

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

SUPPLÉMENTATION EN ŒUFS ENTIERS ET EFFETS SUR LES COURBATURES MUSCULAIRES
INDUITES PAR L'ACTIVITÉ PHYSIQUE, LA PERFORMANCE ET LA COMPOSITION CORPORELLE CHEZ
LES COUREURS AMATEURS.

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR

FRANCESCO VALLIÈRES

MARS 2025

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mes parents et mes frères pour leur précieux conseils et de leur présence quoi qu'il arrive.

Merci à Gabriel Després et Elliot Faure-Chappat d'avoir rendu ce périple bien plus agréable.

Merci à David H. St-Pierre et Alain-Steve Comtois pour votre soutien professionnel dans ce parcours académique.

Merci à la Fédération des producteurs d'œufs du Québec et Mitacs pour le soutien financier ayant rendu possible un projet d'une certaine envergure.

Merci à toutes les autres personnes qui ont rendu ce projet possible.

DÉDICACE

À ma famille, ami(e)s, professeurs et toutes les personnes
qui ont participé à l'accomplissement de ce travail, sachez
que je suis sincèrement reconnaissant.

AVANT-PROPOS

Le présent projet de recherche découle d'une proposition de David St-Pierre, qui souhaitait m'offrir l'opportunité de poursuivre mes études aux cycles supérieurs en réalisant un projet de recherche en lien avec mes champs d'intérêt. Il va sans dire que le projet originel a subi de nombreuses modifications majeures, ce qui a eu pour effet que seule la supplémentation en œufs est restée fidèle au plan initial. Cependant, ces modifications ont rendu ce projet de recherche beaucoup plus intéressant, car j'ai eu la chance de travailler sur un projet combinant la nutrition et l'activité physique, deux domaines qui me passionnent depuis fort longtemps. De plus, ces ajustements ont permis d'orienter le projet vers la course à pied, mon premier sport d'enfance, qui m'a ouvert les portes du monde des sports d'endurance et qui encore aujourd'hui m'apporte énormément.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	ii
DÉDICACE	iii
AVANT-PROPOS.....	iv
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	x
LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS	xi
RÉSUMÉ	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 Revue de la littérature.....	3
1.1 L'œuf de poule	3
1.1.1 Les protéines de l'œuf de poule	4
1.1.2 Les propriétés antioxydantes de l'œuf de poule	4
1.1.3 Les lipides de l'œuf de poule	5
1.1.3.1 Le procès du cholestérol dans les œufs de poules	5
1.1.4 Les vitamines et minéraux de l'œuf de poule.....	6
1.1.5 Propriétés satiétogène de l'œuf de poule	7
1.1.6 Propriétés anaboliques de l'œuf de poule	8
1.2 L'amélioration la performance physique via l'alimentation	9
1.2.1 Apport protéique total.....	9
1.3 Évaluation de la performance physique en course à pied	10
1.3.1 Apport protéique, adaptations musculaires à l'entraînement et performance physique	11
1.4 Douleurs musculaires d'apparitions retardées et la performance physique.....	13
1.4.1 L'évaluation des courbatures.....	14
1.4.2 Apports protéiques et atténuation des courbatures.....	15
1.5 L'évaluation de la composition corporelle.....	16
1.5.1 Les facteurs affectant la composition corporelle	16
1.5.2 La modification de la composition corporelle par l'évaluation des besoins énergétiques	17
1.5.3 L'œuf de poule et la modification de la composition corporelle	18
1.5.4 Modalités de consommation des œufs de poule	18

CHAPITRE 2 Objectifs et hypothèses.....	20
2.1 Objectif général.....	20
2.1.1 Objectif spécifique 1	20
2.1.2 Objectif spécifique 2	20
2.1.3 Objectif spécifique 3	20
2.1.4 Objectif spécifique 4	20
2.2 Hypothèse générale	21
2.2.1 Hypothèse spécifique 1.....	21
2.2.2 Hypothèse spécifique 2.....	21
2.2.3 Hypothèse spécifique 3.....	21
2.2.4 Hypothèse spécifique 4.....	21
CHAPITRE 3 Méthodologie	22
3.1 Participants	22
3.2 Design expérimental	22
3.3 Procédures	23
3.3.1 Groupe expérimental supplémentation en œufs	23
3.3.2 Groupe contrôle restriction en œufs	24
3.3.3 Journaux alimentaires.....	24
3.3.4 Journal de volume d'entraînement	25
3.4 Préparation en vue des visites en laboratoire de base et de fin	25
3.4.1 Anthropométrie	25
3.4.2 Test de force maximale.....	26
3.4.3 Test incrémental sur tapis roulant.....	26
3.4.4 Test de temps limite	27
3.4.4.1 Mesures physiologiques durant les tests sur tapis roulant	27
3.4.5 Test pour induire des courbatures.....	27
3.4.5.1 Évaluation des courbatures	28
3.5 Analyses statistiques	28
3.6 Bref résumé de l'étude	28
CHAPITRE 4 Résultats	30
4.1 Résultats.....	30
4.2 Caractéristiques spécifiques des groupes témoin et œufs	31
4.3 Caractéristiques spécifiques d'évolution des courbatures suivant 6 semaines d'intervention	31
4.4 Caractéristiques spécifiques de la composition corporelle suivant 6 semaines d'interventions	33
4.5 Caractéristiques spécifiques des apports alimentaires suivant 6 semaines d'interventions	35
4.6 Caractéristiques spécifiques de performance physique en course à pied suivant 6 semaines d'intervention.....	37
CHAPITRE 5 Discussion	41

5.1 Discussion.....41

CHAPITRE 6 Conclusion46

6.1 Conclusion.....46

BIBLIOGRAPHIE.....47

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 L'effet hypothétique des œufs sur la performance physique, la composition corporelle et les courbatures.	19
Figure 3.1 Design expérimental.....	23
Figure 3.2 Design tests.....	23

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1 Caractéristiques spécifiques des groupes témoin et oeufs.....	31
Tableau 4.2 Évolution des courbatures. Analyses ANOVA à mesures répétées deux facteurs (groupe*temps).....	32
Tableau 4.3 Caractéristiques spécifiques aux courbatures suivant 6 semaines d'intervention pour les groupes témoin et œufs. Analyses post-hoc.....	33
Tableau 4.4 Composition corporelle. Analyses ANOVA à mesures répétées deux facteurs (groupe*temps).	34
Tableau 4.5 Caractéristiques spécifiques de la composition corporelle suivant 6 semaines d'intervention pour les groupes témoin et œufs. Analyses post-hoc.....	35
Tableau 4.6 Apports alimentaires. Analyses ANOVA à mesures répétées deux facteurs (groupe*temps).36	
Tableau 4.7 Caractéristiques spécifiques aux apports alimentaires suivant 6 semaines d'intervention pour les groupes témoin et œufs. Analyses post-hoc.....	37
Tableau 4.8 Performance physique en course à pied. Analyses ANOVA à mesures répétées deux facteurs (groupe*temps).....	38
Tableau 4.9 Caractéristiques spécifiques aux performances physiques suivant 6 semaines d'intervention pour les groupes témoin et œufs. Analyses post-hoc.....	39

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

LDL= Lipoprotéine de faible densité

HDL = Lipoprotéine de haute densité

LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS

g = gramme

mg = milligramme

kcal = kilocalorie

mmol/L = millimole par litre

RÉSUMÉ

Mise en situation : Le déjeuner est le repas le plus faible en protéines au Canada et aux États-Unis. Afin d'avoir une récupération physique optimale, il est essentiel que les athlètes consomment suffisamment de protéines et d'énergie tout au long de la journée en débutant par le déjeuner. L'œuf de poule, grâce à sa composition unique, est un aliment prometteur pour favoriser la récupération, améliorer les performances physiques et la composition corporelle.

Objectifs : Les effets d'une supplémentation quotidienne en œufs chez des sportifs n'ont jamais été étudiés. Le but de cette étude était de déterminer les effets d'une supplémentation quotidienne en œufs de poule sur la performance physique, la composition corporelle et l'atténuation des courbatures chez des coureurs amateurs.

Design et méthodes : 36 coureurs amateurs courant plus de 20km par semaine ont été assignés sur une base volontaire au groupe expérimental ou au groupe contrôle pour une durée de 6 semaines. Le groupe expérimental (n=18) consommait 3 œufs pour les femmes et 4 œufs pour les hommes tous les jours au déjeuner. Le groupe contrôle (n=18) devait s'abstenir de consommer des œufs pour la durée complète de l'étude. Les variables suivantes ont été évaluées : 1) La performance physique via un test incrémental maximal, un test de temps limite et *isometric mid-thigh pull*, 2) la composition corporelle et 3) l'atténuation des courbatures

Résultats : 29 participants ont complété les tests de l'étude, mis à part pour l'*isometric mid-tight pull* où un nombre réduit l'ont complété en raison d'un bris d'équipement lors des tests. Les principaux résultats de l'étude sont les suivants : réduction des courbatures totales jour 2 uniquement dans le groupe témoin (-2,74points, p= 0,039), réduction des courbatures totales jour 3 uniquement dans le groupe oeufs (-3,07points, p= 0,019), réduction des courbatures totales des 3 jours dans les 2 groupes Témoin : (-5,67point, p = 0,027) et Oeufs (-7,07points, p= 0,009), réduction de la masse adipeuse uniquement dans le groupe témoin (-0,85%, p= 0,048), réduction de l'apport en glucide uniquement dans le groupe oeufs (-49,76g, p= 0,032), et augmentation de la VAM dans les deux groupes Témoin : (+0,26km/h, p=0,001) et Oeufs : (+0,46km/h, p= 0,001).

Conclusion : Les résultats de la présente étude indiquent que l'intégration d'œufs de poule à la routine quotidienne de coureurs amateurs peut être une alternative intéressante pour améliorer la récupération et la performance en course à pied. Toutefois, une attention devrait être portée afin d'éviter une réduction non désirée des apports en glucides dans l'alimentation du coureur ce qui pourrait affecter la capacité de l'athlète à maintenir des intensités d'entraînements ou de compétition élevés.

Mots clés : Œufs, supplémentation, coureur, performance, composition corporelle, courbatures

ABSTRACT

Background: Breakfast is the meal with the lowest protein intake in Canada and the United States. In order to have optimal post-training recovery, it is essential that athletes consume sufficient protein and energy intakes throughout the day. The chicken egg, thanks to its unique composition, is a promising food to promote recovery, improve physical performance and body composition.

Objectives: The effects of daily egg supplementation in athletes have never been studied. The aim of this study was to determine the effects of daily chicken egg supplementation on physical performance, body composition and muscle soreness in amateur runners.

Design and methods: 36 amateur runners (running over 20km/week) were voluntarily assigned to the experimental or control group for a period of 6 weeks. Participants from experimental group (n=18) were requested to consume eggs (3 for women and 4 for men) for breakfast, daily. The control group (n=18) was asked to restrain their consumption of eggs for the entire duration of the study. The following variables were assessed: 1) Physical performance via an incremental maximal running bout, a time limit running session as well as an isometric mid-thigh pull tests, 2) body composition, 3) muscle soreness.

Results: 29 participants completed the study (apart from the isometric mid-tight pull where a smaller number completed it due to equipment failure). The main results of the study are the following: reduction in total muscle soreness on day 2 only in the Control group (-2.74 points, $p = 0.039$), reduction in total muscle soreness on day 3 only in the Eggs group (-3.07 points, $p = 0.019$), reduction in total muscle soreness over the 3 days in both groups: (Controls -5.67 points, $p = 0.027$ vs. Eggs: -7.07 points, $p = 0.009$), reduction in body fat only in the Control group (-0.85%, $p = 0.048$), reduction in carbohydrate intake only in the Eggs group (-49.76 g, $p = 0.032$), and increase in VAM in both groups (Controls: +0.26 km/h, $p = 0.001$ vs. Eggs: +0.46km/h, $p = 0.001$).

Conclusion : The results showed that incorporating chicken egg to daily routine could be an interesting way to improve recovery and performances in amateur runners. However, athletes should be aware that their carbohydrate intake could be reduced unintentionally due to a reduction in appetite caused by the satietogenic effects of chicken eggs.

Keywords : Eggs, supplementation, runner, performance, body composition, muscle soreness

INTRODUCTION

Les résultats de sondages indiquent que les apports protéiques diurnes suivent un schéma croissant chez les Nord-Américains. Conséquemment, l'ingestion de quantités de protéines les plus faibles sont rapportée au déjeuner. Selon les données du *National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2010* (NHANES, 2012), les Américains consomment une moyenne de 13g de protéines au déjeuner; soit trois fois moins qu'au diner où l'apport moyen est de 38g (Mamerow et al., 2014). De plus, selon les données du *Canadian Community Health Survey-Nutrition 2015* le déjeuner moyen des Canadiens de 18 à 54 ans contenait 15,4g de protéine (Barr et al., 2018; H. Canada, 2018). De plus, près de 10% des Canadiens ne déjeunent tout simplement pas (Barr et al., 2018; H. Canada, 2018). Pour la population générale qui ne s'adonne pas à la pratique d'un sport de façon intensive, une répartition protéique inéquitable entre les repas de la journée ainsi qu'un faible contenu protéique lors du déjeuner n'est pas idéale pour le maintien de fonctions biologiques telles que le maintien de la masse musculaire (Karagounis et al., 2018; Loenneke et al., 2016; Mamerow et al., 2014; Norton et al., 2016; Yasuda et al., 2019). Chez les athlètes une répartition des apports alimentaires comprenant une faible ingestion de protéines au déjeuner semble avoir un impact néfaste sur la performance sportive. Ceci pourrait être causé par l'incapacité de maximiser les adaptations musculaires en réponse au stress induit par l'entraînement (Areta et al., 2013a; Moore et al., 2009a, 2012a; Witard et al., 2014a; Yasuda et al., 2020).

Il est généralement considéré que les athlètes possèdent des connaissances nutritionnelles supérieures à la moyenne générale de la population (Cupisti et al., 2002; Guinard et al., 1995; Heaney et al., 2011; Raymond-Barker et al., 2007). Conséquemment, nous pourrions nous attendre à ce que les athlètes aient des apports protéiques au déjeuner ainsi qu'une ingestion de protéines bien répartie entre les différents repas. Toutefois, il a été rapporté que la majorité des athlètes suivent un schéma quotidien d'apport croissant en protéine avec une ingestion relativement faible de protéines au déjeuner (Anderson et al., 2017; Erdman et al., 2013; Gillen et al., 2017; Kwon et al., 2023). De nombreuses hypothèses pourraient expliquer cette répartition d'ingestion protéique inéquitable entre les repas de la journée et un déjeuner pauvre en protéine chez les athlètes. Notamment, une difficulté à identifier les aliments riches en protéine, un coût généralement plus élevé des aliments à haute teneur en protéine, un manque de temps pour la préparation du déjeuner, une culture alimentaire marquée par des aliments pauvres en protéine et une forte prévalence des aliments ultra-transformés dans l'alimentation qui sont majoritairement pauvre en protéines. (Darmon & Drewnowski, 2015; Moubarac & Cannon, 2017).

Les athlètes devraient s’efforcer de répartir adéquatement leurs apports en protéine au cours d’une journée en priorisant une consommation suffisante de protéine de haute valeur biologique au déjeuner. Ceci est soutenu par plusieurs études dont les résultats indiquent que de telles habitudes alimentaires permettraient de maximiser la synthèse protéique musculaire et d’atteindre plus aisément les recommandations en termes d’apports protéiques totaux (Areta et al., 2013a; Moore et al., 2009a, 2012a; Witard et al., 2014a; Yasuda et al., 2020). Ceci pourrait permettre aux athlètes d’obtenir une meilleure récupération après les entraînements ou les compétitions.

Le défi du présent projet de mémoire consistait donc de trouver un aliment riche en protéine de haute valeur biologique, peu coûteux, versatile, facile à préparer, généralement apprécié et dont la consommation est culturellement acceptable au déjeuner chez les nord-américains. L’œuf de poule est un des rares aliments à correspondre à tous ces critères. De plus, l’œuf de poule possède des propriétés antioxydantes et anaboliques qui auraient le potentiel de renforcer la récupération de l’athlète (Benedé & Molina, 2020; Santos et al., 2021). C’est pourquoi une supplémentation en œuf de poule pourrait être une solution très intéressante afin d’améliorer la performance sportive de la population d’athlètes nord-américains.

CHAPITRE 1

Revue de la littérature

L'industrie des suppléments de protéines connaît un fort essor dans la population et ceci est particulièrement frappant chez les athlètes (Garthe & Maughan, 2018). Selon, le *Grand View Research*, l'évaluation de la taille du marché américain pourrait augmenter d'environ 50% d'ici 2030 pour ce type de suppléments (*Protein Supplements Market Size And Share Report*, 2021). Cette prévision souligne l'importance que portent les athlètes à la consommation de suppléments protéiques ainsi que la force du marketing alimentaire effectué par ces compagnies (Beshgetoor & Nichols, 2003; Wiens et al., 2014). L'influence du marketing alimentaire a enraciné des croyances nutritionnelles chez de nombreux athlètes qui sont convaincus que les suppléments protéiques doivent faire partie du processus de récupération après l'entraînement ou une épreuve sportive (Duellman et al., 2008). Ceci réduit l'intérêt envers les aliments non transformés, même si ils possèdent des caractéristiques favorables permettant d'améliorer la performance (Samal & Samal, 2018). Ainsi, un nombre très limité d'études concernant l'effet de la consommation d'aliments entiers ont été réalisées dans les dernières années. Une réalité qui fait peu de sens comme l'alimentation humaine est composée majoritairement d'aliments entiers plutôt que de suppléments. Ainsi, cette revue de littérature s'intéressera aux plus récents travaux menés sur la consommation d'œufs de poule et ses effets sur la performance sportive, les courbatures musculaires et la composition corporelle.

1.1 L'œuf de poule

L'œuf de poule est le type d'œuf le plus consommé au monde (Peters et al., 2022). Selon la race de la poule, les œufs peuvent être blancs, bruns, bleu ou vert (Wilson, 2017). Peu importe la race de la poule pondeuse, la composition de l'œuf demeure sensiblement la même. Ainsi, un œuf est essentiellement composé de la coquille, la membrane de la coquille, les chalazes, le blanc d'œuf, la membrane vitelline et le jaune d'œuf (Réhault-Godbert et al., 2019). Toutefois, la composition de l'œuf du point de vue nutritionnel variera en fonction de l'alimentation de la poule pondeuse, mais ne sera pas influencée par la couleur de sa coquille (Wilson, 2017). Par exemple, en ajoutant une source alimentaire d'acides gras oméga-3 à l'alimentation des poules tel que des graines de lin, il est possible d'obtenir des œufs enrichis en acide gras oméga-3 de type EPA et DHA (Fraeye et al., 2012). Un autre facteur pouvant faire varier la quantité de nutriments dans l'œuf est sa taille. Au Canada, les œufs sont classés selon le poids de l'œuf :

peewee moins de 42 g, small au moins de 42 g, medium au moins 49 g, large au moins 56 g, extra large au moins 63 g et jumbo au moins 70 g (*All About the Egg*, 2023).

