



HAL
open science

Une nouvelle équation de prédiction de la capacité maximale aérobie des patients obèses avec syndrome métabolique

Alexandre Darmon

► **To cite this version:**

Alexandre Darmon. Une nouvelle équation de prédiction de la capacité maximale aérobie des patients obèses avec syndrome métabolique . Médecine humaine et pathologie. 2017. dumas-01685537

HAL Id: dumas-01685537

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01685537v1>

Submitted on 16 Jan 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE ROUEN

ANNEE 2017

**THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR
EN MEDECINE**

PAR

ALEXANDRE DARMON

Né le 11 juin 1988

à Paris XV

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 6 OCTOBRE 2017

**Une nouvelle équation de prédiction de la capacité
maximale aérobie des patients obèses avec syndrome
métabolique**

PRESIDENT DU JURY : Professeur Luc Thiberville

DIRECTEUR DE THESE : Docteur Catherine Tardif

**MEMBRES DU JURY : Professeur Antoine Cuvelier
Docteur Mathieu Salaun
Docteur David Debeaumont**

ANNEE UNIVERSITAIRE 2016 - 2017
U.F.R. DE MEDECINE ET DE-PHARMACIE DE ROUEN

DOYEN : **Professeur Pierre FREGER**

ASSESEURS : **Professeur Michel GUERBET**
Professeur Benoit VEBER
Professeur Pascal JOLY
Professeur Stéphane MARRET

I - MEDECINE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mr Frédéric ANSELME	HCN	Cardiologie
Mme Isabelle AUQUIT AUCKBUR	HCN	Chirurgie plastique
Mr Fabrice BAUER	HCN	Cardiologie
Mme Soumeya BEKRI	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mr Ygal BENHAMOU	HCN	Médecine interne
Mr Jacques BENICHOU	HCN	Bio statistiques et informatique médicale
Mr Olivier BOYER	UFR	Immunologie
Mr François CARON	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Philippe CHASSAGNE (<i>détachement</i>)	HCN	Médecine interne (gériatrie) – Détachement
Mr Vincent COMPERE	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mr Jean-Nicolas CORNU	HCN	Urologie
Mr Antoine CUVELIER	HB	Pneumologie
Mr Pierre CZERNICHOW (<i>surnombre</i>)	HCH	Epidémiologie, économie de la santé
Mr Jean-Nicolas DACHER	HCN	Radiologie et imagerie médicale
Mr Stéfan DARMONI	HCN	Informatique médicale et techniques de communication
Mr Pierre DECHELOTTE	HCN	Nutrition
Mr Stéphane DERREY	HCN	Neurochirurgie
Mr Frédéric DI FIORE	CB	Cancérologie
Mr Fabien DOGUET	HCN	Chirurgie Cardio Vasculaire

Mr Jean DOUCET	SJ	Thérapeutique - Médecine interne et gériatrie
Mr Bernard DUBRAY	CB	Radiothérapie
Mr Philippe DUCROTTE	HCN	Hépatogastro-entérologie
Mr Frank DUJARDIN	HCN	Chirurgie orthopédique - Traumatologie
Mr Fabrice DUPARC	HCN	Anatomie - Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mr Eric DURAND	HCN	Cardiologie
Mr Bertrand DUREUIL	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mme Hélène ELTCHANINOFF	HCN	Cardiologie
Mr Thierry FREBOURG	UFR	Génétique
Mr Pierre FREGER	HCN	Anatomie - Neurochirurgie
Mr Jean François GEHANNO	HCN	Médecine et santé au travail
Mr Emmanuel GERARDIN	HCN	Imagerie médicale
Mme Priscille GERARDIN	HCN	Pédopsychiatrie
Mr Michel GODIN (<i>surnombre</i>)	HB	Néphrologie
M. Guillaume GOURCEROL	HCN	Physiologie
Mr Dominique GUERROT	HCN	Néphrologie
Mr Olivier GULLIN	HCN	Psychiatrie Adultes
Mr Didier HANNEQUIN	HCN	Neurologie
Mr Fabrice JARDIN	CB	Hématologie
Mr Luc-Marie JOLY	HCN	Médecine d'urgence
Mr Pascal JOLY	HCN	Dermato – Vénérologie
Mme Bouchra LAMIA	Havre	Pneumologie
Mme Annie LAQUERRIERE	HCN	Anatomie et cytologie pathologiques
Mr Vincent LAUDENBACH	HCN	Anesthésie et réanimation chirurgicale
Mr Joël LECHEVALLIER	HCN	Chirurgie infantile
Mr Hervé LEFEBVRE	HB	Endocrinologie et maladies métaboliques
Mr Thierry LEQUERRE	HB	Rhumatologie
Mme Anne-Marie LEROI	HCN	Physiologie
Mr Hervé LEVESQUE	HB	Médecine interne
Mme Agnès LIARD-ZMUDA	HCN	Chirurgie Infantile
Mr Pierre Yves LITZLER	HCN	Chirurgie cardiaque
Mr Bertrand MACE	HCN	Histologie, embryologie, cytogénétique
M. David MALTETE	HCN	Neurologie
Mr Christophe MARGUET	HCN	Pédiatrie
Mme Isabelle MARIE	HB	Médecine interne
Mr Jean-Paul MARIE	HCN	Oto-rhino-laryngologie
Mr Loïc MARPEAU	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Stéphane MARRET	HCN	Pédiatrie

Mme Véronique MERLE	HCN	Epidémiologie
Mr Pierre MICHEL	HCN	Hépatogastro-entérologie
M. Benoit MISSET	HCN	Réanimation Médicale
Mr Jean-François MUIR (<i>sumombre</i>)	HB	Pneumologie
Mr Marc MURAINÉ	HCN	Ophthalmologie
Mr Philippe MUSETTE	HCN	Dermatologie - Vénérologie
Mr Christophe PEILLON	HCN	Chirurgie générale
Mr Christian PFISTER	HCN	Urologie
Mr Jean-Christophe PLANTIER	HCN	Bactériologie - Virologie
Mr Didier PLISSONNIER	HCN	Chirurgie vasculaire
Mr Gaëtan PREVOST	HCN	Endocrinologie
Mr Jean-Christophe RICHARD (<i>détachement</i>)	HCN	Réanimation médicale - Médecine d'urgence
Mr Vincent RICHARD	UFR	Pharmacologie
Mme Nathalie RIVES	HCN	Biologie du développement et de la reproduction
Mr Horace ROMAN	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Jean-Christophe SABOURIN	HCN	Anatomie - Pathologie
Mr Guillaume SAVOYE	HCN	Hépatogastrologie
Mme Céline SAVOYE-COLLET	HCN	Imagerie médicale
Mme Pascale SCHNEIDER	HCN	Pédiatrie
Mr Michel SCOTTE	HCN	Chirurgie digestive
Mme Fabienne TAMION	HCN	Thérapeutique
Mr Luc THIBERVILLE	HCN	Pneumologie
Mr Christian THUILLEZ (<i>sumombre</i>)	HB	Pharmacologie
Mr Hervé TILLY	CB	Hématologie et transfusion
M. Gilles TOURNEL	HCN	Médecine Légale
Mr Olivier TROST	HCN	Chirurgie Maxillo-Faciale
Mr Jean-Jacques TUECH	HCN	Chirurgie digestive
Mr Jean-Pierre VANNIER (<i>sumombre</i>)	HCN	Pédiatrie génétique
Mr Benoît VEBER	HCN	Anesthésiologie - Réanimation chirurgicale
Mr Pierre VERA	CB	Biophysique et traitement de l'image
Mr Eric VERIN	HB	Service Santé Réadaptation
Mr Eric VERSPYCK	HCN	Gynécologie obstétrique
Mr Olivier VITTECOQ	HB	Rhumatologie
Mr Jacques WEBER	HCN	Physiologie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme Noëlle BARBIER-FREBOURG	HCN	Bactériologie – Virologie
Mme Carole BRASSE LAGNEL	HCN	Biochimie
Mme Valérie BRIDOUX HUYBRECHTS	HCN	Chirurgie Vasculaire
Mr Gérard BUCHONNET	HCN	Hématologie
Mme Mireille CASTANET	HCN	Pédiatrie
Mme Nathalie CHASTAN	HCN	Neurophysiologie
Mme Sophie CLAEYSSENS	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mr Moïse COEFFIER	HCN	Nutrition
Mr Manuel ETIENNE	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Serge JACQUOT	UFR	Immunologie
Mr Joël LADNER	HCN	Epidémiologie, économie de la santé
Mr Jean-Baptiste LATOUCHE	UFR	Biologie cellulaire
Mr Thomas MOUREZ	HCN	Virologie
Mme Muriel QUILLARD	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mme Laëtitia ROLLIN	HCN	Médecine du Travail
Mr Mathieu SALAUN	HCN	Pneumologie
Mme Pascale SAUGIER-VEBER	HCN	Génétique
Mme Anne-Claire TOBENAS-DUJARDIN	HCN	Anatomie
Mr David WALLON	HCN	Neurologie

PROFESSEUR AGREGE OU CERTIFIE

Mr Thierry WABLE	UFR	Communication
-------------------------	-----	---------------

II - PHARMACIE

PROFESSEURS

Mr Thierry BESSON	Chimie Thérapeutique
Mr Jean-Jacques BONNET	Pharmacologie
Mr Roland CAPRON (PU-PH)	Biophysique
Mr Jean COSTENTIN (Professeur émérite)	Pharmacologie
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr Loïc FAVENNEC (PU-PH)	Parasitologie
Mr Jean Pierre GOULLE (Professeur émérite)	Toxicologie
Mr Michel GUERBET	Toxicologie
Mme Isabelle LEROUX - NICOLLET	Physiologie
Mme Christelle MONTEIL	Toxicologie
Mme Martine PESTEL-CARON (PU-PH)	Microbiologie
Mme Elisabeth SEGUIN	Pharmacognosie
Mr Rémi VARIN (PU-PH)	Pharmacie clinique
Mr Jean-Marie VAUGEUIS	Pharmacologie
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

MAITRES DE CONFERENCES

Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et Minérale
Mr Jérémy BELLIEN (MCU-PH)	Pharmacologie
Mr Frédéric BOUNOURE	Pharmacie Galénique
Mr Abdeslam CHAGRAOUI	Physiologie
Mme Camille CHARBONNIER	Statistiques
Mme Marie Catherine CONCE-CHEMTOB	Législation pharmaceutique et économie de la santé
Mme Elizabeth CHOSSON	Botanique
Mme Cécile CORBIERE	Biochimie
Mr Eric DITTMAR	Biophysique
Mme Nathalie DOURMAP	Pharmacologie
Mme Isabelle DUBUC	Pharmacologie
Mme Dominique DUTERTE- BOUCHER	Pharmacologie

