

2020-2021

THÈSE

pour le

DIPLOÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Qualification en Médecine Générale

**Evaluation de l'effet de la
crise sanitaire liée au
Sars-COV₂ sur les capacités
aérobies de patients sains**

Analyse des épreuves d'effort des patients des services de médecine du sport
du CHU d'Angers et du CH de Cholet entre mai 2018 et mai 2021

BARBE Guillaume

Né le 01 mai 1995 à Angers (49)

Sous la direction du Dr BICKERT Sandrine

Membres du jury

M. le Pr ABRAHAM Pierre | Président

Mme la Dr BICKERT Sandrine | Directrice

M. le Pr CONNAN Laurent | Membre

M. le Dr BRUNEAU Antoine | Membre

Soutenue publiquement le
15 octobre 2021

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné BARBE Guillaume
déclare être pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé le **15/09/2021**

LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTÉ DE SANTÉ D'ANGERS

Doyen de la Faculté : Pr Nicolas Lerolle

Vice-Doyen de la Faculté et directeur du département de pharmacie : Pr Frédéric Lagarce

Directeur du département de médecine : Pr Cédric Annweiler

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

ABRAHAM	Pierre	Physiologie Gériatrie et biologie du vieillissement	Département de physiologie et explorations fonctionnelles
ANNWEILER	Cédric	Médecine intensive - réanimation	Service de gériatrie
ASFAR	Pierre	Radiologie et imagerie médicale	Département de Réanimation médicale et de médecine hyperbare
AUBE	Christophe	Néphrologie	Département de Radiologie
AUGUSTO	Jean-François	Urologie	Département de néphrologie-dialyse-transplantation
AZZOUZI	Abdel Rahmène	Médecine générale	Service d'Urologie
BELLANGER	William	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire	Département de Médecine Générale
BAUFRETON	Christophe	Urologie	Service de Chirurgie cardiaque
BIGOT	Pierre	Génétique	Service d'Urologie
BONNEAU	Dominique	Gastroentérologie ; hépatologie	Département de biochimie et génétique
BOURSIER	Jérôme	Parasitologie et mycologie	Service d'hépatologie-gastroentérologie et oncologie digestive
BOUCHARA	Jean-Philippe	Rhumatologie	Département de biologie des agents infectieux et pharmaco-toxicologie
BOUVARD	Béatrice	Pharmacologie	Département de rhumatologie
BRIET	Marie	Gastro-entérologie ; hépatologie	Département de biologie des agents infectieux et pharmaco-toxicologie
CALES	Paul	Cancérologie ; radiothérapie	Service d'hépatologie-gastroentérologie et oncologie digestive
CAMPONE	Mario	Gastro-entérologie ; hépatologie	Institut de Cancérologie de l'Ouest Paul Papin
CAROLI-BOSC	François-Xavier	Cytologie et histologie	Service d'hépatologie-gastroentérologie et oncologie digestive
CHAPPARD	Daniel	Médecine générale	Laboratoire GEROM - IBS
CONNAN	Laurent	Anatomie et cytologie pathologiques	Département de Médecine Générale
COPIN	Marie-Christine	Pédiatrie	Département de pathologie cellulaire et tissulaire
COUTANT	Régis	Physiologie	Pôle Femme-mère-enfant - fédération de pédiatrie
CUSTAUD	Marc-Antoine	Médecine générale	Département de physiologie et explorations fonctionnelles
DE		Gynécologie-obstétrique	
CASABIANCA	Catherine	Médecine et santé au travail	Département de Médecine Générale
DESCAMPS	Philippe	Médecine physique et de réadaptation	Fédération de Gynécologie obstétrique
D'ESCATHA	Alexis	Maladies infectieuses	Centre antipoison et de toxicovigilance
DINOMAIS	Mickaël	Bactériologie-virologie	CRRRF les Capucins
DIQUET	Bertrand	Pédiopsychiatrie	Département de biologie des agents infectieux et pharmaco-toxicologie
DUBEE	Vincent	Anatomie	Service des maladies infectieuses et Tropicales et médecine interne
DUCANCELLER	Alexandra	Cardiologie	Département de biologie des agents infectieux et pharmaco-toxicologie
DUVERGER	Philippe	Pneumologie	Unité de pédiopsychiatrie
FOURNIER	Henri-Dominique	Psychiatrie d'adultes	Département de Neurochirurgie
FURBER	Alain	Hématologie ; transfusion	Service de Cardiologie
GAGNADOUX	Frédéric	Psychiatrie d'adultes	Service de Pneumologie
GARNIER	François	Hématologie ; transfusion	Département de Médecine Générale
GASCOIN	Géraldine	Chirurgie générale	Pôle Femme-mère-enfant - fédération de pédiatrie
GOHIER	Bénédicte	Chirurgie générale	Département de Psychiatrie d'adultes
GUARDIOLA	Philippe		Service des Maladies du Sang
HAMY	Antoine		Service de Chirurgie Viscérale

HENNI	Samir	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire	Service de médecine vasculaire
HUNAULT-BERGER	Mathilde	Hématologie ; transfusion	Service des Maladies du Sang
IFRAH	Norbert	Hématologie ; transfusion	Service des Maladies du Sang
JEANNIN	Pascale	Immunologie	Laboratoire d'immunologie et allergologie
KEMPF	Marie	Bactériologie-virologie	Département de biologie des agents infectieux
LACCOURREYE	Laurent	Oto-rhino-laryngologie	Service d'ORL et chirurgie cervico-faciale
LASOCKI	Sigismond	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire	Pôle d'Anesthésie-réanimation
LEGENDRE	Guillaume	Gynécologie-obstétrique	Pôle Femme-Mère-Enfant - fédération de gynécologie-obstétrique
LEGRAND	Erick	Rhumatologie	Département de Rhumatologie
LERMITE	Emilie	Chirurgie générale	Service de Chirurgie Viscérale
LEROLLE	Nicolas	Médecine intensive - réanimation	Département de Réanimation médicale et de médecine hyperbare
LUNEL-FABIANI	Françoise	Bactériologie-virologie	Département de biologie des agents infectieux et pharmaco-toxicologie
MARTIN	Ludovic	Dermato-vénéréologie	Service de Dermatologie
MAY-PANLOUP	Pascale	Biologie et médecine du développement et de la reproduction	Pôle Biologie
MENEI	Philippe	Neurochirurgie	Département de Neurochirurgie
MERCAT	Alain	Médecine intensive - réanimation	Département de Réanimation médicale et de médecine hyperbare
PELLIER	Isabelle	Pédiatrie	Pôle Femme-Mère-Enfant - Fédération de pédiatrie
PETIT	Audrey	Médecine et santé au travail	Service de santé au travail et pathologies professionnelles
PICQUET	Jean	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire	Service de Chirurgie vasculaire et thoracique
PODEVIN	Guillaume	Chirurgie infantile	Fédération de pédiatrie - Chirurgie pédiatrique
PROCACCIO	Vincent	Génétique	Département de biochimie et génétique
PRUNIER	Delphine	Biochimie et biologie moléculaire	Département de biochimie et génétique
PRUNIER	Fabrice	Cardiologie	Service de Cardiologie
REYNIER	Pascal	Biochimie et biologie moléculaire	Département de biochimie et génétique
RICHARD	Isabelle	Médecine physique et de réadaptation	CRRRF les Capucins
RODIEN	Patrice	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques	Département d'Endocrinologie, Diabète, Nutrition
ROQUELAURE	Yves	Médecine et santé au travail	Service santé au travail et pathologies professionnelles
ROUGE-MAILLART	Clotilde	Médecine légale et droit de la santé	Service de Médecine légale
ROUSSEAU	Audrey	Anatomie et cytologie pathologiques	Département de pathologie cellulaire et tissulaire
ROUSSEAU	Pascal	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique	Service de Chirurgie Plastique
ROUSSELET	Marie-Christine	Anatomie et cytologie pathologiques	Département de pathologie cellulaire et tissulaire
ROY	Pierre-Marie	Médecine d'Urgence	Service des urgences
SAVARY	Dominique	Médecine d'Urgence	Service des urgences
SCHMIDT	Aline	Hématologie ; transfusion	Service des Maladies du Sang
TRZEPIZUR	Wojciech	Pneumologie	Département de Pneumologie
UGO	Valérie	Hématologie ; transfusion	Laboratoire d'hématologie
URBAN	Thierry	Pneumologie	Département de Pneumologie
VAN BOGAERT	Patrick	Pédiatrie	Pôle Femme-mère-enfant - fédération de pédiatrie
VERNY	Christophe	Neurologie	Département de Neurologie - Charcot
WILLOTEAUX	Serge	Radiologie et imagerie médicale	Département de Radiologie

