

Synthèse des données probantes

Moment choisi pour faire de l'activité physique sur 24 heures et son influence sur la santé : revue systématique

Ian Janssen, Ph. D. (1, 2); Julie E. Campbell, M. Sc. (1); Samah Zahran, M. Sc. (1); Travis J. Saunders, Ph. D. (3); Jennifer R. Tomason, Ph. D. (1); Jean-Philippe Chaput, Ph. D. (4)

Cet article a fait l'objet d'une évaluation par les pairs.

 Diffuser cet article sur Twitter

Résumé

Introduction. Selon certaines études récentes, les bienfaits de l'activité physique pour la santé diffèrent selon que l'activité est pratiquée le matin, l'après-midi ou le soir. Le but de cette revue systématique était de déterminer s'il existe un lien entre, d'une part, le moment choisi pour faire de l'activité physique sur 24 heures et, d'autre part, la santé.

Méthodologie. Nous avons consulté cinq bases de données pour trouver des études évaluées par les pairs, en anglais ou en français, qui visaient à déterminer s'il existe un lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique au cours de la journée et la santé. Aucune limite n'a été imposée pour l'année de publication, la population étudiée, le plan d'étude ou les résultats sur la santé. Nous avons exclu les études qui s'intéressaient aux effets précis de l'activité physique ou du choix du moment pour faire de l'activité physique en fonction de la prise d'aliments.

Résultats. Cette revue systématique a porté sur 35 études réalisées auprès de 17 259 participants et sur les résultats sur la santé suivants : santé du sommeil, adiposité, masse musculaire et taille des muscles, biomarqueurs cardiométaboliques, fonctionnalité physique et mobilité, santé mentale et risque de maladies cardiovasculaires, de cancer et de décès. L'hétérogénéité des études a rendu impossibles les méta-analyses, et nous présentons nos résultats à l'aide de synthèses narratives. Sur les 35 études examinées, 11 ont révélé que l'activité physique est davantage bénéfique pour la santé si elle est pratiquée le matin que si elle est pratiquée l'après-midi ou le soir, tandis que 12 ont déterminé que l'activité physique est moins bénéfique pour la santé si elle est pratiquée le matin que si elle est pratiquée l'après-midi ou le soir. Dans les 12 autres études, il n'y avait pas de différence nette dans les bienfaits pour la santé en fonction du moment choisi pour faire de l'activité physique. Dans l'ensemble des plans d'étude, la qualité des données probantes pour les résultats sur la santé s'est révélée très faible.

Conclusion. Il n'existe pas de données probantes cohérentes indiquant qu'il est plus bénéfique pour la santé de faire de l'activité physique à un moment donné de la journée plutôt qu'à un autre. (no d'enregistrement dans PROSPERO : CRD42021231088)

Mots-clés : *activité physique, exercice, moment choisi, santé, revue systématique*

Introduction

Les premières recommandations nationales sur l'activité physique pour la santé publique proviennent du rapport de 1996

du directeur du Service de santé publique (Surgeon General) des États-Unis sur l'activité physique et la santé¹. On y recommandait, pour les adultes, « au moins 30 minutes d'activité physique

d'intensité modérée (comme de la marche rapide) la plupart des jours de la semaine, sinon tous les jours de la semaine »^{1, p. 6} [traduction]. Cette recommandation reposait sur des données probantes selon lesquelles les adultes doivent dépenser environ 1 000 kcal par semaine par la pratique d'une activité physique d'intensité

Points saillants

- Cette revue systématique avait pour but de déterminer s'il existe un lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique au cours de la journée et la santé.
- Au total, 35 études réalisées auprès de 17 259 participants ont été incluses.
- Les résultats de 11 études laissent penser que l'activité physique est davantage bénéfique à la santé si elle est pratiquée le matin plutôt que l'après-midi ou le soir. Les résultats de 12 études tendent à indiquer que l'activité physique est moins bénéfique pour la santé si elle est pratiquée le matin que si elle est pratiquée l'après-midi ou le soir. Enfin, les résultats de 12 études n'ont révélé aucune différence dans les résultats sur la santé en fonction du moment choisi pour faire de l'activité physique.
- Il n'existe pas de données probantes cohérentes indiquant qu'il est plus bénéfique pour la santé de faire de l'activité physique à un moment donné de la journée plutôt qu'à un autre.

Rattachement des auteurs :

1. École de kinésiologie et d'études sur la santé, Université Queen's, Kingston (Ontario), Canada
2. Département des sciences de la santé publique, Université Queen's, Kingston (Ontario), Canada
3. Département des sciences humaines appliquées, Université de l'Île-du-Prince-Édouard, Charlottetown (Île-du-Prince-Édouard), Canada
4. Groupe de recherche sur les saines habitudes de vie et l'obésité, Institut de recherche du Centre hospitalier pour enfants de l'est de l'Ontario, Ottawa (Ontario), Canada

Correspondance : Ian Janssen, École de kinésiologie et d'études sur la santé, Université Queen's, Kingston (Ontario) K7L 3N6; tél. : 613-533-6000, poste 78631; courriel : ian.janssen@queensu.ca

modérée à vigoureuse (APMV) pour réduire le risque de morbidité et de décès¹. On proposait pour cela environ 150 minutes d'APMV par semaine, à raison de 30 minutes par jour, 5 jours par semaine¹. Le *Guide d'activité physique canadien pour une vie active saine*² a fait des recommandations similaires en 1998.

Environ une dizaine d'années après la publication de ce rapport du directeur du service de Santé publique, les États-Unis³, le Canada⁴ et l'Organisation mondiale de la santé⁵ ont publié des recommandations actualisées en matière d'activité physique : on n'a alors plus fait mention d'une APMV la plupart des jours de la semaine ou tous les jours de la semaine, mais on a indiqué simplement que les adultes devaient accumuler 150 minutes d'APMV par semaine, par périodes d'au moins 10 minutes.

Plus récemment, les États-Unis⁶, le Canada⁷ et l'Organisation mondiale de la santé⁸ ont publié d'autres recommandations actualisées en matière d'activité physique. On ne mentionne plus que les minutes d'APMV doivent être accumulées par période d'au moins 10 minutes, car les données probantes montrent que l'APMV intermittente (moins de 10 minutes) procure de bienfaits pour la santé équivalents à ceux de séances régulières d'APMV⁶⁻⁸. Ainsi, si la quantité d'APMV et l'intensité de l'APMV recommandées pour la santé publique sont les mêmes depuis 1996, des changements significatifs ont été apportés aux éléments constituant ces recommandations, à savoir sur la façon d'accumuler les minutes d'APMV.

Ce qui n'a pas été pris en compte dans le cadre de ces recommandations, c'est le moment de la journée où ces minutes d'activité physique doivent être réalisées (le matin, l'après-midi ou le soir). D'après certaines études récentes, des doses équivalentes d'activité physique pratiquée le matin, l'après-midi et le soir sont associées à des résultats différents en matière d'adiposité⁹, de biomarqueurs cardiometaboliques¹⁰, de maladies cardiovasculaires¹¹ et de cancer¹². Ces nouvelles études, conjuguées à un certain intérêt médiatique^{13,14}, ont incité certaines personnes à recommander de faire de l'exercice à des moments précis de la journée, ce qui permettrait, selon elles, d'en optimiser les bienfaits pour la santé. Cependant, les effets du moment choisi pour faire de

l'activité physique n'ont pas été étudiés de manière approfondie.

