

L'intérêt de la supplémentation en glycine dans le cadre
d'une prise en charge nutritionnelle liée à des troubles
intestinaux chez le sportif.

Eve Le Vaillant

Bachelor en Diététique et Nutrition Sportive 3^{ème} Année

Travail de recherche présenté à :

Thomas LADRAT - compléments alimentaires

Miriame FELLAG - nutrition du sportif



EDNH - Paris

Mars 2023

Sommaire

Introduction	2
I/ La glycine et nos intestins	3
II/ Sport et glycine	4
III/ Sommeil et performance	5
Conclusion	6
Resume	7
Annexes	8
Bibliographie	9

Introduction

La tendance à s'automédicamentier par le biais de complément alimentaire se démocratise dans le milieu du sport. Ce travail de recherche porte sur le supplément qu'est la glycine, acide aminé non essentiel, dans la pratique sportive. Aujourd'hui, si l'on regarde les emballages de ces compléments alimentaires, l'argument de vente principal est le développement et le maintien de la masse musculaire. Toutefois, cette approche reste limitée, c'est pourquoi ce travail s'oriente davantage vers les troubles du transit du sportif afin de répondre à la problématique suivante :

Quels sont les intérêts de la supplémentation en glycine dans le cadre d'une prise en charge nutritionnelle liées à des troubles intestinaux chez le sportif ?

Dans un premier temps nous observerons les vertus de la glycine sur notre système digestif et tout particulièrement les intestins.

Par la suite, nous ferons le lien direct entre les troubles du transit du sportif et l'intérêt de la glycine dans une prise en charge nutritionnelle.

Enfin, nous élargirons le sujet au sommeil et à la performance, points pertinents à explorer pour la prise en charge du sportif.

I/ La glycine et nos intestins

La **glycine** est l'un des acides aminés essentiels à la constitution des **mucines**^[1]. Les granules de mucines forment la couche du **mucus intestinal** en fusionnant avec la membrane plasmique des cellules sécrétrices de mucus^[2]. Ce mucus, semblable à un gel, **tapisse le tractus gastro-intestinal et permet de faire barrière pour protéger son hôte d'envahisseurs microbiens**^[3]. Le microbiome peut modifier ce mucus, au même titre que ce mucus peut modifier le microbiome, étant donné qu'il permet de maintenir un pH aux alentours de 6.5^[4]. Cette acidité est nécessaire pour le développement des bactéries du microbiote^[4]. Notre alimentation peut aussi agir sur le microbiote et notre mucus intestinal, ce qui crée un lien de dépendance mutuel entre l'hôte et son mucus. Par ailleurs, il a été prouvé que des maladies sont en lien avec la qualité et l'épaisseur du mucus de l'hôte. Les études à ce sujet ne sont malheureusement qu'à l'aube de nous permettre de comprendre tous les mécanismes qui entrent en jeu.

D'autre part, la glycine est un précurseur de collagène, d'élastine et de gélatine. L'élastine et le collagène font partie de ce mucus épais qui tapissent nos parois gastriques et intestinales.

Elle est aussi un élément essentiel des **acides biliaires** qui permettent une bonne digestion des lipides^{[5][6]}. Les acides biliaires sont en grande partie réutilisés, ils sont fabriqués par le foie où glycine et cholestérol sont additionnés. Une partie des acides biliaires (environ 5%) n'étant pas réabsorbée au niveau de l'iléon terminal et terminera dans l'intestin où elle sera métabolisée par le microbiote. Lorsque les bactéries du microbiote métabolisent ces acides, elles peuvent réduire l'absorption et augmenter l'évacuation des acides biliaires, jouant sur le niveau de lipides dans le sang. Cela aurait un **impact direct sur l'inflammation**^[7, 8].

Lorsque le tissu intestinal subit du stress, cela modifierait l'angle et la teneur en fibres de collagène, donc du mucus^[9]. **Ainsi, le stress impacterait directement la solidité de la paroi intestinale**^[9]. **Le sport est** quant à lui, un élément de stress démontré comme **facteur aggravant la perméabilité intestinale**^[10].