Liste des MCU et MCU-PH - Année universitaire 2020-2021

ANGOULVANT	Cécile	Médecine générale	Département de Médecine Générale
BEAUVILLAIN	Céline	Immunologie	Laboratoire d'immunologie
BEGUE	Cyril	Médecine générale	Département de Médecine Générale
BELIZNA	Cristina	Médecine interne	Centre Vasculaire et de la Coagulation
BELONCLE	François	Réanimation	Département de réanimation médicale et médecine hyperbare
BIERE	Loïc	Cardiologie	Service de cardiologie
BLANCHET	Odile	Hématologie ; transfusion Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques	Laboratoire d'hématologie
BRIET	Claire	maladies métaboliques	Service Endocrinologie-Diabète-Nutrition
CAPITAIN	Olivier	Cancérologie ; radiothérapie	Institut de Cancérologie de l'Ouest Paul Papin
CASSEREAU	Julien	Neurologie	Département de neurologie
CHAO DE LA BARCA	Juan-Manuel	Biochimie et biologie moléculaire	Département de biochimie et Génétique
CHEVALIER	Sylvie	Biologie cellulaire	Département de pathologie cellulaire et tissulaire
COLIN	Estelle	Génétique	Département de Biochimie et Génétique
FERRE	Marc	Biologie moléculaire	Département de Biochimie et Génétique
	Jacques-		
FORTRAT	Olivier	Physiologie	Laboratoire d'explorations fonctionnelles vasculaires
	Jean-	Biostatistiques ; informatique	
HAMEL	François	méd.	Service de biostatistiques et modélisation
HINDRE	François	Biophysique	Service de Médecine Nucléaire et Biophysique
KHIATI	Salim	Biochimie et biologie moléculaire Médecine légale et droit de la santé	Département de biochimie et Génétique
JOUSSET-THULLIER	Nathalie		Service de Médecine légale
JUDALET-ILLAND	Ghislaine	Médecine générale Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie	Département de Médecine Générale
KUN-DARBOIS	Daniel		Service de stomatologie et chirurgie. maxillo-faciale
LEBDAI	Souhil	Urologie	Service d'Urologie
LEMEE	Jean-Michel	Neurochirurgie	Département de neurochirurgie
TEXIER-LEGENDRE	Gaëlle	Médecine générale	Département de Médecine Générale
LETOURNEL	Franck	Biologie cellulaire	Département de pathologie cellulaire et tissulaire - Neurobiologie - Neuropathologie
LIBOUBAN	Hélène	Histologie	Laboratoire GEROM
LUQUE PAZ	Damien	Hématologie ; transfusion	Département d'hématologie
MABILLEAU	Guillaume	Histologie	SCIAM
MESLIER	Nicole	Physiologie	Département de Pneumologie
MIOT	Charline	Immunologie	Laboratoire d'immunologie
MOUILLIE	Jean-Marc	Philosophie	Département de Sciences Humaines
PAILHORIES	Hélène	Bactériologie-virologie	Département de Biologie des Agents Infectieux et Pharmaco-toxicologie
PAPON	Xavier	Anatomie	Service de Chirurgie vasculaire et thoracique
PASCO-PAPON	Anne	Radiologie et imagerie médicale	Département de Radiologie
	Anne-		
PENCHAUD	Laurence	Sociologie	Département de Sciences Humaines
PIHET	Marc	Parasitologie et mycologie	Département de Biologie des Agents Infectieux et Pharmaco-toxicologie
PY	Thibaud	Médecine générale	Département de Médecine Générale
POIROUX	Laurent	Sciences infirmières	Bâtiment GIRCI
RAMOND-ROQUIN	Aline	Médecine générale	Département de Médecine Générale
RINEAU	Emmanuel	Anesthésiologie-réanimation	Département d'Anesthésie-Réanimation
SCHMITT	Françoise	Chirurgie infantile	Pôle femme-mère-enfant - fédération de pédiatrie
TESSIER-CAZENEUVE	Christine	Médecine générale	Département de Médecine Générale
VENARA	Aurélien	Chirurgie digestive	Service de Chirurgie viscérale

REMERCIEMENTS

Au Président du Jury, Monsieur le Professeur Pierre ABRAHAM, pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury, pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail et pour la transmission de votre savoir en physiologie de l'exercice et de la médecine vasculaire. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect.

A ma directrice de thèse :

Madame la Dr Sandrine BICKERT, merci de m'avoir accompagné tout au long de ce travail et des connaissances transmises en médecine du sport pendant ce semestre.

Aux membres du jury :

Monsieur le Professeur Laurent CONNAN, pour avoir accepté de faire partie de ce jury. Je vous remercie de l'intérêt porté à ce travail.

Monsieur le Dr Antoine BRUNEAU, pour avoir accepté de faire partie de ce jury. Je te remercie de l'intérêt porté à ce travail. Les qualités médicales, humaines et culinaires qui se regroupent en toi devraient être une source d'inspiration pour beaucoup. Mon seul regret pendant le semestre est d'avoir plus entendu parler de tes capacités culinaires que de les avoir goûtees.

Au Pr Saulnier, merci pour vos conseils et votre soutien sur les questions statistiques.

A Anthony, uniquement pour le support logistique. Au-delà de ça, tu es un belle personne.

A mes parents, qui ont su rester patients devant l'exigence que demandent les études de médecine et qui n'ont pas perdu espoir de m'apprendre à vider un lave-vaisselle, plier le linge et remplir une brouette de bois. Le charisme naturel que vous m'avez donné à la naissance compense la calvitie qui s'installe beaucoup trop tôt à mes yeux.

A Hélène, pour m'avoir fait découvrir Netflix, Paris, le Roi Lion et bien plus encore.

A Emeric & Valentin, vos qualités de pied chez l'un et de descente d'alcool pour l'autre sont de grandes sources d'inspiration pour moi. Karine, je compte sur Raphaël pour me faire progresser en pédiatrie. Ne me déçois pas.

A Vincent & Ugo, pour m'avoir apporté tous les cafés nécessaires à ma bonne santé mentale lorsque ma cheville ressemblait plus à la main droite de Jamel Debouzze qu'autre chose, à savoir rien.

A Jeannine, ma marraine. Je te remercie d'avoir pu te libérer pour assister au jour de tout un début de vie.

A tous les membres de l'ASCV, même si les 6 années passées à fouler les pelouses auront eu raison de mon genou gauche et de mon épaule droite. Finir sur un contrôle porte-manteau restera l'un des actes les plus marquants de ma courte carrière.

A tous les médecins qui m'ont supervisé pendant les différents stages. Je n'ai jamais senti aucun jugement négatif de votre part et je ne me suis jamais senti délaissé dans des situations complexes.

A toutes les équipes paramédicales des différents services où je suis passé, avec une mention spéciale à l'équipe de médecine polyvalente Pierre GODEAU du CHU d'Anges qui a eu le courage de subir la transformation en unité COVID et mon caractère pendant un mois de plus. Je ne manquerai pas d'utiliser le livre de recette de desserts que vous m'avez offert avec parcimonie. Un bon stage c'est avant tout une bonne ambiance et je n'ai jamais rencontré de difficultés dans les relations avec les équipes soignantes.

A Cybelle et Jessie, parce que l'amour qui émane de ces deux canidés n'a, à ce jour, aucun égal. L'être humain a beaucoup à apprendre des chiens, notamment en s'inspirant de leur capacité à ne pas voir des problèmes là où il n'y en a pas.

Liste des abréviations

ACR	Arrêt cardio-respiratoire
AVC	Accident vasculaire cérébral
EFX	Exploration fonctionnelle de l'exercice
ESV	Extrasystole ventriculaire
FA	Fibrillation auriculaire
FC	Fréquence cardiaque
FR	Fréquence respiratoire
HTA	Hypertension artérielle
IMC	Indice de Masse Corporelle
PCR	Polymerase Chain Reaction
QR	Quotient respiratoire
SV ₁	Premier seuil ventilatoire
SV ₂	Deuxième seuil ventilatoire
VE	Ventilation d'air par minute (en L/min)
VO ₂	Consommation de dioxygène par minute (en mL/kg/min ou L/min)
VO _{2 max}	Consommation de dioxygène maximale par minute (en mL/kg/min ou L/min)

Plan

INTRODUCTION

MÉTHODES

RÉSULTATS

1. Analyse de l'échantillon « indépendant »

- 1.1. Caractéristiques de l'échantillon
- 1.2. Comparaison des moyennes
- 1.3. Impact du filtre antibactérien

2. Analyse de l'échantillon « appareillé »

- 2.1. Caractéristiques de l'échantillon
- 2.2. Comparaison des moyennes
- 2.3. Impact du filtre antibactérien

DISCUSSION

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

TABLE DES MATIERES

ANNEXES

RESUME

Introduction

L'arrivée de la COVID-19 a profondément modifié le quotidien des Français avec la succession des mesures gouvernementales visant à lutter contre la propagation du virus Sars – COV₂. Ces mesures ont conduit les Français à réduire leurs déplacements jugés non nécessaires. Plus de 50 % des personnes interrogées (sur un panel de 2000 Français) déclarent avoir réalisé moins de 30 min d'activité physique par jour, tandis que 47.4 % des sondés déclarent avoir baissé le volume de leur activité physique. L'activité sportive a, quant à elle, diminué chez plus de 37 % des sondés. Pour d'autres, cette période a été une opportunité pour commencer une activité physique au domicile (fitness, musculation, course à pied en extérieur). Le rapport sur la sédentarité est mitigé, 45 % des sondés se levaient plusieurs fois par heure tandis que les 55 % restant se levaient moins souvent qu'avant le confinement. Ces données ont été confirmées quelques semaines plus tard par l'ONAPS sur un plus grand échantillon.

Sujets et Méthodes

A partir d'une étude multicentrique, observationnelle et rétrospective, nous souhaitions analyser l'effet des mesures de confinement et l'arrêt des compétitions sportives sur la mesure de la VO₂ max chez des patients sains majeurs mesurée à l'aide d'une exploration fonctionnelle de l'exercice (EFX) triangulaire sur cyclo-ergomètre. Les patients du CH de Cholet ou du CHU d'Angers ayant bénéficié d'une EFX avec un même praticien ont été retenus. Deux populations ont été étudiées. La première population, appelée « indépendante » était constituée des patients n'ayant réalisé qu'une seule épreuve d'effort sur les trois dernières années (n=755). Les facteurs confondants de la VO₂ max étaient recueillis dans le but d'obtenir des populations comparables d'une année sur l'autre (sexe, âge, IMC, durée d'activité physique

par semaine) ainsi que la présence de facteurs de risque cardiovasculaires (HTA, dyslipidémie, diabète, tabagisme actif ou sevré depuis moins de 3 ans, antécédent personnel de maladie cardiovasculaire ou antécédent familial de mort subite ou d'accident cardio-vasculaire avant 60 ans). Le deuxième groupe dit « appareillé » comprenait les patients ayant réalisé plusieurs épreuves d'effort dont au moins une antérieure au 1^{er} mai 2020 et une postérieure à cette même date (n=34). Les critères d'exclusions étaient l'interruption de l'épreuve d'effort pour une raison technique ou médicale, l'exploration de patients aux caractéristiques physiques supra-physiologiques (basketeurs professionnels) ou l'existence d'évènement médical aigu le jour de l'EFX. Le matériel utilisé dans les deux centres était similaire (cyclo-ergomètre, pneumotachographe, logiciel d'analyse des échanges gazeux) et le médecin analysant les tracés était le même dans les deux centres. La seule modification pratique a été l'ajout d'un filtre antibactérien dans le centre choletais à partir du 1^{er} mai 2020.