Mr Abdelhakim ELOMRI	Pharmacognosie
Mr François ESTOUR	Chimie Organique
Mr Gilles GARGALA (MCU-PH)	Parasitologie
Mme Najla GHARBI	Chimie analytique
Mme Marie-Laure GROULT	Botanique
Mr Hervé HUE	Biophysique et mathématiques
Mme Laetitia LE GOFF	Parasitologie - Immunologie
Mme Hong LU	Biologie
Mme Marine MALLETER	Biologie Cellulaire
Mme Sabine MENAGER	Chimie organique
Mme Tiphaine ROGEZ-FLORENT	Chimie analytique
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique
Mme Malika SKIBA	Pharmacie galénique
Mme Christine THARASSE	Chimie thérapeutique
Mr Frédéric ZIEGLER	Biochimie

PROFESSEURS ASSOCIES

Mme Cécile GUERARD-DETUNCQ	Pharmacie officinale
Mr Jean-François HOUIVET	Pharmacie officinale

PROFESSEUR CERTIFIE

Mme Mathilde GUERIN	Anglais
----------------------------	---------

ASSISTANT HOSPITALO-UNIVERSITAIRE

Mme Sandrine DAHUYOT	Bactériologie
-----------------------------	---------------

ATTACHES TEMPORAIRES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE

Mme Hanane GASMI	Galénique
Mme Benedetta CORNELIO	Chimie organique

LISTE DES RESPONSABLES DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES

Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et minérale
Mr Thierry BESSON	Chimie thérapeutique
Mr Roland CAPRON	Biophysique
Mme Marie-Catherine CONCE-CHEMTOB	Législation et économie de la santé
Mme Elisabeth CHOSSON	Botanique
Mr Jean-Jacques BONNET	Pharmacodynamie
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr Loïc FAVENNEC	Parasitologie
Mr Michel GUERBET	Toxicologie
Mr François ESTOUR	Chimie organique
Mme Isabelle LEROUX-NICOLLET	Physiologie
Mme Martine PESTEL-CARON	Microbiologie
Mme Elisabeth SEGUIN	Pharmacognosie
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique
Mr Rémi VARIN	Pharmacie clinique
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

III – MEDECINE GENERALE

PROFESSEUR

Mr Jean-Loup **HERMIL** UFR Médecine générale

PROFESSEURS ASSOCIES A MI-TEMPS

Mr Emmanuel **LEFEBVRE** UFR Médecine Générale

Mme Elisabeth **MAUVIARD** UFR Médecine générale

Mr Philippe **NGUYEN THANH** UFR Médecine générale

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS

Mr Pascal **BOULET** UFR Médecine générale

Mr Emmanuel **HAZARD** UFR Médecine Générale

Mme Lucile **PELLERIN** UFR Médecine générale

Mme Yveline **SEVRIN** UFR Médecine générale

Mme Marie Thérèse **THUEUX** UFR Médecine générale

ENSEIGNANTS MONO-APPARTENANTS

PROFESSEURS

Mr Serguei FETISSOV (med)	Physiologie (ADEN)
Mr Paul MULDER (phar)	Sciences du Médicament
Mme Su RUAN (med)	Génie Informatique

MAITRES DE CONFERENCES

Mr Sahil ADRIOUCH (med)	Biochimie et biologie moléculaire (Unité Inserm 905)
Mme Gaëlle BOUGEARD-DENOYELLE (med)	Biochimie et biologie moléculaire (UMR 1079)
Mme Carine CLEREN (med)	Neurosciences (Néovasc)
M. Sylvain FRAINEAU (phar)	Physiologie (Inserm U 1096)
Mme Pascaline GAILDRAT (med)	Génétique moléculaire humaine (UMR 1079)
Mr Nicolas GUEROUT (med)	Chirurgie Expérimentale
Mme Rachel LETELLIER (med)	Physiologie
Mme Christine RONDANINO (med)	Physiologie de la reproduction
Mr Antoine OUVRARD-PASCAUD (med)	Physiologie (Unité Inserm 1076)
Mr Frédéric PASQUET	Sciences du langage, orthophonie
Mme Isabelle TOURNIER (med)	Biochimie (UMR 1079)

CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS : Mme Véronique DELAFONTAINE

HCN - Hôpital Charles Nicolle

HB - Hôpital de BOIS GUILLAUME

CB - Centre Henri Becquerel

CHS - Centre Hospitalier Spécialisé du Rouvray

CRMPR - Centre Régional de Médecine Physique et de Réadaptation

SJ – Saint Julien Rouen

Remerciements

A Monsieur le Professeur Thiberville, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de cette thèse et pour m'avoir enseigné la pneumologie, soyez assuré de ma profonde reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Muir, pour votre enseignement au cours de vos visites à Bois Guillaume, soyez assuré que je ponctionnerai tout épanchement que je rencontrerai en pensant à vous.

A Monsieur le Professeur Cuvelier, pour m'avoir donné le gout de la publication en m'aidant à rédiger mon premier article. Merci de m'avoir enseigné la ventilation non invasive. Je n'irais pas jusqu'à dire que ca n'à plus de secret pour moi, mais j'y travaille.

A Monsieur le Docteur Salaun, pour ton accompagnement et ta formation au quotidien durant mes semestres à Charles Nicolle.

A Madame le Docteur Tardif, pour m'avoir enseigné la physiologie respiratoire et pour m'avoir permis de réaliser mes premières consultations de pneumologie, sachez que je vous suis très reconnaissant. Je vous remercie également d'avoir accepté de diriger ma thèse et de m'avoir aidé à la préparer avec autant de gentillesse et de disponibilité.

A Monsieur le Docteur et ami David Debeaumont, « la vérité Serge » merci de m'avoir enseigné la physiologie respiratoire tout en humour, de m'avoir donné l'occasion de faire parti de l'étude « Debeaumont et al. », le NEJM n'a qu'a bien se tenir. Merci encore Professeur.

A Messieurs les Docteurs Devin, Medhaoui, Mahmoud, pour votre entière confiance durant mes six mois au centre hospitalier d'Evreux, pour m'avoir mis à votre hauteur, m'avoir fait comprendre que j'étais votre égal, j'espère que vous ne l'avez pas regretté, je reviendrai vous voir.

A Monsieur le Docteur et ami Eltom Taieb, merci de m'avoir enseigné la réanimation médicale, les cathéters n'ont plus de secret pour moi, je reviendrais prendre un thé à la menthe dans le service et je t'attends à Paris, Laure veut te voir.

A Monsieur le Docteur Ludovic Berrube, merci de tous tes conseils, j'ai beaucoup apprécié nos discussions-café au coin d'une table sur l'avenir de la pneumologie libérale.

A mes co-internes, à Elise Godeau, Astrid Bertier, Anne-Claire Sainte Marie, Stéphanie Cousse, Ariane Do, Constance Rabel, Simon Clavel, Mikhael Giabicani, Mathilde Jeanvoine, Jamila Talb, Christian Caillard, Sophie Blouet, Marie-Anne, Agathe Ducrocq, Marie Bellefleur, Audrey Benguigui, les réanimateurs de choc Fred, Gerem et Cam

Aux infirmières, aides soignantes et ASH des services de pneumologie de Charles Nicolle et de Bois Guillaume, vous qui avez compris ce que veut dire l'interne premier semestre quand il dit : « C'est quoi les habitudes du service ? ».

A mon cousin Daniel, toi qui speak « Wall Street English », toi mon « Google trad. » préféré, je te promets de m'améliorer en Anglais. Merci de ta précieuse aide et de ton talent pour power point.

A mes amis de toujours, Jerem (meilleur copain de salle de sport (c'est pour le côté viril), de squash, de soirée télé, de FIFA, de Call Of, scout, de voyage en Corse, Equateur, Rome, Florence, Forte, Bordeaux, et j'en ai sûrement oublié), Laure (toi qui t'inquiète plus que ma mère quand je suis sur la route, toi qui me donne des précieux conseils même quand je n'en veux pas, toi qui sait mieux que moi ce qui est bien pour moi), Débo, Alex, Barbara, Maya, Elena, Estelle, Nono, Yann, Théo, Guillaume, Anne-Claire, Audrey, Elise, Astrid, et tous les autres...

A Charlotte, merci de ton soutien au quotidien, merci de me supporter dans mes périodes de stress. Ton écoute attentive et tes précieux conseils m'ont permis le plus souvent de prendre les bonnes décisions.

A ma famille, Richard, Jackie, Béa, Samy et Elliott, qui ont toujours réussi à m'encourager durant ces années difficiles, qui ont dû subir les humeurs d'un interne errant de ville en ville. Merci pour votre soutien moral et matériel, bravo pour votre courage. Je vous en serai toujours reconnaissant.