II/ Sport et glycine

“Lorsque les **jonctions serrées** qui contrôlent la nature des matières absorbées par l'intestin ne fonctionnent pas adéquatement, cela permet à de plus grandes substances d'entrer dans la circulation sanguine. C'est ce que l'on appelle la perméabilité intestinale” ^[11] est aussi appelé le leaky gut syndrome ou encore l'intestin poreux ^[12]. Ce trouble est observé dans les sports d'endurance, d'ultra-endurance ou les sports intermittents [annexe 1] ^[13, 14]. Cela n'aurait pas de conséquence grave pour la majorité des sujets atteints ^[15], mais pourrait toutefois créer des complications, telles que des troubles du transit, une immunité affaiblie, des pertes de mémoire et de concentration, et surtout une **inflammation chronique de l'intestin**. De plus, les intestins sont le lieu d'éducation de notre **système immunitaire**, s'ils deviennent dysfonctionnels cela rend l'athlète plus fragile face aux maladies et à l'inflammation.

Le rôle de la glycine serait donc de renforcer la paroi intestinale pour pallier ces problématiques. Cela ne semble pas si simple étant donné que la glycine est elle-même sensible à l'oxydation des radicaux libres qui altèrent les jonctions serrées ^[17].

Premièrement, si l'intestin poreux touche autant ces sports, c'est dû à la répétition de stress oxydatif par **ischémie de reperfusion, qui engendre de nombreux troubles du transit** ^[25, 26]. Lors d'un effort intense, le flux sanguin est dirigé vers les muscles squelettiques plutôt que vers le système digestif, c'est l'ischémie. Lors de l'ischémie, l'irrigation des intestins tombe à moins de 10%, les tissus sont alors **lésés** ce qui crée des **nécroses** ^[27]. Lorsque l'effort s'arrête, le sang chargé d'oxygène par les mitochondries des muscles lors des sports d'endurance (jusqu'à 50 fois la quantité au repos ^[28]), retrouve sa place au sein du système digestif: c'est la reperfusion. L'**oxygène** présent en trop grande quantité induit des **radicaux libres** et par conséquent fragilise les cellules saines de l'intestin ce qui augmente sa **perméabilité**. Les conséquences sont proportionnelles au niveau de l'effort. Pour le sportif, cela se traduit par des douleurs abdominales, des diarrhées sanglantes, des vomissements, des nausées... ^[29].

La glycine pourrait donc diminuer les lésions et nécroses ^[30, 31, 32], en **améliorant l'oxygénation lors de l'ischémie** et en **neutralisant les radicaux libres lors de la reperfusion**.

Elle permet aussi de restaurer l'**épaisseur de muqueuse intestinale et la circonférence des villosités**, en plus d'améliorer la contraction des segments intestinaux ^[33] et de **restaurer les jonctions serrées altérées** ^[34].

Deuxièmement, l'intérêt de la glycine pour **lutter contre l'inflammation** semble prouvé ^[16, 18 19] [annexe 2]. Notamment car elle est précurseur d'antioxydants : le glutathion et la créatine ^[20, 21, 22, 23]. Cependant, le glutathion étant très mal assimilé en complément, il serait plus intéressant de se supplémenter en son précurseur, la glycine, pour augmenter sa production endogène ^[24].

A noter que pour les sports qui ne sont pas concernés par ce taux élevé d'hyper perméabilité intestinale, la **supplémentation n'est pas nécessaire** pour réguler les troubles du transit, le problème provenant d'une autre cause.

Toutefois, au-delà de ses actions sur la perméabilité intestinale, l'inflammation et la récupération des tissus intestinaux, la glycine a un impact sur le sommeil et la performance, tous sports confondus.

III/ Sommeil et performance

Les intestins permettent l'assimilation de tous les acides aminés nécessaires à la conception des **neurotransmetteurs**. En **préservant le microbiote**, la **glycine** permet indirectement la bonne gestion des **humeurs, du sommeil et des performances**.

La glycine serait, grâce à son action sur le microbiote, bénéfique pour un sommeil de qualité.

Tout d'abord, car la glycine est un acide aminé précurseur du tryptophane, lui-même précurseur de la sérotonine, hormone du bien-être et de la sérénité, dont nous avons besoin pour dormir. Une carence de ce neurotransmetteur peut mener à la dépression ^[35], ou à des troubles du sommeil.

D'autre part, car un microbiote en bonne santé, ce sont des intestins fonctionnels qui remplissent leur rôle de production de sérotonine ^[36, 37]. De plus, en lien avec la partie précédente, la sérotonine jouerait un rôle dans la régulation du péristaltisme, ce qui peut réguler des troubles du transit ^[38].