Résultats

Il n'y avait pas de différence significative entre le groupe « pré-confinement » et le groupe « post-confinement » sur les caractéristiques démographiques. Il existait une diminution significative de la valeur de la consommation maximale de dioxygène ($\text{VO}_2 \text{ max}$) chez les patients sains ayant réalisé leur EFX à partir du 1^{er} mai 2021 par rapport aux années antérieures. La moyenne de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ dans le groupe « pré-confinement » était de 36.72 mL/kg/min contre 34.99 mL/kg/min pour le groupe « post-confinement » soit une différence significative de 1.73 mL/kg/min ($p = 0.01$). Le premier seuil ventilatoire était également franchi de manière significativement plus précoce dans le groupe « post-confinement » avec une valeur brute de 21.03 mL/kg/min pour le groupe « pré-confinement » contre 19.25 mL/kg/min pour le groupe « post-confinement » ($p < 0.001$). En analysant par catégorie d'âge, nous avons retrouvé un impact plus important chez les patients de plus de 60 ans. Les mêmes résultats étaient retrouvés dans l'échantillon appareillé.

L'évaluation de l'impact du filtre antibactérien réalisée dans la population « indépendante » était en faveur de l'absence d'interférence de ce dernier avec les paramètres cardiorespiratoires. Dans l'échantillon « appareillé », le filtre antibactérien a joué un rôle délétère dans l'analyse des paramètres cardio-ventilatoires en diminuant de manière plus significative la $\text{VO}_{2 \text{ max}}$, à fortiori chez les plus de 60 ans.

Conclusion

Bien que les déclarations des patients leur volume horaire d'activité physique n'ait pas significativement changé depuis le début de la crise sanitaire, il existait une diminution significative de la $\text{VO}_{2 \text{ max}}$ et du premier seuil ventilatoire. Notre étude ne permet pas de se prononcer sur les hypothèses étiologiques des résultats. Effectivement, certains patients ont été explorés après le premier confinement strict, d'autres après la levée des restrictions, certains lors du deuxième confinement ou des nouvelles restrictions. L'absence d'outil valide pour la mesure de l'activité physique de chaque individu a constitué un biais à l'analyse des données.

Si l'usage d'un filtre semble impacter le $\text{VO}_{2 \text{ max}}$ d'un individu chez les patients de plus de 60 ans, il n'a pas d'impact sur l'analyse des seuils et sur l'analyse des caractères maximaux à l'échelle d'une population.

INTRODUCTION

Les épreuves d'effort (EFX) sont des motifs fréquents de consultation dans les services de médecine du sport et d'exploration de l'exercice. Leurs indications sont le dépistage de cardiopathies à risque de mort subite chez des patients à risques, qu'ils soient symptomatiques ou non, l'exploration de symptômes survenant à l'effort, le suivi du sportif avec objectifs de performance ou l'aptitude à l'effort dans le cadre professionnel (plongée) [1]. Les EFX consistent en un enregistrement de l'électrocardiogramme avec mesure des échanges gazeux en cycle à cycle pendant un effort réalisé sur cycloergomètre ou tapis ou ergomètre spécifique, suivant le plus souvent un protocole dit triangulaire (incrémentation progressive par paliers de l'intensité de l'exercice) [2]. L'analyse des différents paramètres permet de déceler des anomalies en rapport avec d'éventuelles pathologies, de confirmer ou expliquer des intolérances d'effort, de déterminer des paramètres de performance sportive.

La mesure de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ au cours d'une épreuve d'effort triangulaire permet, en l'absence de toute pathologie cardiovasculaire, pulmonaire ou métabolique, d'évaluer le degré de déconditionnement d'un individu en comparant la mesure effectuée à la valeur théorique dépendant du sexe, du poids et de l'âge du patient [3]. S'il est établi qu'une activité physique permet de majorer la $\text{VO}_2 \text{ max}$ d'un pourcentage non négligeable (pouvant aller jusqu'à 40-50 % chez les sujets très entraînés), la perte des capacités maximales aérobies s'observe dès les premières semaines d'arrêt de toute activité sportive. Un autre facteur important à prendre en compte dans l'analyse des échanges gazeux est le temps de passage du premier seuil ventilatoire (SV_1) [2] [3]. Un SV_1 précoce, témoin de la transition aérobie-anaérobie survenant rapidement après le début de l'effort, témoigne d'une capacité moindre d'utilisation périphérique de l'oxygène. En l'absence de pathologie cardiaque, respiratoire et métabolique

connue pouvant l'expliquer, le passage précoce du premier seuil ventilatoire est le reflet d'un déconditionnement à l'effort.

L'arrivée de la COVID-19 a profondément modifié le quotidien des Français par la succession des mesures gouvernementales visant à lutter contre la propagation du virus Sars-Cov-2. Ces mesures ont conduit les Français à réduire leurs déplacements non nécessaires avec une diminution importante de ces pratiques encadrées et même les sportifs professionnels ont dû revoir leurs pratiques [4]. Les études épidémiologies de Santé Publique France ont montré que plus de 50 % des personnes interrogées (sur un panel de 2000 Français) déclarent avoir réalisé moins de 30 minutes d'activité physique par jour, tandis que 47.4 % des sondés déclarent avoir baissé le volume de leur activité physique [5]. 37% des sondés ont vu leur activité sportive diminuer. Pour d'autres, cette période a été une opportunité pour commencer une activité physique en autonomie (fitness, musculation, course à pied). L'impact sur la sédentarité est mitigé, 45 % des sondés se levaient plusieurs fois par heure tandis que les 55 % restants se levaient moins souvent qu'avant le confinement.

Ces données sur petit échantillon sont confortées par une étude nationale à plus grande échelle ($n= 16\,404$ adultes dont 1 178 séniors âgés de plus de 65 ans) menée par l'ONAPS [6]. Une diminution des transports actifs et des activités d'endurance est observée tandis qu'une augmentation des activités domestiques, des activités de renforcement musculaire et d'assouplissements a été notée (surtout chez les moins de 65 ans). Les plus inactifs avant le confinement ont augmenté leur niveau d'activité physique (72% des adultes et 61% des séniors) alors qu'en inversement, les plus actifs ont eu tendance à diminuer leur pratique (47% des adultes et 45% des séniors). De la même manière, les moins sédentaires avant le confinement ont eu tendance à augmenter leur temps passé assis (74% des adultes et 51% des séniors), notamment devant les écrans. En ce qui concerne la diminution des activités

physiques, plus d'un tiers des sondés (qu'ils soient plus ou moins âgés que 65 ans) déclarent avoir été impactés par la baisse de leurs activités physiques.

Le déroulement des EFX a également été perturbé par l'arrivée du Sars-CoV-2 dans les hôpitaux. Il a été démontré que, pendant les EFX, le débit ventilatoire peut attendre jusqu'à 35 voire 40 fois la valeur du VEMS de repos [3] (150 L/min environ) avec augmentation du risque d'aérosolisation de gouttelettes d'une durée de vie de 3h [7]. Dans ces conditions, la durée de vie d'une gouttelette pourrait être considérablement prolongée d'un facteur allant jusqu'à 1000, d'une fraction de seconde à quelques minutes. Le nuage de gaz avec sa charge utile de gouttelettes pathogènes de toutes tailles peut parcourir 7 à 8 m [8]. De plus, l'hyperpnée induite par l'exercice peut multiplier par 5 la concentration de l'air expiré en particules [9]. Du fait de la durée de l'exercice et du grand volume d'air expiré au cours de celui-ci, il est attendu que la réalisation d'une épreuve d'effort entraîne la libération d'une quantité importante de particules aérosolées dans la pièce d'examen et augmente le risque de contamination du personnel soignant et des surfaces par le Sars-CoV-2.

Différentes stratégies existent quant à la réalisation des épreuves d'effort en garantissant la sécurité du personnel. Le Groupe Exercice Réadaptation Sport et Prévention de la Société Française de Cardiologie proposait en avril 2020 de réaliser les épreuves d'effort avec port par le patient et par ordre croissant de sécurité : une visière de protection, un masque chirurgical ou l'ajout d'un filtre à l'équipement suscité en plus de mesures de protection classiques inhérentes à un service de consultation [10]. Il n'y a d'ailleurs pas de preuve démontrée de la protection des visières de protection sur les formes aérosolées mais uniquement sur les projections de type « gouttelettes » [11]. Le Haut Comité de Santé Publique est d'ailleurs contre cette utilisation dans ce contexte [12]. L'ajout d'un filtre permettrait de s'affranchir de l'habillage conséquent du personnel soignant (surblouse, lunettes ou visière, masque FFP-2 et

bonnet chirurgical) et ne diminuerait la mesure du $\text{VO}_2 \text{ max}$ que de $1.11 \pm 2.66 \text{ ml/kg/min}$ ($p=0.144$) et la VE de $4.33 \pm 8.93 \text{ mL/min}$ ($p=0.093$) mais l'étude donnant ces résultats est réalisée sur un petit échantillon ($n=14$) de patients sportifs, jeunes, en bonne santé et sur tapis roulant [13].