1.1.1 Les protéines de l'œuf de poule

Selon les bases de données du *Fichier canadien sur les éléments nutritifs*, 11,8% du poids de l'œuf en gramme (dépourvu de coquille) représente la quantité de protéine en gramme de ce dernier (*FCÉN*, 2023). De plus, 12% du poids de l'œuf total n'est pas comestible puisque c'est de la coquille (*FCÉN*, 2023). Ainsi, pour un œuf extralarge de 68 g avec coquille il contiendrait environ 7 g de protéines. Contrairement à ce qui est véhiculé dans l'opinion publique, le jaune d'œuf est plus riche en protéine que le blanc d'œuf (Réhault-Godbert et al., 2019). Cependant, comme un œuf contient davantage de blanc que de jaune, c'est la partie blanc d'œuf qui apporte la plus grande quantité de protéines. Selon les bases de données du *United State Department of Agriculture*, les protéines d'un œuf proviennent à raison de 57% du blanc et de 43% du jaune de l'œuf (*USDA*, 2018; *USDA*, 2018). Finalement, dû à la digestibilité très élevée de ses protéines et sa composition complète en acides aminés essentiels et non essentiels, l'œuf de poule est reconnu comme l'aliment de référence lorsqu'il s'agit de qualité protéique (Hoffman & Falvo, 2004).

1.1.2 Les propriétés antioxydantes de l'œuf de poule

L'œuf de poule contient de nombreux composés aux propriétés antioxydantes (Nimalaratne & Wu, 2015) tels que l'ovalbumine, l'ovotransferrine, l'ovomucine, le lysozyme et la cystatine dans la portion blanche ainsi que la phosvitin, les phospholipides, les caroténoïdes, la vitamine E et des acides aminés aromatiques dans le jaune de l'aliment (Nimalaratne & Wu, 2015). Il est à noter que ces dérivés antioxydants peuvent prévenir les dommages oxydatifs du système en augmentant la production endogène d'antioxydants, en permettant de réduire la production d'espèces réactives à base d'oxygène et en neutralisant ces composés nocifs (Nimalaratne & Wu, 2015). Pour un athlète, augmenter ses capacités antioxydantes permet d'atténuer l'intensité des réponses inflammatoires à la suite d'entraînements qui induisent un stress oxydatif excessif (Nocella et al., 2019). Une réponse inflammatoire excessive pourrait ainsi survenir lors de la pratique d'une activité physique d'une durée et/ou d'une intensité inhabituelle (Nocella et al., 2019). Bien que l'inflammation soit nécessaire à la réparation musculaire après l'entraînement, un déséquilibre réduction/oxydation (redox) en faveur des espèces oxydantes peut causer des dommages excessifs aux cellules des fibres musculaires et aux tissus environnants (Nocella et al., 2019). Ainsi, il serait possible de postuler que cette activation inflammatoire trop importante pourrait restreindre la capacité endogène d'adaptation à l'entraînement.

1.1.3 Les lipides de l'œuf de poule

Selon les bases de données du fichier canadien sur les éléments nutritifs, 10% du poids de l'œuf dépourvu de coquille représente sa quantité de lipides (FCÉN, 2023). À noter que c'est le jaune d'œuf qui contient presque l'entièreté des lipides de l'œuf (USDA, 2018). Ainsi, pour un œuf extralarge de 68 g avec coquille il contiendrait 6 g de lipides. De plus, environ 30% de ces lipides sont de types saturés, 40% sont mono-insaturés et environ 15% polyinsaturés. Ainsi, un œuf extralarge contient environ 1,8 g de lipides saturés. Selon, les plus récentes recommandations de l'Organisation mondiale de la santé, limiter son apport en acide gras saturé à moins de 10% de son apport quotidien en énergie permet de réduire le cholestérol LDL, diminuer son risque de mortalité de toute cause et réduire son risque de maladie cardiovasculaire (World Health Organization, 2023). Ainsi pour un athlète consommant 3000 kcal par jour cela représente 300 kcal, soit une ingestion de 33 g de lipides saturés par jour. Une consommation quotidienne de 3 œufs par jour fournit uniquement 5,4 g de lipides saturés ce qui équivaudrait uniquement à 16% de la quantité maximale recommandé. Cependant, le cholestérol est sans aucun doute la forme de lipides de l'œuf la plus crainte par le public. Selon les bases de données du fichier canadien sur les éléments nutritifs, 100 g d'œufs sans coquille contiennent 366 mg de cholestérol. Ainsi, un œuf extralarge de 68 g avec coquilles contiendrait 219 mg de cholestérol (FCÉN, 2023).

1.1.3.1 Le procès du cholestérol dans les œufs de poules

L'œuf de poule est l'un des rares aliments à avoir eu très mauvaise presse auprès de la population mondiale depuis près d'un demi-siècle (Réhault-Godbert et al., 2019). La croyance populaire que le cholestérol contenu dans les œufs est nocif pour la santé remonte aux années 1960 lorsque l'*American Heart Association* suggérait qu'il augmenterait le risque de développer des maladies cardiovasculaires en élevant les concentrations sanguines de la molécule (McNamara, 2015). À cette époque, la puissante association recommandait de limiter sa consommation d'œufs à trois par semaine afin de limiter son risque d'incident cardiovasculaire (McNamara, 2015). Plusieurs dizaines d'années plus tard, une étude prospective populationnelle longitudinale d'environ 30 ans menée par Hu *et al.* (1999) auprès d'environ 118 000 de citoyens américains rapportait qu'il n'y avait aucun d'impact de la consommation quotidienne égale ou supérieure à un œuf vs. hebdomadaire de moins d'un œuf sur le risque de développer des maladies cardiovasculaires chez des hommes et des femmes en santé. C'est en 2002 que l'*American Heart Association* retirait sa recommandation concernant un nombre maximum d'œufs consommé par semaine en raison d'un manque de données probantes soutenant cette recommandation (McNamara, 2015). Quelques années plus tard, deux autres études du même type que celle menée par Hu *et al.* (1999) auprès

de la population japonaise (Nakamura et al., 2006) et américaine (Qureshi et al., 2006) arrivait à la conclusion que la consommation d'un œuf par jour n'était pas associée à une augmentation du risque de développer des troubles cardiovasculaires. En 2015, le *Dietary Guidelines Advisory Committee* (2015) ne recommandait plus de limite concernant une quantité maximale pour les apports en cholestérol alimentaires en raison d'un manque d'information entre l'apport en cholestérol alimentaire et les niveaux sanguins de la molécule. Cette recommandation corroborait les nouvelles recommandations du *American Heart Association* publiées dans leurs lignes directrices sur la gestion du mode de vie pour réduire le risque de développer des troubles cardiovasculaires de 2013 (Eckel et al., 2014). On mentionnait qu'il manquait de données probantes pour soutenir le fait de limiter ses apports en cholestérol alimentaire pour réduire son cholestérol LDL et donc son risque cardiovasculaire (Eckel et al., 2014). En 2017, dans une méta-analyse prenant en compte les données de 27 études de types randomisées/contrôlées, Rouhani *et al.* (2018) ont rapporté que la consommation de 5 œufs par semaine à 3 œufs par jour pour une durée de 15 à 365 jours chez des individus de 10 à 75 ans affectait très peu le cholestérol sanguin. Ainsi, le cholestérol total augmentait de 0,14482mmol/L, le cholestérol LDL de 0,14352mmol/L, le cholestérol HDL de 0,05508mmol/L (Rouhani et al., 2018). Des augmentations qui du point de vue clinique ne sont pas significatives pour la santé de l'individu, d'autant plus que le ratio LDL/HDL ne s'est vu augmenté que de très peu. Des résultats très similaires ont été obtenus en 2019 par Wang *et al.* (2019) dans une méta-analyse recombinaut le 8 études randomisées/contrôlées. Effectivement, les résultats indiquaient que pendant plus de 6 semaines, la consommation de plus de 4 œufs par semaine augmentait de façon très légère le cholestérol total de 0,198mmol/L, le cholestérol LDL de 0,171mmol/L et le cholestérol HDL de 0,068mmol/L comparativement à celle de moins de 4 œufs par semaines chez des adultes de plus de 50 ans (Wang et al., 2019). Finalement, en 2020, dans une méta-analyse combinant les données de 66 études randomisées contrôlées réalisées sur un total de 3185 participants en santé, Khalighi Sikaroudi *et al.* (2020) n'ont pu détecter d'effet de la consommation supérieure à un œuf par jour pendant un période inférieure à 12 semaines sur le ratio LDL-C/HDL-C (Khalighi Sikaroudi et al., 2020). Ainsi, les données les plus récentes indiquent que la consommation quotidienne d'œufs n'aura pas d'impact négatif sur la santé d'un individu en santé.

1.1.4 Les vitamines et minéraux de l'œuf de poule

Le jaune d'œuf contient la quasi-totalité des micronutriments de l'œuf de poule. Ainsi, des éléments tels que le sélénium, le fer, le zinc et le phosphore sont retrouvés dans l'œuf de poule. Ainsi selon les bases de données du Fichier canadien sur les Éléments Nutritifs, un œuf extralarge de 68g avec coquille fournirait

par rapport à l'apport nutritionnel de référence pour un adulte : 37% pour le sélénium, 10% pour le fer, 9% pour le zinc et 6% pour le phosphore (FCÉN, 2023). Pour ce qui est des vitamines principales on retrouve les vitamines A, D, E, B2, B3, B5, B9 et B12. Selon les bases de données du Fichier canadien sur les Éléments Nutritifs, un œuf extra large de 68g avec coquille fournirait par rapport à l'apport nutritionnel de référence pour un adulte : 47% pour la vitamine B12, 29% pour la vitamine B5, 23% pour la vitamine B2, 13% pour la vitamine A, 10% pour la vitamine E, 10% pour la vitamine B9, 10% pour la vitamine B3 et 6% pour la vitamine D (FCÉN, 2023). Bref, l'œuf de poule peut contribuer de façons substantielles à l'atteinte des cibles d'apport nutritionnel pour certains micronutriments nécessaires au maintien de l'homéostasie.

1.1.5 Propriétés satiétogène de l'œuf de poule

Étant riche en protéines, l'œuf de poule est un aliment qui a le potentiel d'induire une plus grande sensation de satiation/satiété que d'autres aliments avec des valeurs élevées en glucides et en lipides typiquement consommés au déjeuner en Amérique du Nord (Carreiro et al., 2016; Tremblay & Bellisle, 2015). Ainsi de par sa composition l'œuf de poule a été l'objet de nombreuses études évaluant l'effet satiétogène d'un déjeuner composé d'œufs comparativement à d'autres types de repas matinaux typiquement consommés (Bonnema et al., 2016; Fallaize et al., 2013; Keogh & Clifton, 2020; Ratliff et al., 2010). Ainsi, dans un essai randomisé contrôlé composé de 21 hommes de 20 à 70 ans d'un IMC moyen de 25,4, Ratliff *et al.* (2010) ont démontré qu'un déjeuner composé de trois œufs et d'une tranche de pain blanc et demi comparativement à un déjeuner isocalorique composé d'un bagel, d'une demi-cuillère à table de fromage en crème faible en gras et 180mL de yogourt faible en gras permettait de diminuer les apports énergétiques lors du dîner de 120 kcal et de 410 kcal pendant les 24 heures suivantes. Cela s'expliquerait par le fait que les participants indiquaient avoir moins faim suite à l'ingestion du déjeuner composé d'œufs (Ratliff et al., 2010). Similairement, les données d'un essai randomisé contrôlé mené par Bonnema *et al.* (2016) indiquent qu'un déjeuner riche en protéines (composé d'œufs) induisait une plus grande sensation de satiété et permettait de diminuer l'apport énergétique lors du dîner de 135 kcal comparativement à un repas isocalorique pauvre en protéine. Dans un autre essai randomisé contrôlé de type chassé-croisé composé de 30 hommes universitaires Fallaize *et al.* (2013) ont démontré qu'un déjeuner composé de 2 œufs et d'une tranche de pain blanc comparativement à deux autres déjeuners isocalorique permettait de diminuer les apports quotidiens moyens en énergie de 473 kcal et de 271 kcal. Bref, grâce à sa composition, il est fort probable que l'œuf de poule a le potentiel de réguler l'appétit d'un individu et donc de limiter les apports alimentaires et énergétiques.

1.1.6 Propriétés anaboliques de l'œuf de poule

La haute qualité, teneur et digestibilité protéique de l'œuf de poule contribuent indéniablement à la réponse anabolique observée après sa consommation (Bagheri et al., 2020, 2021; van Vliet et al., 2017). Cependant, tel que discuté dans l'article revu de Santos, H *et al.* (2021), d'autres nutriments de nature non protéique auraient le potentiel de contribuer à cette réponse anabolique. Les nutriments les plus probables d'avoir un impact sur la réponse anabolique sont les micro-ARN et les phospholipides (Santos et al., 2021). Les micro-ARN sont un assemblage à simple brin d'une vingtaine de nucléotides produit de façon endogène ayant la capacité de moduler l'expression génique humaine (Filipowicz & Paszkowski, 2013; Lu & Rothenberg, 2018). Cependant, de récentes études ont indiqué que les micro-ARN peuvent également provenir de l'alimentation (S. R. Baier et al., 2014). C'est ce que l'étude menée par Baier *et al.* (2015) a démontré à la suite d'une augmentation du taux sérique de micro-ARN 181a et 181b, spécifiques aux œufs de poule de façon proportionnelle au nombre d'œufs bouillis consommés. De plus, selon l'article de revue publié par del Pozo-Acebo *et al.* (2021) l'ingestion de micro-ARN aurait le potentiel de non seulement moduler l'expression génique de l'hôte, mais également son microbiote. La modulation du microbiote est un sujet d'actualité où des évidences commencent à émerger à propos de sa composition qui aurait le potentiel d'influencer la performance physique du moins pour le moment chez des souris (Clauss et al., 2021; Hsu et al., 2015). Les phospholipides regroupent l'ensemble des lipides formant la membrane cellulaire. Les phospholipides d'intérêts contenus dans l'œuf sont la phosphatidylcholine (propriétés anti-inflammatoires) (Küllenberget al., 2012) et l'acide phosphatidique (augmentation de l'activité de la voie de signalisation mTOR) (Joy et al., 2014; Shad et al., 2015) et la masse musculaire (Joy et al., 2014; Santos et al., 2021). Par ailleurs, l'étude de type chassé-croisé mené par van Vliet *et al.* (2017) comprenant dix hommes supporterait l'hypothèse que d'autres nutriments de natures non protéiques contenus dans l'œuf augmenteraient la réponse anabolique à l'entraînement. Cette étude a démontré que la consommation de 18g de protéines provenant d'œufs entiers augmentait significativement la réponse au niveau de la synthèse protéique musculaire comparativement à une consommation de 18 g de protéines provenant de blanc d'œuf. Ainsi, dans une optique d'intégrer l'œuf de poule dans la routine alimentaire et que les nutriments discutés précédemment se retrouvent principalement dans le jaune de l'œuf (Santos et al., 2021), il importe de favoriser la consommation d'œufs de poule entiers plutôt que de blanc d'œuf uniquement.

1.2 L'amélioration la performance physique via l'alimentation

L'amélioration de la performance physique résulte d'un équilibre délicat entre le volume et l'intensité d'entraînement, l'alimentation et le sommeil. Il faut noter que c'est l'entraînement qui permettra de générer le stress nécessaire pour induire des adaptations physiologiques espérées (L. Burke & Deakin, 2015). Toutefois, malgré un entraînement idéal, il est essentiel que l'alimentation de l'athlète soit adaptée à ses besoins énergétiques et protéiques pour lui permettre de récupérer de ses entraînements à court terme et d'améliorer sa performance à long terme (L. Burke & Deakin, 2015; Cintineo et al., 2018). De plus, plusieurs stratégies nutritionnelles peuvent être mises en place pour atteindre cette alimentation adéquate; des repas et collation complets intégrés à la routine, une périodisation et une répartition alimentaire particulière en fonction des entraînements et compétitions, des suppléments alimentaires et bien d'autres (L. Burke & Deakin, 2015). L'ajout d'œufs au déjeuner d'un athlète permettrait de mettre en place une habitude qui permettrait d'avoir des apports énergétiques au déjeuner, des apports en protéines de haute qualité, un apport considérable en nombreux micronutriments, un apport en un aliment aux propriétés antioxydante et anabolique ainsi qu'un apport en d'autres aliments qui compléterait le repas.

1.2.1 Apport protéique total

En 2015, l'apport protéique quotidien moyen chez l'adulte canadien était de 79 g (Auclair & Burgos, 2021). De plus, l'apport nutritionnel de référence pour les protéines est de 0,8 g/kg (S. Canada, 2005). Toutefois, cette valeur de 0,8 g/kg de protéine est fortement critiquée pour une population s'adonnant à la pratique d'activité physique comme il ne permettrait pas une récupération optimale aux entraînements et aux épreuves compétitives (Morton et al., 2018). Ainsi, selon la méta-analyse de *Morton et al.* (2018) regroupant les données de 49 études et de 1863 personnes des apports protéiques de 1,6 g/kg seraient plus adéquats pour une population active. Selon l'article revu de *Schoenfeld et Aragon* (2018), des apports de 1,6 g/kg à 2,2 g/kg seraient l'idéal pour stimuler l'anabolisme à l'entraînement. De plus, pour des athlètes qui entreprennent une perte de poids, des apports de plus de 2,2 g/kg ont été démontrés efficaces pour permettre de limiter au minimum la perte de masse maigre (Morton et al., 2018). Considérant les apports moyens en protéines de la population canadienne, un athlète pesant 70 kg aurait des apports de 1,12 g/kg. De tels apports insuffisants pourraient mener à une récupération plus lente, des adaptations musculaires à l'entraînement sous-optimales, une baisse de la garde du système immunitaire et

possiblement une augmentation de l'incidence des blessures (Witard et al., 2019). Ainsi, l'implémentation d'une habitude de consommer des œufs au déjeuner faciliterait l'atteinte des cibles d'apport en protéines au quotidien.