Cette revue systématique visait à déterminer s'il existe un lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique sur 24 heures et la santé. Ces résultats devraient permettre d'établir s'il faut tenir compte du moment choisi pour faire de l'activité physique dans les futures recommandations en matière de santé publique et dans les efforts de promotion de la santé.

Méthodologie

Protocole et enregistrement

Cette revue de littérature a été enregistrée dans le Registre prospectif international des revues systématiques (PROSPERO; numéro d'enregistrement CRD42021231088) et a été réalisée conformément au modèle PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)¹⁵.

Critères d'éligibilité

Nous avons utilisé le cadre PICOS (Participants, Intervention/Exposure, Comparisons, Outcomes, Study Design, soit Population, Intervention, Comparaisons, Résultats et Plan d'études) pour faciliter le processus de recherche et sélectionner les composantes de chaque étude¹⁶.

Population

La population d'intérêt est constituée de personnes indépendamment de leur âge, sexe, origine ethnique et état de santé.

Intervention/exposition

L'intervention ou l'exposition est le moment choisi pour faire de l'activité physique sur 24 heures, quelle que soit l'intensité de cette activité. Nous avons étudié les effets d'une activité physique habituelle ou d'interventions en matière d'activité physique. Les études portant sur les réponses spécifiques à une seule séance d'activité physique ont été exclues. Nous n'avons pas étudié le choix du moment pour faire de l'activité physique en fonction de la consommation d'aliments ou de boissons, de la prise de médicaments ou d'autres traitements.

Comparaison/contrôle

La comparaison porte sur les différents moments choisis pour faire de l'activité physique. Pour le cas des études

d'intervention, un groupe témoin ne faisant pas d'exercice n'était pas nécessaire.

Résultats

Tous les résultats sur la santé ont été inclus (c'est-à-dire que la stratégie de recherche n'était pas limitée à un résultat en matière de santé en particulier ou à un petit nombre de résultats sur la santé). Nous avons également inclus le sommeil et la sédentarité – les autres comportements liés au mouvement qui, avec l'activité physique, occupent les 24 heures d'une journée du point de vue de l'emploi du temps¹⁷ – dans les résultats potentiels. Les résultats en matière de forme physique et de performance athlétique (comme la consommation maximale d'oxygène [VO_{2max}], la force musculaire ou la vitesse de sprint) n'ont pas été pris en compte.

Plans d'étude

Toutes les études originales étaient admissibles, à l'exception des études de cas, des études ne faisant appel qu'à une analyse des données qualitatives et les études ne portant que sur certains effets pointus de l'activité physique.

Sources d'information et stratégie de recherche

Nous avons consulté cinq bases de données : Ovid MEDLINE/PubMed, Ovid Embase, Ovid PsycINFO, EBSCO Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL) et EBSCO SPORTDiscus. Les recherches ont été effectuées le 6 janvier 2021, et aucune limite de date de publication n'a été imposée. Pour être admissibles, les études devaient être en anglais ou en français, publiées ou en pré-publication, et avoir fait l'objet d'une évaluation par les pairs. La littérature grise (chapitres de livre, mémoires, etc.) et les résumés ont été exclus, étant donné qu'il est difficile d'y faire des recherches et que, souvent, il n'y a eu aucun processus d'évaluation par les pairs.

Nous avons utilisé les termes de recherche suivants : (1) « physical activity » OU « physical activities » OU « physically active » OU « physical exercise » OU « exercise » ou « walk »; ET (2) « time of day » OU « timing ». On trouvera de plus amples renseignements sur la stratégie de recherche dans le matériel supplémentaire (https://osf.io/qcw6j/?view_only=4130e81638684feaa2dfa74f5e589d58).

Pour éliminer les doublons, nous avons importé les documents dans Covidence (Veritas Health Innovation, Melbourne, Australie). Au cours de la sélection de niveau 1, deux évaluateurs (IJ, JC ou SZ) ont passé en revue de manière indépendante les titres et les résumés des articles. Les articles qui, selon l'un des évaluateurs, répondaient aux critères de sélection initiaux passaient à l'étape de la sélection de niveau 2. Au cours de la sélection de niveau 2, deux évaluateurs (IJ, JC ou SZ) ont analysé le texte intégral des articles sélectionnés. Les divergences ont été résolues par discussion jusqu'à ce qu'un consensus émerge entre les évaluateurs.

Extraction des données

L'une des évaluatrices (JC ou SZ) a extrait les données des études admissibles pour les intégrer dans des feuilles de calcul Microsoft Excel 365 (Microsoft Corp., Redmond, Washington, États-Unis) et la seconde (JC ou SZ) a vérifié les résultats de sa collègue. Les évaluatrices avaient accès aux noms des auteurs des articles ou des revues lors de l'extraction des données. Pour chaque étude ont été extraites les données sur les résultats et sur des caractéristiques importantes telles que le plan, la population ciblée, la taille de l'échantillon, l'âge des participants, la façon dont les variables liées au moment de l'activité physique ont été mesurées et classées et enfin les caractéristiques de l'intervention. Lorsque les résultats de plus d'un modèle de régression étaient présentés dans l'article, nous avons sélectionné les résultats du modèle le mieux ajusté.

Évaluation du risque de biais et de la qualité des études

Le risque de biais a été évalué selon les méthodes décrites dans le *Cochrane Handbook*¹⁸. Les évaluations ont été réalisées par une évaluatrice (JC ou SZ) et ont été vérifiées par un autre évaluateur (IJ). La qualité des données probantes pour chaque résultat en matière de santé a été déterminée systématiquement à l'aide de l'approche GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation)¹⁹. L'approche GRADE offre une classification de la qualité des données probantes en 4 niveaux : qualité « élevée », « modérée », « faible » et « très faible ». Le niveau de qualité de départ correspond à « élevée » pour les études

randomisées et à « faible » pour toutes les autres études (études observationnelles, essais non randomisés, etc.). La qualité des données probantes peut être abaissée d'un ou deux niveaux si les études présentent d'importantes limites, par exemple un risque de biais élevé, une incohérence des effets, un caractère indirect ou une imprécision. La qualité des données probantes peut être haussée d'un niveau s'il n'y a pas de raison de l'abaisser, c'est-à-dire en cas d'absence de limites majeures, en cas d'ampleur de l'effet ou en cas de preuve de relation dose-réponse¹⁹.

Résultats

Description des études

Au total, 11 773 études ont été recensées (PubMed, n = 3 455; EMBASE, n = 3 356; PsycINFO, n = 3 423; CINAHL, n = 1 903; SPORTDiscus, n = 1 840). Après élimination des doublons, il en est resté 6 666. Quatre-vingt-une études ont franchi l'étape de la sélection de niveau 1 et 35 études ont franchi l'étape de la sélection de niveau 2 pour l'inclusion dans la revue systématique. Nous avons exclu les études qui portaient sur les effets spécifiques de l'exercice (n = 18), les études qui ne s'intéressaient pas au lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et un résultat en matière de santé (n = 14), les études autres qu'originales (n = 11) et les études qui se penchaient sur le choix du moment pour faire de l'activité physique en fonction de l'alimentation (repas, suppléments diététiques) (n = 3).

Le diagramme de flux PRISMA¹⁵ est présenté dans la figure 1.