Sommaire

Glossaire

Introduction

Rappels bibliographiques

I Généralités sur l'obésité et le syndrome métabolique

1. Obésité
 - a. Définition
 - b. Etiologies
 - c. Conséquences
2. Le syndrome métabolique
 - a. Epidémiologie
 - b. Définition
 - c. Conséquences

II Conséquence de l'obésité sur la fonction respiratoire de repos et sur la tolérance à l'effort

1. Mécanique ventilatoire et échanges gazeux du patient obèse
2. Physiopathologie de l'adaptation à l'effort des patients obèses

III Généralités sur les épreuves d'effort cardio-respiratoires

1. Définition
2. Indications
3. Contre-indications
 - a. Absolues
 - b. Relatives
4. Déroulement de l'examen
5. Paramètres mesurés
 - a. Paramètres ventilatoires
 - b. Paramètres cardiologiques

Etude prospective

IV Rappel des objectifs de l'étude

V Patients, matériels et méthodes

1. Description de l'étude
2. Critères d'inclusion
3. Critères d'exclusion
4. Protocole de l'étude
5. Equations de prédiction de la VO_2 max
 - a. Equation de Riddle et al.
 - b. Equation de Hansen et al.
 - c. Equation de Wasserman et al.
 - d. Equation de Gläser et al.
6. Objectifs de l'étude

7. Analyse statistique

VI Résultats

1. Données anthropométriques
2. Consommation d'oxygène à l'effort ($VO_2\text{max}$) mesurée lors de l'épreuve d'effort cardio-respiratoire
3. Comparaison entre les $VO_2\text{max}$ mesurées lors d'une épreuve d'effort cardio-respiratoire et estimées par les quatre équations de prédiction
4. Nouvelle équation de prédiction
5. Méthode de Bland-Altman

VII Discussion

1. Rappel des objectifs de l'étude
2. Limites de l'étude
3. Analyse des résultats
4. Nouvelle équation de prédiction

VIII Bibliographie

IX Résumé

Glossaire

EFX : Epreuve d'effort cardio-respiratoire

EFR : Epreuve fonctionnelle respiratoire

VO₂ : Consommation d'oxygène

VCO₂ : Production de dioxyde de carbone

VO_{2max} : Consommation d'oxygène maximale à l'effort

W_{max} : Puissance maximale

HTA : Hypertension artérielle

IMC : Indice de masse corporelle

ATS : American Thoracic Society

AHA : American Heart Association

ACCP : American College of Chest Physicians

VEMS : Volume Expiratoire maximum par seconde

DLCO : Capacité de diffusion du monoxyde de carbone

FC : Fréquence cardiaque

FID : Fédération Internationale des Diabétiques

NCEP : National Cholesterol Education Program

IDF : International Diabetes Federation

OMS : Organisation mondiale pour la santé

DER : Dépense énergétique de repos

VD/Vt : Rapport espace mort sur volume courant

VD : Espace mort

Vt : Volume courant

VE : Ventilation minute

VRE : Volume de réserve expiratoire

RV : Réserve ventilatoire

SV₁ : Premier seuil ventilatoire

SAHOS : Syndrome d'apnée hypopnée obstructive du sommeil

IAH : Index apnée-hypopnée

ET : Ecart type

BAV : Bloc auriculo-ventriculaire

QR : Quotient respiratoire

FC_{max} : Fréquence cardiaque maximale

VE/VCO₂ : Equivalent ventilatoire pour le CO₂

PA-aO₂ : Gradient alvéolo-artériel en O₂

Introduction

La prévalence du surpoids et de l'obésité est en constante augmentation [1] dans de nombreux pays et est devenue un risque majeur de santé publique. En 2010, environ un milliard et demi de personnes dans le monde entier ont été classés comme étant en surpoids ($IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$), avec près de un demi milliard d'entre eux considérés comme obèses ($IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$) [1]. L'obésité augmente le risque de maladies et de mortalité, y compris le risque d'apparition d'un syndrome métabolique [2]. Le syndrome métabolique est caractérisé par un groupe d'anomalies métaboliques, notamment l'obésité centrale, la dyslipidémie, un taux de glucose élevé, et une hypertension artérielle [2]. Cette situation est devenue préoccupante dans le monde entier, avec environ 34% d'adultes diagnostiqués avec un syndrome métabolique [3]. Il est donc essentiel pour réduire l'incidence de ce syndrome métabolique d'avoir recours à des programmes d'exercices physiques adaptés dont de nombreux auteurs soulignent l'intérêt [4-6]. Ces programmes d'exercices doivent être optimisés afin d'en tirer tout leur bénéfice. Les recommandations actuelles proposent de ré entraîner certains malades comme les patients obèses avec un syndrome métabolique à un seuil supérieur à 40% de la consommation d'oxygène maximale [7]. Cela signifie que la consommation d'oxygène maximale (VO_{2max}) doit d'abord être déterminée. La connaissance de la VO_{2max} d'un individu est aussi importante pour l'évaluation de la réponse au traitement, comprendre les mécanismes de la dyspnée, déterminer les risques opératoires, et même estimer la survie [8]. La mesure précise de la VO_{2max} nécessite de réaliser une épreuve d'effort cardio-respiratoire jusqu'à épuisement volontaire. Elle demande donc une grande motivation de la part du patient, et expose à d'éventuels événements indésirables (par exemple, une arythmie cardiaque ou un syndrome coronarien aigu). Bien que ces événements soient rares au cours d'une épreuve d'effort cardio-respiratoire, leur probabilité est augmentée chez ces patients [9].

Enfin, les performances du patient testé doivent être comparées à celles de sujets lui ressemblant, mais en bonne santé. Certains auteurs ont ainsi proposé des équations de prédiction pour la population générale et spécifiquement pour les patients obèses [10, 13]. Les équations de prédiction de Riddle et al. [12] et Gläser et al. [10] sont parmi les plus fréquemment utilisés. Toutefois, ces équations ont été développées sans égard à la classe de l'obésité. Certaines sont anciennes et ont été établies aux USA. Il est donc possible que ces équations ne soient pas pertinentes pour estimer correctement la VO_{2max} chez les patients

obèses ou en surpoids, vivants en France. D'autres auteurs [14, 15] ont montré que la capacité cardio-respiratoire est faible chez les patients avec un syndrome métabolique par rapport à des personnes, obèses ou non, sans syndrome métabolique.

Notre travail mené en collaboration avec le service de nutrition du CHU de Rouen avait pour objectif de comparer la VO_{2max} prédite à partir de quatre équations publiées antérieurement à la VO_{2max} mesurée lors d'une épreuve d'effort cardio-respiratoire chez des patients obèses avec un syndrome métabolique. Dans un second temps, les données obtenues nous ont permis de développer une nouvelle équation chez les femmes obèses avec un syndrome métabolique.

Rappels bibliographiques

I Généralités sur l'obésité et le syndrome métabolique

1. L'obésité

a. Définition

L'organisation mondiale de la santé (OMS) définit l'obésité comme étant « un excès de masse grasse qui entraîne des conséquences néfastes pour la santé » [16]. Il s'agit de la première épidémie mondiale. En 2014, plus de 1,9 milliards d'individus étaient en surpoids et 600 millions obèses. On estime que chaque année dans le monde 2,8 millions de personnes décèdent de leur obésité.

En France, en 2012, 15% des Français présentent une obésité et 32,3% un surpoids [17].

La définition pratique de l'obésité repose sur l'indice de masse corporelle ou IMC.

$$\text{IMC} = \text{Poids} / \text{Taille}^2$$

Avec poids en kilogramme, taille en mètre et IMC en kg/m²

Selon l'IMC, on définit un niveau d'obésité :

- 18 < IMC < 25 : Normal
- 25 < IMC < 30 : Surpoids
- 30 < IMC < 35 : Obésité stade I
- 35 < IMC < 40 : Obésité stade II
- IMC > 40 : Obésité stade III (ou sévère)

b. Etiologies

Il existe de multiples causes à l'obésité. Au premier plan, les causes métaboliques qui touchent les personnes ayant une dépense énergétique de repos (DER) moins importante que d'autres. Avec un métabolisme moins important, ces personnes accumulent des calories transformées en graisse.

Ensuite, viennent les causes génétiques. En effet, les gènes ont un rôle majeur dans l'obésité : la distribution de la masse grasse et la corpulence seraient déterminées par un petit nombre de gènes.

La sédentarité et l'inactivité physique provoquent un excès des apports par rapport aux dépenses énergétiques. Avec un mode de vie de plus en plus sédentaire (voiture, train, télécommande, profession sédentaire), et une alimentation de plus en plus riche en graisses et en sucres, on constate une augmentation des apports et une baisse de la dépense énergétique, ayant pour conséquence une prise de poids.

Enfin, les causes médicales, endocriniennes comme l'hypothyroïdie, le recours à des traitements stéroïdes ou antidépresseurs peuvent entraîner une prise de poids.

c. Conséquences

En 2014, 2,8 millions de décès dans le monde étaient en rapport avec l'obésité. Il s'agit de décès prématurés.

Les complications liées à l'obésité sont nombreuses et très graves. Tout d'abord, il s'agit des complications cardio-vasculaires. Comme l'hypertension, le diabète et l'excès de cholestérol, l'obésité expose aux problèmes cardio-vasculaires (accident vasculaire cérébral, syndrome coronarien aigu). L'obésité abdominale et la sédentarité sont des facteurs aggravants. Une perte de poids, même limitée, améliore la condition cardiaque de même que la pratique régulière d'une activité physique.

Viennent ensuite les complications d'ordre métabolique comme la goutte, dépôt de cristaux d'acide urique au niveau des articulations, surtout au niveau des genoux et gros orteils, puis les lithiases rénales ou urinaires, liée à la présence de calcul dans les reins ou les voies urinaires. Au niveau pulmonaire, la principale complication est le syndrome obésité-hypoventilation se manifestant par une dyspnée chronique jusqu'à l'insuffisance respiratoire chronique hypercapnique motivant le recours à la ventilation non invasive afin d'assurer les échanges gazeux.

Au niveau respiratoire, l'obésité peut être responsable d'un syndrome d'apnée-hypopnée obstructive du sommeil (SAHOS). Il se caractérise par une réduction ou une interruption de la ventilation pendant le sommeil et se manifeste principalement par deux symptômes : la somnolence diurne et les ronflements nocturnes. Il est défini par un index apnée-hypopnée

(IAH) supérieur à 5. Sa sévérité dépendra de cet index : entre 5 et 15 il s'agit d'un SAHOS léger, entre 15 et 30 il est modéré et si l'IAH est supérieur à 30 on parle de SAHOS sévère.

Au niveau hépatique, l'obésité peut entraîner une stéatose hépatite non alcoolique ou NASH. C'est une pathologie dont la définition est histologique. L'analyse de la biopsie hépatique met en évidence une stéatose accompagnée par des lésions d'hépatite : ballonnisation, nécrose, inflammation et corps de Mallory.

L'obésité est responsable au niveau digestif de gastralgies et de reflux gastro-oesophagien et au niveau des voies biliaires de lithiases biliaires.

L'obésité est également associée à un risque accru de certains cancers comme le cancer de la prostate chez l'homme, les cancers de l'utérus des ovaires et du sein chez la femme, et les cancers du colon et de la vésicule biliaire pour les deux sexes.

L'obésité aggrave l'incontinence urinaire, en particulier l'incontinence à l'effort, en augmentant la pression intra-abdominale.

2. Le syndrome métabolique

a. Définition

La première définition du syndrome métabolique date de 1999. Elle fut donnée par un groupe de travail de l'OMS. Depuis, d'autres définitions ont été proposées. Le syndrome métabolique est un ensemble de facteurs de risques cardiovasculaires comprenant un taux élevé de glycémie veineuse, un taux élevé de triglycéride, une hypertension artérielle, un faible taux de cholestérol HDL et une obésité centrale.