1.3 Évaluation de la performance physique en course à pied

Les principaux prédicteurs physiologiques de la performance d'endurance en course à pied sont la valeur de consommation maximale d'oxygène et l'économie de course qui peuvent être mesurées en laboratoire à l'aide d'un masque qui mesure les échanges gazeux (da Silva et al., 2015; Lanferdini et al., 2020). Interprétées individuellement, ces valeurs ne peuvent pas prédire la performance du coureur (Larsen, 2003). Comme la performance en course à pied se résume au temps nécessaire pour couvrir une distance donnée des tests sur route, piste d'athlétisme ou tapis roulant peuvent être menés sans avoir à utiliser d'équipement spécialisé. La vitesse maximale aérobie obtenue à la suite d'un test d'effort maximal de 5 à 6 minutes est fréquemment utilisée pour planifier les intensités des entraînements en course à pied et prédire les performances possibles d'un athlète sur différentes distances (da Silva et al., 2015). Comme cette vitesse maximale aérobie dépend de la consommation d'oxygène maximale et de l'économie de course, son évaluation permet de déterminer l'amélioration ou la détérioration de la performance d'un coureur d'endurance dans le temps (da Silva et al., 2015). Toutefois, pour obtenir un résultat fiable, le coureur doit impérativement avoir une très bonne idée de la vitesse qu'il est capable de maintenir pour cette durée. Comme le test est court, un départ trop lent ou trop rapide sous-estimera ou surestimera le potentiel du coureur. Ainsi, des tests de types incrémentaux sur tapis roulant aboutissant à l'obtention d'une vitesse de pointe sont également utilisés pour évaluer la performance de coureurs d'endurance comme la stratégie de sélection d'allure n'est pas un problème (Machado et al., 2013). Ces tests incrémentaux varient selon la vitesse de départ, la durée et l'augmentation de vitesse par palier (Machado et al., 2013). Selon Machado *et al.* (2013), la vitesse de pointe sur tapis roulant obtenu lors de test incrémental comportant des paliers de 3 minutes avec une augmentation de vitesse de 1 km/h par palier sont plus fortement corrélés avec les performances obtenues sur 5km et 10 km. Ainsi, des tests utilisant des paliers plus longs seraient préférables dans l'optique de prédire la performance d'un coureur sur d'autres distances (Machado et al., 2013). Toutefois, plus les paliers sont de longue durée plus le test durera longtemps et moins le test fournira des valeurs fiables quant à la consommation maximale d'oxygène. Ainsi, malgré une capacité de prédiction plus faible des performances sur d'autres distances par les tests incrémentaux plus courts par palier de une minute, ils peuvent être intéressants pour évaluer plus rapidement la vitesse de pointe sur tapis roulant, un indicateur de la performance en endurance en

course à pied qui est également la vitesse aérobie maximale (da Silva et al., 2015; Léger & Mercier, 1984; Machado et al., 2013). En plus des tests maximaux incrémentaux, des tests de temps limite jusqu'à l'épuisement à un pourcentage de la vitesse aérobie maximale peuvent être utilisés pour déterminer l'amélioration de la performance physique chez des coureurs (Blondel et al., 2001; Heubert et al., 2003). Une intensité fréquemment utilisée se situe à 90% de la vitesse aérobie maximale qui selon le niveau du coureur peut durer de 10 à 20 minutes (Blondel et al., 2001; Heubert et al., 2003). Récemment, de nombreuses études ont mis en évidence que l'ajout d'entraînements en résistance en force maximale des membres inférieurs à la routine de coureur d'endurance permettrait d'induire des adaptations neurologiques et morphologiques (Folland & Williams, 2007) qui amélioreraient la performance entre autres via une meilleure économie de course (Balsalobre-Fernández et al., 2016; Berryman et al., 2018) et une plus grande force et puissance maximale (Berryman et al., 2018). Comme un entraînement en force et puissance musculaire des membres inférieurs permet d'améliorer la performance en course à pied, la relation entre les résultats obtenus par un test de force maximal couramment utilisé le *isometric mid-thigh pull* et la performance en endurance en course à pied ont été évalués (Lum et al., 2020). Les résultats de l'étude menée auprès de 28 coureurs ayant une consommation d'oxygène maximale moyenne de 51,7mL/kg/min indique que les coureurs plus performants lors des tests de course à pied de ce groupe à l'étude possèdent des membres inférieurs capables de générer plus de force au *isometric mid-thigh pull* (Lum et al., 2020). De plus, cette méthode validée est reconnue comme fiable, facile à effectuer et comportant un risque de blessure minime (Grgic et al., 2022) . Bref, la combinaison d'un test incrémental sur tapis roulant et du *isometric mid-thigh pull* peut être considérée comme des outils pertinents pour évaluer l'évolution de la performance en endurance de coureurs.

1.3.1 Apport protéique, adaptations musculaires à l'entraînement et performance physique

La synthèse protéique musculaire est l'indicateur généralement utilisé pour mesurer l'efficacité d'une intervention nutritionnelle ou d'entraînement sur les adaptations musculaires à court terme (Atherton & Smith, 2012; Witard et al., 2021). Il est mesuré de façon ponctuelle sur une courte période de temps d'environ une heure à une journée (Atherton & Smith, 2012; Witard et al., 2021). Cette synthèse fait référence à un processus métabolique où il y a ajout d'acides aminés à la structure protéique musculaire déjà en place (Witard et al., 2021). À l'inverse, la dégradation des protéines musculaires fait référence au processus de catabolisme où il y a une perte d'acides aminés de la structure musculaire déjà en place (Witard et al., 2021). À long terme, s'il y a davantage de synthèse que de dégradation, un gain de protéine musculaire est la résultante (Witard et al., 2021). Selon le type d'intervention d'entraînement, ce gain de

protéine musculaire résulterait en adaptations phénotypiques différentes telles qu'une hypertrophie musculaire, une plus grande force musculaire et/ou une meilleure endurance musculaire (Wilkinson et al., 2008). Cela dépendrait si l'intervention favorise majoritairement un gain de protéine myofibrillaire via un entraînement en résistance ou si elle favorise principalement une augmentation de la densité mitochondriale via un entraînement en endurance (Wilkinson et al., 2008). De plus, il a été démontré que la synthèse protéique musculaire était stimulée de façon dose dépendante à l'intensité de l'entraînement, au volume de l'entraînement et à la quantité de protéine consommée après l'entraînement (Burd et al., 2010; Kumar et al., 2009; Moore et al., 2009b). Toutefois, cette relation directe entre la quantité de protéine consommée après l'entraînement et la synthèse protéique musculaire semblait atteindre un plateau lorsque les apports en protéine sont supérieurs à 20g de protéine en période post-entraînement (Areta et al., 2013b; Moore et al., 2009b, 2012b; Witard et al., 2014b). Ainsi, ces auteurs ont observé que des apports supérieurs à 20g de protéines n'étaient pas avantageux du point de vue de la synthèse protéique musculaire (Areta et al., 2013b; Moore et al., 2009b, 2012b; Witard et al., 2014b). Ils ont tenté d'expliquer ces résultats par le fait qu'avec des apports supérieurs à 20 g de protéines pour un repas, les acides aminés en « excès » ne seraient pas utilisés pour faire de la synthèse protéique musculaire, mais seraient dégradés via transamination ou oxydation ce qui résulterait en une production accrue d'urée et d'autres substrats énergétiques (Moore et al., 2009b; Witard et al., 2014b). Ainsi, selon cette théorie, des apports de 20g de protéines seraient la limite à laquelle les acides aminés peuvent être utilisés par le corps pour la synthèse protéique musculaire. Ceci pourrait être expliqué par la théorie du muscle plein qui décrirait ce phénomène où le taux de la synthèse protéique musculaire ne serait pas davantage augmenté malgré une présence élevée d'acides aminés en circulation (Atherton et al., 2010; Bohé et al., 2001). Toutefois, cette valeur de 20g a été critiquée et des doutes concernant la possibilité d'extrapoler ces valeurs à des athlètes ont été soulevés. D'abord, l'ensemble de ces études ont évalué la synthèse protéique musculaire à la suite d'un entraînement comportant uniquement un exercice travaillant les jambes (Areta et al., 2013b; Moore et al., 2009b, 2012b; Witard et al., 2014b). Ainsi, sachant que le volume et l'intensité de l'entraînement sont d'important déterminant de la synthèse protéique musculaire, il est probable que le taux de synthèse protéique musculaire maximum un apport de 20g de protéine ait été limité en partie par un stimulus d'entraînement trop faible (Macnaughton et al., 2016). De plus, un entraînement d'un seul exercice avec plusieurs répétitions n'est pas équivalent en termes de stimulus d'entraînement qu'une séance d'entraînement comportant plusieurs exercices travaillant plusieurs parties du corps. Ainsi, Macnaughton *et al.* (2016) ont mené une étude de type chassé-croisé auprès de 30 hommes pratiquant la musculation afin de déterminer si un apport de 20 ou 40 g de protéines induisait

une plus grande synthèse protéique musculaire à la suite d'une séance de musculation du corps entier. Leurs résultats indiquent que des apports de 40 g de protéines induisent une synthèse protéique musculaire supérieure de façon significative à des apports de 20g chez des hommes habitués à l'entraînement en résistance après un entraînement en résistance du corps complet (Macnaughton et al., 2016). Ainsi, le seuil d'apport en protéine pour potentialiser au maximum la synthèse protéique musculaire à la suite d'un entraînement serait plus élevé que le 20 g souvent suggéré. De plus, il est important de noter que ces études ont évalué la synthèse protéique musculaire les heures suivant une séance d'entraînement. Ainsi, il serait possible de contester l'extrapolation des résultats obtenus de ces études pour déterminer les besoins en grammes de protéines pour le déjeuner d'un athlète qui ne s'entraîne pas avant son premier repas de la journée. Cependant, il a été démontré qu'une séance d'entraînement augmente la synthèse protéique musculaire jusqu'à 24h après cette séance lorsque des acides aminés sont disponibles soit en la présence de repas (Burd et al., 2011; Cuthbertson et al., 2006). Ainsi, même si la potentialisation de la synthèse protéique musculaire s'atténue légèrement au fil des heures après l'entraînement (Cuthbertson et al., 2006), il demeure que cette potentialisation est tout de même présente et que l'extrapolation des données provenant de ce type d'études demeure pertinente. De plus, différentes études ont démontré la validité de l'utilisation de la valeur de synthèse protéique musculaire obtenue ponctuellement à la suite de consommation de différents aliments pour prédire les changements de masse musculaire à long terme (Hartman et al., 2007; Volek et al., 2013). Bref, selon les plus récentes données, des apports en protéines de 20 à 40 g par repas semblent être suffisants pour induire une réponse anabolique maximale à l'entraînement.

1.4 Douleurs musculaires d'apparitions retardées et la performance physique

Couramment appelées courbatures, les douleurs musculaires d'apparitions retardées sont des lésions de tailles microscopiques aux fibres musculaires (Lewis et al., 2012) qui se distinguent par des douleurs aux muscles, une perte d'amplitude de mouvement, un gonflement des muscles endommagés, une diminution de la force maximale (Byrne et al., 2001) et une augmentation des marqueurs inflammatoires (Clarkson & Hubal, 2002; Peake et al., 2005). Typiquement, les courbatures apparaissent dans les 24 heures suivant une activité physique dont l'individu n'est pas familier et peuvent persister jusqu'à environ 7 jours (Hotfiel et al., 2018). De plus, les exercices comportant des contractions excentriques comme la course à pied induisent davantage de courbatures que les exercices de natures concentriques comme le cyclisme (Douglas et al., 2017). Comme les symptômes déplaisants des courbatures persistent dans le temps et peuvent nuire à la capacité et la motivation de l'individu à réaliser des séances d'entraînement de qualités,

de nombreuses stratégies ont été étudiées pour atténuer les symptômes des courbatures (Contrò et al., 2016). (Barnes & Kilding, 2015)

1.4.1 L'évaluation des courbatures

Étant donné les divers symptômes des courbatures, deux types d'approches peuvent être utilisés pour évaluer leur sévérité (Pearson et al., 2023). D'une part, l'approche des méthodes directes telle que la biopsie musculaire ou l'imagerie par résonance magnétique permettent d'évaluer directement les dommages structurels musculaires à la suite d'un entraînement induisant des courbatures (Pearson et al., 2023). Toutefois, les approches directes comportent certaines limites majeures. D'abord, la biopsie est une méthode invasive qui peut décourager les participants en plus de présumer que le dommage localisé à l'endroit de la biopsie reflète le dommage du muscle entier (Pearson et al., 2023). Ensuite, l'imagerie par résonance magnétique est dispendieuse, nécessite de l'équipement très spécialisé et présente des résultats à l'imagerie qui ne sont pas nécessairement corrélés avec des symptômes cliniques de courbatures du patient (Guermazi et al., 2017). D'autre part, les méthodes indirectes tel que des tests physiques et des évaluations subjectives de la douleur peuvent permettre d'évaluer cliniquement la sévérité des symptômes de courbatures du participant. Les tests physiques procurent une approche intéressante pour évaluer l'intensité des courbatures comme ils permettent d'évaluer directement les conséquences des courbatures sur la performance physique (Pearson et al., 2023). Toutefois, il est essentiel que les participants se présentent dans les mêmes conditions à la même heure les jours suivants le test induisant les courbatures pour évaluer le rétablissement de leurs performances physiques dans le temps. Les mesures subjectives de la douleur présentent un aspect très intéressant de l'évaluation des courbatures comme elles permettent d'obtenir la perception de l'athlète quant à l'intensité de ses courbatures. La perception de la douleur des courbatures est un paramètre important à mesurer puisqu'elle influencera la capacité et la motivation de l'athlète à réaliser une séance d'entraînement difficile (Contrò et al., 2016). Parmi les mesures subjectives de la douleur, on retrouve des échelles numériques et visuelles lors de mouvements ou d'étirement, des seuils à des endroits spécifiques lors d'une pression avec un algomètre et des questionnaires. Chacune de ses méthodes présentent des avantages et désavantages. Effectivement, selon *Cleather et Guthrie (2007)*, l'usage de questionnaire tel que le McGill Pain Questionnaire n'apporterait pas de précision à l'évaluation de la douleur, mais fournirait des détails sur le type de douleur comparativement à des échelles de la douleur. Aussi selon *Lau et al. (2013)*, l'usage des seuils de point de pression comparativement aux échelles fournissent de l'information différente sur l'intensité et l'atténuation de la douleur dans le temps. Toutefois, les seuils de points de

pression nécessitent que le participant se présente à plusieurs reprises les jours suivants le test induisant les courbatures et demandent beaucoup plus de temps que des échelles numériques complétées à domicile. Finalement, autant les seuils de points de pressions (Chesterton et al., 2007; Nussbaum & Downes, 1998) et les échelles numériques de la douleur (Edwards, 2005) sont des instruments validés et fiables pour évaluer la douleur. Ainsi, l'utilisation des échelles de la douleur semble être des outils adéquats et plus pratiques d'utilisation que les seuils de points de pression pour évaluer l'intensité des courbatures chez des athlètes. Parmi les échelles de la douleur, ce sont les échelles numériques qui sont le plus pratiques et efficaces pour évaluer la douleur perçue (Williamson & Hoggart, 2005). Finalement, il est important de noter que les courbatures ne sont pas ressenties lorsque les muscles sont au repos (Lau et al., 2013). Ainsi, l'évaluation des courbatures par échelles de la douleur nécessite d'effectuer des mouvements ou étirements spécifiquement sélectionnés (Lau et al., 2013).

1.4.2 Apports protéiques et atténuation des courbatures

Une supplémentation en protéines est une des stratégies étudiées pour atténuer l'intensité des courbatures. Les fondements sont qu'un apport plus important en protéine qu'à l'habitude permettrait d'induire une plus grande synthèse protéique musculaire ce qui permettrait de réparer les fibres musculaires endommagées plus rapidement (Pearson et al., 2023). Ainsi, la supplémentation en protéine de lactosérum pour atténuer la présence de courbature a été largement étudiée et a obtenu des résultats intéressants (Pearson et al., 2023). Selon la méta-analyse publiée par Pearson *et al.* (2023), la supplémentation en protéine autour de l'entraînement chez les hommes serait efficace pour limiter la perte de force musculaire, mais ne le serait pas pour réduire les douleurs musculaires. Malgré le fait que l'étude présente les protéines en générale, la majorité des études composant la méta-analyse portait sur une supplémentation en isolat de protéines (Pearson et al., 2023). Alors que de nombreuses études se sont intéressées à l'effet d'une supplémentation en protéine provenant de suppléments, peu d'études se sont intéressées à des aliments entiers. Quelques-unes se sont intéressées à une supplémentation en lait (Cockburn et al., 2008; Rankin et al., 2015). Ainsi, dans un essai randomisé/contrôlé à groupe parallèle évaluant l'effet d'une supplémentation de 500mL de lait sur l'atténuation des courbatures chez seize femmes et seize hommes comparativement à une supplémentation en glucide, l'équipe de recherche a établi que la supplémentation en lait permettait de limiter l'augmentation de la douleur jusqu'à 72h après l'induction des courbatures chez les femmes et les hommes, des marqueurs de dommages musculaires les femmes et les hommes et la diminution de la performance musculaire uniquement chez les femmes (Rankin et al., 2015). À ce jour, aucune étude n'a encore évalué l'effet d'une supplémentation en œufs

entiers sur les courbatures et ses symptômes. Ainsi, en prenant en compte la composition protéique de l'œuf, ses propriétés anaboliques et anti-inflammatoires, cet aliment semble être un candidat intéressant pour moduler l'intensité des courbatures et pourrait permettre un retour plus rapide à l'entraînement (Santos et al., 2021).

1.5 L'évaluation de la composition corporelle

L'évaluation de la composition corporelle permet d'obtenir de l'information quant à la quantité et la répartition des tissus corporels d'un individu (Kuriyan, 2018). Les méthodes les plus précises et valides pour évaluer la composition corporelle sont l'hydrodensitométrie, la pléthysmographie par déplacement d'air et le *dual-energy X-ray absorptiometry* (DEXA) (Kuriyan, 2018). D'une part, l'hydrodensitométrie et la pléthysmographie par déplacement d'air ont une précision très similaire de l'ordre du deux à trois pourcents, mais l'hydrodensitométrie a le désavantage de nécessiter l'immersion complète du participant. D'autre part, le DEXA scan est un appareil considéré comme pratique, fiable et valide qui permet d'évaluer la composition corporelle d'un individu de l'ordre du un à deux pourcents (L. Burke & Deakin, 2015). Cet appareil évalue la composition corporelle via l'émission de deux rayons X d'énergie faible et forte (Kuriyan, 2018). Lors du passage des rayons à travers des tissus de l'individu, la diminution de l'énergie des rayons est mesurée et permet de déterminer la distribution et la quantité de tissu de l'individu au niveau des membres comme les bras, les jambes et le tronc, mais également au niveau corporel total (Kuriyan, 2018). L'évaluation par DEXA distingue 3 compartiments qui sont des types de tissus; la masse adipeuse, la masse maigre et la masse osseuse (Kuriyan, 2018). Il importe de mentionner que la masse maigre évaluée via DEXA comprend l'ensemble des tissus qui ne sont pas de nature adipeuse ou osseuse (Cawthon, 2015). Ainsi la masse maigre comprend également la masse des organes, l'eau et autres tissus de natures non musculaires (Cawthon, 2015). Ainsi pour effectuer une analyse plus exacte du gain de masse musculaire, une addition de la masse maigre contenue dans les bras et les jambes appelés masse maigre appendiculaire devrait être utilisée plutôt que la masse maigre totale (Cawthon, 2015).

1.5.1 Les facteurs affectant la composition corporelle

À ce jour, de nombreux facteurs ont été identifiés comme affectant la composition corporelle. Notamment l'entraînement (Lopez et al., 2022), l'alimentation (Hector & Phillips, 2018; Murphy et al., 2015; Rouillier et al., 2015; Witard et al., 2019), le sommeil (Stich et al., 2021) et le stress (Stefanaki et al., 2018). Pour ce qui est de l'alimentation, deux paramètres clés ont été identifiés afin de moduler la composition corporelle; l'apport énergétique total et l'apport protéique total (Hector & Phillips, 2018; Murphy et al., 2015; Witard

et al., 2019). Modifier positivement la composition corporelle d'un athlète pour améliorer sa performance physique, souvent référée à l'expression : *high quality weight loss*, résulte à l'atteinte d'un équilibre délicat entre des apports énergétiques légèrement en dessous de ses besoins énergétiques et des apports protéiques suffisamment élevés pour maintenir sa masse musculaire (Witard et al., 2019). Pour un athlète d'endurance pratiquant la course à pied, une modification de la composition corporelle idéale se résume à une diminution du poids via une perte de masse adipeuse tout en conservant ses capacités musculaires via un maintien ou un gain de masse maigre ce qui permettrait à l'athlète de présenter un meilleur rapport poids par rapport à sa puissance; et conséquemment, de courir plus rapidement (Hector & Phillips, 2018; Witard et al., 2019).