Les caractéristiques et les résultats des 35 études incluses dans cette revue sont présentées dans les tableaux supplémentaires S1 à S9, et les évaluations du risque de biais de chaque étude sont présentées dans les tableaux S10 à S18 (https://osf.io/qcw6j/?view_only=4130e81638684feaa2dfa74f5e589d58). Les tableaux S1 à S9 et S10 à S18 sont organisés en fonction des résultats en matière de santé : santé du sommeil (tableaux S1 et S10), adiposité (tableaux S2 et S11), masse musculaire et taille des muscles (tableaux S3 et S12), biomarqueurs cardiométaboliques (tableaux S4 et S13), risque de maladies cardiovasculaires (tableaux S5 et S14), risque de cancer (tableaux S6 et S15), fonctionnalité physique et mobilité (tableaux S7 et S16), santé mentale (tableaux S8 et S17)

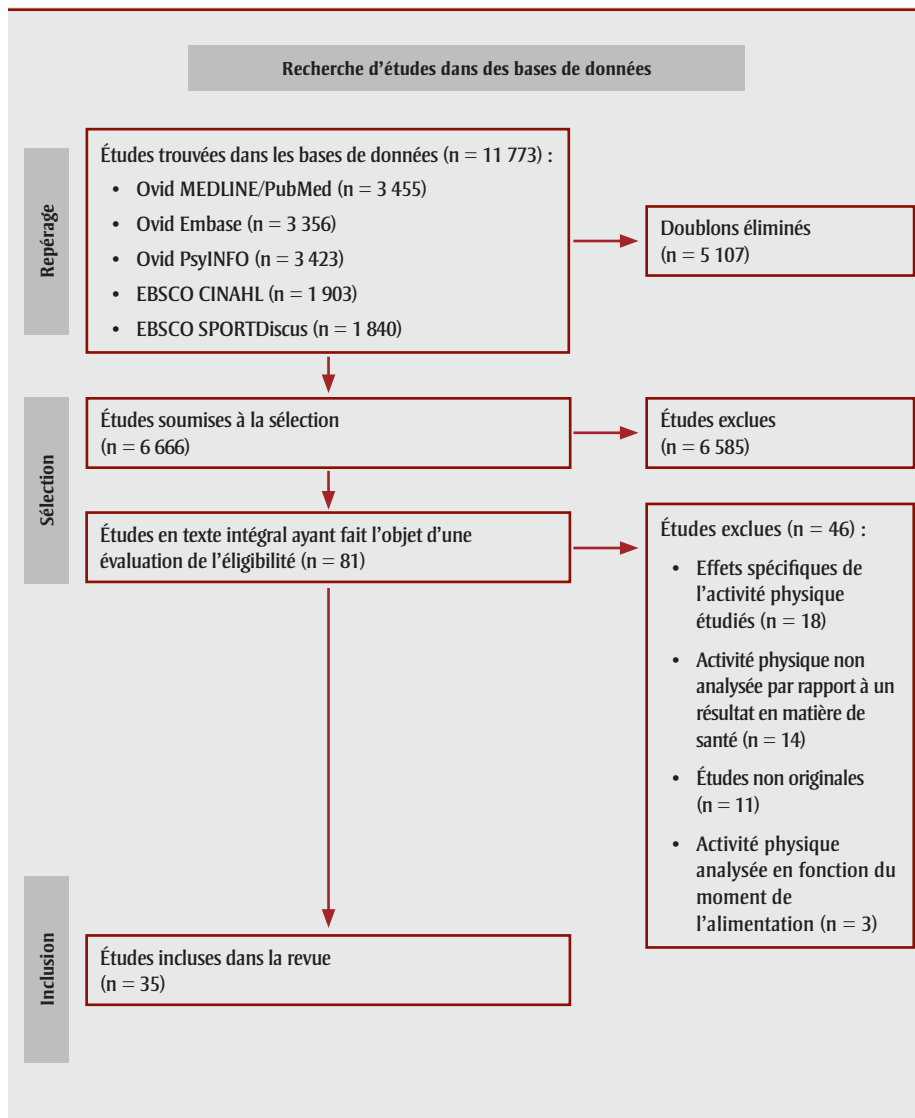
et risque de décès (tableaux S9 et S18). Plusieurs études comportaient des données pour des résultats relevant de deux de ces catégories ou plus.

La taille des échantillons des 35 études va d'un petit échantillon de commodité de 11 personnes à un vaste échantillon diversifié de 9 952 personnes. Deux études ont été menées auprès d'enfants et de jeunes, les autres ayant été menées auprès d'adultes. Les données des études portent sur 17 259 participants au total. Huit études sont des essais cliniques randomisés (ECR), deux sont des études croisées randomisées, cinq sont des études randomisées sans groupe témoin, quatre sont des essais non randomisés, une est une étude de cohorte prospective, cinq sont des études cas-témoin et dix sont des études transversales.

Parmi les 17 études observationnelles, le moment choisi pour faire de l'activité physique a été évalué à l'aide de méthodes autodéclarées dans 6 études et à l'aide de mesures fondées sur des appareils dans 11 études. Trois approches ont été utilisées pour évaluer ou classer le moment choisi pour faire de l'activité physique : huit études ont mesuré la quantité d'activité physique accumulée au cours de différents intervalles de temps (par exemple minutes d'APMV accumulées le matin, l'après-midi et le soir); six études ont classé les participants en fonction du moment de la journée où ils faisaient généralement de l'exercice (par exemple personnes qui ne faisaient pas d'exercice et celles qui en faisaient le matin, l'après-midi ou le soir); trois études ont examiné les changements dans le profil d'APMV au cours de la journée (par exemple être peu actif le jour mais actif le soir ou le contraire).

La durée des interventions en matière d'exercice varie entre 2 semaines et 10 mois et 11 études sur 19 portent sur une intervention de douze semaines. Une étude prescrit une activité physique de faible intensité, une autre un entraînement par intervalles de haute intensité et les autres, de l'APMV. Sept interventions prescrivent des exercices d'aérobic, trois des exercices contre résistance, trois à la fois des exercices d'aérobic et des exercices contre résistance et les autres, des programmes d'exercices multimodaux. Six interventions comparent l'exercice fait le matin et l'exercice fait l'après-midi, sept l'exercice fait le matin et l'exercice fait le

FIGURE 1
Diagramme de flux PRISMA 2020¹⁵ pour la recherche, la sélection, l'éligibilité et l'inclusion des études dans cette revue systématique



Abréviation : PRISMA, Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses.

soir, deux l'exercice fait le matin, l'exercice fait l'après-midi et l'exercice fait le soir et enfin une, l'exercice fait avant le coucher et l'exercice fait dans les quatre heures qui précèdent le coucher.

Synthèse des données

Nous n'avons pas pu effectuer de méta-analyse en raison de l'hétérogénéité des plans d'étude, de la mesure et de la classification de l'activité physique pour les études observationnelles, du type d'exercices prescrits et de la durée des exercices prescrits pour les interventions et enfin du type d'analyses statistiques utilisées. Nous présentons donc nos résultats sous forme de synthèses narratives.

Pour réaliser les synthèses narratives, nous avons : (1) élaboré une méthode visant à synthétiser les divers renseignements et les résultats pertinents des études; (2) regrouper les études en fonction des résultats en matière de santé, du plan d'étude, des mesures de l'activité physique et de la classification du moment choisi pour faire de l'activité physique; (3) mis en tableaux les associations positives, négatives et nulles pour ces groupements et (4) déterminé si le plan d'étude, l'âge ou le sexe étaient des variables modératrices. Dans les synthèses narratives, le terme « résultats mitigés » décrit les situations où il y a eu une combinaison de résultats nuls, de résultats favorisant l'activité physique pratiquée le matin et

de résultats favorisant l'activité physique pratiquée l'après-midi ou le soir. Les résultats sont indépendants de l'âge et du sexe, sauf indication contraire.