En 2005, l'International Diabetes Federation (IDF) et l'American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute (AHA/NHLBI) ont eu la volonté de donner une définition commune du syndrome métabolique (tableau 1). On parle de syndrome métabolique si la personne présente une obésité centrale définie par un tour de taille supérieur à la normale selon le groupe ethnique et le sexe (tableau 2) et deux des quatre facteurs suivants : un taux élevé de triglycérides $\geq 1,7$ mmol/l ou un traitement de la dyslipidémie, un faible de taux de cholestérol HDL $< 1,03$ mmol/l chez l'homme et $< 1,29$ mmol/l chez la femme ou un traitement de la dyslipidémie, une hypertension artérielle ≥ 130 mmHg en systole ou ≥ 85 mmHg en diastole ou un traitement anti-hypertenseur et un taux élevé de glycémie veineuse à

jeun > 5,6 mmol/l ou un diabète de type 2. Il s'agit de la première définition prenant en compte les différences entre les groupes ethniques.

Tableau 1 : Définition globale du syndrome métabolique de la Fédération Internationale des Diabétiques (FID)

Obésité centrale	
Tour de taille propre au groupe ethnique	
Plus deux des quatre facteurs suivants :	
Taux élevé de triglycérides	> 1,7 mmol/L (150 mg/dL) ou traitement spécifique de ce trouble
Faible taux de cholestérol HDL	< 1,03 mmol/L (40 mg/dL) chez l'homme < 1,29 mmol/L (50 mg/dL) chez la femme ou traitement spécifique de ce trouble
Hypertension artérielle	Systolique > 130 mmHg ou diastolique > 85 mmHg ou traitement d'une hypertension artérielle
Taux élevé de glycémie veineuse	Glycémie veineuse à jeun > 5,6 mmol/L (100 mg/dL) ou diabète de type 2

Tableau 2 : Valeurs spécifiques au pays/origine ethnique pour le tour de taille

Pays/Groupe ethnique		Tour de taille (cm)
Caucasien	Homme	≥ 94
	Femme	≥ 80
Sud-asiatique	Homme	≥ 90
	Femme	≥ 80
Chinois	Homme	≥ 90
	Femme	≥ 80
Japonais	Homme	≥ 85
	Femme	≥ 90

b. Epidémiologie

Le syndrome métabolique est actuellement un problème majeur de santé publique. D'après certaines estimations, 50 millions d'américains seraient atteints d'un syndrome métabolique. Ce syndrome est progressivement en train de s'exporter outre Atlantique, et les Européens sont confrontés à des problèmes similaires [18]. La prévalence du syndrome métabolique en France varie selon la définition employée. Pour la définition du *National Cholesterol Education Program (NCEP)* elle est de 14,1%, pour la définition de l'*International Diabetes Federation (IDF)*, elle est de 20,3% et enfin pour la définition du *Joint Interim Statement*, elle est de 21,1% [19]. Le risque de syndrome métabolique augmente avec l'âge, quelque soit la définition utilisée [19].

c. Conséquences du syndrome métabolique

Les personnes atteintes du syndrome métabolique sont exposées à un risque plus élevé de subir un infarctus du myocarde ou un accident vasculaire cérébral. Ford ES et al. dans sa méta-analyse en 2005 montre que la mortalité toutes causes confondues chez les patients atteints de

syndrome métabolique est de 6 à 7%. Le syndrome métabolique est impliqué dans 12 à 17% des maladies cardio-vasculaires et 30 à 52% des cas de diabète [20].

II Conséquence de l'obésité sur la fonction respiratoire de repos et sur la tolérance à l'effort

1. Mécanique ventilatoire et échanges gazeux du patient obèse au repos

Chez le sujet obèse, la compliance thoraco-pulmonaire est diminuée du fait de la surcharge pondérale. Le travail respiratoire est donc augmenté que ce soit au repos ou à l'exercice. Les volumes pulmonaires peuvent être diminués (baisse de la capacité vitale, diminution de la capacité résiduelle fonctionnelle et du volume de réserve expiratoire) et constituer un syndrome restrictif. A noter que la spirométrie de repos peut aussi retrouver un syndrome obstructif chez ces patients [21].

La pression artérielle en O₂ (PaO₂) est diminuée chez les patients obèses en raison d'une inhomogénéité du rapport ventilation/perfusion par hypoventilation des bases pulmonaires. En général, la PaO₂ se normalise pendant l'exercice. Le rapport espace mort sur volume courant (VD/Vt) est normal au repos et au cours de l'effort.

2. Physiopathologie de l'adaptation à l'effort des patients obèses

La mise en mouvement d'un sujet obèse nécessite une dépense énergétique plus importante que chez un sujet à poids normal : certains auteurs ont montré que le simple pédalage à vide induisait une consommation d'O₂ supérieure à celle de sujets à poids normal [13]. La masse maigre d'un obèse est plus élevée afin de supporter l'excès de masse grasse. Ainsi, la VO_{2max} d'un sujet obèse est en général proche de celle d'un sujet non obèse [22]. Cependant, la VO_{2max} rapportée au poids est basse chez le patient obèse. La pente $\Delta VO_2/\Delta Watts$ est normale voire augmentée (mauvais rendement mécanique à l'effort et/ou augmentation du travail ventilatoire en fin d'effort). Les autres paramètres mesurés ou calculés à l'effort figurent dans le tableau 3. Le sujet obèse est limité en fin d'effort par l'appareil cardiorespiratoire.

Tableau 3 : Synthèse de l'adaptation cardiorespiratoire chez le sujet obèse à l'exercice

MESURES	REPONSE
VO_{2max} (ml/min/kg)	Diminuée pour le poids réel, normale pour le poids idéal
SV_1	Normal
FC_{max}	Normale ou un peu diminuée
Pouls d'O ₂	Normal
Réserve ventilatoire	Normale ou diminuée
VE/VCO_2	Normal
VD/Vt	Normal
PaO_2	Normale ou diminuée
$PA - aO_2$	Normal ou diminué

SV_1 : Premier seuil ventilatoire, FC_{max} : Fréquence cardiaque maximale, VE/VCO_2 :

Equivalent ventilatoire pour le CO₂, VD/Vt : Rapport espace mort sur volume courant; PaO_2 :

pression artérielle en O₂; $PAO_2 - PaO_2$: Gradient alvéolo-artériel en O₂

III - Généralités sur l'épreuve d'effort cardio-respiratoire

1. Définition

L'épreuve d'effort cardio-respiratoire est une exploration intégrée des fonctions cardiaque, respiratoire et musculaire dans des conditions où l'organisme doit faire appel à ses réserves, donc à l'effort. Il s'agit donc d'un examen dynamique. L'organisme puise donc dans ses réserves, se mettant dans une situation de stress physique. Il s'agit d'objectiver et quantifier la tolérance ou l'intolérance à l'effort.

2. Indications

Il existe de multiples indications à l'EFX. Il s'agit selon l'ATS/ACCP en 2003, de :

- Exploration une dyspnée d'effort. Elle représente en moyenne 60% des indications. Dans certaines situations où il existe une dyspnée d'effort non expliquée par des explorations respiratoires de repos (EFR, test de marche) et cardiologiques de repos (échocardiographie, scintigraphie myocardique), l'EFX est un examen général permettant d'identifier une cause respiratoire, cardiologique et/ou musculaire à cette dyspnée d'effort.
- Intolérance à l'effort (myalgie, fatigue). Elle représente environ 20% des indications. Il s'agit le plus fréquemment d'un déconditionnement musculaire à l'exercice.
- Bilan pré-opératoire d'une chirurgie de résection pulmonaire et de transplantation d'organes.
- Initier un réentraînement, une réhabilitation à l'effort.
- Evaluer le retentissement fonctionnel et le pronostic d'une pathologie chronique. Il s'agit par exemple d'une BPCO, d'une insuffisance cardiaque, d'une pathologie interstitielle, de la mucoviscidose, d'une valvulopathie, d'une myopathie...

3. Contre indications

a. Absolues

Les contre indications absolues à l'épreuve d'effort cardio-respiratoire sont : une cardiopathie décompensée, une coronaropathie instable, une dissection aortique, des arythmies symptomatiques, une myocardite, un rétrécissement aortique sévère et symptomatique, une péricardite, une embolie pulmonaire, un syndrome infectieux aigu.

b. Relatives

Les contre indications relatives à l'épreuve d'effort cardio-respiratoire sont : une HTA sévère (>200/110 mmHg), une sténose du tronc commun, un rétrécissement aortique modéré, un BAV haut degré, des arythmies peu sévères, un anévrisme ventriculaire, une cardiomyopathie hypertrophique ou autre obstruction, anomalie électrolytique, maladie métabolique décompensée, maladie rhumatologique, orthopédique ou neuromusculaire aggravée par effort, maladie infectieuse chronique et enfin limitation physique ou mentale.

4. Déroulement de l'examen

L'EFX se réalise sur une bicyclette ergométrique ou sur tapis roulant. Dans certains cas où le patient est atteint d'une maladie rhumatologique ou d'une artériopathie des membres inférieurs par exemple, cet examen peut être réalisé sur cycloergomètre à bras. Après une période d'échauffement de 3 minutes, la puissance est augmentée chaque minute en demandant une fréquence de pédalage constante. L'arrêt se fait à épuisement selon les critères de maximalité : $FC_{max} > 90\% FC_{max th.}$, plateau de VO_2 , sensation subjective d'épuisement, quotient respiratoire $> 1,1$, réserve ventilatoire $< 30\%$. Les différentes grandeurs sont recueillies cycle à cycle et moyennée sur 30 secondes. La VO_{2max} mesurée est la valeur la plus haute sur 30 secondes de la dernière minute.

5. Grandeurs mesurées

a. respiratoires

Ce sont la fréquence respiratoire, le volume courant, la ventilation minute et les courbes débit volume ou la capacité inspiratoire. On mesure également les fractions inspirés et expirés d' O_2 et de CO_2 .

b. cardiologiques

Ce sont l'électrocardiogramme, la fréquence cardiaque et la tension artérielle.

Rappel des objectifs de l'étude

Notre travail mené en collaboration avec le service de nutrition du CHU de Rouen avait pour objectif de comparer la VO_{2max} mesurée lors d'une épreuve d'effort cardio-respiratoire chez des patients obèses avec un syndrome métabolique à la VO_{2max} prédite à partir de quatre équations publiées antérieurement. Dans un second temps, les données obtenues nous ont permis de développer une nouvelle équation chez les femmes obèses avec un syndrome métabolique.