1.5.2 La modification de la composition corporelle par l'évaluation des besoins énergétiques

La perte de poids de l'athlète doit être lente et doit s'échelonner sur une période qui n'est pas trop longue pour éviter les effets négatifs d'un état d'apports énergétiques insuffisant connu sous le nom de *low energy availability* (Logue et al., 2018) à court terme et *relative energy deficiency in sport* lorsque maintenu de manière chronique (Mountjoy et al., 2014). L'évaluation précise des besoins énergétiques de l'athlète est donc cruciale afin d'éviter d'affecter négativement sa performance. D'une part, un déficit énergétique trop grand à court terme est reconnu pour induire des effets négatifs au niveau physiologique, sanguin, psychologique et physique qui affectent la santé et les performances de l'athlète tout en augmentant de façon considérable son risque de blessures (Logue et al., 2018). D'autre part, un déficit énergétique trop grand à long terme peut causer une vaste gamme de problèmes de santé aux niveaux endocriniens, squelettiques, rénaux, cardiovasculaires, reproducteurs, nerveux centraux et gastro-intestinaux (Mountjoy et al., 2014). Ainsi, afin d'éviter ces états d'apport énergétique insuffisants un déficit énergétique de 500 kcal par jour est généralement reconnu comme sécuritaire pour induire une perte de masse adipeuse sans affecter la masse musculaire (Garthe et al., 2011). Ce déficit de 500 kcal par jour se traduit en une perte de poids corporel d'environ une livre par semaine (Garthe et al., 2011). Malheureusement, malgré l'élégance de ce concept théorique, il demeure très laborieux en pratique d'évaluer précisément les besoins énergétiques d'un athlète chaque jour comme de très nombreux facteurs font varier ses besoins ; le métabolisme de base, l'entraînement, les activités de la vie quotidienne, l'effet thermique des aliments et l'effet thermique de l'exercice (L. Burke & Deakin, 2015; L. M. Burke, 2001). Ainsi, planifier un déficit énergétique de 500 kcal par jour dans un plan alimentaire est une tâche très difficile à effectuer pour éviter d'induire un déficit trop grand qui aurait des effets néfastes ou un autre trop petit qui n'influencerait pas la composition corporelle (Garthe et al., 2011). D'autant plus qu'au

Canada, les allégations nutritionnelles sur les emballages des aliments peuvent présenter une marge d'erreur de plus ou moins 20% (Government of Canada, 2015). Cela signifie que pour la portion indiquée sur l'étiquette d'un aliment la teneur en macronutriments et micronutriment peut être jusqu'à 20% plus faible ou 20% plus élevée que celle indiquée. Ainsi, même pour un athlète qui rapporterait très fidèlement les quantités des aliments consommés pour une journée entière, une marge d'erreur de près de 20% demeurerait quant à l'énergie totale consommée ainsi que sur les macronutriments et les micronutriments consommés.

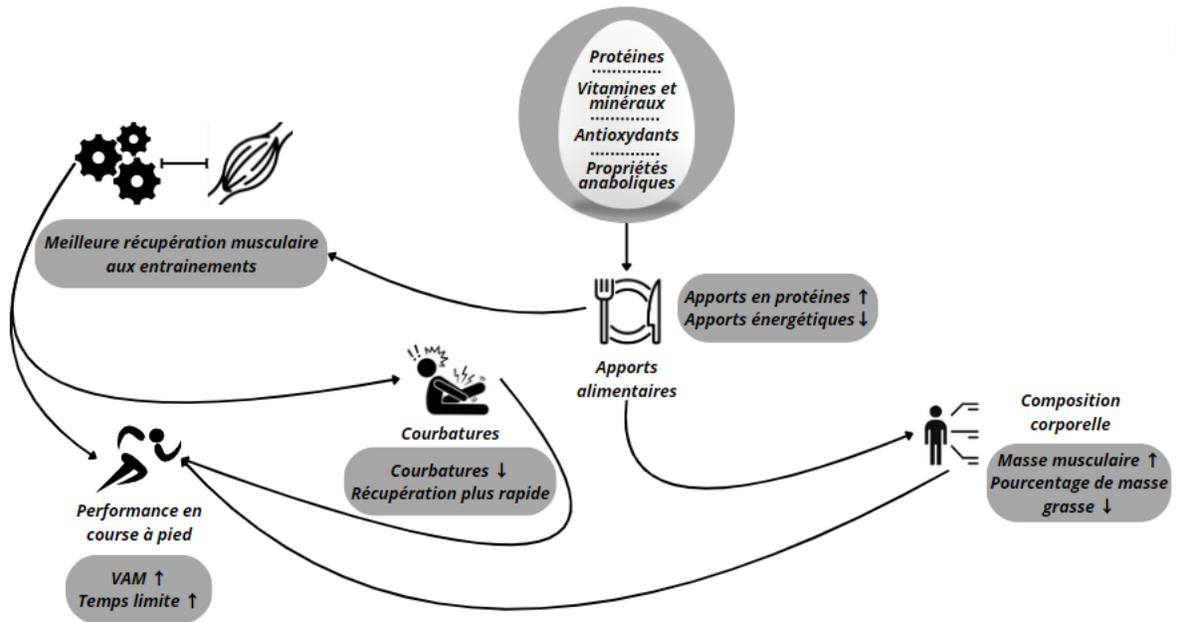
1.5.3 L'œuf de poule et la modification de la composition corporelle

Malgré les difficultés rencontrées par l'estimation de besoins alimentaires au jour le jour, certains aliments comme l'œuf de poule peuvent permettre de réguler à la baisse l'appétit sans avoir à compter ses calories (Bonnema et al., 2016; Fallaize et al., 2013; Ratliff et al., 2010). Ainsi, grâce à ses propriétés de satiation, satiétogènes (Bonnema et al., 2016; Fallaize et al., 2013; Ratliff et al., 2010) et anaboliques (Santos et al., 2021), l'œuf de poule semble être un aliment intéressant à ajouter à la routine de l'athlète souhaitant optimiser sa composition corporelle sans avoir à contrôler minutieusement ses apports alimentaires. L'intégration d'œufs de poule au déjeuner pourrait permettre d'induire une perte de poids de haute qualité grâce à sa capacité de diminuer les apports alimentaires quotidiens d'environ 400 calories par jour (Fallaize et al., 2013; Ratliff et al., 2010) et de maintenir ou d'augmenter la masse musculaire via son contenu protéique et ses propriétés anaboliques (Santos et al., 2021).

1.5.4 Modalités de consommation des œufs de poule

Dans l'optique de compléter des athlètes avec des œufs de poules, il serait avisé de cuire les œufs comme l'absorption des nutriments des œufs crus est fortement réduite de 30 à 50% (Evenepoel et al., 1998, 1999) et peut présenter un risque de toxi-infection alimentaire. La taille des œufs sélectionnés aura une importance comme cela fait varier les apports en protéines et en autres nutriments contenus dans chaque œuf. Le nombre d'œufs à consommer par les participants devrait être déterminé selon les apports en protéines idéaux pour induire la plus grande réponse anabolique et l'acceptabilité auprès de femmes et hommes. Ainsi, selon les plus récentes évidences, des apports de 20g à 40g de protéine par repas seraient l'idéal. Ainsi, un apport de 3 à 5 œufs extra-large permettrait d'avoir des apports en protéine de 21 à 35 g de protéine. À la suite de discussions avec des étudiant.e.s athlètes universitaires féminines et masculins des apports de 3 œufs pour les femmes sembleraient être plus acceptables que 4 œufs et des apports de 4 œufs pour les hommes plutôt que 5 œufs sembleraient être plus acceptables.

Figure 1.1 L'effet hypothétique des œufs sur la performance physique, la composition corporelle et les courbatures.



CHAPITRE 2

Objectifs et hypothèses

2.1 Objectif général

Mesurer les effets d'une supplémentation quotidienne de 3 ou 4 œufs entiers au déjeuner chez des coureurs amateurs pour une durée de 6 semaines sur l'atténuation des courbatures, la composition corporelle, les apports alimentaires et la performance physique.

2.1.1 Objectif spécifique 1

Mesurer l'effet de la consommation quotidienne d'œufs entiers pour une durée de 6 semaines sur la performance physique lors d'un test incrémental jusqu'à l'épuisement, un test à 90% de la vitesse aérobie maximale jusqu'à l'épuisement et de 3 répétitions de *isometric mid-thigh pull* chez des coureurs amateurs.

2.1.2 Objectif spécifique 2

Mesurer l'effet de la consommation quotidienne d'œufs entiers pour une durée de 6 semaines sur l'atténuation des courbatures ressenties les 4 jours suivants une séance d'activité physique (deux tests de course à pied et 4 séries de 10 fentes lestées avec 40% du poids de corps) qui ne font pas partie de la routine des coureurs à l'aide d'échelle numérique disponible via google forms.

2.1.3 Objectif spécifique 3

Mesurer l'effet de la consommation quotidienne d'œufs entiers pour une durée de 6 semaine sur la composition corporelle évaluée par DEXA: 1) Masse musculaire/maigre 2) Masse grasse 3) Masse osseuse.

2.1.4 Objectif spécifique 4

Mesurer l'effet de la consommation quotidienne d'œufs entier pour une durée de 6 semaines sur les apports alimentaires de coureurs amateurs évaluée par des journaux alimentaires.

2.2 Hypothèse générale

La supplémentation en œufs aura des effets bénéfiques pour l'atténuation de l'intensité des courbatures musculaire, la composition corporelle, les apports alimentaires et la performance chez les coureurs amateurs.

2.2.1 Hypothèse spécifique 1

La supplémentation en œufs améliorera significativement la performance physique permettant aux coureurs de courir plus longtemps au test incrémental et au test à 90% de la vitesse aérobie maximale, d'améliorer leur paramètre physiologique durant l'effort et de développer plus de force et puissance aux *isometric mid-thigh pull*.

2.2.2 Hypothèse spécifique 2

La supplémentation en œufs réduira de façon significative l'intensité des courbatures les jours suivant l'exercice induisant des courbatures.

2.2.3 Hypothèse spécifique 3

La supplémentation en œufs améliorera significativement la composition corporelle des coureurs en augmentant la masse maigre, en diminuant la masse grasse et en diminuant le poids des coureurs.

2.2.4 Hypothèse spécifique 4

La supplémentation en œufs augmentera significativement les apports en protéines tout en réduisant de façons significatives les apports énergétiques des participants.

CHAPITRE 3

Méthodologie

3.1 Participants

29 participants (12 femmes et 17 hommes) avec de l'expérience en course à pied ont été recrutés pour l'étude. Comme le protocole était assez contraignant pour les participants, ils ont sélectionné le groupe auquel ils souhaitaient participer afin de réduire les risques de non-respect du protocole. Une taille d'échantillon minimum de 26 participants avait été déterminé à la suite d'un calcul de puissance statistique avec G*Power version 3.1.9.7. Ce nombre a été obtenu pour un test statistique ANOVA à mesure répétée, entre les facteurs (2 Groupes x 2 Temps) avec une taille d'effet f moyen de 0.5, un α de 0.05, un β de 0.8. Afin de contrer l'attrition, 43 participants ont été recrutés. Toutefois, 14 participants ont été retirés de l'étude en raison de blessure ou maladie au cours d'étude. Le comité éthique de l'Université du Québec à Montréal a approuvé le protocole (#2023-5560) de l'étude et tous les participants ont donné leur consentement écrit à la suite de la lecture du formulaire d'information et de consentement.

3.2 Design expérimental

Une étude d'intervention à groupes parallèles a été menée auprès de coureurs amateurs sur une durée de 6 semaines. Le groupe expérimental ($n=14$) comprenait une supplémentation en œufs entiers au déjeuner de 3 œufs pour les femmes et 4 œufs pour les hommes. Le groupe témoin ($n=15$) devait s'abstenir de consommer des œufs pour la durée complète de l'étude. Chaque athlète participait à ses activités d'entraînement et d'alimentation habituelles. Les apports alimentaires des participants ont été évalués par la tenue d'un journal alimentaire avant la première semaine et lors de la dernière semaine du protocole expérimental. Le volume d'entraînement des participants a été évalué avec un journal d'entraînement en ligne. Les participants devaient se présenter à 2 reprises au laboratoire pour effectuer une batterie de tests, une fois avant de débiter l'intervention et une fois durant la dernière semaine du protocole expérimental. Lors de la première visite, les participants devaient faire des tests de composition corporelle, un test de force maximale, un test incrémental sur tapis roulant, un test à 90% de la vitesse aérobie maximale et un test pour induire des courbatures. Lors de la deuxième visite, les mêmes tests étaient effectués que lors de la première visite. La figure 1 schématise le design expérimental et la figure 2 présente le design des tests effectués lors des visites 1 et 2.

Figure 2.1 | Design expérimental

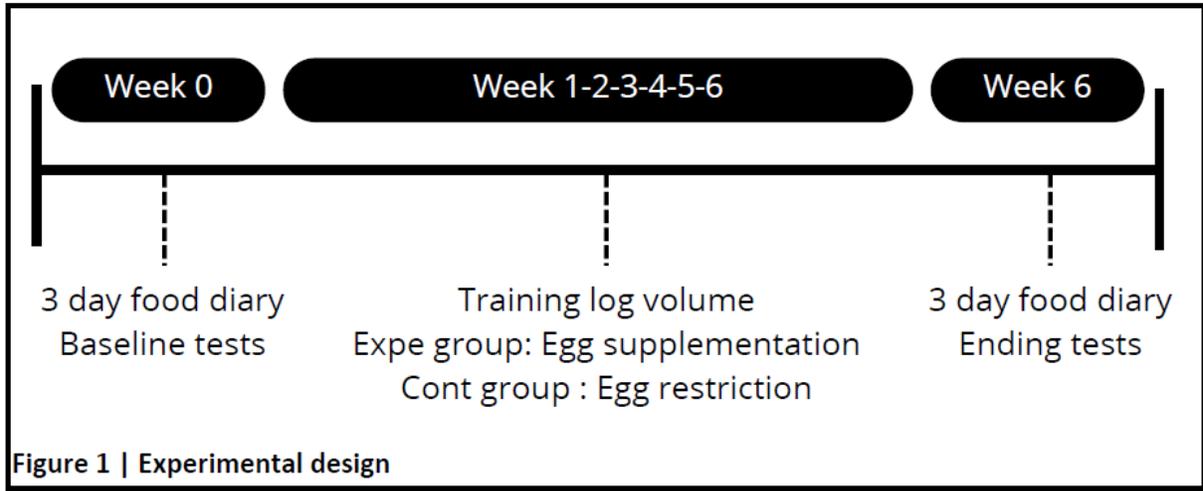
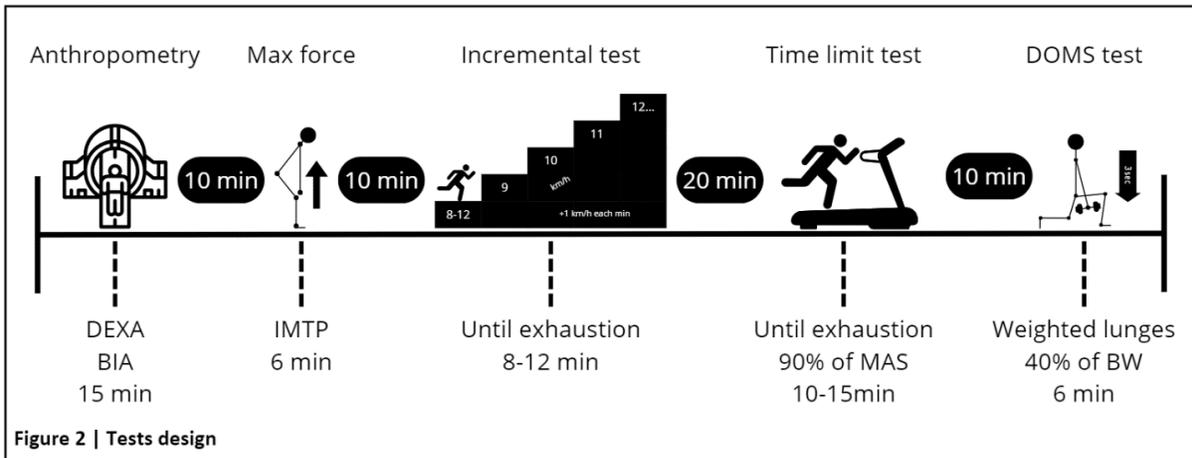


Figure 3.2 | Design tests



3.3 Procédures

3.3.1 Groupe expérimental supplémentation en œufs

La supplémentation en œufs de poule était effectuée au déjeuner ou le premier repas de la journée. Tous les œufs consommés devaient être cuits. La taille des œufs était extra-large. Le nombre d'œufs à consommer était de 3 pour les femmes et 4 pour les hommes. La durée de la supplémentation était de 6

semaines. Mis à part cette supplémentation en œufs les participants ne devaient pas consommer davantage d'œufs à d'autres moments de la journée au cours des 6 semaines et ne pas modifier leurs habitudes alimentaires. Afin d'assurer que les participants consommaient les œufs au déjeuner une photo via l'application Kennoa® devait être prise pour chaque déjeuner.

La supplémentation en œufs de poule était effectuée au déjeuner ou le premier repas de la journée. Tous les œufs consommés devaient être cuits comme l'absorption des nutriments des œufs crus est fortement réduite de 30 à 50% (Evenepoel et al., 1998, 1999) et peut présenter un risque de toxi-infection alimentaire. La taille des œufs était extra-large. Le nombre d'œufs à consommer par les participants a été déterminé selon les apports en protéines idéaux pour induire la plus grande réponse anabolique et l'acceptabilité auprès de femmes et hommes inscrite dans des équipes universitaires. Selon les plus récentes évidences, des apports de 20g à 40g de protéine par repas seraient l'idéal. Ainsi, un apport de 3 à 5 œufs extra-large permettrait d'avoir des apports en protéine de 21 à 35 g de protéine. À la suite de discussions avec des étudiant.e.s athlètes universitaires féminines et masculins des apports de 3 œufs pour les femmes semblait être plus acceptable que 4 œufs et des apports de 4 œufs pour les hommes plutôt que 5 œufs étaient plus acceptables. La durée de la supplémentation était de 6 semaines. De plus, mis à part cette supplémentation en œufs, les participants ne devaient pas consommer davantage d'œufs à d'autres moments de la journée au cours des 6 semaines et de ne pas modifier leurs habitudes alimentaires. Afin de s'assurer que les participants consommaient les œufs au déjeuner une photo via l'application Keenoa® devait être prise pour chaque déjeuner.

3.3.2 Groupe contrôle restriction en œufs

Aucun œuf ne devait être consommé ni au déjeuner ni à tout autre repas pour la période de 6 semaines de l'étude. L'étude comprenait que les participants pourraient consommer des aliments contenant les œufs dans les ingrédients, ainsi des œufs consommés indirectement via des aliments préparés comme des gâteaux, pain, pâte ou boulette de viande étaient tolérés. De plus, mis à part l'exclusion des œufs de l'alimentation, les participants devaient conserver leurs habitudes alimentaires.

3.3.3 Journaux alimentaires

Les participants devaient tenir un journal alimentaire d'une durée de trois jours. Chaque journée notée devait être espacée d'une journée non notée. Le journal alimentaire a été complété lors de la semaine 0, soit avant de débiter la supplémentation en œufs pour le groupe expérimental ou la restriction en œufs

pour le groupe contrôle et lors de la semaine 6. Les journaux alimentaires étaient effectués via l'application Keenoa® disponible sur téléphone (Bouzo et al., 2022). L'application permet d'enregistrer sous format de photos les aliments mangés et de listes d'aliments comprenant les quantités. Dans les journaux alimentaires, les participants devaient noter la quantité précise de tous les aliments consommés. Une fois complété, un nutritionniste a vérifié l'information contenue dans les journaux alimentaires pour s'assurer de l'exactitude des informations (Ji et al., 2020).

3.3.4 Journal de volume d'entraînement

Les participants devaient noter leur volume d'entraînement sous forme de kilomètre dans un fichier excel en ligne pour la durée complète de l'étude soit les semaines 1 à 6. L'intensité des entraînements était évaluée par le participant en indiquant un pointage de 1 à 10 selon une échelle de perception de l'effort pour la session complète (Foster, 1998; Seiler & Kjerland, 2006).