Le groupe Alvéole, groupe de travail sur l'exercice et la réhabilitation respiratoire constitué de pneumologues français, s'oppose à l'utilisation systématique du filtre antibactérien pour les épreuves d'effort cardiorespiratoires [14]. Ces recommandations se basent sur le fait que les filtres antibactériens voient leurs capacités de filtration diminuer avec l'humidité induite par l'hyperventilation des patients. L'utilisation d'un filtre impose la prise en compte d'un volume mort dans l'appareillage et nécessite de calibrer les machines en conséquence. De plus, l'augmentation des résistances inhérentes à l'utilisation des filtres pourrait interférer avec la mesure des débits ventilatoires. Ce qui, pourrait rendre, d'après le groupe Alvéole, la plupart des épreuves d'effort non interprétables car non maximales.

Le CH de Cholet et le CHU d'Angers ont respectivement opté pour la première et la deuxième recommandation. Le personnel soignant Choletais est actuellement simplement équipé d'un masque chirurgical et le système de recueil des échanges gazeux est équipé d'un filtre antibactérien. Le personnel soignant Angevin s'habille avec tous les équipements de protection individuels recommandés plus haut, l'équipement du patient n'ayant pas été modifié par rapport à avant la crise sanitaire.

A partir d'une étude multicentrique, observationnelle et rétrospective, nous avons souhaité analyser l'effet de la crise sanitaire et des changements de vie qu'elle a occasionné sur la mesure de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ et du SV_1 chez des patients sains. L'hypothèse principale est que la modification des habitudes de vie induite par la crise sanitaire a eu un effet délétère sur les

capacités aérobies des patients et que cet effet serait davantage accentué sur les sujets jeunes, ayant proportionnellement davantage diminué leurs activités sportives.

Le deuxième objectif de l'étude est de connaître l'impact de l'utilisation d'un filtre antibactérien sur les différents paramètres recueillis.

MÉTHODES

Dans cette étude rétrospective et multicentrique, 832 patients majeurs ont été inclus entre le 1^{er} mai 2018 et le 1^{er} mai 2021. Les patients de Cholet ont été recherchés à partir du listing des actes enregistrés par le Dr BICKERT au sein du CH de CHOLET pendant l'espace-temps décidé, le code EQR002 représentant l'EFX. Ceux d'Angers ont été sélectionnés sur le planning de consultation des 3 années d'études. Seuls les patients du Dr BICKERT ont été retenus afin de s'affranchir de la possible différence d'interprétation dans l'analyse des échanges gazeux et d'uniformiser le recueil des données globales des patients (activités, antécédents...).

Les dates ont été choisies pour couvrir 3 années entières dont deux antérieures aux premières mesures de confinement qui se sont appliquées mi-mars 2020 et ayant occasionné la fermeture des deux services pendant quelques semaines consécutives. Les services ayant repris leur activité en mai, la date du 1^{er} mai 2020 a été retenue comme début de la troisième année de l'étude. Les patients ont donc été sélectionnés entre le 1^{er} mai 2018 et le 30 avril 2021.

Les critères d'inclusion des patients étaient la réalisation d'une EFX maximale sur cyclo-ergomètre avec mesure des échanges gazeux en continu, non interrompue pour un problème médical ou informatique, réalisée chez des patients sains asymptomatiques ou symptomatiques mais chez qui aucune étiologie médicale n'a été rapportée au cours des explorations antérieures et ultérieures. Le caractère maximal de l'EFX était retenu devant la présence de 3 critères parmi les 4 suivants : épuisement clinique du patient, plateau de VO₂_{max} atteint, QR_{max} de fin d'effort > 1.1 et FC max atteinte. Les critères de non inclusion étaient le caractère sous-maximal de l'EFX, la réalisation de l'EFX sur un tapis roulant, l'évaluation de la réserve respiratoire en pré-opératoire et l'évaluation pré ou post-réhabilitation cardiorespiratoire, présence de comorbidités cardiorespiratoires ou métaboliques avancées. Les critères d'exclusion étaient l'interruption de l'épreuve d'effort pour une problématique médicale ou informatique (même si cette dernière intervient alors que les critères de

maximalité sont remplis) ou le caractère supra-physiologique des données anthropométriques du patient (basketeurs professionnels). Pour chaque patient ont été recueillies les données suivantes : âge, sexe, poids, taille, IMC, pratique sportive principale et son volume horaire, FC de repos, statut tabagique (actif, sevré depuis moins de 3 ans, sevré depuis plus de 3 ans ou non-fumeur), présence ou non d'une HTA, présence ou non d'un diabète, présence ou non d'une dyslipidémie, présence ou non d'antécédents personnels de pathologie cardiovasculaire (mort subite avant 60 ans, infarctus du myocarde ou AVC), présence ou non d'antécédents familiaux notables de pathologie cardiovasculaire. L'évaluation de la quantité d'activité physique hebdomadaire a été faite à partir des comptes rendus et basée sur l'interrogatoire des patients sur leurs pratiques en cours. Aucun questionnaire standardisé n'a été utilisé.

Les antécédents familiaux comprenaient les pathologies coronariennes ou cérébro-vasculaires avant 55 ans chez les hommes et 65 chez les femmes au premier degré, toutes les cardiopathies structurelles à caractère familial ainsi que les antécédents de mort subite ou ACR d'origine indéterminée.

Les patients ayant réalisé leur EFX à Cholet après le 1^{er} mai 2021 l'ont réalisé avec un filtre antibactérien placé entre le masque buccal et le pneumotachographe (Figure 1). L'espace mort créé par l'ajout du filtre antibactérien a été pris en compte pour la mesure des paramètres cardiorespiratoires.



Figure 1 : Montage du filtre antibactérien

A propos des données propres à l'EFX, les valeurs suivantes ont été rapportées pour chaque patient : $\text{VO}_2 \text{ max}$ et VO_2 au SV_1 (en mL/kg/min ou L/min selon l'utilisation des résultats) et la valeur de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ théorique, VE_{max} (en L/min), FC_{max} (en min⁻¹), FR_{max} (en min⁻¹), QR_{max} et la présence ou non d'un filtre antibactérien. La valeur de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ théorique a été calculée par logiciel, commun aux deux services.

Après recueil des données, chaque patient a été inclus une seule fois dans l'étude, soit dans le registre des patients à visite unique lors de la durée d'inclusion, soit dans le registre des patients à visites multiples. Les données ont été anonymisées par l'utilisation des identifiants propres à chaque consultation à Cholet et par identifiant standardisé à Angers.

Le critère de jugement principal de l'étude était la valeur de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ indexée ou non au poids du patient selon qu'on analyse le critère $\text{VO}_{2\text{max}}$ dans une population ou que l'on comparait les résultats d'un même individu au cours de différents tests. Les critères de jugement secondaire de l'étude étaient la valeur de la VO_2 au SV_1 indexée ou non au poids du patient et l'impact du filtre antibactérien sur la valeur du $\text{VO}_2 \text{ max}$.

Les données ont été répertoriées dans deux fichiers Excel distincts et l'analyse a été réalisée sur le logiciel IBM SPSS 26. Pour tous les tests statistiques, une valeur de $p < 0,05$ a été utilisée en test bilatéral comme critère de significativité. Des analyses en sous-groupes ont été réalisées pour essayer d'identifier des variations entre les différentes classes d'âge et de sexe. Le projet a été enregistré dans le registre CNIL du CHU d'Angers sous le n° ar21-0099v0.

RÉSULTATS

Sur 832 patients répondant aux critères d'inclusion, 43 patients ont été exclus de l'analyse. 38 basketteurs professionnels ont été exclus en raison de leurs caractéristiques physiques supraphysiologiques, 1 pour arrêt précoce devant la présence de troubles du rythme (tachycardie ventriculaire non soutenue), 1 pour limitation sur cardiopathie ischémique stentée cinq jours plus tard, 1 pour problème technique de placement des seuils (problème technique n'ayant pas permis l'analyse des seuils), 1 pour diagnostic de cytopathie mitochondriale non formellement établi, 1 pour avoir réalisé un semi-marathon le jour même de l'épreuve. Sur ces 789 patients, 755 ont réalisé une seule EFX et ont intégré la population « indépendante » sur les trois dernières années et 34 en ont réalisé au moins une EFX avant le 1^{er} mai 2020 et une après le 1^{er} mai 2020 et ont intégré le groupe « appareillé ». Ces deux populations ont été étudiées l'une après l'autre.

1. Analyse de l'échantillon « indépendant »

1.1. Caractéristiques de l'échantillon

Parmi les 755 patients, 546 ont réalisé leur EFX avant le 1^{er} mai 2020 (groupe 1 ou « pré-confinement ») tandis que 209 l'ont réalisée après (groupe 2 ou « post-confinement »). Les caractéristiques des deux groupes ainsi que la comparabilité des différents paramètres intervenant dans la valeur de la VO₂ _{max} sont consignées ci-après (Tableau 1, Tableau 2).

Tableau 1: Caractéristiques de la population « indépendante »

N = 755	M ± ET
Age	48.5 ± 13.3
Taille	1.73 ± 0.08
Poids	74.4 ± 12.9
IMC	24.7 ± 3.4
Volume horaire d'activité physique	3 ± 2.7
FC de repos	63 ± 11
Puissance maximale atteinte	216 ± 57
VO2 max (en mL/kg/min)	36.24 ± 8.23
VO2 au SV1 (en mL/kg/min)	20.54 ± 5.60
Facteurs de risque cardiovasculaires	Nombre de patients
Hypertension artérielle	77
Dyslipidémie	75
Diabète	14
Tabagisme	88
Obésité (IMC > 30)	58
Antécédents personnels CV	25
Antécédents familiaux CV	85

Tableau 2 : Description des différentes caractéristiques démographiques de l'échantillon « indépendant »

	Groupe pré-confinement	Groupe post-confinement	p value
Age	48.9	47.4	0.18
Taille	1.73	1.73	0.95
Poids	74.6	73.9	0.51
IMC	24.7	24.5	0.4
Volume horaire d'activité physique	3.09	2.76	0.13
FC de repos	62	65	< 0.001
Facteurs de risque cardiovasculaires			
Hypertension artérielle	61	16	0.03
Dyslipidémie	55	20	0.89
Diabète	9	5	0.57
Tabagisme actif	66	22	0.52
Obésité (IMC > 30)	43	15	0.88
Antécédents personnels CV	18	7	0.97

En ce qui concerne la distribution des facteurs de risque cardiovasculaire dans chaque groupe, seule l'hypertension artérielle montrait une différence significative. On retrouvait, proportionnellement, davantage d'hypertendus dans le groupe 1 (Tableau 2).