La glycine impacte donc indirectement le transit, mais aussi la performance. Un manque de sommeil peut mener à des troubles tels que la dyspepsie, et inversement, les troubles du transit peuvent affecter les cycles du sommeil et créer un manque chronique de repos ^[39].

Ce **manque de sommeil** peut engendrer une perte en masse cérébrale^[40], donc **altérer nos capacités cognitives** et de **concentration**. Mais aussi une **prise de poids**, dûe au dérèglement de la leptine, ghréline, orexine et à la baisse des dépenses énergétiques.

De plus, "un manque de sommeil perturbe le rythme circadien qui régule la synthèse de certaines **hormones comme le cortisol ou l'hormone de croissance**, impliquées dans le **métabolisme du glucose**. Ce phénomène favoriserait l'apparition d'une intolérance au glucose et des diabètes de type 2."

^[41] Donc davantage de **troubles du sommeil, de transit et de l'humeur**.

Mais elle serait aussi bénéfique directement sur les performances sportives par le biais du système ostéo-articulaire, en nous protégeant de l'atrophie musculaire et en préservant nos fonctions musculaires^[42].

En jouant sur le métabolisme du glucose comme vu précédemment, elle permet d'améliorer la résistance à l'insuline et l'utilisation des substrats énergétiques lors de l'effort. De plus, elle permettrait de réduire la fatigue, la mémoire et d'améliorer la vigilance, par son rôle de précurseur du collagène^[43]. La glycine est aussi le précurseur du GABA, hormone inhibitrice, qui permettrait de mieux gérer le stress et l'anxiété notamment lors de compétition ^[44].

Conclusion

La glycine semble donc bénéfique dans la gestion des troubles du transit dans les sports d'endurance, qui affectent l'intégralité de la muqueuse intestinale et gastrique ^[45, 46, 47]. Cela aurait un lien direct avec le phénomène d'ischémie reperfusion, le péristaltisme induit par la course et le microbiote.

Se supplémenter permettrait de rétablir la perméabilité intestinale, en resserrant les jonctions serrées et en optimisant les villosités intestinales et le mucus. Mais aussi en agissant directement sur l'inflammation grâce à son rôle antioxydant et son rôle protecteur du foyer de notre système immunitaire, les intestins. Par ailleurs, elle permettrait une meilleure sécrétion de sérotonine, ce qui améliorerait la régulation du péristaltisme, le sommeil et par conséquent le transit et la performance.

Pour voir ses bienfaits, il suffirait de faire une cure de 4,5g de glycine par jour sur une durée de quinze à trente jours, de préférence en fin de repas ou au moment de se coucher ^[48].

Toutefois, il semble nécessaire de rappeler que la supplémentation ne remplace pas la prise alimentaire. Avec une alimentation adaptée pour l'entraînement et la récupération, une bonne hydratation et des règles hygiéno-diététiques, la supplémentation pourrait être superflue.

Dans les sports d'endurance, il est recommandé de limiter la quantité de fibres alimentaires et de manière générale veiller à la composition des repas, de respecter les délais de digestion avant l'effort et de consommer des boissons d'efforts et collations adaptées. L'éviction d'aliments mal tolérés comme les laitages, le gluten ou les épices, est recommandée.

En récupération, une alimentation hypotoxique, riche en antioxydant et complète en lipides de qualités (EPA et DHA, anti-inflammatoires) est aussi recommandée.

En bref, la glycine peut être intéressante en complément d'une alimentation déjà optimisée, particulièrement pour les sportifs d'endurance.

Au cours de mes recherches, j'ai pu constater que la glutamine est souvent citée. Je me suis interrogée: pourquoi la glutamine, à l'heure actuelle, est-elle plus populaire et reconnue que la glycine ?

Resume

Glycine therefore seems beneficial in the management of transit disorders in endurance sports, which affect the entire intestinal and gastric mucosa ^[45, 46, 47]. This would have a direct link with the phenomenon of ischemia reperfusion, peristalsis induced by stroke and microbiota.

Supplementation would restore intestinal permeability by tightening tight junctions and optimizing intestinal villi and mucus. But also by acting directly on inflammation through its antioxidant role and its protective role of the focus of our immune system, the intestines. Moreover, it would allow a better secretion of serotonin, which would improve the regulation of peristalsis, sleep and therefore transit and performance.