Patients, matériels et méthodes

1. Description de l'étude

Soixante-quinze sujets obèses avec un syndrome métabolique (51 femmes et 24 hommes) se sont portés volontaires pour participer à cette étude prospective. Tous ces patients étaient inclus dans un programme de perte de poids (PHRC « *Obefitt* ») proposé par le service de nutrition du CHU de Rouen (France) qui se déroulait entre septembre 2011 et décembre 2014. Ce travail constitue une étude ancillaire de ce programme de recherche.

2. Critères d'inclusions

Les critères d'inclusion étaient : un âge compris entre 18 et 55 ans, un indice de masse corporel supérieur ou égal à 30 kg/m^2 avec un poids maximal de 135 kg, et le diagnostic de syndrome métabolique selon les critères de la fédération internationale des diabétiques.

3. Critères d'exclusions

Les critères d'exclusion étaient les suivants : toute pathologie pulmonaire, une ou plusieurs anomalies de l'appareil locomoteur, une grossesse, la consommation de tabac supérieure ou égale à huit cigarettes par jour et un traitement médicamenteux par bêtabloquants.

4. Protocole

Les objectifs et les procédures d'enquête ont été expliqués à tous les participants, qui ont rempli et signé les formulaires de consentement éclairé. L'étude a été approuvée par le comité d'éthique pour la protection des participants à la recherche clinique du Sud Méditerranée.

Avant de réaliser l'épreuve d'effort cardio-respiratoire, tous les critères d'inclusion et d'exclusion étaient vérifiés. Les données anthropométriques suivantes : le poids, la taille, l'indice de masse corporelle, la masse grasse et la masse maigre ont été recueillis pour chaque participant. La taille et le poids étaient mesurés, puis l'indice de masse corporelle a été calculé. Les masses maigres et grasses ont été évalué par absorptiométrie biphotonique à rayons X (DEXA) (Lunar Prodigy Advance, GE Healthcare®, Buckinghamshire, Royaume-Uni).

Les participants ont ensuite effectué une épreuve d'effort cardio-respiratoire sur un cycloergomètre électromagnétique (BV Lode®, Groningen, Pays-Bas) conformément aux recommandations internationales (Palange et al. [23]). Après un échauffement de 3 minutes à 20 watts chez les femmes et 30 watts chez les hommes, la puissance était augmentée chaque minute de 10 watts pour les femmes et 15 watts pour les hommes. Une fréquence de pédalage de 50 à 60 tours par minute devait être maintenue tout au long de l'épreuve. Chaque participant était encouragé à faire son maximum et atteindre une puissance maximale. La puissance maximale (W_{\max}) était la puissance maximale tenue 1 minute entière par le patient au maximum de l'effort. Les échanges gazeux étaient mesurés cycle à cycle sur une chaîne de mesures Ergocard (Medisoft®, Sorinnes, Belgique), étalonnée conformément aux directives du fabricant. La fréquence cardiaque était enregistrée en continu avec un électrocardiogramme à 12 dérivations (Medcard, Medisoft®, Sorinnes, Belgique). La consommation d'oxygène (VO_2), la production de dioxyde de carbone (VCO_2), la ventilation minute et la fréquence cardiaque (FC) ont été moyennées au cours des 30 dernières secondes de chaque palier. La saturation transcutanée était surveillée via un appareil Biox 3800 (Ohmeda Datex).

Les critères de maximalité étaient les suivants : le ratio des échanges respiratoires (QR) supérieur ou égal à 1,1, une réserve ventilatoire (RV) inférieure ou égale à 30%, une fréquence cardiaque maximale (FC_{\max}) supérieure ou égale à 90% de la fréquence cardiaque maximale théorique ($FC_{\max \text{ th.}} = 210 - 0,65 \times \text{âge}$), et l'appréciation de l'épuisement par l'examineur. Dans tous les cas, l'épreuve d'effort cardio-respiratoire était réalisée jusqu'à épuisement avec au moins trois des quatre critères remplis. Dans le cas contraire, le patient était exclu. La $VO_{2\max}$ mesurée était la valeur de VO_2 la plus haute des 30 dernières secondes.

5. Equations de prédiction de la $VO_{2\max}$

Pour comparer la $VO_{2\max}$ mesurée à la $VO_{2\max}$ prédite (en ml/min), quatre équations de prédiction standards ont été utilisées :

a. Equation de Riddle et al. [12]

- Pour les hommes : $(60 - 0,55 \times \text{âge}) \times \text{poids prédit} = ((4,13 \times \text{taille}) \div 2,54 - 135) \div 2,2$
- Pour les femmes : $(48 - 0,37 \times \text{âge}) \times \text{poids prédit} = (((3,55 \times \text{taille}) \div 2,54) - 106) \div 2,2$

a. Equation de Hansen et al. [11]

- Pour les hommes : $(0.79 \times \text{taille} - 60.7) \times (50.72 - 0.372 \times \text{âge})$

- Pas d'équation pour les femmes

a. Equation de Wasserman et al. [13]

- Pour les hommes : $(0.79 \times \text{taille} - 60.7) \times (50.72 - 0.372 \times \text{âge}) + 6 \times (\text{IMC} - (0.79 \times \text{taille} - 60.7))$

- Pour les femmes : $((0.65 \times \text{taille} - 42.8) + 43) \times (22.78 - 0.17 \times \text{âge}) + 6 \times (\text{IMC} - (0.65 \times \text{taille} - 42.8))$

-

a. Equation de Gläser et al. [10]

- Pour les hommes : $(-69 + 1.48 \times \text{âge} + 14.02 \times \text{taille} + 7.44 \times \text{IMC} - 0.2256 \times \text{âge}^2)$

- Pour les femmes : $(-588 - 11.33 \times \text{âge} + 9.13 \times \text{taille} + 26.88 \times \text{IMC} - 0.12 \times \text{âge}^2)$

Dans toutes les équations de prédiction, l'âge, la taille et le poids sont exprimés respectivement en années, en centimètre et en kilogramme.

6. Analyse statistique

Les données sont présentées sous la forme moyenne \pm écart type (ET).

Un test de Kolmogorov-Smirnov a été réalisé afin de caractériser la distribution des variables. En cas de distribution normale, comme par exemple pour les données anthropométriques et les variables de l'épreuve d'effort cardio-respiratoire, le test t de Student apparié était utilisé pour comparer les groupes. Dans le cas contraire, le test U de Mann et Whitney était utilisé.

Les $VO_{2\max}$ mesurées ont été comparées avec les $VO_{2\max}$ calculées, à l'aide d'un test t de Student apparié ou d'un test de Wilcoxon (selon le caractère de la distribution, normale ou non).

Les corrélations entre les $VO_{2\max}$ mesurées et calculées ont été évaluées par les tests de corrélation de Pearson ou Spearman en fonction de la distribution normale ou non des variables respectivement.

Lorsque les $VO_{2\max}$ mesurées et calculées étaient significativement corrélées avec les tests de Pearson ou Spearman, un test de Bland et Altman a été utilisé pour évaluer leur concordance.

Pour conduire ce test, il était nécessaire de faire la moyenne des différences entre les $VO_{2\max}$ mesurées et calculées, puis de calculer les limites d'agrément :

Limites d'agrément à 95% = $d \pm 1,96 ET$

Avec d = moyenne des différences entre les VO_{2max} mesurées et calculées.

Pour évaluer la corrélation entre les données anthropométriques (âge, taille, IMC, masse grasse et masse maigre) et les VO_{2max} mesurées, des coefficients de corrélation ont été estimés.

Des équations de prédiction ont ensuite été développées à partir des variables significativement corrélées grâce à des analyses de régressions multiples séquentielles.

Le seuil de signification statistique était fixé à $p < 0,05$. Tous les calculs ont été réalisés avec le logiciel SAS, version 9.3 (SAS, Cary, NC, USA).

Résultats

Le tableau 4 regroupe l'ensemble des données anthropométriques des patients obèses avec un syndrome métabolique.

Tableau 4 : Données anthropométriques des patients obèses avec un syndrome métabolique

	Femmes (n=51)	Hommes (n=24)	p
Age (année)	40,6±9.3	42,0±8.7	0,51
Taille (mètre)	1,64±0,06	1,77±0,05	p<0,001
Poids (kg)	106,4±15,8	110,7±12,9	0,21
IMC (kg/m²)	39,5±5,1	35,4±3,4	p<0,001
Masse maigre (kg)	49,2±7,2	63,6±8,3	p<0,001
Masse maigre (%)	46,5±3,6	57,5±4,8	p<0,001
Masse grasse (kg)	56,9±10,1	47,2±8,5	p<0,001
Masse grasse (%)	53,5±3,6	42,5±4,8	p<0,001
VEMS (% de la théorique)	93,4±12,9	92,2±7,8	0,60
CVL (% de la théorique)	106,8±13,9	103,3±9,5	0,20
Rapport de Tiffeneau	0,74±0,07	0,71±0,06	0,048
CVF (% de la théorique)	102,5±12,8	98,3±8,3	0,09
Masse maigre/Masse grasse	0,88±0,13	1,28±0,27	p<0,001

Moyenne ± Ecart type

IMC : Indice de masse corporelle, VEMS : Volume expiratoire maximal par seconde, CVL : Capacité vitale lente, Rapport de Tiffeneau : VEMS/CVL, CVF : Capacité vitale forcée

Le tableau 5 regroupe les données concernant l'épreuve d'effort cardio-respiratoire. La VO_{2max} mesurée est exprimée en ml/min et en ml/kg/min. La VO_{2max} était significativement plus élevée chez les hommes que chez les femmes ($p < 0,001$).

Tableau 5 : VO_{2max} mesurée lors d'une épreuve d'effort cardio-respiratoire et critères de maximalité

	Femmes (n=51)	Hommes (n=24)	p
VO_{2max} mesurée (ml/min)	1927±349	2744±490	$p < 0,001$
VO_{2max} mesurée (ml/kg/min)	18,3±3,2	24,9±4,2	$p < 0,001$
RV (%)	24,0±11,8	22,5±12,1	0,61
FC_{max} (bpm)	166±18	170±14	0,29
FC_{max} (% de la FC_{max} théorique)	90,3±8,3	93,0±7,0	0,14

Moyenne ± Ecart type

VO_{2max} : Consommation d'oxygène à l'effort maximale, RV: Réserve ventilatoire, FC_{max} : Fréquence cardiaque maximale, bpm : Battement par minute

Le tableau 6 compare la VO_{2max} mesurée lors de l'épreuve d'effort cardio-respiratoire à la VO_{2max} calculée par les quatre équations de prédiction de la VO_2 (Riddle et al. [12], Hansen et al. [11], Gläser et al. [10] et Wasserman et al. [13]).