Dans le groupe 2, 4 patients avaient eu une primo-infection COVID-19 prouvée par un test PCR et 5 autres ont signalé des symptômes évocateurs dans un contexte de contagion sans avoir eu accès à un test PCR.

La distribution de l'activité physique principale suivait la répartition ci-dessous. Il n'y avait aucune différence significative sur la représentation de chaque type d'activité physique au sein des deux groupes (Figure 2, p = 0.44).

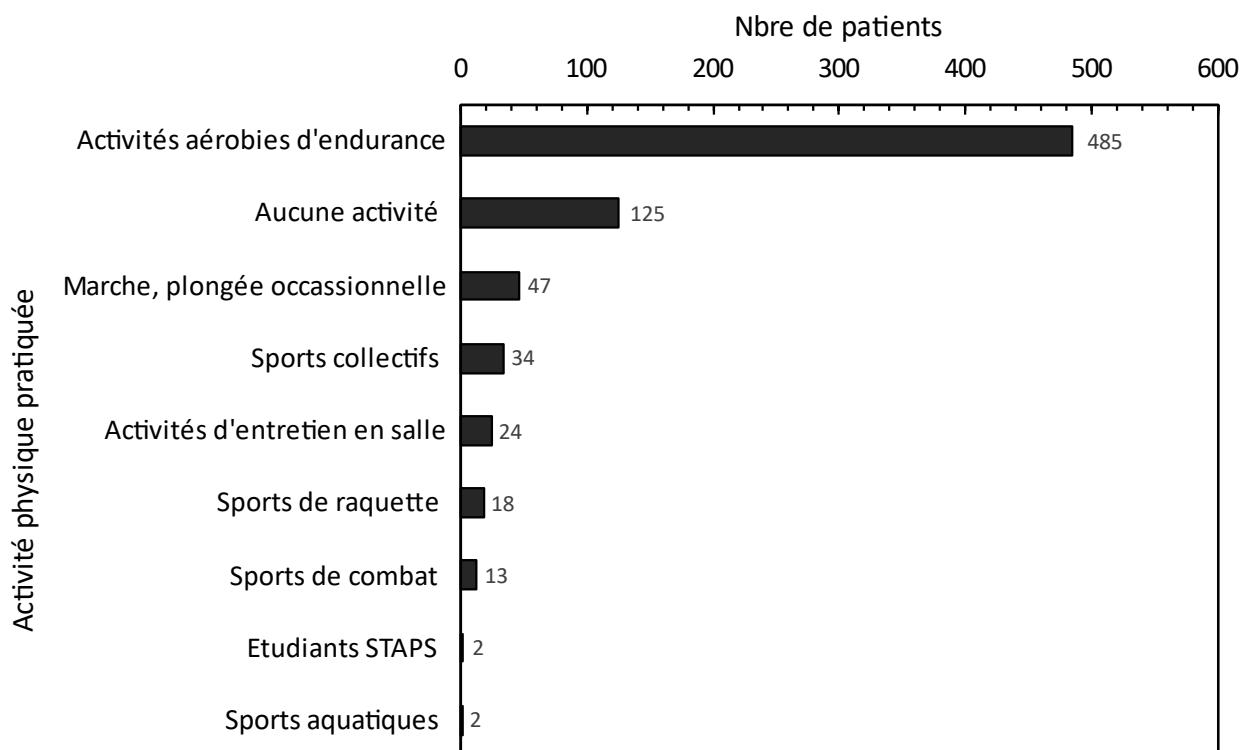


Figure 2 : Répartition du type d'activité physique pratiquée par les patients du groupe « indépendant »

Les activités aérobies d'endurance comprenaient la course à pied, la natation, le cyclisme, l'aviron et toute forme d'exercice à intensité constante sous maximale. Les sports de salle comprenaient surtout les activités de musculation, de gymnastique et de cours collectifs.

Les activités de marche et de plongée occasionnelle étaient traitées à part car d'intensité moindre par rapport aux activités d'endurance.

1.2. Comparaison des moyennes

La moyenne de la VO₂ max dans le groupe 1 était significativement diminuée de 1.64 mL/kg/min par rapport au groupe 2 (Tableau 3). Le premier seuil ventilatoire a également été franchi plus précocement dans le groupe 2. L'exclusion des patients COVID-19 prouvés ou suspectés n'a pas modifié la signification des résultats sur la VO₂ max ou sur le SV₁ (annexe 1).

Tableau 3 : Comparaison de la valeur de VO₂ max et du SV₁ avant et après les mesures de confinement

	Groupe 1 (n = 546)	Groupe 2 (n = 209)	p value
VO ₂ max (mL/kg/min)	36.72	35.08	0.014
SV ₁ (mL/kg/min)	21.03	19.25	< 0.001

Les analyses en pourcentage de l'ensemble des patients montraient une diminution significative du pourcentage atteint de la VO₂ max théorique et du pourcentage de VO₂ théorique au SV₁ (respectivement 119 vs 112 %, p < 0.001 - 55.86 % vs 52.59 %, p < 0.001, Figure 3, Figure 4).

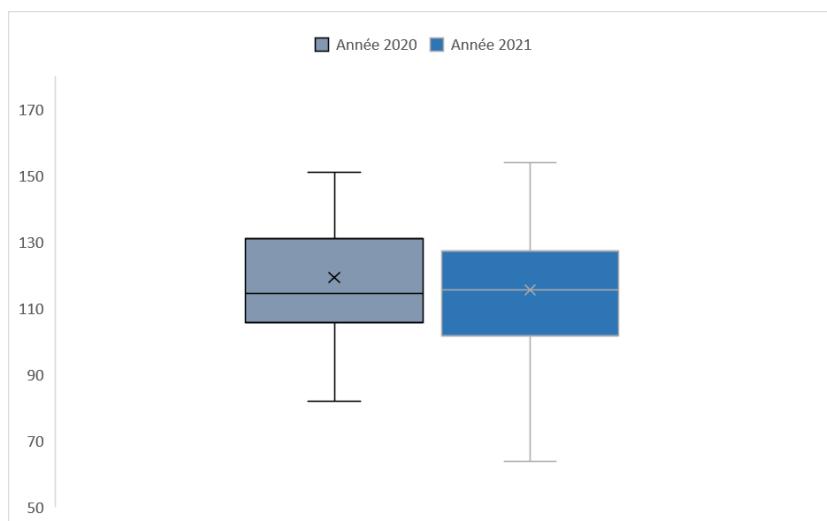


Figure 3 : Distribution du pourcentage de VO₂ max théorique atteinte entre le groupe 1 (à gauche) et le groupe 2 (à droite)

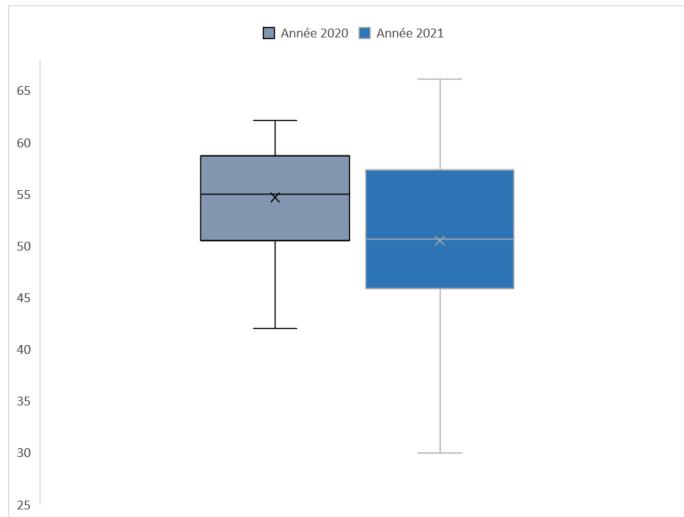


Figure 4 : Distribution du pourcentage de VO₂ max théorique au SV1 entre le groupe 1 (à gauche) et le groupe 2 (à droite)

Différentes analyses en sous-groupes ont été réalisées. Nous avons comparé au sein de chaque groupe les valeurs de VO₂ max en fonction de tranches d'âge afin de cibler quelle population a été la plus concernée par la chute de la VO₂ max dans le groupe 2. Nous avons créé 5 classes d'âge réparties de la manière suivante :

- Classe 1 : 18 – 29 ans inclus (n = 73)
- Classe 2 : 30 – 39 ans inclus (n = 116)
- Classe 3 : 40 – 49 ans inclus (n = 192)
- Classe 4 : 50 – 59 ans inclus (n = 202)
- Classe 5 : au-delà de 60 ans (n = 172)

Au sein des classes 2 à 5, aucune différence significative n'a été observée entre les groupes 1 et 2 sur les déterminants de la VO₂ max des patients (âge, poids, taille, IMC, volume horaire d'activité physique par semaine). Au sein de la classe 1, il existait une différence significative du poids des patients entre le groupe 1 et le groupe 2 (cf. annexes 2 à 6).

Aucune différence significative sur la VO₂ max ni sur le SV₁ n'a été observée entre le groupe 1 et le groupe 2 au sein des trois premières classes. Dans la classe 3, nous avons cependant remarqué une diminution significative du pourcentage de VO₂ max théorique au SV₁ ($p = 0.037$). Nous avons observé pour les patients cinquantenaires une diminution significative de la VO₂ max ($p = 0.03$, Tableau 4) et du pourcentage de VO₂ max théorique atteinte ($p = 0.04$). Cependant, aucune variation significative du SV₁ dans cette population (Tableau 5) ou du pourcentage de VO₂ max théorique au SV₁ ($p = 0.6$) n'a été trouvée. En ce qui concerne la population âgée de plus de 60 ans, nous avons remarqué une baisse très significative de la VO₂ max ($p < 0.001$; Tableau 4). Cette diminution a été également observée sur le SV₁ ($p < 0.001$; Tableau 5), le pourcentage de VO₂ max théorique atteinte et le pourcentage de VO₂ max théorique au SV₁ (respectivement $p = 0.003$ et $p = 0.001$).