To see its benefits, it would be enough to make a cure of 4.5g of glycine per day over a period of fifteen to thirty days, preferably at the end of meals or at bedtime ^[48].

However, it seems necessary to remember that supplementation does not replace food intake. With a diet suitable for training and recovery, good hydration and hygienic-dietary rules, supplementation may be superfluous.

In endurance sports, it is recommended to limit the amount of dietary fiber and in general to ensure the composition of meals, to respect the time of digestion before effort and to consume drinks of effort and adapted snacks. The eviction of poorly tolerated foods such as dairy, gluten or spices is recommended.

In recovery, a hypotoxic diet, rich in antioxidants and complete in quality lipids (EPA and DHA, anti-inflammatory) is also recommended.

In my research, I've found that glutamine is often cited. I wondered: why is glutamine, for now, more popular and recognized than glycine?

Annexes

Annexe 1

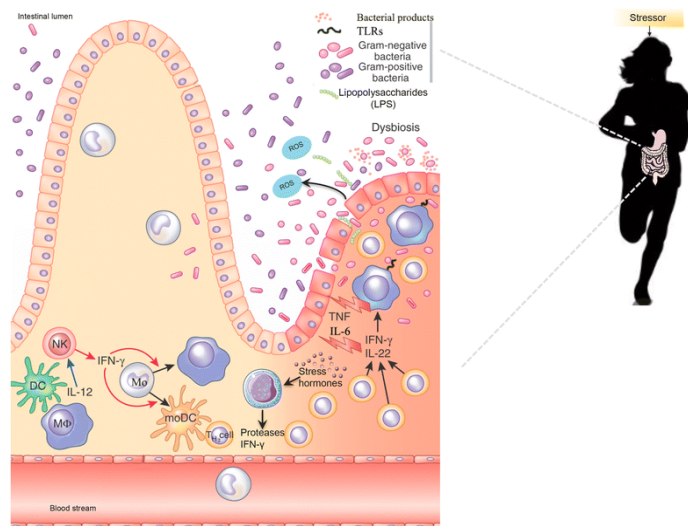
		Composante dynamique croissante →		
		A. Composante dynamique faible (< 40% VO ₂ max)	B. Composante dynamique modérée (40-70% VO ₂ max)	C. Composante dynamique élevée (> 70% VO ₂ max)
Composante statique croissance ↑	III. Composante statique haute (> 50% CVM)	Bobsleigh/luge ^{a,b} Lancer de poids/javelot Gymnastique ^{a,b} Arts martiaux ^a Navigation Escalade Ski nautique ^{a,b} Haltérophilie ^{a,b} Planche à voile ^{a,b}	Musculation ^{a,b} Ski de piste ^{a,b} Planche à roulettes ^{a,b} Snowboard ^{a,b} Lutte ^b	Boxe ^a Canoë-kayak Cyclisme ^{a,b} Décathlon Aviron Patinage (de vitesse) ^{a,b} Triathlon ^{a,b}
	II. Composante statique modérée (20-50% CVM)	Tir à l'arc Course automobile ^{a,b} Plongée (d'un plongeur) ^{a,b} Équitation ^{a,b} Motocyclisme ^{a,b}	Football américain ^a Saut Patinage artistique ^a Rodéo ^{a,b} Rugby ^a Course à pied (sprint) Surf ^{a,b} Natation synchronisée ^b	Basketball ^a Hockey sur glace ^a Ski de fond (technique de patinage) Jeu de la crosse ^a Course à pied (moyenne distance) Natation Handball
	I. Composante statique basse (< 20% CVM)	Billard Bowling Cricket Curling Golf Tir	Baseball ^a Escrime Tennis de table Volleyball	Badminton Ski de fond (technique classique) Hockey sur gazon ^a Course d'orientation Marche athlétique Squash Course à pied (longue distance) Football ^a Tennis

Classification des sports selon Mitchell

Source :

<https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2017/revue-medicale-suisse-564/caeur-et-sport>

Annexe 2



Perturbation gastro-intestinale lors d'exercices de haute intensité.

