performance. J Int Soc Sports Nutr 2015;12:38. [PubMed abstract]
95. DellaValle DM. Iron supplementation for female athletes: Effects on iron status and performance outcomes. Curr Sports Med Rep 2013;12(4):234-9. [PubMed abstract]
96. Burden RJ, Morton K, Richards T, Whyte GP, Pedlar CR. Is iron treatment beneficial in iron-deficient but non-anaemic (IDNA) endurance athletes? A systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med 2015;49:1389-97. [PubMed abstract]

97. Bacon BR, Adams PC, Kowdley KV, Powell LW, Tavill AS. Diagnosis and management of hemochromatosis: 2011 practice guideline by the American Association for the Study of Liver Diseases. Hepatology 2011;54:328-43. [PubMed abstract]
98. Burke LM. Practical considerations for bicarbonate loading and sports performance. In: Tipton KD, van Loon LJC, eds. Nutritional Coaching Strategy to Modulate Training Efficiency. Nestlé Nutrition Institute Workshop Series. Vol 75. Basel, Switzerland: S. Karger AG; 2013;15-26.
99. McNaughton LR, Gough L, Deb S, Bentley D, Sparks SA. Recent developments in the use of sodium bicarbonate as an ergogenic aid. Curr Sports Med Rep 2016;15:233-44. [PubMed abstract]
100. Peart DJ, Siegler JC, Vince RV. Practical recommendations for coaches and athletes: a meta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. J Strength Cond Res 2012;26:1975-83. [PubMed abstract]
101. Close GL, Hamilton DL, Philip A, Burke LM, Morton JP. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. Free Radic Biol Med 2016;98:144-58. [PubMed abstract]
102. U.S. Food and Drug Administration. Questions and answers: Androstenedione. March 11, 2004. Page last updated July 1, 2014.
103. Consumer Reports. Sports-supplement dangers. Consumer Reports 2001;66:40-2.
104. King DS, Sharp RL, Vukovich MD, Brown GA, Reifenrath TA, Uhl NL, Parsons KA. Effect of oral androstenedione on serum testosterone and adaptations to resistance training in young men: a randomized controlled trial. JAMA 1999;281:2020-8. [PubMed abstract]
105. Broeder CE, Quindry J, Brittingham K, Panton L, Thomson J, Appakondu S, Breul K, Byrd R, Douglas J, Earnest C, Mitchell C, Olson M, Roy T, Yarlagadda C. The andro project: Physiological and hormonal influences of androstenedione supplementation in men 35 to 65 years old participating in a high-intensity resistance training program. Arch Intern Med 2000;160:3093-104. [PubMed abstract]
106. U.S. Food and Drug Administration. Stimulant potentially dangerous to health, FDA warns. FDA Consumer Health Information, April 2013.
107. Thurn AL, Betz JM. Ephedra. In Coates PM, Betz JM, Blackman MR, Cragg GM, Levine M, Moss J, White JD, eds. Encyclopedia of Dietary Supplements, 2nd ed. New York, NY: Informa Healthcare; 2010:250-5.
108. U.S. Food and Drug Administration. Final rule declaring dietary supplements containing ephedrine alkaloids adulterated because they present an unreasonable risk. Federal Register 2004;69:6787-854.

109. Shekelle PG, Hardy ML, Morton SC, Maglione M, Mojica WA, Suttorp MJ, Rhodes SL, Jungvig L, Gagné J. Efficacy and safety of ephedra and ephedrine for weight loss and athletic performance: a meta-analysis. JAMA 2003;289:1537-45. [PubMed abstract]
110. U.S. Food and Drug Administration. Questions and Answers on dietary supplements. March 20, 2014.
111. U.S. Food and Drug Administration. Current good manufacturing practice in manufacturing, packaging, labeling, or holding operations for dietary supplements; final rule. Federal Register 2007;72:34752-958.
112. U.S. Food and Drug Administration. Tainted products marketed as dietary supplements. FDA Consumer Health Information, December 2010.
113. Lawenda BD, Kelly KM, Ladas EJ, Sagar SM, Vickers A, Blumberg JB. Should supplemental antioxidant administration be avoided during chemotherapy and radiation therapy? J Natl Cancer Inst 2008;100:773-83. [PubMed abstract]
114. LaBotz M, Griesemer BA. Use of performance-enhancing substances. Pediatrics 2016 Jul;138(1). pii: e20161300. doi: 10.1542/peds.2016-1300. [PubMed abstract]
115. U.S. Department of Agriculture. ChooseMyPlate.gov.