3.4 Préparation en vue des visites en laboratoire de base et de fin

Les 3 jours précédents les visites en laboratoire, les participants devaient éviter d'effectuer tout exercice très exigeant qui pourrait induire de la fatigue en vue des tests physiques et/ou qui pourraient induire des courbatures. Les participants devaient arrêter de manger des aliments solides quatre heures avant l'arrivée en laboratoire et devaient arrêter de boire deux heures avant l'arrivée en laboratoire. Le dernier repas avant la visite en laboratoire était standardisé par un nutritionniste. Les participants ont reçu six options de repas équivalentes en termes de macronutriments. Les repas étaient standardisés à 210g de glucides, 30g de protéines et 15g de lipides. Le repas d'avant test devait être photographié via l'application Keenoa® pour assurer la conformité du repas pré-test. De plus les participants devaient boire 500mL d'eau 4h avant le test pour assurer un état d'hydratation adéquat (L. Burke & Deakin, 2015). Si un participant décidait de boire davantage de liquide que le 500mL imposé, il devait consommer la même quantité de liquide lors des deux visites.

3.4.1 Anthropométrie

La grandeur des participants a été mesurée à l'aide d'un stadiomètre (Seca 67029 de SECA®, Hambourg, Allemagne). La composition corporelle des participants a été évaluée à l'aide d'un appareil DXA (Prodigy de GE Healthcare®, Madison, Wisconsin, États-Unis). Les participants devaient effectuer les tests de composition corporelle en tenue de sport la plus légère possible. Ils devaient porter la même tenue de sport lors des tests de bases et de fin. Avant les évaluations, un calibrage de l'appareil était réalisé afin de

s'assurer de la précision des mesures. Les procédures du fabricant étaient suivies pour effectuer les mesures et répétées pour toutes les évaluations des participants à l'étude.

3.4.2 Test de force maximale

Pour effectuer les *isometric mid thigh-pull*, les plateformes de forces Vald Performance (Queensland, Australia) enregistrant à une fréquence de 1000 HZ et étaient placées au-dessus d'un châssis en métal permettant l'amarrage d'une chaîne et d'une barre. Avant d'effectuer le test, un échauffement de 5 minutes de course à pied léger était effectué, puis 3 efforts sous-maximaux au *isometric mid-thigh pull* à 50%, 75%, 90% d'effort perçus étaient effectués. Pour effectuer les *isometric mid thigh-pull*, les participants tenaient la poignée à la hauteur de leur mi-cuisse et leur position était vérifiée par un goniomètre de façon à ce que l'angle de genou soit de 125° à 145° et l'angle de la hanche soit de 140° à 150°. Les participants devaient conserver leur bras complètement étiré en tenant la barre durant le positionnement. La hauteur de chaîne était ajustée de façon à ce que les angles soient respectés. La même hauteur de chaîne a été utilisée lors des deux tests. Les participants recevaient les consignes de positionnement suivantes : A) Tenez fermement les poignées B) Épaules reculées C) Poitrine haute D) Regard droit devant. Une fois en position sur les plateformes de forces, les consignes concernant l'exécution du *isometric mid thigh pull* seront : A) Restez complètement immobile pour 3 secondes B) Tirez le plus fort et le plus rapidement possible sur les poignées en poussant contre les plateformes durant 3 secondes. C) Relâchez la tension. Une pause de 1 minute entre chacune des répétitions était donnée au participant. Trois répétitions étaient enregistrées. Des encouragements verbaux intenses étaient donnés aux participants durant les répétitions pour assurer un effort maximal.

3.4.3 Test incrémental sur tapis roulant

Un test incrémental sur tapis roulant (Quinton Q65 Séries 90, Espagne) avec une pente de 1% (Jones & Doust, 1996) sera mené jusqu'à épuisement volontaire. Avant de débiter le test incrémental, le participant se faisait placer la bande de fréquence cardiaque et l'analyseur métabolique portable. Ensuite, un échauffement de 5 minutes à une vitesse considérée d'échauffement habituelle pour le participant était effectué sur le tapis roulant. Le test incrémental débutait à une vitesse variable selon le niveau de performance du coureur de façon à ce que le test dure de huit à douze minutes. Ainsi, les vitesses de début variaient de 8km/h à 12km/h. Chaque palier durait une minute et l'incrément de vitesse était de 1km/h par palier. Des encouragements verbaux intenses étaient donnés aux participants durant les derniers paliers pour assurer un effort maximal. Le test incrémental était effectué au même moment de la journée

dans une pièce où la température était maintenue entre 20 et 22°C et une humidité relative de 40 à 50%. Un retour au calme de 3 minutes à la marche était demandé au participant. Le participant conservait l'analyseur métabolique portable pour la période de récupération avant le test de temps limite.

3.4.4 Test de temps limite

Un test de temps limite à 90% de la vitesse aérobie maximale sur tapis roulant (Quinton Q65 Séries 90, Espagne) avec une pente de 1% (Jones & Doust, 1996) était mené jusqu'à épuisement volontaire 20 minutes après avoir terminé le test incrémental. Avant de débiter le test de temps limite, le participant se faisait placer la bande de fréquence cardiaque et l'analyseur métabolique portable. Le test débutait avec un échauffement d'environ 5 minutes à une vitesse considérée d'échauffement habituelle pour le participant sur le tapis roulant. La vitesse fixée lors du test de temps limite était déterminée selon la dernière minute complétée lors du test incrémental. Ainsi, un participant ayant arrêté son test à une vitesse de 18km/h après 40 secondes avait une vitesse aérobie maximale de 17,6km/h. Donc, la vitesse à laquelle il devait courir à l'épuisement, qui correspond à 90% de sa vitesse aérobie maximale, était de 15,9km/h. La durée approximative théorique du test est de 10 à 15 minutes (Blondel et al., 2001; Heubert et al., 2003). Des encouragements verbaux intenses étaient donnés aux participants à partir de la minute quatre afin d'assurer un effort maximal. Le test de temps limite était effectué dans la même pièce que le test incrémental. Une fois l'épuisement atteint, un retour au calme de 3 minutes à la marche était demandé au participant.

3.4.4.1 Mesures physiologiques durant les tests sur tapis roulant

Une bande de fréquence cardiaque Polar H10 (Polar, Kempele, Finlande) était utilisée pour mesurer la fréquence cardiaque en continu. Chaque participant plaçait au niveau du torse une bande de fréquence cardiaque préalablement mouillée avec de l'eau. La bande de fréquence cardiaque était couplée avec l'analyseur métabolique portable VO2 Master Pro (VO2 Master Health Sensors Inc., Vernon, Canada). La consommation d'oxygène était mesurée en continu. Les procédures de calibration du fabricant ont été répétées pour chaque test physique.

3.4.5 Test pour induire des courbatures

Pour induire les courbatures, 4 séries de 10 fentes stationnaires lestées avec 40% du poids de corps du participant ont été effectuées pour les deux jambes avec un repos de 2 minutes entre les séries. Une vitesse d'exécution de 3-1-1 était imposée ce qui permet de mettre une emphase sur la phase excentrique

du mouvement (Douglas et al., 2017). Si un participant n'était pas capable d'effectuer toutes les répétitions de chacune des séries, elles étaient effectuées jusqu'à l'échec. La position de base pour les fentes stationnaires était déterminée selon deux consignes. 1) En position haute, l'articulation du genou de la jambe placée en avant doit être au-dessus ou devant l'articulation de la cheville de cette jambe. 2) En position basse, l'angle derrière le genou de la jambe avant du participant doit être de moins de 90°. Pour chacune des fentes, le genou des participants devait toucher le sol avec la jambe arrière.

3.4.5.1 Évaluation des courbatures

Afin d'évaluer la sévérité des courbatures ressenties par les participants des échelles numériques disponibles via Google Form® ont été complétées à quatre reprises. Pour compléter les échelles numériques, le participant devait effectuer trois mouvements : 1) demi-squat à une jambe, 2) étirement du quadriceps et 3) squat sauté. Pour chacun des mouvements, le participant devait noter sur l'échelle de 0 à 10 l'intensité des douleurs ressenties. Pour aider à la complétion de l'échelle, les mots « Aucune douleur » sont associés au point 0 et les mots « Douleur extrême » sont associés au point 10. La première échelle devait être complétée au début des visites en laboratoires. Un score de 0/10 pour les trois mouvements devra être obtenu pour poursuivre les autres tests physiques. Les 3 échelles suivantes devaient être complétées dans les 30 minutes suivant le réveil des trois jours suivant la visite en laboratoire. Comme les résultats du formulaire étaient reçus en direct par l'équipe de recherche, un membre de l'équipe de recherche contactait les participants la journée même en cas d'oubli de complétion du formulaire.

3.5 Analyses statistiques

Les résultats ont été présentés comme valeurs moyennes \pm l'écart type. La normalité des résultats a été vérifiée à l'aide du test Shapiro-Wilks. Une ANOVA pour mesures répétées a été utilisée avec deux facteurs (2 Groupes x 2 temps). La différence significative a été définie à $p < 0.05$. Les effets de taille (d) de Cohen ont été présentés. Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel IBM SPSS Statistics version 28.0.1.

3.6 Bref résumé de l'étude

Le déjeuner est le repas le plus pauvre en protéine au Canada et aux États-Unis. Pour récupérer de leurs entraînements, des athlètes doivent consommer suffisamment d'énergie et de protéine au cours de la journée. Consommer des quantités sous-optimales de protéine au déjeuner peut nuire à la récupération de l'athlète comme en concentrant ses apports protéiques sur un plus petit nombre de repas il risque de

ne pas consommer suffisamment de protéine à la fin de la journée. De par sa composition unique, l'œuf de poule semble être aliment intéressant pour permettre une meilleure récupération, une amélioration de la performance physique et de la composition corporelle. Les effets d'une supplémentation quotidienne en œufs chez des sportifs n'ont jamais été étudiés. Le but de cette étude est de déterminer les effets d'une supplémentation quotidienne en œufs de poule sur la performance physique, la composition corporelle et l'atténuation des courbatures chez des coureurs amateurs. 36 coureurs amateurs courant plus de 20km par semaine ont été assignés sur une base volontaire au groupe expérimental ou au groupe contrôle pour une durée de 6 semaines. Le groupe expérimental (n=18) consommait 3 œufs pour les femmes et 4 œufs pour les hommes tous les jours au déjeuner. Le groupe contrôle (n=18) devait s'abstenir des consommer des œufs pour la durée complète de l'étude. Les variables suivantes ont été évaluées : 1) La performance physique via un test incrémental maximal, un test de temps limite et isometric mid-thigh pull, 2) la composition corporelle et 3) l'atténuation des courbatures. Un temps à l'épuisement plus long est attendu dans le groupe expérimental pour les tests incrémental et de temps limite. Une amélioration de la composition corporelle est attendue dans le groupe expérimental via une augmentation de la masse maigre et une diminution de la masse grasse. Une atténuation des courbatures plus marquée est attendue dans le groupe expérimental en réponse à une séance d'entraînement dont les athlètes ne sont pas habitués.

CHAPITRE 4

Résultats

4.1 Résultats

L'ensemble des données sont présentées dans les tableaux. Le Tableau 4.1 présente les résultats de tests T indépendants des caractéristiques spécifiques des groupes témoin et œufs. Les tableaux 4.2, 4.4, 4.6 et 4.8 présentent les résultats d'analyses Anova à mesures répétées pour l'évolution des courbatures, la composition corporelle, les apports alimentaires et la performance physique. Les tableaux 4.3, 4.5, 4.7 et 4.9 présentent les résultats des analyses post-hoc pour les groupes témoins et œufs aux temps pré et post pour l'évolution des courbatures, la composition corporelle, les apports alimentaires et la performance physique. En raison d'un bris d'équipement des plateformes de forces. Seuls 8 participants ont complété les tests d'isometric mid-thigh pull. Au total, 29 participants ont complété tous les autres tests de l'étude. Les principaux résultats de l'étude sont les suivants : réduction des courbatures totales jour 2 uniquement dans le groupe témoin (-2,74points, $p= 0,039$), réduction des courbatures totales jour 3 uniquement dans le groupe œufs (-3,07points, $p= 0,019$), réduction des courbatures totales des 3 jours dans les 2 groupes Témoin : (-5,67point, $p = 0,027$) et Oeufs (-7,07points, $p= 0,009$), réduction de la masse adipeuse uniquement dans le groupe témoin (-0,85%, $p= 0,048$), réduction de l'apport en glucide uniquement dans le groupe œufs (-49,76g, $p= 0,032$), et augmentation de la VAM dans les deux groupes Témoin : (+0,26km/h, $p=0,001$) et Oeufs : (+0,46km/h, $p= 0,001$).

4.2 Caractéristiques spécifiques des groupes témoin et œufs

Les caractéristiques spécifiques des groupes témoin et œufs sont présentées dans le tableau 4.1 et 4.2. Aucune différence significative pour l'âge, la taille, le volume d'entraînement et la charge d'entraînement n'ont été observés. Ainsi, les groupes témoin et œufs sont similaires pour ces paramètres.

Tableau 1.1 Caractéristiques spécifiques des groupes témoin et œufs.

<u>Variab</u> les	Témoin	Œufs	df	t	p
Sexe féminin	6	6	-	-	-
Sexe masculin	9	8	-	-	-
Âge (année)	29,27 (5,26)	31,43 (6,07)	27	1,027	0,314
Taille (cm)	170,06 (10,06)	174,87 (10,60)	27	1,254	0,220
Volume d'entraînement (km)	54,02 (40,48)	40,34 (10,64)	27	-1,225	0,231
Charge d'entraînement (EP*km)	289,13 (261,37)	249,46 (136,07)	27	-0,507	0,616

Valeurs moyennes (écart-type); cm, centimètre; km, kilomètre; EP*km, effort perçu*kilomètre; * différence significative $p \leq 0,05$

4.3 Caractéristiques spécifiques d'évolution des courbatures suivant 6 semaines d'intervention

Les résultats des analyses Anova à mesure répétées pour l'évolution des courbatures sont présentés dans le tableau 4.2. Dans le tableau 4.2, des différences significatives sont présentes pour les comparaisons intra-sujet pour les courbatures totales jour 1 (points) ($F = 5,826$, $p = 0,023$), les courbatures totales jour 2 (points) ($F = 6,792$, $p = 0,015$), les courbatures totales jour 3 (points) ($F = 5,814$, $p = 0,023$), les courbatures totales des 3 jours (points) ($F = 13,317$, $p = 0,001$) et les courbatures pic des 3 jours (points) ($F = 7,566$, $p = 0,010$). Les résultats des analyses post-hoc pour l'évolution des courbatures sont présentés dans le tableau 3. Dans le tableau 3, des différences significatives sont présentes entre les valeurs moyennes obtenues

au temps pré et post dans le groupe témoins pour les courbatures totales jour 2 (différence = -2,74 points, $p = 0,039$) et les courbatures totales des 3 jours (différence = -5,67 points, $p = 0,027$). Dans le tableau 4.3, des différences significatives sont présentes entre les valeurs moyennes obtenues au temps pré et post dans le groupe oeufs pour les courbatures totales jour 3 (différence = -3,07 points, $p = 0,019$) et les courbatures totales des 3 jours (différence = -7,07 points, $p = 0,009$). Aucune autre différence significative pour l'évolution des courbatures n'a été observée. Aucune différence entre les groupes n'a été observée pour l'ensemble des valeurs.

Tableau 2.2 Évolution des courbatures. Analyses ANOVA à mesures répétées deux facteurs (groupe*temps).

<u>Variables</u>	Intra-sujets		Inter-sujets	
	F _(1,27)	P (η_p^2)	F _(1,27)	P (η_p^2)
Courbatures totales jour 1 (points)	5,826	0,023* (0,177)	0,007	0,934 (0,000)
Courbatures totales jour 2 (points)	6,792	0,015* (0,201)	0,163	0,690 (0,006)
Courbatures totales jour 3 (points)	5,814	0,023* (0,177)	1,365	0,253 (0,048)
Courbatures totales des 3 jours (points)	13,317	0,001* (0,330)	0,162	0,691 (0,006)
Courbatures pic des 3 jours (points)	7,566	0,010* (0,219)	0,036	0,851 (0,001)

(η_p^2), Eta carré partiel; Kg, kilogramme ; * différence significative $p \leq 0,05$

Tableau 3.3 Caractéristiques spécifiques aux courbatures suivant 6 semaines d'intervention pour les groupes témoin et œufs. Analyses post-hoc

<u>Variables</u>	Témoin			Œufs		
	Pré	Post	p	Pré	Post	p
Courbatures totales jour 1 (points)	10,87 (5,83)	9,00 (5,58)	0,105	10,43 (5,97)	8,43 (3,86)	0,094
Courbatures totales jour 2 (points)	11,27 (6,85)	8,53 (7,09)	0,039*	9,57 (6,27)	7,57 (4,36)	0,137
Courbatures totales jour 3 (points)	5,67 (4,98)	4,60 (5,74)	0,379	6,57 (5,35)	3,50 (3,59)	0,019*
Courbatures totales des 3 jours (points)	27,80 (15,94)	22,13 (16,03)	0,027*	26,57 (14,84)	19,50 (10,55)	0,009*
Courbatures pic des 3 jours (points)	5,47 (2,36)	4,53 (2,13)	0,076	5,07 (1,73)	4,00 (1,88)	0,051

Valeurs moyennes (écart-type); * différence significative comparé à pré, $p \leq 0,05$. Voir Tableau Anova 2.

4.4 Caractéristiques spécifiques de la composition corporelle suivant 6 semaines d'interventions

Les résultats des analyses Anova à mesure répétées pour la composition corporelle sont présentés dans le tableau 4.4. Dans le tableau 4.4, une différence significative est présente pour la comparaison intra-sujet pour la masse adipeuse (%) ($F = 4,853$, $p = 0,036$). Les résultats des analyses post-hoc pour la composition corporelle sont présentés dans le tableau 5. Dans le tableau 4.5, une différence significative est présente entre les valeurs moyennes obtenues au temps pré et post dans le groupe témoin pour la masse adipeuse (%) (différence = $-0,85\%$, $p = 0,048$). Aucune autre différence significative pour la composition corporelle a été observée. Aucune différence entre les groupes n'a été observée pour l'ensemble des valeurs.

Tableau 4.4 Composition corporelle. Analyses ANOVA à mesures répétées deux facteurs (groupe*temps).

Variables	Intra-sujets		Inter-sujets	
	F _(1,27)	P (η_p^2)	F _(1,27)	P (η_p^2)
Poids (kg)	0,507	0,482 (0,018)	0,001	0,974 (0,000)
Masse adipeuse (%)	4,853	0,036* (0,152)	0,454	0,506 (0,017)
Masse maigre (kg)	2,255	0,145 (0,077)	0,325	0,574 (0,012)
Masse maigre appendiculaire (kg)	0,080	0,780 (0,003)	0,291	0,594 (0,011)
Masse maigre jambes (kg)	2,524	0,124 (0,086)	0,57	0,812 (0,002)
Composition osseuse (kg)	1,837	0,187 (0,064)	0,519	0,477 (0,019)

(η_p^2), Eta carré partiel; Kg, kilogramme; * différence significative $p \leq 0,05$

Tableau 5.5 Caractéristiques spécifiques de la composition corporelle suivant 6 semaines d'intervention pour les groupes témoin et œufs. Analyses post-hoc

<u>Variables</u>	Témoin			Œufs		
	Pré	Post	p	Pré	Post	p
Poids (kg)	69,40 (11,26)	69,31 (10,91)	0,596	72,1 (11,80)	71,98 (11,59)	0,641
Masse adipeuse (%)	24,38 (10,72)	23,53 (10,77)	0,048*	20,55 (6,80)	20,10 (6,04)	0,297
Masse maigre (kg)	50,84 (12,70)	51,29 (12,49)	0,148	55,12 (11,55)	55,32 (11,18)	0,523
Masse maigre appendiculaire (kg)	28,93 (7,76)	28,52 (7,51)	0,559	31,80 (6,78)	31,92 (6,98)	0,860
Masse maigre jambes (kg)	19,44 (5,57)	19,84 (5,54)	0,199	21,29 (4,53)	21,58 (4,67)	0,357
Composition osseuse (kg)	2,76 (0,50)	2,73 (0,52)	0,147	3,05 (0,46)	3,04 (0,48)	0,662

Valeurs moyennes (écart-type); * différence significative comparée à pré, $p \leq 0,05$. Voir Tableau Anova 4.