Source: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32992765/>

Bibliographie

- ¹ Feller, W. F., et al. « Mucin Glycoproteins as Tumor Markers ». *Immunology Series*, vol. 53, 1990, p. 631-72. PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2100576/>
- ² Bansil, Rama, et Bradley S. Turner. « The Biology of Mucus: Composition, Synthesis and Organization ». *Advanced Drug Delivery Reviews*, vol. 124, janvier 2018, p. 3-15. PubMed, <https://doi.org/10.1016/j.addr.2017.09.023>.
- ³ Paone, Paola, et Patrice D. Cani. « Mucus barrier, mucins and gut microbiota: the expected slimy partners? ». *Gut*, vol. 69, n° 12, décembre 2020, p. 2232-43. PubMed Central, <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2020-322260>.
- ⁴ Dubbelboer, Ilse R., et al. « Gastrointestinal Mucus in Dog: Physiological Characteristics, Composition, and Structural Properties ». *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics: Official Journal of Arbeitsgemeinschaft Fur Pharmazeutische Verfahrenstechnik e.V.*, vol. 173, avril 2022, p. 92-102. PubMed, <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2022.02.019>.
- ⁵ Gérard, Philippe. « Microbiote intestinal et lipides : impact sur la santé humaine ». *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, vol. 19, n° 4, juillet 2012, p. 223-27. www.ocl-journal.org, <https://doi.org/10.1051/ocl.2012.0458>.
- ⁸ Wahlström, Annika, et al. « Intestinal Crosstalk between Bile Acids and Microbiota and Its Impact on Host Metabolism ». *Cell Metabolism*, vol. 24, n° 1, juillet 2016, p. 41-50. PubMed, <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.05.005>.
- ⁹ Zeng, Yan-Jun, et al. « Collagen Fiber Angle in the Submucosa of Small Intestine and Its Application in Gastroenterology ». *World Journal of Gastroenterology*, vol. 9, n° 4, avril 2003, p. 804-07. PubMed, <https://doi.org/10.3748/wjg.v9.i4.804>.
- ¹⁰ Karl, J. Philip, et al. « Changes in Intestinal Microbiota Composition and Metabolism Coincide with Increased Intestinal Permeability in Young Adults under Prolonged Physiological Stress ». *American Journal of Physiology. Gastrointestinal and Liver Physiology*, vol. 312, n° 6, juin 2017, p. G559-71. PubMed, <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00066.2017>.
- ¹¹ SGI. « Réfuter le mythe du « syndrome de l'intestin perméable » ». *Société gastro-intestinale | www.mauxdeventre.org*, <https://badgut.org/centre-information/sujets-de-a-a-z/syndrome-de-lintestin-permeable/?lang=fr>. Consulté le 25 février 2023.

¹² *Leaky Gut - L'alimentation protectrice - Optimisation - Medical Diet Center*. <https://www.medicaldietcenter.be/fr/optimisation/l-alimentation-protectrice/leaky-gut/>. Consulté le 25 février 2023.

¹³ Nicolas. « Troubles fonctionnels et sport - Nicolas Aubineau ». *Nicolas Aubineau - Diététicien Nutritionniste du Sport*, 21 août 2018, <https://www.nicolas-aubineau.com/troubles-fonctionnels-sport/>.

¹⁴ de Oliveira, Erick Prado, et Roberto Carlos Burini. « The Impact of Physical Exercise on the Gastrointestinal Tract ». *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, vol. 12, n° 5, septembre 2009, p. 533-38. *PubMed*, <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e32832e6776>.

¹⁵ Husby, S., et al. « Passage of Undegraded Dietary Antigen into the Blood of Healthy Adults. Quantification, Estimation of Size Distribution, and Relation of Uptake to Levels of Specific Antibodies ». *Scandinavian Journal of Immunology*, vol. 22, n° 1, juillet 1985, p. 83-92. *PubMed*, <https://doi.org/10.1111/j.1365-3083.1985.tb01862.x>.

¹⁶ Xu, Xiao, et al. « Glycine Relieves Intestinal Injury by Maintaining MTOR Signaling and Suppressing AMPK, TLR4, and NOD Signaling in Weaned Piglets after Lipopolysaccharide Challenge ». *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 19, n° 7, juillet 2018, p. 1980. *www.mdpi.com*, <https://doi.org/10.3390/ijms19071980>.

¹⁷ Arazi, Hamid, et al. « Creatine Supplementation, Physical Exercise and Oxidative Stress Markers: A Review of the Mechanisms and Effectiveness ». *Nutrients*, vol. 13, n° 3, mars 2021, p. 869. *www.mdpi.com*, <https://doi.org/10.3390/nu13030869>.