Moment choisi pour faire de l'activité physique et santé du sommeil

Cinq études portent sur le lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et les mesures de la santé du sommeil : une étude croisée randomisée²⁰, un essai randomisé sans groupe témoin²¹, un essai non randomisé²² et deux études transversales^{23,24} (tableau S1; https://osf.io/qcw6j/?view_only=4130e81638684feaa2dfa74f5e589d58). Les mesures de la santé du sommeil étaient la durée du sommeil, la qualité du sommeil, la latence d'endormissement, l'éveil intra-sommeil, l'efficacité du sommeil, la fragmentation du sommeil, la satisfaction du sommeil et le sentiment de repos ou de fatigue au réveil.

Des résultats mitigés ont été observés dans ces études. Selon une étude expérimentale, l'exercice fait le soir améliorerait davantage la latence d'endormissement et la satisfaction du sommeil que l'exercice fait le matin²¹. À l'inverse, deux études ont révélé que l'activité physique faite le matin²³ ou au moins quatre heures avant le coucher²² était associée à de meilleurs résultats en ce qui concerne la santé du sommeil que l'activité physique faite plus tard dans la journée. Dans deux études, aucun lien n'a été observé entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et la santé du sommeil^{20,24}.

La qualité des données probantes s'est révélée très faible pour l'ensemble des plans d'étude (tableau 1) parce qu'il y avait des enjeux en matière de biais, d'incohérence et d'imprécision, sans démonstration d'un effet important ou d'une relation dose-réponse.

Moment choisi pour faire de l'activité physique et adiposité

Trois ECR²⁵⁻²⁷, deux essais non randomisés^{9,28} et quatre études transversales²⁹⁻³² portent sur le lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et l'adiposité (tableau S2; https://osf.io/qcw6j/?view_only=4130e81638684feaa2dfa74f5e589d58). Diverses mesures de l'adiposité ont été analysées, notamment l'indice de masse corporelle (IMC), le tour de taille, l'adiposité de l'ensemble du corps et l'adiposité du tronc.

TABEAU 1
Évaluation de la qualité et classement de la qualité des données probantes des études portant
sur le lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et la santé

Résultat en matière de santé	Plan d'étude	Nombre d'études	Nombre de participants ^a	Indicateur d'évaluation de la qualité						Qualité
				Risque de biais	Incohérence	Caractère indirect	Imprécision	Effet important	Dose-réponse	
Sommeil	Essais randomisés	3	174	Risque modéré	Incohérence élevée	Aucun caractère indirect	Imprécision modérée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
	Études observationnelles	2	1 223	Risque élevé	Incohérence modérée	Aucun caractère indirect	Imprécision modérée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
Adiposité	Essais randomisés	3	135	Risque modéré	Incohérence modérée	Aucun caractère indirect	Imprécision modérée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
	Essais non randomisés	2	51	Risque élevé	Aucune incohérence	Aucun caractère indirect	Imprécision modérée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
	Études observationnelles	4	8 427	Risque élevé	Incohérence modérée	Aucun caractère indirect	Aucune imprécision	Non démontré	Non démontrée	Très faible
Masse musculaire et taille des muscles	Essais randomisés	5	183	Risque modéré	Incohérence modérée	Aucun caractère indirect	Imprécision élevée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
	Essais non randomisés	2	84	Risque élevé	Incohérence modérée	Aucun caractère indirect	Imprécision modérée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
	Études observationnelles	1	263	Risque élevé	Aucune incohérence	Aucun caractère indirect	Imprécision modérée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
Biomarqueurs cardiométaboliques	Essais randomisés	8	437	Risque modéré	Incohérence modérée	Aucun caractère indirect	Imprécision élevée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
	Essais non randomisés	1	32	Risque élevé	Aucune incohérence	Aucun caractère indirect	Imprécision modérée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
Risque de maladies cardiovasculaires	Études observationnelles	4	1 922	Risque élevé	Incohérence élevée	Aucun caractère indirect	Imprécision modérée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
Risque de cancer	Études transversales	1	2 795	Risque élevé	Aucune incohérence	Aucun caractère indirect	Imprécision élevée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
Fonctionnalité physique	Essais randomisés	1	31	Risque modéré	Aucune incohérence	Aucun caractère indirect	Imprécision élevée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
	Essais non randomisés	1	29	Risque élevé	Aucune incohérence	Aucun caractère indirect	Imprécision élevée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
	Études observationnelles	3	1 605	Risque élevé	Incohérence modérée	Aucun caractère indirect	Aucune imprécision	Non démontré	Non démontrée	Très faible
Santé mentale	Essais randomisés	2	118	Risque élevé	Incohérence modérée	Aucun caractère indirect	Imprécision modérée	Non démontré	Non démontrée	Très faible
	Études observationnelles	1	92	Risque modéré	Aucune incohérence	Aucun caractère indirect	Incertain	Non démontré	Non démontrée	Très faible
Risque de décès	Études observationnelles	1	2 978	Risque modéré	Aucune incohérence	Aucun caractère indirect	Aucune imprécision	Non démontré	Non démontrée	Très faible

^a Le total dépasse le nombre total réel de participants en raison du chevauchement de certaines études.

Les résultats sont mitigés. Selon un ECR, la diminution de l'adiposité de l'ensemble du corps était plus importante chez les participants qui faisaient davantage d'exercice le matin que chez les participants qui faisaient davantage d'exercice en fin d'après-midi²⁶. Les deux autres ECR n'ont fait état d'aucune différence en matière d'adiposité entre le groupe qui faisait de l'exercice le matin et celui qui en faisait le soir^{25,27}. Les deux essais non randomisés ont montré que l'exercice fait le matin entraînait des améliorations plus modestes du point de vue de l'adiposité de l'ensemble du corps que l'exercice fait l'après-midi ou le soir^{9,28}. Dans deux des études transversales, il a été constaté que l'activité physique faite le matin était plus fortement associée à l'obésité que l'activité physique faite à d'autres moments^{29,30}. Dans les deux autres études transversales, il a été principalement observé qu'il n'y avait pas de lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et l'adiposité^{31,32}.

La qualité des données probantes est très faible pour l'ensemble des plans d'étude (tableau 1). On a noté des enjeux liés au biais, à l'incohérence (essais randomisés et études observationnelles seulement) et à l'imprécision (essais randomisés et essais non randomisés seulement) et il n'y a eu aucune démonstration d'ampleur de l'effet ou de relation dose-réponse.

Moment choisi pour faire de l'activité physique, et masse musculaire et taille des muscles

Huit études ont examiné le lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et les mesures de la masse musculaire et de la taille des muscles : cinq ECR^{25-27,33,34}, deux essais non randomisés^{10,35} et une étude transversale³¹ (tableau S3; https://osf.io/qcw6j/?view_only=4130e81638684feaa2dfa74f5e589d58). Les interventions consistaient en un entraînement contre résistance^{27,33,34}, un entraînement d'aérobic^{25,26} ou une combinaison d'entraînement contre résistance et d'entraînement d'aérobic^{10,35}. Les résultats de l'étude transversale³¹ et de cinq études expérimentales sur sept^{10,25,26,33,34} portent à croire qu'il n'y a pas de lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et les mesures de la masse musculaire et de la taille des muscles. Dans les deux autres études expérimentales, l'une a révélé que l'exercice fait le matin entraînait des changements plus importants

de la taille des muscles que l'exercice fait le soir²⁷, tandis que l'autre a révélé le contraire³⁵.