La VO_{2max} prédite à partir de l'équation de Riddle et al. [12] était inférieure à la VO_{2max} mesurée chez les femmes. La VO_{2max} calculée par l'équation de Gläser et al. [10] était supérieure à la VO_{2max} mesurée chez les femmes. La VO_{2max} calculée par l'équation de Wasserman et al. [13] était plus élevée que la VO_{2max} mesurée chez les hommes. Ces différences étaient toutes significatives ($p < 0,05$).

Tableau 6 : Comparaison entre la VO_{2max} mesurée et la VO_{2max} prédites par les quatre équations de prédictions chez les patients obèses avec un syndrome métabolique

	Femmes (n=51)	Hommes (n=24)
VO_{2max} mesurée (ml/min)	1927±349	2744±490
Equation de Riddle et al.		
VO_{2max} prédite (ml/min)	1849±235	2550±324
VO_{2max} prédite (% de la VO_{2max} mesurée)	97±13	96±21
Equation de Hansen et al.		
VO_{2max} prédite (ml/min)	X	2766±260
VO_{2max} prédite (% de la VO_{2max} mesurée)	X	104±20
Equation de Wasserman et al.		
VO_{2max} prédite (ml/min)	1952±231	2957±283
VO_{2max} prédite (% de la VO_{2max} mesurée)	103±14	111±21
Equation de Gläser et al.		
VO_{2max} prédite (ml/min)	3102±549	2880±207
VO_{2max} prédite (% de la VO_{2max} mesurée)	162±26	108±20

Moyenne ± Ecart type

VO_{2max} : Consommation maximale d'oxygène à l'effort

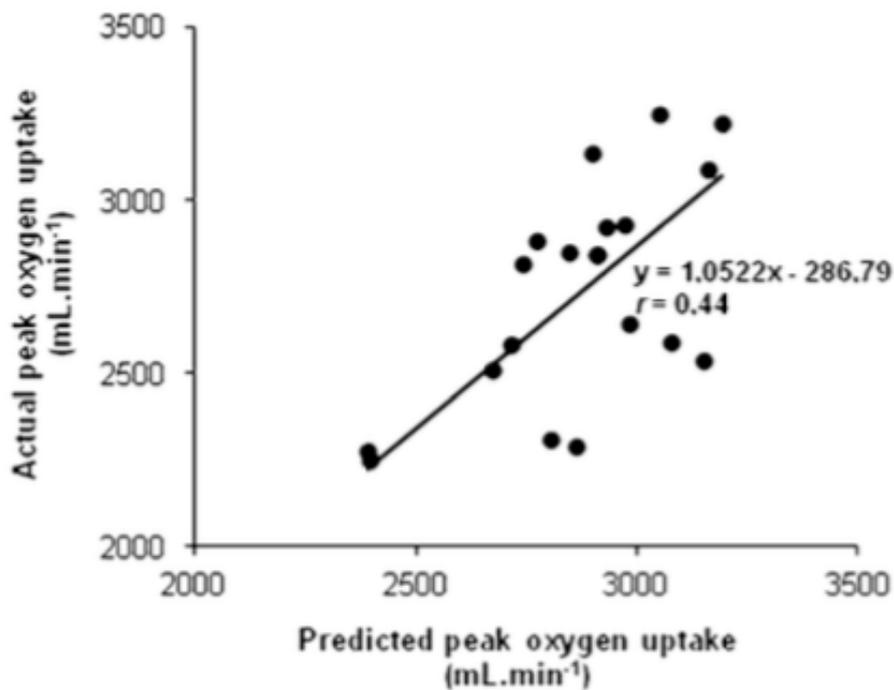
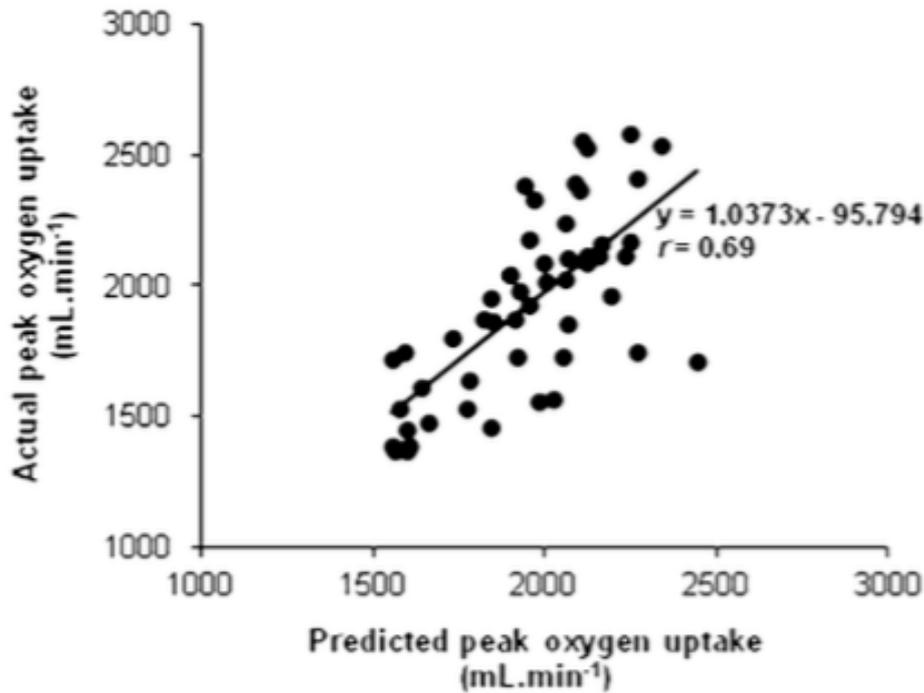
Des corrélations significatives étaient retrouvées entre les VO_{2max} calculée et mesurée chez les femmes, quelle que soit l'équation de prédiction ($p < 0,001$, $r \geq 0,60$).

Chez les hommes, la VO_{2max} mesurée était significativement corrélée à la VO_{2max} estimée uniquement pour l'équation de Gläser et al. [10]. ($p = 0,03$, $r = 0,44$) (Figure 1).

Figure 1 : Association entre les VO_{2max} calculées (via l'équation de Wasserman et al.) et mesurées chez les femmes obèses avec un syndrome métabolique (figure du haut).

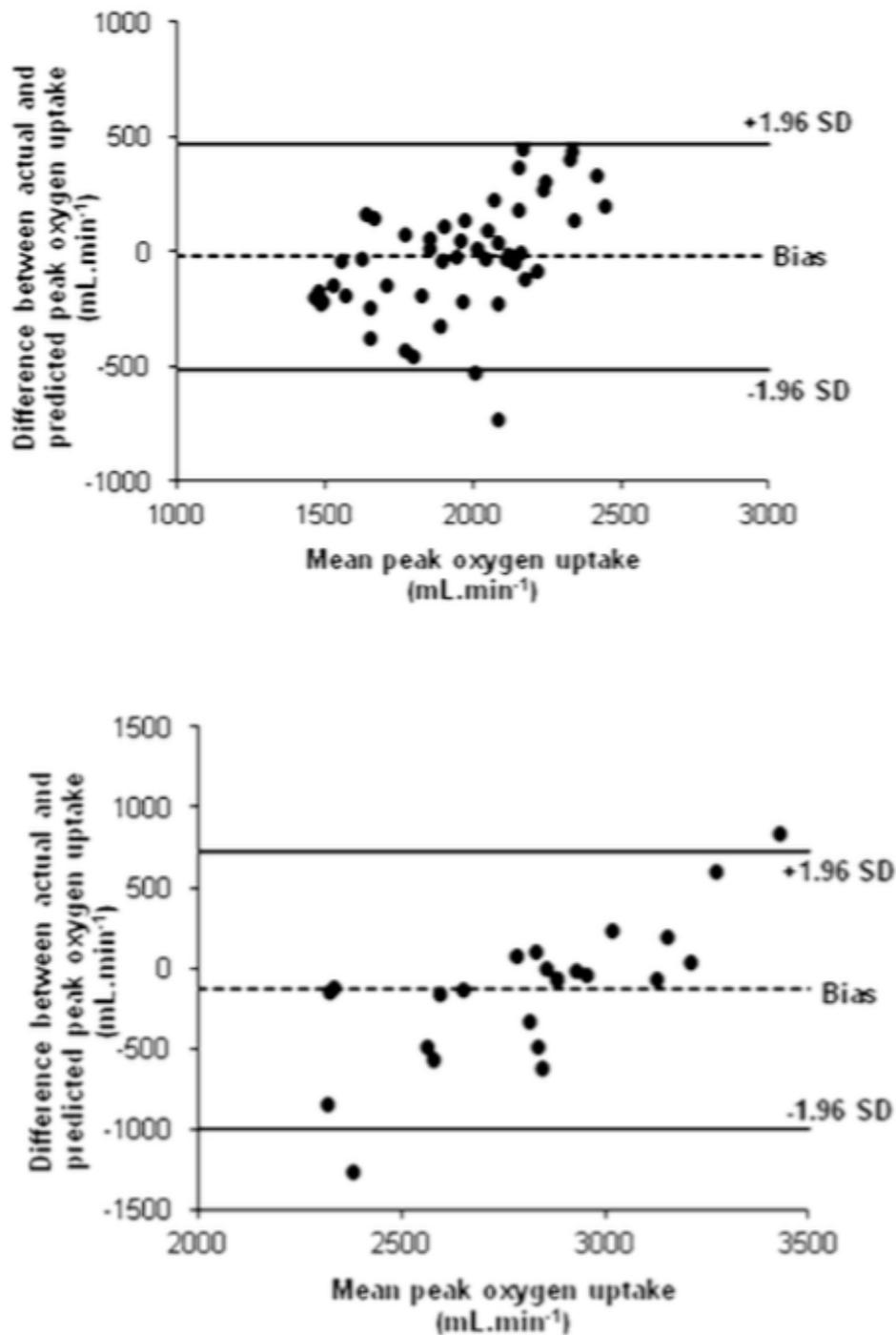
Association entre les VO_{2max} calculées (via l'équation de Glaser et al.) et mesurées chez les hommes obèses avec un syndrome métabolique (figure du bas).

r représente le coefficient de corrélation.