¹⁸ Habib, M. M., et al. « The Role of Glycine in Hepatic Ischemia-Reperfusion Injury ». *Current Pharmaceutical Design*, vol. 12, n° 23, 2006, p. 2953-67. *PubMed*, <https://doi.org/10.2174/138161206777947605>.

¹⁹ Clark, Allison, et Núria Mach. « Exercise-Induced Stress Behavior, Gut-Microbiota-Brain Axis and Diet: A Systematic Review for Athletes ». *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, vol. 13, 2016, p. 43. *PubMed*, <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0155-6>.

²⁰ Rom, Oren, et al. « Glycine-Based Treatment Ameliorates NAFLD by Modulating Fatty Acid Oxidation, Glutathione Synthesis, and the Gut Microbiome ». *Science Translational Medicine*, vol. 12, n° 572, décembre 2020, p. eaaz2841. *PubMed*, <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aaz2841>.

²¹ « Glycine ». *Toutelanutrition*, <https://www.toutelanutrition.com/wikifit/guide-bien-etre/acides-amines/glycine>. Consulté le 25 février 2023.

²² Matthews, Russell T., et al. « Neuroprotective Effects of Creatine and Cyclocreatine in Animal Models of Huntington's Disease ». *Journal of Neuroscience*, vol. 18, n° 1, janvier 1998, p. 156-63. *www.jneurosci.org*, <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.18-01-00156.1998>.

²³ Itoh, M., et P. H. Guth. « Role of Oxygen-Derived Free Radicals in Hemorrhagic Shock-Induced Gastric Lesions in the Rat ». *Gastroenterology*, vol. 88, n° 5 Pt 1, mai 1985, p. 1162-67. *PubMed*, [https://doi.org/10.1016/s0016-5085\(85\)80075-5](https://doi.org/10.1016/s0016-5085(85)80075-5).

- ²⁴ « La glycine serait le facteur limitant dans la synthèse du glutathion (et non la cystéine) ». *Julien Venesson Site Officiel*, 10 août 2019, <https://www.julienvenesson.fr/la-glycine-est-le-facteur-limitant-dans-la-synthese-du-glutathion-et-non-la-cysteine/>.
- ²⁵ Brouns, F., et E. Beckers. « Is the Gut an Athletic Organ? Digestion, Absorption and Exercise ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, vol. 15, n° 4, avril 1993, p. 242-57. *PubMed*, <https://doi.org/10.2165/00007256-199315040-00003>.
- ²⁶ Baska, R. S., et al. « Gastrointestinal Bleeding during an Ultramarathon ». *Digestive Diseases and Sciences*, vol. 35, n° 2, février 1990, p. 276-79. *PubMed*, <https://doi.org/10.1007/BF01536777>.
- ²⁷ Kenney, W. L., et C. W. Ho. « Age Alters Regional Distribution of Blood Flow during Moderate-Intensity Exercise ». *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, vol. 79, n° 4, octobre 1995, p. 1112-19. *PubMed*, <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.79.4.1112>.
- ²⁸ *Biochimie des activités physiques et sportives - PDF Free Download*. <https://docplayer.fr/35953346-Biochimie-des-activites-physiques-et-sportives.html>. Consulté le 25 février 2023.
- ²⁹ Antonio, Nouvenne, et al. « Digestive disorders and Intestinal microbiota ». *Acta Bio Medica : Atenei Parmensis*, vol. 89, n° Suppl 9, 2018, p. 47-51. *PubMed Central*, <https://doi.org/10.23750/abm.v89i9-S.7912>.
- ³⁰ Hong, Sung K., et al. « Effect of Glycine on Recovery of Bladder Smooth Muscle Contractility after Acute Urinary Retention in Rats ». *BJU International*, vol. 96, n° 9, décembre 2005, p. 1403-08. *PubMed*, <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2005.05855.x>.
- ³¹ Lee, Ma, et al. « Influence of Glycine on Intestinal Ischemia-reperfusion Injury ». *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, vol. 26, n° 2, mars 2002, p. 130-35. *DOI.org (Crossref)*, <https://doi.org/10.1177/0148607102026002130>.
- ³² Mangino, J. E., et al. « Characterization of Hypothermic Intestinal Ischemia-Reperfusion Injury in Dogs. Effects of Glycine ». *Transplantation*, vol. 62, n° 2, juillet 1996, p. 173-78. *PubMed*, <https://doi.org/10.1097/00007890-199607270-00005>.
- ³³ Kallakuri, Sreedhar, et al. « Protective Effect of Glycine in Mesenteric Ischemia and Reperfusion Injury in a Rat Model ». *Journal of Vascular Surgery*, vol. 38, n° 5, novembre 2003, p. 1113-20. *PubMed*, [https://doi.org/10.1016/s0741-5214\(03\)00939-x](https://doi.org/10.1016/s0741-5214(03)00939-x).
- ³⁴ Denis Riché « Hyperperméabilité intestinale chez le sportif : mécanismes, conséquences et prise en charge nutritionnelle » VOL 2, N°3, Septembre 2004, p. 23-27, http://grenet.free.fr/fjtreize/Joueurs/Fiches_information_dietetique_sportif/Hyperpermeabilite_chez_le_sportif.pdf
- ³⁵ Healy, David. « Serotonin and Depression ». *BMJ*, vol. 350, avril 2015, p. h1771. *www.bmj.com*, <https://doi.org/10.1136/bmj.h1771>.