La qualité des données probantes est très faible pour l'ensemble des plans d'étude (tableau 1). On a noté des enjeux liés au biais, à l'incohérence (essais randomisés et essais non randomisés seulement) et à l'imprécision, et il n'y a eu aucune démonstration d'effet important ou de relation dose-réponse.

Moment choisi pour faire de l'activité physique et biomarqueurs cardiométaboliques

Huit études portent sur le lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et les biomarqueurs cardiométaboliques^{10,25,27,36-40}, en particulier les mesures de l'homéostasie du glucose et de l'insuline, des lipides plasmatiques et des lipoprotéines, de la pression artérielle, des marqueurs inflammatoires et d'autres hormones (comme la testostérone et le cortisol) (tableau S4; https://osf.io/qcw6j/?view_only=4130e81638684feaa2dfa74f5e589d58). Les huit études suivaient un plan expérimental, quatre ont été effectuées au moyen d'un ECR^{25,27,37} ou d'un plan croisé randomisé³⁶. Sur ces huit études, sept prescrivaient une intervention de douze semaines^{10,25,27,37-40}.

Les études ont porté sur une variété de modalités d'exercice : exercice d'aérobic^{25,37,38}, exercice contre résistance²⁷, combinaison d'exercice d'aérobic et d'exercice contre résistance^{10,39,40} et entraînement par intervalles de haute intensité³⁶. Des résultats mitigés ont été observés dans ces huit études. Selon quatre études, le moment choisi pour s'entraîner n'avait pas d'influence sur les changements des biomarqueurs cardiométaboliques^{25,27,39,40}. Trois études ont montré que le fait de s'entraîner le matin se traduisait par des changements moins favorables dans les biomarqueurs cardiométaboliques que le fait de s'entraîner le soir³⁶⁻³⁸, tandis qu'une étude a révélé le contraire¹⁰.

La qualité des données probantes s'est révélée très faible tant pour les essais randomisés que pour l'essai non randomisé (tableau 1). Pour les essais randomisés, on a noté un enjeu modéré concernant l'incohérence et un enjeu élevé concernant l'imprécision. Pour l'essai non randomisé, on a noté un enjeu modéré concernant l'imprécision. Il n'y a eu

aucune démonstration d'effet important ou de relation dose-réponse.

Moment choisi pour faire de l'activité physique et risque de maladies cardiovasculaires

Trois études cas-témoin^{11,41,42} et une étude transversale⁴³ portent sur le lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et les maladies cardiovasculaires (tableau S5; https://osf.io/qcw6j/?view_only=4130e81638684feaa2dfa74f5e589d58). Une étude a été menée auprès d'enfants et d'adolescents⁴², tandis que les autres ont été menées auprès d'adultes^{11,41,43}. Une étude a porté sur le risque élevé de maladies cardiovasculaires (prévision du risque de maladies cardiovasculaires sur dix ans)⁴³, tandis que les autres s'intéressaient à des critères d'évaluation liés aux maladies cardiovasculaires^{11,41,42}.

Les quatre études présentent des résultats mitigés. Dans la première étude cas-témoin, il a été constaté que la pratique d'une activité sportive le matin et le soir, mais pas l'après-midi, était associée à un risque réduit d'infarctus aigu du myocarde¹¹. La deuxième étude cas-témoin a montré que l'activité physique pratiquée en fin d'après-midi (entre 15 heures et 18 heures), mais pas pendant la journée d'école ni le soir, était associée aux maladies cardiaques⁴². Dans la troisième étude cas-témoin, il a été déterminé que la réduction du risque de maladie coronarienne était à peu près la même quel que soit le moment habituellement choisi au cours de la journée pour faire de l'exercice⁴¹. Enfin, l'étude transversale a révélé l'existence d'un lien entre un risque cardiovasculaire accru et un manque d'activité physique l'après-midi et le soir, mais pas le matin⁴³.

La qualité des données probantes a été jugée très faible en raison d'enjeux élevés liés au biais et à l'incohérence, et d'enjeux modérés liés à l'imprécision (tableau 1).

Moment choisi pour faire de l'activité physique et risque de cancer

Une seule étude de cohorte prospective a porté sur le lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et le cancer¹² (tableau S6; https://osf.io/qcw6j/?view_only=4130e81638684feaa2dfa74f5e589d58). Cette étude porte sur le cancer de la prostate chez les hommes et le cancer du sein chez les femmes. Aucun effet

protecteur significatif n'a été observé pour l'activité physique pratiquée tôt le matin, tard le matin ou l'après-midi.

La qualité des données probantes a été jugée très faible (tableau 1) parce que le risque de biais et l'imprécision étaient élevés, et qu'aucune démonstration n'a été faite d'un effet important ou d'une relation dose-réponse.

Moment choisi pour faire de l'activité physique, et fonctionnalité physique et mobilité

Cinq études portaient sur le lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et les mesures de la fonctionnalité physique et de la mobilité^{9,27,44-46} (tableau S7; https://osf.io/qcw6j/?view_only=4130e81638684feaa2dfa74f5e589d58). Trois études ont porté sur les mesures directes de la fonctionnalité (par exemple vitesse de marche, mobilité fonctionnelle)^{9,27,45}, une a porté sur les chutes⁴⁴ et une s'est penchée sur la fragilité⁴⁶. Quatre de ces études sont transversales^{27,44-46}, et la cinquième est un essai non randomisé⁹.

Selon les résultats de trois des cinq études, bien que l'activité physique soit associée à de meilleurs résultats du point de vue de la fonctionnalité physique, le moment choisi pour faire de l'activité physique n'est pas important^{27,44,45}. Une étude transversale a révélé que le manque d'activité physique du matin à l'après-midi, mais pas le manque d'activité le soir, était associé à la fragilité⁴⁶. À l'inverse, dans l'essai non randomisé, on a observé une amélioration plus importante des scores aux tests de marche chez les personnes qui faisaient de l'exercice le soir que chez celles qui en faisaient le matin⁹.

La qualité des données probantes a été jugée très faible pour l'ensemble des plans d'étude (tableau 1). On a noté des enjeux liés au biais pour tous les plans d'étude, à l'incohérence pour les études observationnelles et à l'imprécision pour les essais randomisés et l'essai non randomisé. Il n'y a eu aucune démonstration d'un effet important ou d'une relation dose-réponse.

Moment choisi pour faire de l'activité physique et santé mentale

Trois études portent sur le lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et la santé mentale⁴⁷⁻⁴⁹ (tableau S9; https://osf.io/qcw6j/?view_only=4130e81638684feaa2dfa74f5e589d58). Dans un

ECR de douze semaines mené auprès de personnes âgées, l'exercice fait l'après-midi permettait d'améliorer davantage la fonction cognitive et l'humeur que l'exercice fait le matin⁴⁷. Dans un essai non randomisé de douze semaines réalisé auprès d'athlètes d'élite à la retraite souffrant de dépression, l'exercice fait le matin et l'exercice fait le soir ont entraîné une amélioration comparable de l'humeur⁴⁸. Dans une étude cas-témoin menée auprès de patients atteints de la maladie d'Alzheimer et d'un groupe témoin de personnes âgées, la diminution du niveau d'activité physique dans le groupe des patients s'est révélée plus prononcée le matin⁴⁹.

La qualité des données probantes a été jugée très faible pour les essais randomisés et l'étude cas-témoin (tableau 1). Pour les essais randomisés, on a noté un enjeu élevé concernant le biais et modéré concernant l'incohérence et l'imprécision. Pour l'étude cas-témoin, on a noté un enjeu modéré concernant le biais. Il n'y a eu aucune démonstration d'un effet important ou d'une relation dose-réponse.