L'analyse de Bland et Altman n'a été effectuée que lorsque aucune différence significative n'était mise en évidence entre les valeurs mesurées et prédites de VO₂max et que celles-ci étaient significativement corrélées. L'analyse a donc été exécutée pour l'équation de prédiction Wasserman et al. [13] chez les femmes, ainsi que pour l'équation de Gläser et al. [10] chez les hommes (figure 1).

Figure 2 : Méthode de Bland et Altman pour la comparaison entre les VO_{2max} mesurée et prédite chez les femmes obèses (figure du haut) et chez les hommes obèses (figure du bas) avec un syndrome métabolique. La ligne en pointillé correspond à la moyenne des différences. Les lignes pleines correspondent aux limites d'agrément (LoA95%) ce qui représente $1,96 \times ET$.



Chez les femmes, le biais moyen et les limites d'agrément étaient de $-1,2 \text{ mL/min} \pm 1,96\text{ET}$ ($1,96\text{ET}=25,4\%$ de la $\text{VO}_{2\text{max}}$ mesurée) avec l'équation de Wasserman et al. [13] (figure 2).

Chez les hommes, le biais moyen et les limites d'agrément étaient de $-4,9 \text{ mL/min} \pm 1,96\text{ET}$ ($1,96\text{ET}=30,6\%$ de la $\text{VO}_{2\text{max}}$ mesurée) avec l'équation de Gläser et al. [10] (figure 2).

Les limites d'agrément étaient larges, quelle que soit l'équation de prédiction ou le sexe. Nous avons donc cherché à développer une nouvelle équation de prédiction adaptée spécifiquement pour les patients obèses atteints de syndrome métabolique. Cela n'a pas été possible chez les hommes, du fait d'un échantillon trop petit ($n = 24$).

Chez les femmes, la $\text{VO}_{2\text{max}}$ mesurée était corrélée à toutes les données anthropométriques (à l'exception des pourcentages de masse grasse et masse maigre) ($p < 0,05$; tableau 7).

Une analyse de régression a permis d'éliminer les données n'apportant pas une précision supplémentaire.

Tableau 7 : Corrélation entre les données anthropométriques et la $\text{VO}_{2\text{max}}$ chez les femmes obèses avec un syndrome métabolique

	p	Coefficient de corrélation
Age (année)	$p < 0,001$	$r = -0,627$
Poids (kg)	$p = 0,001$	$r = 0,444$
Taille (m)	$p = 0,004$	$r = 0,396$
IMC (kg/m^2)	$p = 0,033$	$r = 0,3023$
Masse grasse (kg)	$p = 0,006$	$r = 0,383$
Masse grasse (%)	$p = 0,840$	$r = 0,029$
Masse maigre (kg)	$p = 0,002$	$r = 0,434$
Masse maigre (%)	$p = 0,840$	$r = -0,029$

Moyenne + Ecart type

IMC : Indice de masse corporelle

Une nouvelle équation de prédiction prenant uniquement en compte l'âge et la taille a été établie comme suit :

$$\text{VO}_{2\text{max}} \text{ prédite} = 1735,75 \times \text{taille} - 13,80 \times \text{taille} \times \text{âge}$$

Avec $\text{VO}_{2\text{max}}$ en ml/min, taille en mètre, et âge en année.

Lorsque la nouvelle équation de prédiction était utilisée, il existait une corrélation plus élevée entre la $\text{VO}_{2\text{max}}$ mesurée et la $\text{VO}_{2\text{max}}$ prédite ($p < 0,001$, $r = 0,89$).

Discussion

1. Rappel des objectifs de l'étude

Les principaux objectifs de l'étude étaient de comparer la VO_{2max} prédite à partir de quatre équations de prédiction à la VO_{2max} mesurée lors d'une épreuve d'effort cardio-respiratoire chez les patients obèses atteints d'un syndrome métabolique et de développer une meilleure équation de prédiction spécifiquement pour cette population.

L'épidémiologie de l'obésité fait que les patients nécessitant une épreuve d'effort cardio-respiratoire sont de plus en plus nombreux. Il faut donc utiliser des équations de prédiction de la VO_{2max} établies de façon plus spécifique pour ce type de population.

C'est ainsi que nous avons pu définir une nouvelle équation de prédiction de la capacité maximale aérobie chez les femmes obèses ayant un syndrome métabolique [24].

2. Limites de l'étude

Notre étude comporte cependant certaines limites. La première et la plus importante était la faible cohorte d'hommes. En effet, avec 24 hommes seulement, nous n'avons pas pu développer une nouvelle équation pour les hommes.

Nos résultats nous amènent à penser qu'une équation de prédiction plus précise pour les hommes est également nécessaire car la précision de la prédiction était plus faible chez les hommes ($\pm 30,6\%$ de l'actuel VO_{2max}) par rapport aux femmes ($\pm 25,4\%$ de l'actuel VO_{2max}).

En outre, comme mentionné ci-dessus, les écarts entre certains de nos résultats et ceux de la littérature peuvent être liés à des différences dans la classe de l'obésité. Il semble donc nécessaire d'examiner dans un prochain travail si la nouvelle équation de prédiction est valable chez les femmes quelle que soit la sévérité de l'obésité.

3. Analyse des résultats

Les résultats ont démontré que les équations de Wasserman et al. [13] et Gläser et al. [10] étaient valables pour prédire la VO_{2max} respectivement chez les femmes et les hommes obèses avec un syndrome métabolique.

Cependant, des limites d'agrèments larges pour les deux méthodes suggèrent que la précision des prédictions pourrait être améliorée. L'échantillon de femmes obèses (51 femmes)

présentant un syndrome métabolique était suffisamment important pour développer une nouvelle équation de prédiction prenant en compte les données anthropométriques suivantes : l'âge et la taille.

Il est admis que la VO_{2max} est le meilleur critère pour évaluer de façon intégrée les fonctions cardiovasculaire, respiratoire et musculaire [25]. Dans la pratique clinique, elle est généralement mesurée au cours d'une épreuve d'effort cardio-respiratoire et comparée à une valeur prédite à partir d'une équation de prédiction. Cependant, les équations utilisées peuvent donner différentes valeurs de VO_{2max} prédites. Les différentes équations publiées dans la littérature n'utilisent pas toutes les mêmes variables. Par exemple, l'équation de Gläser et al. [10] propose de prédire la VO_{2max} en fonction de l'âge, la taille et l'IMC dans la population générale. Hansen et al. [11], quant à eux, notent que l'IMC n'est pas un bon élément de prédiction de la VO_{2max} chez l'homme obèse. Plus récemment, Wasserman et al. [13] ont confirmé ce fait et ont proposé une équation de prédiction prenant en compte l'âge et la taille. L'étude actuelle a révélé que l'équation de prédiction de Wasserman et al. [13], qui avait été spécifiquement développée pour une population obèse, était la meilleure équation parmi celles fréquemment utilisées pour prédire la VO_{2max} chez les femmes obèses présentant un syndrome métabolique.

Bien que Lorenzo et Babb [22] ne recommandent pas d'utiliser l'équation de Wasserman et al. [13] appliquée aux femmes, notre étude montre qu'elle peut être utilisée.

Cependant, comme Lorenzo et Babb [22] le signalent et comme nous l'avons mis en évidence ses limites d'agrèments sont trop larges.

Un constat plus surprenant est que la meilleure méthode pour prédire la VO_{2max} chez les hommes obèses est l'équation de prédiction de Gläser et al. [10]. Ce résultat peut être expliqué par les caractéristiques de notre population : la plupart des hommes présentaient une obésité modérée (41,7% d'hommes avait un IMC compris entre 30 et 34,9 kg/m^2) tout comme dans la cohorte de patients de Gläser et al. [10]. En effet, ils avaient inclus un nombre élevé de personne en surpoids ou obèse tout en prenant soin d'exclure les patients avec une maladie pulmonaire ou cardiaque. Or cela représente bien la population générale dans laquelle on retrouve fréquemment une proportion significative de patients en surpoids ou obèse [25]. Ceci explique que l'équation de prédiction de Gläser et al. [10] soit applicable à notre population d'homme.

Enfin, il est également possible que l'équation de prédiction de Gläser et al. [10] soit meilleure pour prédire la VO_{2max} chez les hommes obèses car dans leur étude, la population incluse (sujets allemands, européens) est plus représentative des patients inclus dans notre étude (sujets français, européens).

Bien que les méthodes de Wasserman et al. [13] et Gläser et al. [10] étaient valides pour prédire la VO_{2max} , respectivement, chez les femmes et les hommes obèses présentant un syndrome métabolique, la précision des prédictions était faible.

En effet, pour 95% des nouvelles prédictions, la différence entre les VO_{2max} mesurées et calculées serait au moins inférieure ou égale à $-1,2 \text{ mL/min} \pm 1,96ET$ ($1,96ET=25,4\%$ de la VO_{2max} mesurée) lorsque l'équation de prédiction de Wasserman et al. [13] est utilisée chez les femmes, et inférieure ou égale à $-4,9 \text{ mL/min} \pm 1,96ET$ ($1,96ET=30,6\%$ de la VO_{2max} mesurée) lorsque l'équation de prédiction de Gläser et al. [10] est utilisée chez les hommes.

Cette faible précision des équations usuelles de prédiction de la VO_{2max} peut être expliquée par la résistance à l'insuline. En effet, l'insulino-résistance conduit à une hyperglycémie chronique [27], laquelle est une des composantes du syndrome métabolique [2].

Il y a une proportion plus importante de résistance à l'insuline chez les patients obèses avec un syndrome métabolique comparativement aux patients obèses sans syndrome métabolique.

Morinder et al. dans l'étude « *Insulin sensitivity, VO_{2max} and body composition in severely obese Swedish children and adolescents* » [28] ont démontré le lien entre la sensibilité à l'insuline et la VO_{2max} . Par conséquent, l'utilisation des équations de prédiction développées chez les patients obèses sans syndrome métabolique [11, 13] ou dans la population générale [10, 12] semble inappropriée pour prédire la VO_{2max} chez les sujets obèses avec un syndrome métabolique, du fait de leur insulino-résistance.