4.5 Caractéristiques spécifiques des apports alimentaires suivant 6 semaines d'interventions

Les résultats des analyses Anova à mesure répétées pour les apports alimentaires sont présentés dans le tableau 4.6. Dans le tableau 4.6, une différence significative est présente pour la comparaison intra-sujet pour les apports en glucides (g) ($F = 5,944$, $p = 0,022$). Les résultats des analyses post-hoc pour les apports alimentaires sont présentés dans le tableau 4.7. Dans le tableau 4.7, une différence significative est présente entre les valeurs moyennes obtenues au temps pré et post dans le groupe œufs pour les apports en glucides (g) (différence = $-49,76g$, $p = 0,032$). Aucune autre différence significative pour les apports alimentaires a été observée. Aucune différence entre les groupes n'a été observée pour l'ensemble des valeurs.

Tableau 6.6 Apports alimentaires. Analyses ANOVA à mesures répétées deux facteurs (groupe*temps).

<u>Variables</u>	Intra-sujets		Inter-sujets	
	F _(1,27)	P (η_p^2)	F _(1,27)	P (η_p^2)
Énergie totale (kcal)	5,513	0,026* (0,170)	0,342	0,564 (0,013)
Glucides (g)	5,944	0,022* (0,180)	0,649	0,427 (0,023)
Protéines (g)	2,649	0,115 (0,089)	0,051	0,823 (0,002)
Protéines (g/kg)	1,541	0,225 (0,054)	0,096	0,759 (0,004)
Lipides (g)	1,791	0,192 (0,062)	0,016	0,900 (0,001)

(η_p^2), Eta carré partiel; kcal ; kilocalories g, gramme; Kg, kilogramme; * différence significative $p \leq 0,05$

Tableau 7.7 Caractéristiques spécifiques aux apports alimentaires suivant 6 semaines d'intervention pour les groupes témoin et œufs. Analyses post-hoc

<u>Variab</u> les	Témoin			Œufs		
	Pré	Post	p	Pré	Post	p
Énergie totale (kcal)	2259,72 (944,39)	2082,40 (514,22)	0,215	2419,04 (400,95)	2124,13 (517,69)	0,051
Glucides (g)	288,95 (134,56)	263,91 (83,83)	0,250	281,11 (55,75)	231,35 (76,71)	0,032*
Protéines (g)	96,67 (36,01)	91,15 (33,40)	0,322	105,39 (26,59)	98,07 (20,70)	0,209
Protéines (g/kg)	1,40 (0,49)	1,34 (0,50)	0,509	1,47 (0,29)	1,38 (0,27)	0,290
Lipides (g)	79,69 (34,74)	73,57 (24,48)	0,391	97,00 (24,53)	89,60 (21,81)	0,317

Valeurs moyennes (écart-type); g, gramme; kg, kilogramme; * différence significative comparée à pré, $p \leq 0,05$. Voir Tableau Anova 6.

4.6 Caractéristiques spécifiques de performance physique en course à pied suivant 6 semaines d'intervention

Les résultats des analyses Anova à mesure répétées pour la performance physique sont présentés dans le tableau 4.8. Dans le tableau 4.8, des différences significatives sont présentes pour les comparaisons intra-sujet pour la VAM (km/h) ($F = 57,694$, $p = 0,001$) et le VO₂ max théorique (ml/kg/min) ($F = 57,694$, $p = 0,001$). À noter que les valeurs de VO₂ max théorique ont été obtenues par la multiplication de 3,5 à la valeur de vitesse aérobie maximale obtenue lors des tests. Les résultats des analyses post-hoc pour la performance physique sont présentés dans le tableau 4.9. Dans le tableau 4.9, des différences significatives sont présentes entre les valeurs moyennes obtenues au temps pré et post dans les groupes témoins et œufs pour la VAM (km/h) (témoin : différence = +0,26 km/h, $p = 0,001$ et œufs : différence = + 0,46 km/h, $p = 0,001$) et le VO₂ Max théorique (ml/kg/min) (témoin : différence = 1,25 ml/kg/min, $p = 0,001$ et œufs : différence = + 1,59 ml/kg/min, $p = 0,001$). Aucune autre différence significative pour la performance

physique a été observée. Aucune différence entre les groupes n'a été observée pour l'ensemble des valeurs.

Tableau 8.8 Performance physique en course à pied. Analyses ANOVA à mesures répétées deux facteurs (groupe*temps).

<u>Variables</u>	Intra-sujets		Inter-sujets	
	F _(1,27)	P (η_p^2)	F _(1,27)	P (η_p^2)
VAM (km/h)	57,694	0,001** (0,681)	0,811	0,376 (0,029)
VO2 Max mesuré (ml/kg/min)	2,556	0,121 (0,086)	0,071	0,792 (0,003)
VO2 Max théorique (ml/kg/min)	57,694	0,001** (0,681)	0,811	0,376 (0,029)
Temps limite (sec)	0,117	0,735 (0,004)	0,067	0,798 (0,002)
O2 Peak durant le temps limite (ml/kg/min)	4,067	0,054 (0,131)	0,532	0,472 (0,019)
IMTP (N/kg)	0,558 _(1,6)	0,483 (0,085)	1,930	0,214 (0,243)

(η_p^2), Eta carré partiel; Kg, kilogramme; km/h, kilomètre par heure; ml/kg/min, millilitre par kilogramme par minute; sec, seconde; N/kg, newton par kilogramme; * différence significative $p \leq 0,05$; **différence significative $p \leq 0,001$

Tableau 9.9 Caractéristiques spécifiques aux performances physiques suivant 6 semaines d'intervention pour les groupes témoin et œufs. Analyses post-hoc

<u>Variab</u> les	Témoin			Œufs		
	Pré	Post	p	Pré	Post	p
VAM (km/h) Test par palier	16,89 (2,58)	17,15 (2,65)	0,001**	16,96 (1,51)	17,42 (1,53)	0,001**
VO2 Max mesuré (ml/kg/min)	57,61 (11,27)	58,83 (12,22)	0,346	58,49 (6,00)	60,200 (5,61)	0,206
VO2 Max théorique (ml/kg/min)	58,79 (9,04)	60,04 (9,29)	0,001**	59,37 (5,29)	60,96 (5,34)	0,001**
Temps limite (sec) (90% de la VAM réalisée la journée même)	358,40 (88,31)	356,87 (96,03)	0,952	391,57 (77,48)	380,64 (111,28)	0,679
O2 Peak durant le temps limite (ml/kg/min)	57,48 (10,80)	58,54 (11,97)	0,362	58,70 (5,62)	60,96 (5,80)	0,067
IMTP (n/kg)	30,97 (5,87)	30,24 (6,09)	0,132	30,50 (6,77)	30,72 (7,28)	0,699

Valeurs moyennes (écart-type); Eta carré partiel; Kg, kilogramme; km/h, kilomètre par heure; ml/kg/min, millilitre par kilogramme par minute; sec, seconde; N/kg, newton par kilogramme; * différence significative $p \leq 0,05$; **différence significative $p \leq 0,001$. Voir Tableau Anova 8.

CHAPITRE 5

Discussion

5.1 Discussion

Cette étude évaluait l'effet d'une supplémentation en œufs sur l'atténuation des courbatures, la composition corporelle, les apports alimentaires et la performance physique chez des coureurs amateurs. Afin de mieux comprendre les résultats obtenus, nous discutons d'abord des apports alimentaires, suivi de la composition corporelle, puis de l'atténuation des courbatures et enfin de la performance physique. On notera comme principaux résultats une réduction des courbatures marquée dans le groupe œufs et témoins, une réduction des apports en glucides dans le groupe œufs et une amélioration de la vitesse aérobie maximale dans les deux groupes, mais plus grande dans le groupe œufs.

Pour les apports alimentaires avec la supplémentation en œufs, nos résultats concordent partiellement avec les hypothèses de base puisque les apports en glucides ont réduit de façons significatives, les apports en protéines n'ont pas augmenté et les apports énergétiques ont presque été réduits de façon significative. D'une part, la réduction significative des apports en glucides et l'absence d'augmentation des apports en protéines pourraient être liés à la réduction d'appétit expérimenté par la majorité des participants durant la supplémentation pour les repas du déjeuner, la collation d'avant-midi et le dîner. Cette réduction de l'appétit rapportée par les participants lors de la supplémentation concorde avec les données de Ratliff et al. (2010), Bonnema et al. (2016) et Fallaize et al. (2013) et pourrait expliquer une consommation réduite d'aliments dont ceux riches en glucides et en protéines. Cette réduction d'appétit importante induite par les œufs s'expliquerait grâce à sa teneur élevée en protéines et en gras qui permettrait de maintenir plus longtemps les niveaux d'insuline postprandiaux et d'induire une suppression importante de la ghréline postprandiale comparativement à un déjeuner ne comprenant pas d'œufs (Ratliff et al., 2010). De plus, malgré que la réduction des apports énergétiques ne soit pas statistiquement significative, il demeure pertinent de mentionner qu'une tendance à la baisse des apports énergétiques semble émerger chez les participants supplémentés avec des œufs chez qui on observe une réduction d'environ 295 kcal ($P=0.051$) comparativement aux participants témoins. Ces résultats sont en accord avec d'autres obtenus par les groupes de Ratliff et al. (2010), Bonnema et al. (2016) et Fallaize et al. (2013). Bien que ces études ont été réalisées avec une population non athlétique dans un contexte d'intervention alimentaire et où la performance physique n'était pas un critère d'évaluation la réduction d'apport énergétique mesuré est similaire dans ces études et la présente.

D'un point de vue de la performance physique en course à pied, une réduction significative des apports en glucides n'est pas un effet souhaitable comme les apports en glucides sont essentiels pour effectuer des efforts d'intensités modérées à élevées que l'on retrouve à l'entraînement et en compétition (L. Burke & Deakin, 2015). Ainsi, une supplémentation en œufs sans attention particulière aux apports en glucides et aux apports énergétiques de la part de l'athlète pourrait nuire à la performance physique en course à pied si les apports glucidiques devenaient insuffisants par rapport aux besoins. D'autre part, pour la population générale souhaitant perdre du poids et qui pratique la course à pied ou une activité physique de façon récréative sans objectif de performance et où l'intensité demeure facile, cette réduction des apports en glucides et en énergie involontaire pourrait permettre de faciliter le processus.

Contrairement à l'hypothèse de base, une absence de résultats significatifs a été observée pour l'ensemble des mesures de composition corporelle avec la supplémentation en œufs. Ainsi, une telle supplémentation pour une durée de 6 semaines ne semble pas être un moyen efficace de modifier la composition corporelle. Cette absence de modification de la composition corporelle favorable ou défavorable pourrait s'expliquer entre-autres par le fait que la supplémentation ait été réalisée pendant une période de trop courte durée. Ainsi une supplémentation d'environ 12 semaines pourrait permettre de révéler des différences dans les mesures de composition corporelle comme une supplémentation de 6 semaines représente la plus courte durée généralement utilisée dans les études évaluant l'effet d'un supplément protéique (Lin et al., 2021). Cependant, augmenter la durée de la supplémentation pourrait réduire l'intérêt auprès des athlètes puisqu'à la fin de la supplémentation plusieurs participants mentionnaient la difficulté de continuer à consommer des œufs à tous les déjeuners pendant une période prolongée de 6 semaines. Malgré la courte durée de la supplémentation et que la composition corporelle des participants n'a pas été modifiée, la tendance de réduction des apports alimentaires laisse croire qu'une réduction du poids de l'athlète serait possible avec une durée de supplémentation plus longue. Il faut cependant noter que la perte de poids potentiellement induite ne serait pas nécessairement favorable à la course à pied comme en plus d'une légère réduction des apports énergétiques, une augmentation des apports en protéines par rapport à ceux évalués au cours de l'étude serait essentielle afin de maintenir la masse maigre tout en perdant de la masse (Hector & Phillips, 2018; Murphy et al., 2015; Witard et al., 2019).

Il faut toutefois noter une légère réduction du pourcentage de masse adipeuse qui est significative dans le groupe témoin. Bien que les apports alimentaires n'aient pas diminué de façons significatives, les volumes d'entraînement et les charges d'entraînements des participants augmentaient au fil des six semaines de l'étude comme la saison des compétitions débutait après la fin de la collecte de données. Cette augmentation hypothétique de la dépense énergétique pourrait potentiellement expliquer cette réduction du pourcentage de masse adipeuse dans le groupe témoin. Toutefois, il convient de noter que cette réduction du pourcentage de masse adipeuse n'a pas été observé dans le groupe expérimental alors que les volumes d'entraînement aussi étaient augmentés au fil des six semaines de l'étude.

Pour ce qui est de l'atténuation des courbatures, trois résultats intéressants ont émergé : 1) une réduction significative des courbatures totales au jour 3 avec la supplémentation uniquement, toutefois sans différence significative entre les groupes, 2) une réduction significative des courbatures dans les deux groupes avec une réduction plus importante avec la supplémentation pour le total des courbatures sur 3 jours, malgré aucune différence significative entre les groupes et 3) une réduction significative des courbatures totales au jour 2 pour le groupe témoin uniquement. Ces réductions plus importantes des courbatures dans le groupe œufs concordent avec l'hypothèse de départ indiquant qu'une supplémentation en œufs permettrait de réduire l'intensité des courbatures suivant une séance d'entraînement dont les participants n'étaient pas familiers. Toutefois, cette réduction des courbatures ne semble pas être liée aux apports en protéines totaux quotidiens comme aucune augmentation significative n'a été observée au niveau des apports alimentaires quotidiens avec la supplémentation. Ainsi, deux alternatives pourraient expliquer les résultats obtenus. D'une part la supplémentation en œufs permet d'apporter beaucoup plus de protéines lors du premier repas de la journée malgré qu'elle n'ait pas permis d'augmenter les apports quotidiens. Cette distribution des protéines plus équitable au cours de la journée pourrait permettre une meilleure récupération musculaire dès le début de la journée via un apport en acides aminés qui permet d'effectuer de la synthèse protéique musculaire (Draganidis et al., 2017). D'autre part, il serait possible que cette atténuation des courbatures observée soit due en partie par les autres facteurs nutritionnels de nature non protéique contenus dans les œufs tels que les micro-ARN et les phospholipides (Santos et al., 2021). Ces facteurs aux potentiels anti-inflammatoires et anabolique pourraient expliquer l'atténuation plus importante des courbatures via une meilleure gestion de l'inflammation des tissus musculaires endommagés et de la réparation plus rapide de ceux-ci. Cependant, comme aucun marqueur biologique n'a été mesuré au cours de l'étude, il est impossible de statuer sur la nature exacte de ces composants nutritionnels et de la gravité qu'ils ont sur l'atténuation des courbatures.

Concernant l'atténuation significative des courbatures totales au jour 2 obtenu uniquement dans le groupe témoin, il est difficile de statuer sur les mécanismes expliquant ce résultat obtenu. Quoi qu'il en soit davantage de résultats sur l'atténuation des courbatures sont en faveur de la supplémentation en œufs. Enfin, il faut noter que plusieurs études ont évalué l'effet d'une supplémentation en protéines et que les résultats sur l'atténuation des courbatures sont divergents (Hirose et al., 2013). Diverses raisons pourraient expliquer cela notamment les régions évaluées ainsi que les modalités de supplémentation.

Pour la performance physique, seule la vitesse aérobie maximale s'est améliorée de façon significative lors du test par palier avec la supplémentation en œufs, mais également dans le groupe témoin. Ainsi, malgré la différence non significative entre les groupes il demeure qu'avec la supplémentation en œufs il y a eu une augmentation plus grande de 0,2km/h par rapport au témoin. Cette différence non significative est digne de mention comme dans le milieu de la performance sportive un tel écart peut avoir une incidence majeure sur le résultat d'une compétition. Comme les apports en protéines n'ont pas augmenté de façon significative, cette amélioration légèrement plus importante avec la supplémentation pourrait s'expliquer partiellement par les nutriments de nature non protéique contenus dans les œufs comme discuté dans la revue de Santos et al. (2021). Ainsi la supplémentation en œufs, pourrait avoir aidé les coureurs à mieux récupérer de leurs entraînements ce qui leur a permis d'améliorer davantage leur résultat lors du test par palier après 6 semaines. Contrairement à nos hypothèses, aucune amélioration significative n'a été révélée pour la durée du test de temps limite, pour la consommation d'oxygène mesuré et de force maximale relative.

Bien que l'équipe de recherche se soit efforcée de créer des conditions expérimentales idéales, il demeure que quelques biais étaient présents dans le protocole réalisé. Voici les failles qui étaient présentes dans la recherche : les participants sélectionnaient le groupe auquel ils souhaitaient participer, les participants n'étaient pas ignorants quant aux groupes auxquels ils participaient, les volumes et les intensités d'entraînements durant les 6 semaines n'étaient pas contrôlés, d'autres types d'entraînement n'étaient pas contrôlés tel l'entraînement en musculation, vélo, natation et autres activités et les apports alimentaires des participants durant les 6 semaines n'étaient pas contrôlés et des encouragements verbaux ont été donnés aux participants durant les tests physiques. Ainsi, il faut rappeler que bien que l'alimentation affecte l'amélioration des coureurs, de nombreux autres facteurs le font également comme l'entraînement, le sommeil et le stress tous des éléments qui n'ont pas été contrôlés. Enfin, la durée de 6 semaines de supplémentation est relativement courte, il est possible qu'avec une durée plus longue telle

que 12 semaines davantage d'écart se soit creusé entre les groupes œufs et expérimental ce qui aurait pu permettre d'observer des différences significatives entre les groupes.

À la vue des résultats, une supplémentation quotidienne en œufs de poule pour une durée de 6 semaines semble être un moyen intéressant d'atténuer l'intensité des courbatures durant des périodes d'adaptation à de nouveaux types d'entraînements qui pourraient induire des courbatures. De plus, pour les individus ayant pour objectif une perte de poids, une supplémentation en œufs lors du premier repas de la journée semble être une façon intéressante de réduire l'appétit fortement pour les repas subséquents ce qui pourrait faciliter l'adhésion à un plan alimentaire restreint en calorie. Finalement, chez l'athlète débutant une supplémentation en œufs, une attention particulière devrait être portée quant aux apports alimentaires afin de s'assurer que les apports en glucides demeurent dans les valeurs optimales pour la performance sportive.

CHAPITRE 6

Conclusion

6.1 Conclusion

L'objectif initial du projet de recherche était d'évaluer l'effet d'une supplémentation quotidienne en œufs de poule au déjeuner pour une durée de 6 semaines sur l'atténuation des courbatures, la composition corporelle et la performance physique chez des coureurs amateurs.

Concrètement, une supplémentation en œufs semble être une alternative intéressante afin d'atténuer l'intensité des courbatures durant des périodes d'entraînement intenses chez des coureurs amateurs. Toutefois, à la vue des effets sur les apports alimentaires, il serait avisé de porter une attention sur les apports en glucides de l'athlète afin de s'assurer que la supplémentation ne réduise pas les apports en glucides qui sont essentiels pour effectuer des efforts de plus hautes intensités. Enfin, une supplémentation en œufs de poule pourrait permettre de susciter de meilleures adaptations à l'entraînement en course à pied.