Moment choisi pour faire de l'activité physique et risque de décès

Une seule étude de type cohorte prospective menée auprès de personnes âgées de 50 à 85 ans s'est intéressée au lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique et le risque de décès⁵⁰ (tableau S10; https://osf.io/qcw6j/?view_only=4130e81638684feaa2dfa74f5e589d58). Les auteurs ont utilisé des accéléromètres pour mesurer l'activité physique sur sept jours et ont déterminé si l'activité physique quotidienne moyenne effectuée dans chacun des douze intervalles de deux heures pouvait s'inscrire dans un modèle de prédiction du risque de décès, toutes causes confondues⁵⁰. Le modèle de prédiction intégrait également l'activité physique totale et plusieurs variables sociodémographiques, comportementales et de santé. Aucune des mesures de l'activité pour les douze intervalles de deux heures ne s'est révélée statistiquement significative dans le modèle.

La qualité des données probantes a été jugée très faible (tableau 1). On a noté un risque modéré de biais. Il n'y a eu aucune démonstration d'un effet important ou d'une relation dose-réponse.

Analyse

La réalisation de cette revue a été motivée par l'évolution des recommandations en

matière de santé publique pour l'activité physique et par le désir de comprendre si le moment choisi dans la journée pour faire de l'activité physique pourrait être un facteur à considérer dans les recommandations futures. Nous avons fait une synthèse des données probantes de 35 études évaluées par les pairs, menées auprès de plus de 15 000 participants et qui portaient sur le lien entre le moment choisi dans la journée pour faire de l'activité physique et divers indicateurs de santé. Au sein des 35 études, les caractéristiques des participants, le plan d'étude et les caractéristiques de l'activité physique se sont révélés très variés. Le tableau 2 présente un résumé de nos résultats.

Il n'existe pas de données probantes cohérentes indiquant qu'il est plus bénéfique pour la santé de faire de l'activité physique à un moment de la journée plutôt qu'à un autre. Bien que les résultats de onze des études examinées (31 %) portent à croire que l'activité physique faite le matin est plus bénéfique pour la santé que l'activité physique faite l'après-midi ou le soir, les résultats de douze des études examinées (37 %) donnent à penser que l'activité physique faite le matin est moins bénéfique pour la santé que l'activité physique faite plus tard dans la journée. Les autres études n'ont relevé aucune différence nette dans les résultats sur la santé en fonction du moment choisi pour faire de l'activité physique. Ces résultats mitigés s'appliquent aux neuf catégories de résultats en matière de santé.

À notre connaissance, il s'agit de la première revue qui porte sur le lien entre le moment choisi pour faire de l'activité physique sur 24 heures et les résultats sur la santé. Des revues systématiques antérieures ont porté sur le moment choisi pour faire de l'exercice en fonction de la prise d'aliments (par exemple les repas, les suppléments diététiques) ou avaient pour objectif de déterminer si la performance à l'exercice variait en fonction du moment de la journée où l'exercice était effectué. Une revue systématique récente a conclu que le fait de faire de l'exercice après les repas a un effet plus important sur la glycémie postprandiale que le fait de faire de l'exercice avant les repas⁵¹. Une autre revue avec méta-analyse portant sur le moment choisi pour consommer des protéines en fonction des exercices contre résistance a permis de conclure que la consommation de protéines adéquates combinée à des exercices contre résistance

TABEAU 2
Résumé général des conclusions par résultat en matière de santé

Résultat en matière de santé	Nombre d'études	Nombre de participants	Qualité des données probantes	Résumé des résultats
Santé du sommeil	5	1 397	Très faible	Le moment choisi pour faire de l'activité physique n'est pas important dans deux études. L'activité physique faite le matin ou l'après-midi est favorisée dans deux études. L'activité physique faite le soir est favorisée dans une étude.
Adiposité	9	8 613	Très faible	Le moment choisi pour faire de l'activité physique n'est pas important dans quatre études. L'activité physique faite le matin est favorisée dans trois études. L'activité physique faite l'après-midi ou le soir est favorisée dans deux études.
Masse musculaire et taille des muscles	8	530	Très faible	Le moment choisi pour faire de l'activité physique n'est pas important dans six études. L'activité physique faite le matin est favorisée dans une étude. L'activité physique faite le soir est favorisée dans une étude.
Biomarqueurs cardiométaboliques	8	469	Très faible	Le moment choisi pour faire de l'activité physique n'est pas important dans quatre études. L'activité physique faite le matin est favorisée dans une étude. L'activité physique faite le soir est favorisée dans trois études.
Risque de maladies cardiovasculaires	4	1 922	Très faible	Le moment choisi pour faire de l'activité physique n'est pas important dans deux études. L'activité physique faite le matin est favorisée dans une étude. L'activité physique faite l'après-midi est favorisée dans une étude.
Risque de cancer	1	2 795	Très faible	Le moment choisi pour faire de l'activité physique n'est pas important dans une étude.
Fonctionnalité physique et mobilité	5	1 665	Très faible	Le moment choisi pour faire de l'activité physique n'est pas important dans trois études. L'activité physique faite le matin est favorisée dans une étude. L'activité physique faite l'après-midi est favorisée dans une étude.
Santé mentale	3	210	Très faible	Le moment choisi pour faire de l'activité physique n'est pas important dans une étude. L'activité physique faite le matin est favorisée dans une étude. L'activité physique faite l'après-midi est favorisée dans une étude.
Risque de décès	1	2 978	Très faible	L'activité physique faite entre midi et 14 heures est la plus favorable.

est essentielle pour maximiser les gains de taille des muscles, mais que le choix du moment de l'apport en protéines par rapport à celui de la séance d'entraînement n'a pas de conséquence significative sur ces gains⁵². D'autres revues ont conclu que la performance lors des exercices aérobiques et anaérobiques est plus élevée en fin d'après-midi et jusqu'au début de la soirée^{53,54}.

Forces et limites

Plusieurs lacunes et limites ont été relevées dans les études incluses dans cette revue. La plupart des études étaient axées sur l'APMV, une seule portant sur l'activité physique d'intensité légère²¹. Pour les neuf résultats en matière de santé où des données probantes existaient, il y avait peu d'études (entre 1 et 9), et il n'y en avait aucune pour les autres résultats en matière de santé. Près de la moitié (47 %) des interventions n'avaient pas de groupe

témoin ou n'étaient pas randomisées. De plus, la plupart des interventions portaient sur des échantillons de petite taille (généralement moins de 20 sujets par groupe de traitement) et n'avaient pas la puissance statistique nécessaire pour détecter de petits effets. De nombreuses études observationnelles manquaient également de précision.

Il s'est révélé difficile d'analyser les relations dose-réponse, parce que les moments étudiés couvraient souvent une longue période (par exemple, toutes les heures du matin ou toutes les heures de la soirée). Dans les études réalisées dans ce domaine, il n'a pas non plus été possible de savoir si les résultats dépendaient des caractéristiques de l'activité physique (type, intensité, dose, etc.) et des caractéristiques sociodémographiques (âge, sexe, origine ethnique, etc.). Dans les études futures, il faudrait étudier le moment choisi pour faire de l'activité physique à l'aide d'une

approche d'analyse de composition des données qui prend en compte l'activité physique sur 24 heures¹⁷.