Tableau 4 : Comparaison de la valeur de VO₂ max selon la classe d'âge

Catégorie d'âge	VO ₂ max 2020	VO ₂ max 2021	p value
Classe 1 (18-29 ans)	40,2	39,5	0,79
Classe 2 (30-39 ans)	39,4	39,0	0,86
Classe 3 (40-49 ans)	37,3	36,5	0,53
Classe 4 (50-59 ans)	35,3	32,5	0,03
Classe 5 (> 60 ans)	34,8	30,5	< 0,001

Tableau 5 : Comparaison de la valeur du SV₁ selon la classe d'âge

Catégorie d'âge	SV ₁ 2020	SV ₁ 2021	p value
Classe 1 (18-29 ans)	22,2	21,7	0,74
Classe 2 (30-39 ans)	21,5	19,9	0,14
Classe 3 (40-49 ans)	21,5	20,2	0,53
Classe 4 (50-59 ans)	20,3	18,6	0,06
Classe 5 (> 60 ans)	20,6	17,0	< 0,001

La comparaison des patients issus des deux années antérieures à la crise sanitaire ne montrait aucune différence significative, qu'il s'agisse des valeurs de VO₂ max ou du SV₁ (Tableau 6, Figure 5, Figure 6) et peu importe la classe d'âge (cf. annexe 7). Les populations de 2019 et 2020 étaient en tous points comparables (cf. annexe 8).

Tableau 6 : Comparaison de la VO₂ max et du SV₁ entre l'année 2019 (n=266) et 2020 (n=280) de l'échantillon

« indépendant »

	Année 2019	Année 2020	p value
VO ₂ max (en mL/kg/min)	36.64	36.79	0.83
SV ₁ (en mL/kg/min)	21.15	20.92	0.63

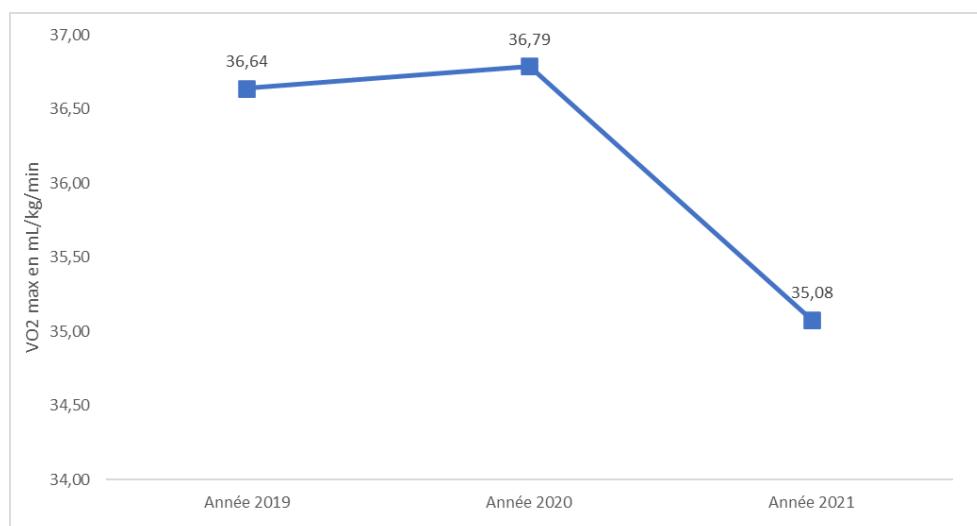


Figure 5 : Evolution de la VO₂ max des patients au fil des années (échantillon indépendant)

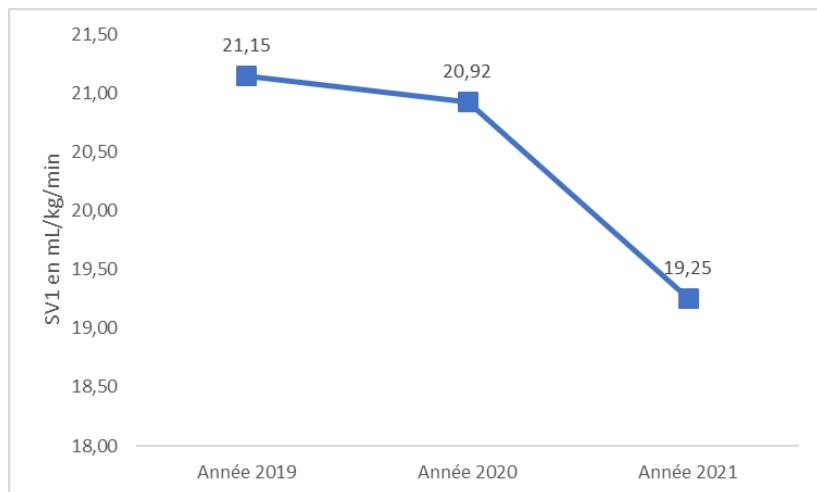


Figure 6 : Evolution du SV1 des patients au fil des années (échantillon indépendant)

Nous avons également réalisé une analyse en fonction du genre des patients. L'échantillon regroupait 138 femmes (soit 18.3 % de l'échantillon total). Il n'y avait pas de différence significative dans la population féminine sur la $\text{VO}_2 \text{ max}$ entre le groupe « pré-confinement » et le groupe « post-confinement » (30.01 vs 29.82 mL/kg/min, $p = 0.87$) ou sur le SV₁ (17.75 vs 16.39 mL/kg/min, $p = 0.1$), tous âges confondus. L'analyse en sous-groupe d'âge ne montrait une différence significative que pour le premier seuil ventilatoire de la classe 1 et de la classe 5 (cf annexe 9). Le volume horaire hebdomadaire d'activité physique était significativement différent dans la classe 1 (4.4 heures vs 1.3 heures, $p < 0.001$) et il y avait également davantage de patientes sans activité dans cette classe (0 vs 4, $p = 0.013$). A noter qu'il y avait davantage d'hypertendus dans le groupe « pré-confinement » chez les patients de plus de 60 ans ($p=0.007$). Aucune autre donnée recueillie ne présentait de différence significative.

Parmi les 617 hommes, il y avait une différence significative sur la $\text{VO}_2 \text{ max}$ (38.05 vs 36.62 mL/kg/min, $p=0.043$) et le SV₁ (21.69 vs 20.07 mL/kg/min, $p=0.001$) tous âges confondus. Il n'y avait aucune différence significative sur les caractéristiques démographiques et anthropométriques. Les hommes les plus âgés étaient les plus impactés (cf annexe 10).

Au sein de la classe 5, il y avait, comme chez les femmes, significativement davantage d'hypertendus dans le groupe « pré-confinement » ($p=0.007$). Aucune autre donnée recueillie ne présentait de différence significative.

1.3. Impact du filtre antibactérien

L'impact du filtre antibactérien a pu être estimé à partir du groupe « post-confinement ». En effet, cet échantillon de patient se composait d'individus ayant tous réalisés leur EFX à la réouverture des services de médecine du sport. Le centre angevin et le centre choletais ayant adopté deux stratégies différentes pour lutter contre la propagation du virus, nous disposons de deux groupes presque comparables de patients (différence significative du poids et de l'IMC, Tableau 7).

Tableau 7: Caractéristiques démographiques des patients ayant réalisé leur EFX après le 1er mai 2021 (n=209)

Caractéristiques	FILTRE (n= 132)	SANS FILTRE (n = 77)	p value
Age	48.5	45.3	0.15
Sexe (H)	55	107	0.12
Poids	76.0	70.3	0.002
Taille	1.74	1.72	0.09
IMC	24.9	23.7	0.01
Activité physique	2.6	2.85	0.53

A partir de cette population, nous n'avons pas observé pas de différence significative sur la $\text{VO}_2 \text{ max}$ entre les patients ayant réalisé leur EFX avec un filtre en comparaison aux patients ayant réalisé leur EFX dans les conditions habituelles (Tableau 8) malgré un poids statistiquement plus faible dans groupe « filtre ».

Tableau 8 : Valeurs de VO₂ _{max} et du SV₁ en fonction de la présence d'un filtre ou non

	FILTRE (n= 132)	SANS FILTRE (n=77)	p value
VO ₂ _{max} (en mL/kg/min)	34.4	36.0	0.22
SV ₁ (en mL/kg/min)	19.5	18.8	0.37

L'étude de quelques paramètres respiratoires à l'effort (VE _{max}, FR _{max}, QR _{max}) ne montre pas de différence significative sur ces paramètres (respectivement p = 0.66, 0.96 et 0.60 ; Tableau 9).

Tableau 9 : Valeurs de VE _{max}, de FR _{max} et de QR _{max} en fonction de la présence d'un filtre ou non

	FILTRE (n= 132)	SANS FILTRE (n = 77)	p value
VE _{max}	103.5	105.2	0.66
FR _{max}	40.1	40.2	0.96
QR _{max}	1.19	1.18	0.60

Les analyses réalisées par sexe ne mettaient pas en évidence de différence significative sur la VO₂ _{max} et le SV₁ quel que soit le sexe. Chez les femmes, aucune classe d'âge n'a été impactée de manière significative par l'ajout d'un filtre antibactérien. Chez les hommes, seuls les patients de la classe 4 ont vu leur VO₂ _{max} significativement diminuer (40.78 vs 33.26 mL/kg/min, p = 0.017) sans atteinte du SV₁. Les patients de chaque groupe étaient en tous points comparables sur les caractéristiques anthropométriques et de pratique sportive.