À la connaissance de l'équipe de recherche, la présente étude est la première à avoir évalué l'effet d'une supplémentation en œufs chez des coureurs amateurs. À la vue des résultats intéressants obtenus, il serait pertinent pour les recherches futures de créer un devis expérimental de type chassé-croisé d'environ 12 semaines chez des coureurs qui accepterait d'avoir un plan d'entraînement structuré et contrôlé par l'équipe de recherche. De plus, il serait pertinent d'offrir un suivi nutritionnel aux participants afin de s'assurer que les apports en glucides demeurent dans des valeurs optimales pour la performance physique dans le groupe témoin et expérimentales. Alternativement, il serait pertinent d'évaluer si une supplémentation de poudre d'œufs permettrait d'augmenter les apports en protéines et d'éviter la réduction des apports en glucides.

Enfin, cette étude a permis de mettre en lumière que l'intégration d'œufs de poule à la routine quotidienne de coureurs amateurs peut être une alternative intéressante pour améliorer la récupération et la performance en course à pied. Toutefois, une attention particulière devrait être portée sur les apports en glucides afin d'éviter une réduction importante des sources de glucides dans l'alimentation du coureur ce qui pourrait affecter la capacité de l'athlète à maintenir des intensités d'entraînement ou de compétition élevés.

BIBLIOGRAPHIE

2015 Dietary Guidelines Advisory Committee Report. (s. d.).

All About the Egg. (s. d.). Eggs.Ca. Consulté 29 septembre 2023, à l'adresse
<https://www.eggs.ca/eggs101/view/4/all-about-the-egg>

Anderson, L., Naughton, R., Close, G., Di Michele, R., Morgans, R., Drust, B., & Morton, J. (2017). Daily Distribution of Macronutrient Intakes of Professional Soccer Players From the English Premier League. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 27, 1-18.
<https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0265>

Areta, J. L., Burke, L. M., Ross, M. L., Camera, D. M., West, D. W. D., Broad, E. M., Jeacocke, N. A., Moore, D. R., Stellingwerff, T., Phillips, S. M., Hawley, J. A., & Coffey, V. G. (2013a). Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *The Journal of Physiology*, 591(9), 2319-2331.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.244897>

Areta, J. L., Burke, L. M., Ross, M. L., Camera, D. M., West, D. W. D., Broad, E. M., Jeacocke, N. A., Moore, D. R., Stellingwerff, T., Phillips, S. M., Hawley, J. A., & Coffey, V. G. (2013b). Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *The Journal of Physiology*, 591(9), 2319-2331.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.244897>

Atherton, P. J., Etheridge, T., Watt, P. W., Wilkinson, D., Selby, A., Rankin, D., Smith, K., & Rennie, M. J. (2010). Muscle full effect after oral protein : Time-dependent concordance and discordance between human muscle protein synthesis and mTORC1 signaling1234. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 92(5), 1080-1088. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29819>

Atherton, P. J., & Smith, K. (2012). Muscle protein synthesis in response to nutrition and exercise. *The Journal of Physiology*, 590(Pt 5), 1049-1057. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.225003>

Auclair, O., & Burgos, S. A. (2021). Protein consumption in Canadian habitual diets : Usual intake, inadequacy, and the contribution of animal- and plant-based foods to nutrient intakes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 46(5), 501-510. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0760>

Bagheri, R., Hooshmand Moghadam, B., Ashtary-Larky, D., Forbes, S. C., Candow, D. G., Galpin, A. J., Eskandari, M., Kreider, R. B., & Wong, A. (2021). Whole Egg Vs. Egg White Ingestion During 12 weeks of Resistance Training in Trained Young Males : A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(2), 411.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003922>

Bagheri, R., Moghadam, B. H., Jo, E., Tinsley, G. M., Stratton, M. T., Ashtary-Larky, D., Eskandari, M., & Wong, A. (2020). Comparison of whole egg v. Egg white ingestion during 12 weeks of resistance training on skeletal muscle regulatory markers in resistance-trained men. *British Journal of Nutrition*, 124(10), 1035-1043. <https://doi.org/10.1017/S0007114520002238>

- Baier, S., Howard, K., Cui, J., Shu, J., & Zempleni, J. (2015). MicroRNAs in chicken eggs are bioavailable in healthy adults and can modulate mRNA expression in peripheral blood mononuclear cells. *The FASEB Journal*, 29(S1), LB322. https://doi.org/10.1096/fasebj.29.1_supplement.lb322
- Baier, S. R., Nguyen, C., Xie, F., Wood, J. R., & Zempleni, J. (2014). MicroRNAs Are Absorbed in Biologically Meaningful Amounts from Nutritionally Relevant Doses of Cow Milk and Affect Gene Expression in Peripheral Blood Mononuclear Cells, HEK-293 Kidney Cell Cultures, and Mouse Livers. *The Journal of Nutrition*, 144(10), 1495-1500. <https://doi.org/10.3945/jn.114.196436>
- Balsalobre-Fernández, C., Santos-Concejero, J., & Grivas, G. V. (2016). Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners : A Systematic Review With Meta-Analysis of Controlled Trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2361-2368. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001316>
- Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Running economy : Measurement, norms, and determining factors. *Sports Medicine - Open*, 1(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0007-y>
- Barr, S. I., Vatanparast, H., & Smith, J. (2018). Breakfast in Canada : Prevalence of Consumption, Contribution to Nutrient and Food Group Intakes, and Variability across Tertiles of Daily Diet Quality. A Study from the International Breakfast Research Initiative. *Nutrients*, 10(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/nu10080985>
- Benedé, S., & Molina, E. (2020). Chicken Egg Proteins and Derived Peptides with Antioxidant Properties. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(6), 735. <https://doi.org/10.3390/foods9060735>
- Berryman, N., Mujika, I., Arvisais, D., Roubéix, M., Binet, C., & Bosquet, L. (2018). Strength Training for Middle- and Long-Distance Performance : A Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(1), 57-64. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0032>
- Beshgetoor, D., & Nichols, J. F. (2003). Dietary Intake and Supplement Use in Female Master Cyclists and Runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13(2), 166-172. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.13.2.166>
- Blondel, N., Berthoin, S., Billat, V., & Lensele, G. (2001). Relationship Between Run Times to Exhaustion at 90, 100, 120, and 140 % of $\dot{V}O_2$ max and Velocity Expressed Relatively to Critical Velocity and Maximal Velocity. *International Journal of Sports Medicine*, 22(1), 27-33. <https://doi.org/10.1055/s-2001-11357>
- Bohé, J., Low, J. F. A., Wolfe, R. R., & Rennie, M. J. (2001). Rapid Report. *The Journal of Physiology*, 532(2), 575-579. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.0575f.x>
- Bonnema, A. L., Altschwager, D. K., Thomas, W., & Slavin, J. L. (2016). The effects of the combination of egg and fiber on appetite, glycemic response and food intake in normal weight adults – a randomized, controlled, crossover trial. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 67(6), 723-731. <https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1196654>
- Bouzo, V., Plourde, H., Beckenstein, H., & Cohen, T. R. (2022). Evaluation of the Diet Tracking Smartphone Application Keenoa™ : A Qualitative Analysis. *Canadian Journal of Dietetic Practice and Research: A Publication of Dietitians of Canada = Revue Canadienne De La Pratique Et De La*

Recherche En Dietetique: Une Publication Des Dietetistes Du Canada, 83(1), 25-29.
<https://doi.org/10.3148/cjdpr-2021-022>

- Burd, N. A., Holwerda, A. M., Selby, K. C., West, D. W. D., Staples, A. W., Cain, N. E., Cashaback, J. G. A., Potvin, J. R., Baker, S. K., & Phillips, S. M. (2010). Resistance exercise volume affects myofibrillar protein synthesis and anabolic signalling molecule phosphorylation in young men. *The Journal of Physiology*, 588(16), 3119-3130. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.192856>
- Burd, N. A., West, D. W. D., Moore, D. R., Atherton, P. J., Staples, A. W., Prior, T., Tang, J. E., Rennie, M. J., Baker, S. K., & Phillips, S. M. (2011). Enhanced Amino Acid Sensitivity of Myofibrillar Protein Synthesis Persists for up to 24 h after Resistance Exercise in Young Men¹⁻³. *The Journal of Nutrition*, 141(4), 568-573. <https://doi.org/10.3945/jn.110.135038>
- Burke, L., & Deakin, V. (2015). *Clinical sports nutrition* (Fifth edition). McGraw-Hill Education North Ryde, N.S.W; WorldCat.
- Burke, L. M. (2001). Energy Needs of Athletes. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(S1), S202-S219. <https://doi.org/10.1139/h2001-055>
- Byrne, C., Eston, R. G., & Edwards, R. H. (2001). Characteristics of isometric and dynamic strength loss following eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(3), 134-140.
- Canada, H. (2018, avril 19). *2015 Canadian Community Health Survey—Nutrition—Food and Nutrition Surveillance—Health Canada* [Guidance]. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/food-nutrition-surveillance/health-nutrition-surveys/canadian-community-health-survey-cchs/2015-canadian-community-health-survey-nutrition-food-nutrition-surveillance.html>
- Canada, S. (2005, juillet 20). *Apports nutritionnels de référence relatives aux macronutriments* [Ensembles de données]. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/saine-alimentation/apports-nutritionnels-reference/tableaux/valeurs-reference-relatives-macronutriments-tableaux-apports-nutritionnels-reference-2005.html>
- Carreiro, A. L., Dhillon, J., Gordon, S., Higgins, K. A., Jacobs, A. G., McArthur, B. M., Redan, B. W., Rivera, R. L., Schmidt, L. R., & Mattes, R. D. (2016). The Macronutrients, Appetite, and Energy Intake. *Annual Review of Nutrition*, 36(1), 73-103. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-121415-112624>
- Cawthon, P. M. (2015). Assessment of Lean Mass and Physical Performance in Sarcopenia. *Journal of Clinical Densitometry*, 18(4), 467-471. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2015.05.063>
- Chesterton, L. S., Sim, J., Wright, C. C., & Foster, N. E. (2007). Interrater reliability of algometry in measuring pressure pain thresholds in healthy humans, using multiple raters. *The Clinical Journal of Pain*, 23(9), 760-766. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e318154b6ae>
- Cintineo, H. P., Arent, M. A., Antonio, J., & Arent, S. M. (2018). Effects of Protein Supplementation on Performance and Recovery in Resistance and Endurance Training. *Frontiers in Nutrition*, 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2018.00083>

- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11 Suppl), S52-69. <https://doi.org/10.1097/00002060-200211001-00007>
- Clauss, M., Gérard, P., Mosca, A., & Leclerc, M. (2021). Interplay Between Exercise and Gut Microbiome in the Context of Human Health and Performance. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.637010>
- Cleather, D. J., & Guthrie, S. R. (2007). Quantifying delayed-onset muscle soreness : A comparison of unidimensional and multidimensional instrumentation. *Journal of Sports Sciences*, 25(8), 845-850. <https://doi.org/10.1080/02640410600908050>
- Cockburn, E., Hayes, P. R., French, D. N., Stevenson, E., & St Clair Gibson, A. (2008). Acute milk-based protein-CHO supplementation attenuates exercise-induced muscle damage. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 33(4), 775-783. <https://doi.org/10.1139/H08-057>
- Contrò, V., Mancuso, E. P., & Proia, P. (2016). *Delayed onset muscle soreness (DOMS) management : Present state of the art. 3.*
- Cupisti, A., D'Alessandro, C., Castrogiovanni, S., Barale, A., & Morelli, E. (2002). Nutrition Knowledge and Dietary Composition in Italian Adolescent Female Athletes and Non-athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12(2), 207-219. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.12.2.207>
- Cuthbertson, D. J., Babraj, J., Smith, K., Wilkes, E., Fedele, M. J., Esser, K., & Rennie, M. (2006). Anabolic signaling and protein synthesis in human skeletal muscle after dynamic shortening or lengthening exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 290(4), E731-E738. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00415.2005>
- Darmon, N., & Drewnowski, A. (2015). Contribution of food prices and diet cost to socioeconomic disparities in diet quality and health : A systematic review and analysis. *Nutrition Reviews*, 73(10), 643-660. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv027>
- da Silva, D. F., Simões, H. G., & Machado, F. A. (2015). vVO2max versus Vpeak, what is the best predictor of running performances in middle-aged recreationally-trained runners? *Science & Sports*, 30(4), e85-e92. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2014.10.006>
- del Pozo-Acebo, L., López de las Hazas, M.-C., Margollés, A., Dávalos, A., & García-Ruiz, A. (2021). Eating microRNAs : Pharmacological opportunities for cross-kingdom regulation and implications in host gene and gut microbiota modulation. *British Journal of Pharmacology*, 178(11), 2218-2245. <https://doi.org/10.1111/bph.15421>
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Eccentric Exercise : Physiological Characteristics and Acute Responses. *Sports Medicine*, 47(4), 663-675. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0624-8>
- Draganidis, D., Chondrogianni, N., Chatzinikolaou, A., Terzis, G., Karagounis, L. G., Sovatzidis, A., Avloniti, A., Lefaki, M., Protopapa, M., Deli, C. K., Papanikolaou, K., Jamurtas, A. Z., & Fatouros, I. G.

- (2017). Protein ingestion preserves proteasome activity during intense aseptic inflammation and facilitates skeletal muscle recovery in humans. *British Journal of Nutrition*, 118(3), 189-200. <https://doi.org/10.1017/S0007114517001829>
- Duellman, M. C., Lukaszuk, J. M., Prawitz, A. D., & Brandenburg, J. P. (2008). Protein Supplement Users Among High School Athletes Have Misconceptions About Effectiveness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1124. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31817394b9>
- Eckel, R. H., Jakicic, J. M., Ard, J. D., de Jesus, J. M., Houston Miller, N., Hubbard, V. S., Lee, I.-M., Lichtenstein, A. H., Loria, C. M., Millen, B. E., Nonas, C. A., Sacks, F. M., Smith, S. C., Svetkey, L. P., Wadden, T. A., Yanovski, S. Z., & American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. (2014). 2013 AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk : A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*, 63(25 Pt B), 2960-2984. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.11.003>
- Edwards, R. R. (2005). Chapter 5—Pain Assessment. In H. T. Benzon, S. N. Raja, R. E. Molloy, S. S. Liu, & S. M. Fishman (Éds.), *Essentials of Pain Medicine and Regional Anesthesia (Second Edition)* (p. 29-34). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-06651-1.50009-5>
- Erdman, K. A., Tunnicliffe, J., Lun, V. M., & Reimer, R. A. (2013). Eating patterns and composition of meals and snacks in elite Canadian athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(3), 210-219. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.23.3.210>
- Evenepoel, P., Claus, D., Geypens, B., Hiele, M., Geboes, K., Rutgeerts, P., & Ghooos, Y. (1999). Amount and fate of egg protein escaping assimilation in the small intestine of humans. *The American Journal of Physiology*, 277(5), G935-943. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.1999.277.5.G935>
- Evenepoel, P., Geypens, B., Luypaerts, A., Hiele, M., Ghooos, Y., & Rutgeerts, P. (1998). Digestibility of cooked and raw egg protein in humans as assessed by stable isotope techniques. *The Journal of Nutrition*, 128(10), 1716-1722. <https://doi.org/10.1093/jn/128.10.1716>
- Fallaize, R., Wilson, L., Gray, J., Morgan, L. M., & Griffin, B. A. (2013). Variation in the effects of three different breakfast meals on subjective satiety and subsequent intake of energy at lunch and evening meal. *European Journal of Nutrition*, 52(4), 1353-1359. <https://doi.org/10.1007/s00394-012-0444-z>
- FCÉN. (2023). <https://aliments-nutrition.canada.ca/cnf-fce/serving-portion?id=125>
- Filipowicz, W., & Paszkowski, J. (2013). Gene Silencing. In S. Maloy & K. Hughes (Éds.), *Brenner's Encyclopedia of Genetics (Second Edition)* (p. 221-222). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374984-0.00603-3>
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training : Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(2), 145-168. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00004>

- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1164-1168. <https://doi.org/10.1097/00005768-199807000-00023>
- Fraeye, I., Bruneel, C., Lemahieu, C., Buyse, J., Muylaert, K., & Foubert, I. (2012). Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acids : A review. *Food Research International*, 48(2), 961-969. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.03.014>
- Garthe, I., & Maughan, R. J. (2018). Athletes and Supplements : Prevalence and Perspectives. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(2), 126-138. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0429>
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. E., Koivisto, A., & Sundgot-Borgen, J. (2011). Effect of Two Different Weight-Loss Rates on Body Composition and Strength and Power-Related Performance in Elite Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 21(2), 97-104. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.21.2.97>
- Gillen, J. B., Trommelen, J., Wardenaar, F. C., Brinkmans, N. Y. J., Versteegen, J. J., Jonvik, K. L., Kapp, C., de Vries, J., van den Borne, J. J. G. C., Gibala, M. J., & van Loon, L. J. C. (2017). Dietary Protein Intake and Distribution Patterns of Well-Trained Dutch Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 27(2), 105-114. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0154>
- Government of Canada, C. F. I. A. (2015, juin 12). *Part 2—Analysis and feedback—Nutrition labelling compliance test* [Reference material]. <https://inspection.canada.ca/food-labels/labelling/industry/nutrition-labelling/additional-information/compliance-test/eng/1409949165321/1409949250097?chap=3>
- Grgic, J., Scapec, B., Mikulic, P., & Pedisic, Z. (2022). Test-retest reliability of isometric mid-thigh pull maximum strength assessment : A systematic review. *Biology of Sport*, 39(2), 407-414. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2022.106149>
- Guermazi, A., Roemer, F., & Robinson, P. (2017). *Imaging of Muscle Injuries in Sports Medicine : Sports Imaging Series*. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017160267>
- Guinard, lean-X., Seador, K., Beard, J. L., & Brown, P. L. (1995). Sensory Acceptability of Meat and Dairy Products and Dietary Fat in Male Collegiate Swimmers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 5(4), 315-328. <https://doi.org/10.1123/ijsn.5.4.315>
- Hartman, J. W., Tang, J. E., Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., Lawrence, R. L., Fullerton, A. V., & Phillips, S. M. (2007). Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters². *The American Journal of Clinical Nutrition*, 86(2), 373-381. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.2.373>
- Heaney, S., O'Connor, H., Michael, S., Gifford, J., & Naughton, G. (2011). Nutrition Knowledge in Athletes : A Systematic Review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 21(3), 248-261. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.21.3.248>