L'une des forces à retenir de cette revue systématique est l'emploi d'une stratégie de recherche complète dans laquelle ont été inclus tous les plans d'étude, tous les résultats sur la santé et toutes les populations. L'une des principales limites est la qualité très faible des données probantes, attribuable à des enjeux liés au biais, ainsi qu'à l'incohérence et à l'imprécision des résultats. Par ailleurs, étant donné que cette revue systématique a été circonscrite aux études évaluées par les pairs, elle comporte un risque de biais de publication, les résultats nuls étant moins susceptibles d'être publiés⁵⁵. Cette revue a également été circonscrite aux articles en anglais et en français mais, d'après une analyse récente, le fait d'exclure les études non publiées en anglais des synthèses de

données probantes ne modifie pas les conclusions⁵⁶.

Conclusion

Les résultats de 35 études portant sur le lien entre l'activité physique et les résultats en matière de santé sont mitigés. Ces résultats, fondés sur des données probantes de très faible qualité, n'offrent pas de réponse systématique à la question d'un bénéfice plus important pour la santé dans le fait d'être actif à un moment de la journée plutôt qu'à un autre. Chacun devrait donc être encouragé à être actif au moment qui lui convient le mieux.

Remerciements

Ce travail a été financé en partie par une subvention reçue de la Faculté des sciences de la santé de l'Université d'Ottawa.

Enregistrement du protocole

PROSPERO, numéro d'enregistrement CRD42021231088, accessible à l'adresse suivante : www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

Contributions des auteurs et avis

JC a eu l'idée de la revue systématique avec la contribution d'IJ, de TJS et de JT.

IJ a conçu la revue systématique avec la contribution de tous les autres auteurs.

IJ, JC et SZ ont effectué les recherches documentaires, la sélection des articles, la synthèse des données, les évaluations du risque de biais et les évaluations de la qualité des données probantes.

IJ a rédigé la première ébauche du manuscrit; tous les autres auteurs ont contribué à la révision du manuscrit du point de vue de son contenu intellectuel.

Le contenu de cet article et les points de vue qui y sont exprimés n'engagent que les auteurs; ils ne correspondent pas nécessairement à ceux du gouvernement du Canada.

Références

1. US Department of Health and Human Services. Physical activity and health: a report of the Surgeon General. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 1996.
2. Santé Canada. Guide d'activité physique canadien pour une vie active saine. Ottawa (Ont.) : Santé Canada; 1998. No au catalogue : H39-429/1998-1F. En ligne à : <https://publications.gc.ca/collections/Collection/H39-429-1998-1F.pdf>
3. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report, 2008. Washington (DC): US Department of Health and Human Services; 2008. En ligne à : https://health.gov/sites/default/files/2019-10/Committee_Report_7.pdf
4. Tremblay MS, Warburton DE, Janssen I, et al. New Canadian physical activity guidelines. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2011;36(1):36-46. <https://doi.org/10.1139/H11-009>
5. Organisation mondiale de la Santé. Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé. Genève (Suisse) : Organisation mondiale de la Santé; 2010.
6. Piercy KL, Troiano RP, Ballard RM, et al. The Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA.* 2018;320(19):2020-2028. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.14854>
7. Ross R, Chaput JP, Giangregorio LM, et al. Canadian 24-hour movement guidelines for adults aged 18-64 years and adults aged 65 years or older: an integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2020;45(10 (Suppl. 2)):S57-102. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0467>
8. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med.* 2020;54(24):1451-1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
9. Di Blasio A, Di Donato F, Mastrodicasa M, et al. Effects of the time of day of walking on dietary behaviour, body composition and aerobic fitness in post-menopausal women. *J Sports Med Phys Fitness.* 2010;50(2):196-201.
10. Mancilla R, Krook A, Schrauwen P, Hesselink MK. Diurnal regulation of peripheral glucose metabolism: potential effects of exercise timing. *Obesity (Silver Spring).* 2020;28 Suppl 1(Suppl 1):S38-45. <https://doi.org/10.1002/oby.22811>
11. Zhao S, Zhang Z, Long Q, et al. Association between time of day of sports-related physical activity and the onset of acute myocardial infarction in a Chinese population. *PLoS ONE.* 2016;11(1):e0146472. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146472>
12. Weitzer J, Castaño-Vinyals G, Aragonés N, et al. Effect of time of day of recreational and household physical activity on prostate and breast cancer risk (MCC-Spain study). *Int J Cancer.* 2020;148(6):1360-1371. <https://doi.org/10.1002/ijc.33310>
13. Cimens M. What's the best time of day to exercise, morning or evening? *Washington Post.* 2019 Jul 21:Health Section.
14. Reynolds G. Late-day exercise had unique benefits for cholesterol levels and blood sugar control, a study of overweight men eating a high-fat diet found. *The New York Times.* 2021, 26 mai [consultation le 15 déc. 2021]: Phys Ed Section. En ligne à : <https://www.nytimes.com/2021/05/26/well/move/exercise-time-day-metabolic-health.html>
15. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ.* 2009;339:b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
16. Schardt C, Adams MB, Owens T, Keitz S, Fontelo P. Utilization of the PICO framework to improve searching PubMed for clinical questions. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2007;7(1):16. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-7-16>