2. Analyse de l'échantillon « appareillé »

2.1. Caractéristiques de l'échantillon

34 patients ont été inclus dans l'échantillon appareillé (Tableau 10). 21 d'entre eux ont réalisé deux épreuves entre le 1^{er} mai 2018 et le 1^{er} mai 2020 et une après le 1^{er} mai 2020. Les 13 patients restants n'ont qu'une seule valeur antérieure à la crise sanitaire. La population ayant réalisé 1 seule EFX antérieure à la crise sanitaire était plus âgée que celle en ayant réalisé 2, mais cette différence n'était pas significative (57.5 ans vs 51.3 ans, p = 0.13). Il y avait significativement davantage de patients de plus de 60 ans parmi les patients n'ayant réalisé qu'une seule EFX avant la crise sanitaire (p = 0.014). Les patients pratiquaient un volume horaire d'activité physique similaire à la population indépendante. Les sports pratiqués étaient principalement des activités aérobies d'endurance fondamentale (Figure 7). D'après les déclarations des patients, il n'y avait pas de différence significative entre le volume horaire pratiqué par les patients avant la crise sanitaire et celui pratiqué pendant (2.6 heures vs 2.4 heures, p = 0.48). Il n'y avait pas de différence de l'activité physique principale pratiquée par ces patients, qui ont presque tous conservé leur activité initiale.

Tableau 10 : Caractéristiques de la population « appareillée »

N = 34	M ± ET
Age	53.7 ± 10.4
Taille	1.76 ± 0.07
Poids	77.2 ± 9.9
IMC	24.9 ± 2.9
Volume horaire hebdomadaire d'activité physique	3 ± 2.7
Puissance maximale atteinte	220 ± 46
VO2 max (en mL/kg/min)	34.38 ± 6.7
Facteurs de risque cardiovasculaires	Nbre de patients
Hypertension artérielle	7
Dyslipidémie	7
Diabète	1
Tabagisme	6
Obésité (IMC > 30)	1
Antécédents personnels CV	4
Antécédents familiaux CV	6

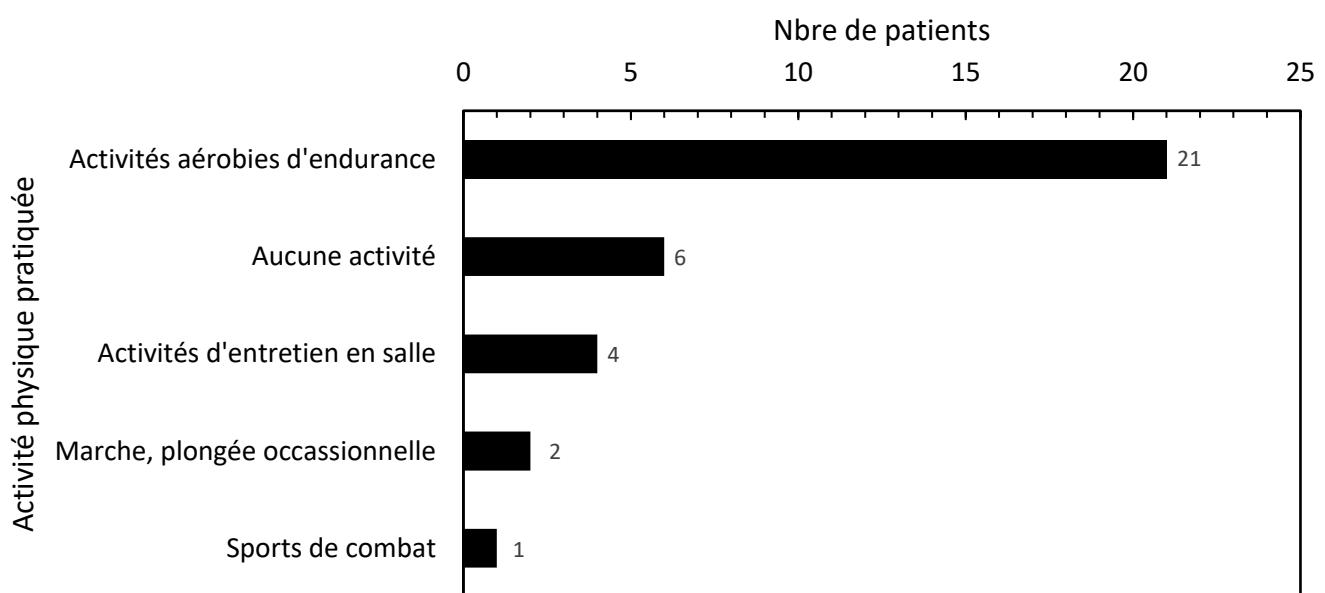


Figure 7 : Distribution du type d'activité physique des patients du groupe "appareillé"

2.2. Comparaison des moyennes

Sur cet échantillon, nous avons observé une différence significative à la fois sur la VO₂ max et sur la valeur au SV₁ (Tableau 11). Cette analyse prenait en compte les deux dernières EFX des 34 patients. La valeur de la VO₂ max a chuté de 120 mL/min ($p = 0.037$) et celle du SV₁ de près de 170 mL/min ($p < 0.001$). Sur ces 34 patients, aucune étude supplémentaire n'a été réalisée puisque seuls 21 patients avaient réalisé une troisième EFX antérieure. A noter que nous avons observé une différence significative également en analysant uniquement les 13 patients n'ayant réalisé que deux EFX. Le VO₂ max passait de 2.66 L/min vs 2.38 L/min ($p = 0.01$) et le SV1 passait de 1.47 L/min à 1.23 L/min ($p = 0.003$).

Tableau 11 : Comparaison de la VO₂ max et du SV₁ (valeurs brutes et pourcentage de VO₂ max) par années successives dans le groupe « appareillé »

	2020	2021	p value
VO2 max (en L/min)	2.76	2.64	0.037
SV1 (en L/min)	1.55	1.38	0.001
SV1 (en % VO2 max)	54.6	50.5	0.006

La même significativité des variations était obtenue en comparant les valeurs rapportées au poids des patients (Tableau 12).

Tableau 12 : Comparaison de la VO₂ max et du SV₁ (valeurs indexées) par années successives dans le groupe « appareillé »

	2020	2021	p value
VO2 max (en mL/kg/min)	36.20	34.38	0.025
SV1 (en mL/kg/min)	20.38	17.92	< 0.001

Sur les tableaux ci-dessous, les intitulés « 2019 », « 2020 » et « 2021 » correspondent aux périodes « 1^{er} mai 2018 au 30 avril 2019 », « 1^{er} mai 2019 au 30 avril 2020 » et « 1^{er} mai 2020 au 30 avril 2021 ». Aucun patient n'avait réalisé d'EFX en « 2019 » puis en « 2021 ».

L'analyse des 21 patients ayant réalisé 2 EFX n'a pas montré de différence significative du VO₂ max lorsque l'on comparait leur résultat de l'EFX réalisée pendant la crise à celle réalisée l'année antérieure (Tableau 13, Figure 8). Le premier seuil ventilatoire était franchi plus tôt mais de manière non significative ($p = 0.056$). En revanche, l'analyse des deux années antérieures ne mettait pas en évidence de différence significative sur le VO₂ max mais il y avait une progression sur le SV₁ en 2020 par rapport à 2019 ($p = 0.003$).

Tableau 13 : Comparaison du VO2 max et SV1 parmi les 21 patients ayant réalisé 3 EFX

Population appareillée ayant réalisé 3 EFX (n = 21)			
	2020	2021	p value
VO2 max (L/min)	2.82	2.80	0.816
SV1 (en L/min)	1,58	1.46	0.056
SV1 (en % VO2 max)	54,3	50.1	0.025
Population appareillée ayant réalisé 3 EFX (n = 21)			
	2019	2020	p value
VO2 max (L/min)	2.84	2.82	0.79
SV1 (en L/min)	1.43	1,58	0.003
SV1 (en % VO2 max)	50.1	54.3	0.004

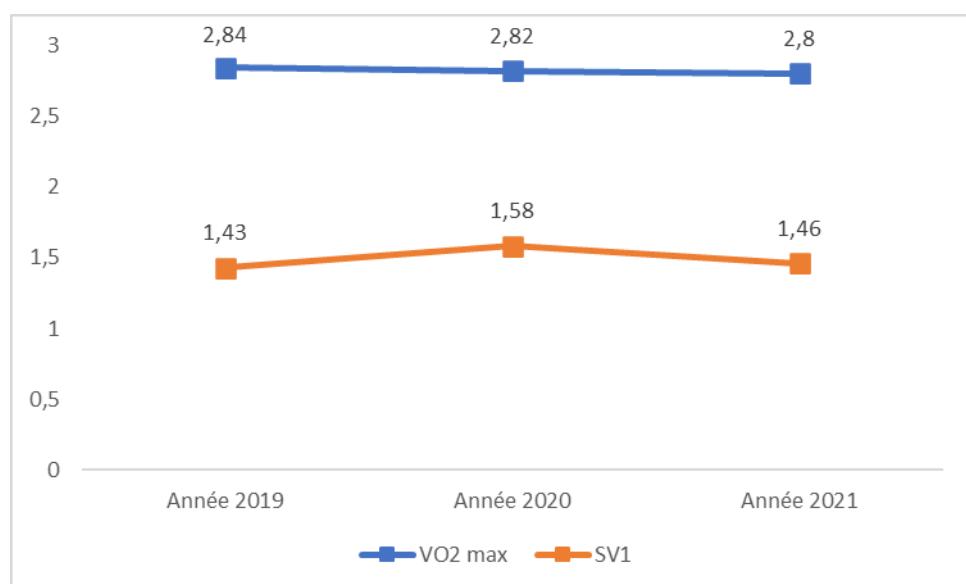


Figure 8 : Evolution du VO2 max et du SV1 au fil des années, au sein de l'échantillon appareillé, chez les 21 patients à 3 EFX successives

En analysant la VO₂ max et le SV₁ dans les différentes classes d'âge, nous avons observé des résultats semblables à ceux retrouvés dans la population indépendante, avec une diminution significative pour la classe 5 mais aussi pour la classe 3, non retrouvée dans la population « indépendante ». A noter que la classe 1 (patients < 30 ans) n'est pas représentée dans cette population et que la classe 2 (30-40 ans) n'est représentée que par un seul patient. Les analyses statistiques pour ces classes n'étaient pas pertinentes et les 33 patients de plus de 30 ans ont été analysés. Le groupe 4 présentait une amélioration non significative du VO₂ max (Tableau 14).