- Hector, A. J., & Phillips, S. M. (2018). Protein Recommendations for Weight Loss in Elite Athletes : A Focus on Body Composition and Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(2), 170-177. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0273>
- Heubert, R., Bocquet, V., Koralsztein, J. P., & Billat, V. (2003). [Effect of 4 weeks of training on the limit time at VO2 max]. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquée*, 28, 717-736.
- Hirose, N., Sato, M., Yanagisawa, O., & Fukubayashi, T. (2013). Milk Peptide Intake May Decrease Muscle Damage after Eccentric Exercise. *International Journal of Sports and Health Science*, 11, 1-9. <https://doi.org/10.5432/ijshs.201223>
- Hoffman, J. R., & Falvo, M. J. (2004). Protein – Which is Best? *Journal of Sports Science & Medicine*, 3(3), 118-130.
- Hotfiel, T., Freiwald, J., Hoppe, M., Lutter, C., Forst, R., Grim, C., Bloch, W., Hüttel, M., & Heiss, R. (2018). Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) : Part I: Pathogenesis and Diagnostics. *Sportverletzung · Sportschaden*, 32(04), 243-250. <https://doi.org/10.1055/a-0753-1884>
- Hsu, Y. J., Chiu, C. C., Li, Y. P., Huang, W. C., Huang, Y. T., Huang, C. C., & Chuang, H. L. (2015). Effect of Intestinal Microbiota on Exercise Performance in Mice. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(2), 552. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000644>
- Hu, F. B., Stampfer, M. J., Rimm, E. B., Manson, J. E., Ascherio, A., Colditz, G. A., Rosner, B. A., Spiegelman, D., Speizer, F. E., Sacks, F. M., Hennekens, C. H., & Willett, W. C. (1999). A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women. *JAMA*, 281(15), 1387-1394. <https://doi.org/10.1001/jama.281.15.1387>
- Ji, Y., Plourde, H., Bouzo, V., Kilgour, R. D., & Cohen, T. R. (2020). Validity and Usability of a Smartphone Image-Based Dietary Assessment App Compared to 3-Day Food Diaries in Assessing Dietary Intake Among Canadian Adults : Randomized Controlled Trial. *JMIR mHealth and uHealth*, 8(9), e16953. <https://doi.org/10.2196/16953>
- Jones, A. M., & Doust, J. H. (1996). A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *Journal of Sports Sciences*, 14(4), 321-327. <https://doi.org/10.1080/02640419608727717>
- Joy, J. M., Gundermann, D. M., Lowery, R. P., Jäger, R., McCleary, S. A., Purpura, M., Roberts, M. D., Wilson, S. M., Hornberger, T. A., & Wilson, J. M. (2014). Phosphatidic acid enhances mTOR signaling and resistance exercise induced hypertrophy. *Nutrition & Metabolism*, 11(1), 29. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-11-29>
- Karagounis, L. G., Volterman, K. A., Breuillé, D., Offord, E. A., Emady-Azar, S., & Moore, D. R. (2018). Protein Intake at Breakfast Promotes a Positive Whole-Body Protein Balance in a Dose-Response Manner in Healthy Children : A Randomized Trial. *The Journal of Nutrition*, 148(5), 729-737. <https://doi.org/10.1093/jn/nxy026>

- Keogh, J. B., & Clifton, P. M. (2020). Energy Intake and Satiety Responses of Eggs for Breakfast in Overweight and Obese Adults—A Crossover Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(15). <https://doi.org/10.3390/ijerph17155583>
- Khalighi Sikaroudi, M., Soltani, S., Kolahdouz-Mohammadi, R., Clayton, Z. S., Fernandez, M. L., Varse, F., & Shidfar, F. (2020). The responses of different dosages of egg consumption on blood lipid profile : An updated systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Journal of Food Biochemistry*, *44*(8), e13263. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13263>
- Küllenberg, D., Taylor, L. A., Schneider, M., & Massing, U. (2012). Health effects of dietary phospholipids. *Lipids in Health and Disease*, *11*(1), 3. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-3>
- Kumar, V., Selby, A., Rankin, D., Patel, R., Atherton, P., Hildebrandt, W., Williams, J., Smith, K., Seynnes, O., Hiscock, N., & Rennie, M. J. (2009). Age-related differences in the dose–response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men. *The Journal of Physiology*, *587*(1), 211-217. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2008.164483>
- Kuriyan, R. (2018). Body composition techniques. *The Indian Journal of Medical Research*, *148*(5), 648-658. https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1777_18
- Kwon, J., Nishisaka, M. M., McGrath, A. F., Kristo, A. S., Sikalidis, A. K., & Reaves, S. K. (2023). Protein Intake in NCAA Division 1 Soccer Players : Assessment of Daily Amounts, Distribution Patterns, and Leucine Levels as a Quality Indicator. *Sports*, *11*(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/sports11020045>
- Lanferdini, F. J., Silva, E. S., Machado, E., Fischer, G., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2020). Physiological Predictors of Maximal Incremental Running Performance. *Frontiers in Physiology*, *11*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2020.00979>
- Larsen, H. B. (2003). Kenyan dominance in distance running. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, *136*(1), 161-170. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(03\)00227-7](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(03)00227-7)
- Lau, W. Y., Muthalib, M., & Nosaka, K. (2013). Visual Analog Scale and Pressure Pain Threshold for Delayed Onset Muscle Soreness Assessment. *Journal of Musculoskeletal Pain*, *21*(4), 320-326. <https://doi.org/10.3109/10582452.2013.848967>
- Léger, L., & Mercier, D. (1984). Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *1*(4), 270-277. <https://doi.org/10.2165/00007256-198401040-00003>
- Lewis, P. B., Ruby, D., & Bush-Joseph, C. A. (2012). Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clinics in Sports Medicine*, *31*(2), 255-262. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2011.09.009>
- Lin, Y.-N., Tseng, T.-T., Knuiman, P., Chan, W. P., Wu, S.-H., Tsai, C.-L., & Hsu, C.-Y. (2021). Protein supplementation increases adaptations to endurance training : A systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition*, *40*(5), 3123-3132. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.12.012>

- Loenneke, J. P., Loprinzi, P. D., Murphy, C. H., & Phillips, S. M. (2016). Per meal dose and frequency of protein consumption is associated with lean mass and muscle performance. *Clinical Nutrition*, 35(6), 1506-1511. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.04.002>
- Logue, D., Madigan, S. M., Delahunt, E., Heinen, M., Mc Donnell, S.-J., & Corish, C. A. (2018). Low Energy Availability in Athletes : A Review of Prevalence, Dietary Patterns, Physiological Health, and Sports Performance. *Sports Medicine*, 48(1), 73-96. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0790-3>
- Lopez, P., Taaffe, D. R., Galvão, D. A., Newton, R. U., Nonemacher, E. R., Wendt, V. M., Bassanesi, R. N., Turella, D. J. P., & Rech, A. (2022). Resistance training effectiveness on body composition and body weight outcomes in individuals with overweight and obesity across the lifespan : A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 23(5), e13428. <https://doi.org/10.1111/obr.13428>
- Lu, T. X., & Rothenberg, M. E. (2018). MicroRNA. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 141(4), 1202-1207. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.08.034>
- Lum, D., Chua, K., & Aziz, A. R. (2020). Isometric mid-thigh pull force-time characteristics : A good indicator of running performance. *Journal of Trainology*, 9, 54-59. https://doi.org/10.17338/trainology.9.2_54
- Machado, F. A., Kravchychyn, A. C. P., Peserico, C. S., Da Silva, D. F., & Mezzaroba, P. V. (2013). Incremental test design, peak 'aerobic' running speed and endurance performance in runners. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 577-582. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.009>
- Macnaughton, L. S., Wardle, S. L., Witard, O. C., McGlory, C., Hamilton, D. L., Jeromson, S., Lawrence, C. E., Wallis, G. A., & Tipton, K. D. (2016). The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiological Reports*, 4(15), e12893. <https://doi.org/10.14814/phy2.12893>
- Mamerow, M. M., Mettler, J. A., English, K. L., Casperson, S. L., Arentson-Lantz, E., Sheffield-Moore, M., Layman, D. K., & Paddon-Jones, D. (2014). Dietary Protein Distribution Positively Influences 24-h Muscle Protein Synthesis in Healthy Adults. *The Journal of Nutrition*, 144(6), 876-880. <https://doi.org/10.3945/jn.113.185280>
- McNamara, D. J. (2015). The Fifty Year Rehabilitation of the Egg. *Nutrients*, 7(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/nu7105429>
- Moore, D. R., Areta, J., Coffey, V. G., Stellingwerff, T., Phillips, S. M., Burke, L. M., Cléroux, M., Godin, J.-P., & Hawley, J. A. (2012a). Daytime pattern of post-exercise protein intake affects whole-body protein turnover in resistance-trained males. *Nutrition & Metabolism*, 9(1), 91. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-91>
- Moore, D. R., Areta, J., Coffey, V. G., Stellingwerff, T., Phillips, S. M., Burke, L. M., Cléroux, M., Godin, J.-P., & Hawley, J. A. (2012b). Daytime pattern of post-exercise protein intake affects whole-body protein turnover in resistance-trained males. *Nutrition & Metabolism*, 9(1), 91. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-91>

- Moore, D. R., Robinson, M. J., Fry, J. L., Tang, J. E., Glover, E. I., Wilkinson, S. B., Prior, T., Tarnopolsky, M. A., & Phillips, S. M. (2009a). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *89*(1), 161-168. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26401>
- Moore, D. R., Robinson, M. J., Fry, J. L., Tang, J. E., Glover, E. I., Wilkinson, S. B., Prior, T., Tarnopolsky, M. A., & Phillips, S. M. (2009b). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *89*(1), 161-168. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26401>
- Morton, R. W., Murphy, K. T., McKellar, S. R., Schoenfeld, B. J., Henselmans, M., Helms, E., Aragon, A. A., Devries, M. C., Banfield, L., Krieger, J. W., & Phillips, S. M. (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine*, *52*(6), 376-384. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608>
- Moubarac, J.-C., & Cannon, G. (2017). *Ultra-processed foods in Canada : Consumption, impact on diet quality and policy implications*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24997.81123>
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., Meyer, N., Sherman, R., Steffen, K., Budgett, R., & Ljungqvist, A. (2014). The IOC consensus statement : Beyond the Female Athlete Triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*, *48*(7), 491-497. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093502>
- Murphy, C. H., Hector, A. J., & Phillips, S. M. (2015). Considerations for protein intake in managing weight loss in athletes. *European Journal of Sport Science*, *15*(1), 21-28. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.936325>
- Nakamura, Y., Iso, H., Kita, Y., Ueshima, H., Okada, K., Konishi, M., Inoue, M., & Tsugane, S. (2006). Egg consumption, serum total cholesterol concentrations and coronary heart disease incidence : Japan Public Health Center-based prospective study. *The British Journal of Nutrition*, *96*(5), 921-928. <https://doi.org/10.1017/bjn20061937>
- Nimalaratne, C., & Wu, J. (2015). Hen Egg as an Antioxidant Food Commodity : A Review. *Nutrients*, *7*(10), 8274-8293. <https://doi.org/10.3390/nu7105394>
- Nocella, C., Cammisotto, V., Pigozzi, F., Borrione, P., Fossati, C., D'Amico, A., Cangemi, R., Peruzzi, M., Gobbi, G., Ettorre, E., Frati, G., Cavarretta, E., Carnevale, R., & SMiLe Group. (2019). Impairment between Oxidant and Antioxidant Systems : Short- and Long-term Implications for Athletes' Health. *Nutrients*, *11*(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/nu11061353>
- Norton, C., Toomey, C., McCormack, W. G., Francis, P., Saunders, J., Kerin, E., & Jakeman, P. (2016). Protein Supplementation at Breakfast and Lunch for 24 Weeks beyond Habitual Intakes Increases Whole-Body Lean Tissue Mass in Healthy Older Adults. *The Journal of Nutrition*, *146*(1), 65-69. <https://doi.org/10.3945/jn.115.219022>
- Nussbaum, E. L., & Downes, L. (1998). Reliability of clinical pressure-pain algometric measurements obtained on consecutive days. *Physical Therapy*, *78*(2), 160-169. <https://doi.org/10.1093/ptj/78.2.160>

- Peake, J. M., Suzuki, K., Wilson, G., Hordern, M., Nosaka, K., Mackinnon, L., & Coombes, J. S. (2005). Exercise-induced muscle damage, plasma cytokines, and markers of neutrophil activation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(5), 737-745. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000161804.05399.3b>
- Pearson, A. G., Hind, K., & Macnaughton, L. S. (2023). The impact of dietary protein supplementation on recovery from resistance exercise-induced muscle damage : A systematic review with meta-analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, 77(8), Article 8. <https://doi.org/10.1038/s41430-022-01250-y>
- Peters, J., Lebrasseur, O., Irving-Pease, E. K., Paxinos, P. D., Best, J., Smallman, R., Callou, C., Gardeisen, A., Trixl, S., Frantz, L., Sykes, N., Fuller, D. Q., & Larson, G. (2022). The biocultural origins and dispersal of domestic chickens. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(24), e2121978119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2121978119>
- Protein Supplements Market Size And Share Report, 2030*. (s. d.). Consulté 27 septembre 2023, à l'adresse <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/protein-supplements-market>
- Qureshi, A. I., Suri, M. F. K., Ahmed, S., Nasar, A., Divani, A. A., & Kirmani, J. F. (2006). Regular egg consumption does not increase the risk of stroke and cardiovascular diseases. *Medical Science Monitor*, 13(1), CR1-CR8.
- Rankin, P., Stevenson, E., & Cockburn, E. (2015). The effect of milk on the attenuation of exercise-induced muscle damage in males and females. *European Journal of Applied Physiology*, 115(6), 1245-1261. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3121-0>
- Ratliff, J., Leite, J. O., de Ogburn, R., Puglisi, M. J., VanHeest, J., & Fernandez, M. L. (2010). Consuming eggs for breakfast influences plasma glucose and ghrelin, while reducing energy intake during the next 24 hours in adult men. *Nutrition Research*, 30(2), 96-103. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2010.01.002>
- Raymond-Barker, P., Petroczi, A., & Quested, E. (2007). Assessment of nutritional knowledge in female athletes susceptible to the Female Athlete Triad syndrome. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-2-10>
- Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The Golden Egg : Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. *Nutrients*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/nu11030684>
- Rouhani, M. H., Rashidi-Pourfard, N., Salehi-Abargouei, A., Karimi, M., & Haghightadoost, F. (2018). Effects of Egg Consumption on Blood Lipids : A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *Journal of the American College of Nutrition*, 37(2), 99-110. <https://doi.org/10.1080/07315724.2017.1366878>
- Rouillier, M.-A., David-Riel, S., Brazeau, A.-S., St-Pierre, D. H., & Karelis, A. D. (2015). Effect of an Acute High Carbohydrate Diet on Body Composition Using DXA in Young Men. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 66(4), 233-236. <https://doi.org/10.1159/000435840>
- Samal, J. R. K., & Samal, I. R. (2018). Protein Supplements : Pros and Cons. *Journal of Dietary Supplements*, 15(3), 365-371. <https://doi.org/10.1080/19390211.2017.1353567>

- Santos, H. O., Gomes, G. K., Schoenfeld, B. J., & Oliveira, E. P. de. (2021). The Effect of Whole Egg Intake on Muscle Mass : Are the Yolk and Its Nutrients Important? *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 31(6), 514-521. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2021-0086>
- Saturated fatty acid and trans-fatty acid intake for adults and children : WHO guideline.* (s. d.). Consulté 6 octobre 2023, à l'adresse <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240073630>
- Schoenfeld, B. J., & Aragon, A. A. (2018). How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0215-1>
- Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes : Is there evidence for an “optimal” distribution? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16(1), 49-56. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x>
- Shad, B. J., Smeuninx, B., Atherton, P. J., & Breen, L. (2015). The mechanistic and ergogenic effects of phosphatidic acid in skeletal muscle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(12), 1233-1241. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0350>
- Stefanaki, C., Pervanidou, P., Boschiero, D., & Chrousos, G. P. (2018). Chronic stress and body composition disorders : Implications for health and disease. *Hormones*, 17(1), 33-43. <https://doi.org/10.1007/s42000-018-0023-7>
- Stich, F. M., Huwiler, S., D'Hulst, G., & Lustenberger, C. (2021). The Potential Role of Sleep in Promoting a Healthy Body Composition : Underlying Mechanisms Determining Muscle, Fat, and Bone Mass and Their Association with Sleep. *Neuroendocrinology*, 112(7), 673-701. <https://doi.org/10.1159/000518691>
- NHANES. (2012). What we eat in America ? Consulté 26 septembre 2023, à l'adresse https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/80400530/pdf/0910/tables_1-40_2009-2010.pdf
- Tremblay, A., & Bellisle, F. (2015). Nutrients, satiety, and control of energy intake. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(10), 971-979. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0549>
- USDA. (s. d.-a). Egg yolk. Consulté 3 octobre 2023, à l'adresse <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/172184/nutrients>
- USDA. (s. d.-b). Egg white. Consulté 3 octobre 2023, à l'adresse <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/172183/nutrients>
- van Vliet, S., Shy, E. L., Abou Sawan, S., Beals, J. W., West, D. W., Skinner, S. K., Ulanov, A. V., Li, Z., Paluska, S. A., Parsons, C. M., Moore, D. R., & Burd, N. A. (2017). Consumption of whole eggs promotes greater stimulation of postexercise muscle protein synthesis than consumption of isonitrogenous amounts of egg whites in young men†. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 106(6), 1401-1412. <https://doi.org/10.3945/ajcn.117.159855>
- Volek, J. S., Volk, B. M., Gómez, A. L., Kunces, L. J., Kupchak, B. R., Freidenreich, D. J., Aristizabal, J. C., Saenz, C., Dunn-Lewis, C., Ballard, K. D., Quann, E. E., Kawiecki, D. L., Flanagan, S. D., Comstock, B. A., Fragala, M. S., Earp, J. E., Fernandez, M. L., Bruno, R. S., Ptolemy, A. S., ... Kraemer, W. J.

- (2013). Whey Protein Supplementation During Resistance Training Augments Lean Body Mass. *Journal of the American College of Nutrition*, 32(2), 122-135. <https://doi.org/10.1080/07315724.2013.793580>
- Wang, M. X., Wong, C. H., & Kim, J. E. (2019). Impact of whole egg intake on blood pressure, lipids and lipoproteins in middle-aged and older population : A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 29(7), 653-664. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2019.04.004>
- Wiens, K., Erdman, K. A., Stadnyk, M., & Parnell, J. A. (2014). Dietary Supplement Usage, Motivation, and Education in Young Canadian Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24(6), 613-622. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2013-0087>
- Wilkinson, S. B., Phillips, S. M., Atherton, P. J., Patel, R., Yarasheski, K. E., Tarnopolsky, M. A., & Rennie, M. J. (2008). Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. *The Journal of Physiology*, 586(Pt 15), 3701-3717. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2008.153916>
- Williamson, A., & Hoggart, B. (2005). Pain : A review of three commonly used pain rating scales. *Journal of Clinical Nursing*, 14(7), 798-804. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2005.01121.x>
- Wilson, P. B. (2017). Recent advances in avian egg science : A review. *Poultry Science*, 96(10), 3747-3754. <https://doi.org/10.3382/ps/pex187>
- Witard, O. C., Bannock, L., & Tipton, K. D. (2021). Making Sense of Muscle Protein Synthesis : A Focus on Muscle Growth During Resistance Training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 32(1), 49-61. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2021-0139>
- Witard, O. C., Garthe, I., & Phillips, S. M. (2019). Dietary Protein for Training Adaptation and Body Composition Manipulation in Track and Field Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 165-174. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0267>
- Witard, O. C., Jackman, S. R., Breen, L., Smith, K., Selby, A., & Tipton, K. D. (2014a). Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 99(1), 86-95. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.055517>
- Witard, O. C., Jackman, S. R., Breen, L., Smith, K., Selby, A., & Tipton, K. D. (2014b). Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 99(1), 86-95. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.055517>
- Yasuda, J., Asako, M., Arimitsu, T., & Fujita, S. (2019). Association of Protein Intake in Three Meals with Muscle Mass in Healthy Young Subjects : A Cross-Sectional Study. *Nutrients*, 11(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/nu11030612>
- Yasuda, J., Tomita, T., Arimitsu, T., & Fujita, S. (2020). Evenly Distributed Protein Intake over 3 Meals Augments Resistance Exercise-Induced Muscle Hypertrophy in Healthy Young Men. *The Journal of Nutrition*, 150(7), 1845-1851. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa101>