17. Pedišić Z, Dumuid D, Olds TS. Integrating sleep, sedentary behaviour, and physical activity research in the emerging field of time-use epidemiology: definitions, concepts, statistical methods, theoretical frameworks, and future directions. *Kinesiology*. 2017;49(2):1-18.
18. Higgins JP, Green S, editors. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Version 5.1.0 [Internet]. London (UK): The Cochrane Collaboration; [mise à jour en mars 2011; consultation le 20 déc. 2019]. En ligne à : <http://www.cochrane-handbook.org>
19. Guyatt GH, Oxman AD, Vist G, et al. GRADE guidelines: 4. Rating the quality of evidence—study limitations (risk of bias). *J Clin Epidemiol*. 2011; 64(4):407-415. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.07.017>
20. Benloucif S, Orbeta L, Ortiz R, et al. Morning or evening activity improves neuropsychological performance and subjective sleep quality in older adults. *Sleep*. 2004;27(8):1542-1551. <https://doi.org/10.1093/sleep/27.8.1542>
21. Seol J, Fujii Y, Inoue T, Kitano N, Tsunoda K, Okura T. Effects of morning versus evening home-based exercise on subjective and objective sleep parameters in older adults: a randomized controlled trial. *J Geriatr Psychiatry Neurol*. 2021;34(3):232-242. <https://doi.org/10.1177/0891988720924709>
22. Chen E, Viktorisson A, Danielsson A, Palstam A, Sunnerhagen KS. Levels of physical activity in acute stroke patients treated at a stroke unit: a prospective, observational study. *J Rehabil Med*. 2020;52(4):jrm00041. <https://doi.org/10.2340/16501977-2671>
23. Buman MP, Winkler EA, Kurka JM, et al. Reallocating time to sleep, sedentary behaviors, or active behaviors: associations with cardiovascular disease risk biomarkers, NHANES 2005-2006. *Am J Epidemiol*. 2014;179(3): 323-334. <https://doi.org/10.1093/aje/kwt292>
24. Lee SH, Kim SJ, Bang JW, Lee JH. Relationship of the duration and timing of exercise with sleep quality in community-dwelling adults. *Sleep Med Res*. 2018;9(2):83-91. <https://doi.org/10.17241/smr.2018.00248>
25. Brooker PG, Gomersall SR, King NA, Leveritt MD. The feasibility and acceptability of morning versus evening exercise for overweight and obese adults: a randomized controlled trial. *Contemp Clin Trials Commun*. 2019;14:100320. <https://doi.org/10.1016/j.conctc.2019.100320>
26. Willis EA, Creasy SA, Honas JJ, Melanson EL, Donnelly JE. The effects of exercise session timing on weight loss and components of energy balance: Midwest Exercise Trial 2. *Int J Obes (Lond)*. 2020; 44(1):114-124. <https://doi.org/10.1038/s41366-019-0409-x>
27. Krčmárová B, Krčmár M, Schwarzová M, et al. The effects of 12-week progressive strength training on strength, functional capacity, metabolic biomarkers, and serum hormone concentrations in healthy older women: morning versus evening training. *Chronobiol Int*. 2018;35(11):1490-1502. <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1493490>
28. Marinac CR, Quante M, Mariani S, et al. Associations between timing of meals, physical activity, light exposure, and sleep with body mass index in free-living adults. *J Phys Act Health*. 2019;16(3):214-221. <https://doi.org/10.1123/jpah.2017-0389>
29. Chomistek AK, Shiroma EJ, Lee IM. The relationship between time of day of physical activity and obesity in older women. *J Phys Act Health*. 2016;13(4):416-418. <https://doi.org/10.1123/jpah.2015-0152>
30. Zhao J, Mackay L, Chang K, et al. Visualising combined time use patterns of children's activities and their association with weight status and neighbourhood context. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(5):E897. <https://doi.org/10.3390/ijerph16050897>
31. Stenholm S, Pulakka A, Leskinen T, et al. Daily physical activity patterns and their association with health-related physical fitness among aging workers - the Finnish Retirement and Aging study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2021;76(7):1242-1250. <https://doi.org/10.1093/gerona/glaa193>
32. Marinac CR, Quante M, Mariani S, et al. Associations between timing of meals, physical activity, light exposure, and sleep with body mass index in free-living adults. *J Phys Act Health*. 2019;16(3):214-221. <https://doi.org/10.1123/jpah.2017-0389>
33. Sedliak M, Finni T, Peltonen J, Häkkinen K. Effect of time-of-day-specific strength training on maximum strength and EMG activity of the leg extensors in men. *J Sports Sci*. 2008;26(10):1005-1014. <https://doi.org/10.1080/02640410801930150>
34. Sedliak M, Finni T, Cheng S, Lind M, Häkkinen K. Effect of time-of-day-specific strength training on muscular hypertrophy in men. *J Strength Cond Res*. 2009;23(9):2451-2457. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bb7388>
35. Kүүismaa M, Schumann M, Sedliak M, et al. Effects of morning versus evening combined strength and endurance training on physical performance, muscle hypertrophy, and serum hormone concentrations. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;41(12):1285-1294. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0271>
36. Savikj M, Gabriel BM, Alm PS, et al. Afternoon exercise is more efficacious than morning exercise at improving blood glucose levels in individuals with type 2 diabetes: a randomised crossover trial. *Diabetologia*. 2019; 62(2):233-237. <https://doi.org/10.1007/s00125-018-4767-z>
37. Lian XQ, Zhao D, Zhu M, et al. The influence of regular walking at different times of day on blood lipids and inflammatory markers in sedentary patients with coronary artery disease. *Prev Med*. 2014;58(1):64-69. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2013.10.020>

38. Chiang S-L, Heitkemper MM, Hung Y-J, Tzeng W-C, Lee M-S, Lin C-H. Effects of a 12-week moderate-intensity exercise training on blood glucose response in patients with type 2 diabetes: a prospective longitudinal study. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98(36):e16860. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016860>
39. Teo SY, Kanaley JA, Guelfi KJ, Marston KJ, Fairchild TJ. The effect of exercise timing on glycemic control: a randomized clinical trial. *Med Sci Sports Exerc*. 2020;52(2):323-334. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002139>
40. Teo SY, Kanaley JA, Guelfi KJ, et al. Exercise timing in type 2 diabetes mellitus: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc*. 2018;50(12):2387-2397. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001732>
41. Zhao H, Chu XQ, Lian XQ, Wang ZM, Gao W, Wang LS. Relationship between time of day physical exercise and the reduced risk of coronary artery disease in a Chinese population. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2014;24(2):139-147. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2012-0226>
42. White DA, Willis EA, Panchangam C, et al. Physical activity patterns in children and adolescents with heart disease. *Pediatr Exerc Sci*. 2020; 32(4):233-240. <https://doi.org/10.1123/pes.2020-0073>
43. Fenton SA, Ntoumanis N, Duda JL, et al. Diurnal patterns of sedentary time in rheumatoid arthritis: associations with cardiovascular disease risk. *RMD Open*. 2020;6(2):e001216. <https://doi.org/10.1136/rmdopen-2020-001216>
44. Nastasi AJ, Ahuja A, Zipunnikov V, Simonsick EM, Ferrucci L, Schrack JA. Objectively measured physical activity and falls in well-functioning older adults: findings from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Am J Phys Med Rehabil*. 2018;97(4):255-260. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000830>
45. Lai TF, Liao Y, Lin CY, Huang WC, Hsueh MC, Chan DC. Moderate-to-vigorous physical activity duration is more important than timing for physical function in older adults. *Sci Rep*. 2020;10(1):21344. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78072-0>
46. Huisingh-Scheetz M, Wroblewski K, Kocherginsky M, et al. The relationship between physical activity and frailty among U.S. older adults based on hourly accelerometry data. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2018; 73(5):622-629. <https://doi.org/10.1093/gerona/glx208>
47. Takahashi T, Haitani T, Tanaka F, et al. Effects of the time-of-day (morning vs. afternoon) of implementing a combined physical and cognitive exercise program on cognitive functions and mood of older adults: a randomized controlled study. *Adv Gerontol*. 2020;33(3):595-599. <https://doi.org/10.34922/AE.2020.33.3.024>
48. Irandoust K, Taheri M, Chtourou H, Nikolaidis PT, Rosemann T, Knechtle B. Effect of time-of-day-exercise in group settings on level of mood and depression of former elite male athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(19):E3541. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193541>
49. Varma VR, Watts A. Daily physical activity patterns during the early stage of Alzheimer's disease. *J Alzheimers Dis*. 2017;55(2):659-667. <https://doi.org/10.3233/JAD-160582>
50. Smirnova E, Leroux A, Cao Q, et al. The predictive performance of objective measures of physical activity derived from accelerometry data for 5-year all-cause mortality in older adults: National Health and Nutritional Examination Survey 2003–2006. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2020; 75(9):1779-85. <https://doi.org/10.1093/gerona/glz193>
51. Aqeel M, Forster A, Richards EA, et al. The effect of timing of exercise and eating on postprandial response in adults: a systematic review. *Nutrients*. 2020;12(1):E221. <https://doi.org/10.3390/nu12010221>
52. Schoenfeld BJ, Aragon AA, Krieger JW. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013;10(1):53. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-53>
53. Mirizio GG, Nunes RSM, Vargas DA, Foster C, Vieira E. Time-of-day effects on short-duration maximal exercise performance. *Sci Rep*. 2020;10(1): 9485. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66342-w>
54. Cappaert TA. Time of day effect on athletic performance: an update. *J Strength Cond Res*. 1999;13(4):412-421. <https://doi.org/10.1519/00124278-199911000-00019>
55. Sterne JA, Egger M, Smith GD. Systematic reviews in health care: investigating and dealing with publication and other biases in meta-analysis. *BMJ*. 2001;323(7304):101-105. <https://doi.org/10.1136/bmj.323.7304.101>
56. Nussbaumer-Streit B, Klerings I, Dobrescu AI, et al. Excluding non-English publications from evidence-syntheses did not change conclusions: a meta-epidemiological study. *J Clin Epidemiol*. 2020;118:42-54. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2019.10.011>