- ³⁶ Koopman, Nienke, et al. « The Multifaceted Role of Serotonin in Intestinal Homeostasis ». *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, n° 17, août 2021, p. 9487. *PubMed*, <https://doi.org/10.3390/ijms22179487>.
- ³⁷ Mawe, Gary M., et Jill M. Hoffman. « Serotonin Signaling in the Gastrointestinal Tract »: *Nature reviews. Gastroenterology & hepatology*, vol. 10, n° 8, août 2013, p. 473-86. *PubMed Central*, <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2013.105>.
- ³⁸ « La sérotonine : l'hormone du bonheur produite dans l'intestin ». *Bio-K+*, 10 août 2018, <https://biokplus.ca/fr/blogs/news/serotonin-the-happy-hormone-produced-in-our-gut>.
- ³⁹ Olivier. « 5 conséquences du manque de sommeil! » *HTC Santé*, 10 octobre 2019, <https://htc-sante.com/5-consequences-du-manque-de-sommeil/>.
- ⁴⁰ Anna S. Urrila, Eric Artiges, Jessica Massicotte (2017). « Sleep habits, academic performance, and the adolescent brain structure ». Dans *Scientific reports*. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1038/srep41678.pdf>
- ⁴¹ « Sommeil · Inserm, La science pour la santé ». *Inserm*, <https://www.inserm.fr/dossier/sommeil/>. Consulté le 25 février 2023.
- ⁴² Ham, Daniel J., et al. « Glycine Administration Attenuates Skeletal Muscle Wasting in a Mouse Model of Cancer Cachexia ». *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, vol. 33, n° 3, juin 2014, p. 448-58. *PubMed*, <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2013.06.013>.
- ⁴³ Bello, Alfonso E., et Steffen Oesser. « Collagen Hydrolysate for the Treatment of Osteoarthritis and Other Joint Disorders: A Review of the Literature ». *Current Medical Research and Opinion*, vol. 22, n° 11, novembre 2006, p. 2221-32. *PubMed*, <https://doi.org/10.1185/030079906X148373>.
- ⁴⁴ *Rôle de la glycine excitatrice dans le contrôle de l'adaptation émotionnelle à l'environnement | INSB*. 29 octobre 2019, <https://www.insb.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/role-de-la-glycine-excitatrice-dans-le-controle-de-ladaptation-emotionnelle-lenvironnement>.
- ⁴⁵ Oktedalen, O., et al. « Changes in the Gastrointestinal Mucosa after Long-Distance Running ». *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, vol. 27, n° 4, avril 1992, p. 270-74. *PubMed*, <https://doi.org/10.3109/00365529209000073>.
- ⁴⁶ RICHE D (1998) : “ Guide nutritionnel des sports d'endurance “, 2e Ed., Vigot Ed.
- ⁴⁷ Rehrer, N. J., et al. « Gastrointestinal Complaints in Relation to Dietary Intake in Triathletes ». *International Journal of Sport Nutrition*, vol. 2, n° 1, mars 1992, p. 48-59. *PubMed*, <https://doi.org/10.1123/ijns.2.1.48>.
- ⁴⁸ *Glycine : Bienfaits, utilisations et contre-indications – Natura Force*. <https://www.naturaforce.com/proteines/acides-amines/glycine-bienfaits-utilisations-et-contre-indications/>. Consulté le 25 février 2023.