Balkau et al. [29] ont mis en évidence que l'incidence de l'hyperglycémie à jeun était deux fois plus élevée chez les hommes que chez les femmes obèses avec syndrome métabolique. C'est un des facteurs d'explication possible au fait que nous avons mis en évidence une différence de précision des équations entre les sexes (limites d'agrément plus larges chez les hommes).

4. Nouvelle équation de prédiction

La présente étude a montré que les méthodes de Wasserman et al. [13] et Gläser et al. [10] étaient valables pour prédire la VO_{2max} respectivement chez les femmes et les hommes obèses atteints d'un syndrome métabolique. Cependant, la précision des prédictions était faible pour les deux méthodes, ce qui nous a amené à développer une nouvelle équation de prédiction plus précise prenant en compte comme données anthropométriques l'âge et la taille chez les femmes obèses atteintes d'un syndrome métabolique.

Cette équation est la suivante :

$$VO_{2max} = 1735.75 \times \text{taille} - 13.80 \times \text{taille} \times \text{âge}$$

Avec VO_{2max} en ml/min, taille en mètre et âge en année.

En accord avec les études précédentes [11, 13], nous avons constaté que l'IMC n'était pas un bon élément de prédiction de la VO_{2max} chez les femmes obèses avec un syndrome métabolique. Nous proposons ainsi une nouvelle équation de prédiction ne faisant intervenir que l'âge et la taille dans cette population obèse avec un syndrome métabolique. Cependant, bien qu'une forte corrélation ($p < 0,001$; $r = 0,89$) ait été trouvée entre la VO_{2max} mesurée et prédite, d'autres études seront nécessaires pour confirmer la validité et la sensibilité de notre équation dans un échantillon beaucoup plus large.

Bibliographie

1. Finucane MM, Stevens GA, Cowan MJ, Danaei G, Lin JK, Paciorek CJ, Singh GM, Gutierrez HR, Lu Y, Bahalim AN, Farzadfar F, Riley LM, Ezzati M (2011) National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9,1 million participants. *Lancet* 377(9765):557–567
2. Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, Fruchart JC, James WP, Loria CM, Smith SC (2009) Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation* 120(16):1640–1645
3. Ford ES (2005) Risks for all-cause mortality, cardiovascular disease, and diabetes associated with the metabolic syndrome: a summary of the evidence. *Diabetes Care* 28(7):1769–1778
4. Katzmarzyk PT, Leon AS, Wilmore JH, Skinner JS, Rao DC, Rankinen T, Bouchard C (2003) Targeting the metabolic syndrome with exercise : evidence from the HERITAGE Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 35(10):1703–1709
5. Kubilius R, Jasiukeviciene L, Grizas V, Kubiliene L, Jakubseviciene E, Vasiliauskas D (2012) The impact of complex cardiac rehabilitation on manifestation of risk factors in patients with coronary heart disease. *Medicina* 48(3):166–173
6. Tjonna AE, Lee SJ, Rognmo O, Stolen TO, Bye A, Haram PM, Loennechen JP, Al-Share QY, Skogvoll E, Slordahl SA, Kemi OJ, Najjar SM, Wisloff U (2008) Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome : a pilot study. *Circulation* 118(4):346–354

7. American College of Sports Medicine : ACSM (1998) ACSM Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 30(6):975–991
8. Stringer WW (2010) Cardiopulmonary exercise testing: current applications. *Expert Rev Respir Med* 4(2):179–188
9. Arena R, Myers J, Williams MA, Gulati M, Kligfield P, Balady GJ, Collins E, Fletcher G (2007) Assessment of functional capacity in clinical and research settings: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation* 116(3):329–343
10. Gläser S, Koch B, Ittermann T, Schäper C, Dörr M, Felix SB, Volzke H, Ewert R, Hansen JE (2010) Influence of age, sex, body size, smoking, and beta blockade on key gas exchange exercise parameters in an adult population. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 17(4):469–476
11. Hansen JE, Sue DY, Wasserman K (1984) Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Respir Dis* 129(2):49-55
12. Riddle W, Younes M, Remmers J, deGroot W (1980) Graphical analysis of patient performance in the pulmonary function laboratory. *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care* 5(1):283–290
13. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ (2005) Principles of exercise testing and interpretation. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia
14. Török K, Szelenyi Z, Porszasz J, Molnar D (2001) Low physical performance in obese adolescent boys with metabolic syndrome. *International journal of obesity and related metabolic disorders. Int J Obes Relat Metab Disord* 25(7):966–970

15. Yu R, Yau F, Ho SC, Woo J (2013) Associations of cardiorespiratory fitness, physical activity, and obesity with metabolic syndrome in Hong Kong Chinese midlife women. *BMC Public Health* 13:614
16. OMS Thèmes de santé > Obésité [Http://www.who.int/topics/obesity/fr/](http://www.who.int/topics/obesity/fr/), accès le 26/01/2017
17. ObEpi2012 Enquête épidémiologique nationale sur le surpoids et l'obésité [Http://www.roche.fr/content/dam/roche_france/fr_FR/doc/obepi_2012.pdf](http://www.roche.fr/content/dam/roche_france/fr_FR/doc/obepi_2012.pdf), accès le 09/02/2017
18. Hillier TA, Fagot-Campagna A, Eschwège E, Vol S, Cailleau M, Balkau B (2006) Weight change and changes in the metabolic syndrome as the French population moves towards overweight : the D.E.S.I.R cohort *Int J Epidemiol.* 35(1) :190-6
19. M. Vernay, B. Salanave, C. de Peretti et al. (2013) Metabolic syndrome and socioeconomic status in France: The French Nutrition and Health Survey (ENNS, 2006-2007). *International Journal of Public Health.* Doi : 10.1007/s00038-013-0501-2
20. Ford ES Risks for all-cause mortality, cardiovascular disease, and diabetes associated with the metabolic syndrome: a summary of the evidence *Diabetes Care* 2005 Jul; 28(7) 1769-78
21. Littleton S.W, Impact of obesity on respiratory function. *Respirology* 2012 Jan;17(1):43-9
22. Lorenzo S, Babb TG (2012) Quantification of cardiorespiratory fitness in healthy nonobese and obese men and women. *Chest* 141(4):1031–1039
23. Palange P, Ward SA, Carlsen KH, Casaburi R, Gallagher CG, Gosselink R, O'Donnell DE, Puente-Maestu L, Schols AM, Singh S, Whipp BJ, Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J.* 2007 Jan; 29(1): 185-209

24. Debeaumont D, Tardif C, Folope V, Castres I, Lemaitre F, Tourny C, Dechelotte P, Thill C, Darmon A, Coquart JB. A specific prediction equation is necessary to estimate peak oxygen uptake in obese patient with metabolic syndrome. *J Endocrinol Invest*. 2016 Jun;39(6):635-42
25. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, Froelicher VF, Leon AS, Pina IL, Rodney R, Simons- Morton DA, Williams MA, Bazzarre T (2001) Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 104(14):1694–1740
26. Ng M, Fleming T, Robinson M et al (2014) Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* 384(9945):766–781
27. Saltiel AR, Kahn CR (2001) Insulin signalling and the regulation of glucose and lipid metabolism. *Nature* 414(6865):799–806
28. Morinder G, Larsson UE, Norgren S, Marcus C (2009) Insulin sensitivity, VO₂max and body composition in severely obese Swedish children and adolescents. *Acta Paediatr* 98(1):132–138
29. Balkau B, Valensi P, Eschwege E, Slama G (2007) A review of the metabolic syndrome. *Diabetes Metab* 33(6):405–413

Une nouvelle équation de prédiction de la capacité maximale aérobie des patients obèses avec syndrome métabolique

Introduction

Le but de cette étude était de comparer la consommation d'oxygène maximale à l'effort (VO_{2max}) mesurée lors d'une épreuve d'effort cardio-respiratoire chez des patients obèses avec un syndrome métabolique, à la VO_{2max} prédite à partir de quatre équations standard de prédiction (Hansen et al., Riddle et al., Wasserman et al. et Glaser et al). Les données ainsi obtenues nous ont permis de développer une nouvelle équation chez les femmes obèses avec un syndrome métabolique.

Patients, matériels et méthodes

75 patients obèses avec un syndrome métabolique ont été inclus (51 femmes et 24 hommes). Ils participaient à l'étude *Obefitt* réalisée dans le service de nutrition clinique du CHU de Rouen. Les données anthropométriques étaient recueillies et une épreuve d'effort cardio-respiratoire (EFX) réalisée. La VO_{2max} théorique était prédite à partir de quatre équations connues. Elle a été comparée à la VO_{2max} mesurée au cours de l'EFX. L'exactitude des valeurs théoriques a été déterminée par la méthode de Bland-Altman. Lorsque la précision était faible, une nouvelle équation de prédiction comprenant les variables anthropométriques a été proposée.

Résultats

La VO_{2max} mesurée était significativement plus importante chez l'homme ($p < 0,005$). Chez les femmes, il existait des corrélations significatives entre les VO_{2max} mesurées et prédites quelle que soit l'équation de prédiction ($p < 0,001$, $r \geq 0,60$). Chez les hommes, seules les valeurs prédites à partir de l'équation de Gläser et al. présentaient une corrélation significative entre les VO_{2max} mesurées et prédites ($p = 0,03$, $r = 0,44$). Cependant, l'analyse de Bland-Altman mettait en évidence que les limites d'agrément étaient trop larges quels que soit le sexe et les équations de prédiction. Etablir une nouvelle équation de prédiction spécifique pour les obèses avec un syndrome métabolique était donc utile. La cohorte d'hommes était trop faible pour déterminer une nouvelle équation de prédiction. La nouvelle équation a été construite pour les femmes obèses avec un syndrome métabolique. Une analyse de régression a permis d'identifier des données anthropométriques corrélées à la VO_{2max} . La nouvelle équation prend en compte l'âge et la taille avec un coefficient de corrélation élevé entre la nouvelle équation de prédiction et la VO_{2max} mesurée ($p < 0,001$ et $r = 0,89$) :

$$VO_{2max} = 1735,75 \times \text{taille} - 13,80 \times \text{taille} \times \text{âge}$$

Conclusion

Les équations de Wasserman et al. et Gläser et al. permettaient de prédire la VO_{2max} respectivement chez les femmes et hommes obèses avec un syndrome métabolique. Cependant, les intervalles de confiance larges nous ont fait rechercher une équation plus adaptée. Cette nouvelle équation a été établie pour les femmes obèses avec un syndrome métabolique.