Tableau 14 : Comparaison de la VO₂ max et du SV₁ du groupe "appareillé" par tranche d'âge (n = 33)

VO ₂ max (en L/min)			
	2020	2021	p value
3 (40-49 ans, n=14)	3.04	2.87	0.038
4 (50-59 ans, n=11)	2.51	2.63	0.143
5 (> 60 ans, n=8)	2.66	2.38	0.012
SV ₁ (en L/min)			
	2020	2021	p value
3 (40-49 ans, n=14)	1.69	1.52	0.037
4 (50-59 ans, n=11)	1.38	1.31	0.424
5 (> 60 ans, n=8)	1.52	1.28	0.006
SV ₁ (en % VO ₂ max)			
	2020	2021	p value
3 (40-49 ans, n=14)	53.5	50.6	0.153
4 (50-59 ans, n=11)	54.0	49.7	0.092
5 (> 60 ans, n=8)	57.1	53.8	0.272

L'analyse en classe d'âge pour les 21 patients avec 2 EFX antérieures ne montrait aucune différence significative sur aucune des classes (Tableau 15). De la même manière que pour l'échantillon indépendant, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs de VO₂ max et du SV₁ entre l'année 2019 et l'année 2020 en dehors d'un passage significativement plus tardif du SV₁ pour le groupe 5 (Tableau 16).

Tableau 15 : Comparaison de la VO2 max et du SV1 du groupe "appareillé" par tranche d'âge (n=21)

VO2 max (en L/min)			
	2020	2021	p value
3 (40-49 ans, n=11)	2.95	2.82	0.07
4 (50-59 ans, n=8)	2.59	2.66	0.40
5 (> 60 ans, n=2)	3.00	2.80	0.20
SV1 (en L/min)			
	2020	2021	p value
3 (40-49 ans, n=11)	1.66	1.52	0.11
4 (50-59 ans, n=8)	1.46	1.38	0.57
5 (> 60 ans, n=2)	1.73	1.48	0.42
SV1 (en % du VO2 max)			
	2020	2021	p value
3 (40-49 ans, n=11)	53.5	50.5	0.219
4 (50-59 ans, n=8)	54.7	49.7	0.138
5 (> 60 ans, n=2)	57.5	49.5	0.53

Tableau 16 : Comparaison de la VO2 max et du SV1 du groupe "appareillé" par tranche d'âge (n=21)

VO2 max (en L/min)			
	2019	2020	p value
3 (40-49 ans, n=11)	2.90	2.95	0.541
4 (50-59 ans, n=8)	2.76	2.59	0.226
5 (> 60 ans, n=2)	2.82	3.00	0.295
SV1 (en l/min)			
	2019	2020	p value
3 (40-49 ans, n=11)	1.52	1.66	0.094
4 (50-59 ans, n=8)	1.31	1.46	0.066
5 (> 60 ans, n=2)	1.45	1.73	0.047
SV1 (en pourcentage de VO2 max)			
	2019	2020	p value
3 (40-49 ans, n=11)	50.3	53.5	0.078
4 (50-59 ans, n=8)	49.2	54.7	0.095
5 (> 60 ans, n=2)	52	57.5	0.058

2.3. Impact du filtre antibactérien

Au sein de cet échantillon, les patients ayant utilisé un filtre antibactérien lors de leurs EFX de l'année 2021 ne sont pas en tous points comparables à ceux n'en n'ayant pas utilisé (annexe 11). La population ayant utilisé le filtre est 10 ans plus âgée que celle ne l'ayant pas utilisé (60.6 vs 50.8, p = 0.049, annexe 11). Seul 1 patient de tout l'échantillon a eu une infection COVID-19 documentée.

Au total, 24 patients ont réalisé leur suivi sur Angers contre 10 sur Cholet. La valeur moyenne de la VO₂ _{max} diffère significativement mais le premier seuil ventilatoire n'est pas significativement franchi plus tôt (respectivement p=0.006 et p=0.10, Tableau 17).

Cependant, les patients ayant réalisé leur EFX avec un filtre antibactérien ont diminué de manière plus importante leur VO₂ _{max} par rapport à leur valeur antérieure (p = 0.012) tandis que les patients ayant réalisé leur EFX sans filtre n'ont pas autant régressé (p = 0.61). Nous avons observé une diminution du SV₁ dans les deux sous-groupes (Tableau 17).

Tableau 17 : Valeurs de VO₂ max et SV₁ chez tous les patients du groupe appareillé (n=34), des patients sans filtre (n=24) puis des patients avec filtre (n=10)

Population appareillée (n=34)			
	SANS FILTRE	AVEC FILTRE	p value
VO2 max (en mL/kg/min)	36.01	30.47	0.006
SV1 (en mL/kg/min)	18.63	16.22	0.104
SV1 (en % VO2 max)	50.1	51.3	0.702
Population d'Angers (n=24) n'ayant pas utilisé de filtre			
	2020	2021	p value
VO2 max (en L/min)	2.81	2.78	0.61
SV1 (en L/min)	1.55	1.44	0.044
SV1 (en % VO2 max)	54.1	50.2	0.021
Population de Cholet (n=10) ayant utilisé le filtre			
	2020	2021	p value
VO2 max (en L/min)	2.64	2.31	0.012
SV1 (en L/min)	1.52	1.22	0.003
SV1 (en % VO2 max)	57.0	51.3	0.093

En s'intéressant aux valeurs brutes des patients, nous avons constaté que les patients de plus de 60 étaient davantage impactés par la présence du filtre antibactérien. Parmi les deux patients de plus de 60 ans ayant effectué leur dernière EFX sans filtre, l'un a gagné 20 mL de VO₂ max et l'autre perdu 130 mL de VO₂ max. Au sein de la population de Cholet, 6 patients étaient âgés de plus de 60 ans. Hormis un patient ayant gagné 10 mL de VO₂ max, nous avons constaté une perte de minimale de 260 mL de VO₂ max pour tous les patients.

Les analyses statistiques réalisées enlevant les patients de plus de 60 ans dans les deux groupes ne montraient aucune diminution significative de la VO₂ max ou du SV₁ (annexe 12).

La présence d'un filtre antibactérien ou non n'impactait pas la variation de la VO₂ max entre les deux dernières EFX réalisées par les patients ($p = 0.437$).

DISCUSSION

Notre travail a permis d'étudier, pour la première fois et sur un grand échantillon, les effets d'une crise sanitaire sur les capacités aérobies de patients sains majeurs. Nous avons constaté que la population angevine et choletaise a été impactée par les mesures de confinement puisqu'il existe une diminution significative des deux paramètres principaux qui reflètent les capacités aérobies des patients. La supervision par un seul examinateur a permis de s'affranchir d'un biais d'analyse des résultats de chaque EFX.

Nous avons observé une chute significative de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ et du premier seuil dans le groupe indépendant. Ces observations étaient d'autant plus significatives que l'analyse sur le groupe « 2019 » et le groupe « 2020 » n'a montré aucune différence significative. Cette diminution n'est à priori pas à rapporter à la diminution de l'activité physique puisqu'elle n'est pas retrouvée dans notre étude. Ces variations étaient moins marquées chez les sujets de moins de 50 ans alors que les études épidémiologiques, soulignent que ce seraient les patients les plus jeunes qui ont diminué voire arrêté toute activité physique ou sportive [5]. Cela peut s'expliquer par un effet moins important de l'âge dans la diminution de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ chez les patients de moins de 50 ans par rapport à ceux de plus de 50 ans.

L'analyse sur l'échantillon indépendant a mis en évidence des résultats intéressants. L'étude de l'ensemble des patients montre une diminution des capacités aérobies sur les 34 patients inclus. Sur les 21 patients ayant réalisé 2 EFX antérieures à la crise sanitaire, on ne retrouve pas de différence significative, peu importe la période à laquelle l'EFX a été réalisé. Cependant, la population de cet échantillon était différente de manière significative du reste de l'échantillon total, comptant moins de patients de plus de 60 ans. En effet, parmi les 13 patients restants, 6 étaient âgés de plus de 60 ans (contre seulement 2 sur 21).

Cela renforce les observations effectuées sur l'échantillon indépendant, suggérant que la population de plus de 60 ans a été davantage impactée par la crise sanitaire.

Le peu d'études qui se sont intéressées à l'effet des restrictions gouvernementales pendant la crise sanitaire concerne la population pédiatrique. Dayton et al montre une diminution significative de la VO₂ max et du premier seuil ventilatoire sur une population de 10 patients de moins de 21 ans aux USA [15]. Ce travail analyse l'effet de la crise sanitaire sur la VO₂ max de 10 enfants sains sur un intervalle de temps plus court (dans les 3 mois suivant la réouverture des salles de sport) par rapport à un groupe contrôle constitué de 10 enfants choisis par appariement sur une base de données d'EFX réalisées dans les 2 années antérieures à la crise sanitaire. La supervision est réalisée par un seul cardiopédiatre et comme dans notre étude, permet de s'affranchir d'un biais de placement des seuils. Cependant, la méthodologie est différente. Les EFX ont été réalisées sur tapis roulant et le protocole d'incrémentation des paliers n'étaient pas les mêmes dans le groupe « pré-COVID » et le groupe « post-COVID ». Aucun autre paramètre cardio-ventilatoire n'est modifié entre les deux groupes. Ce travail s'inscrit dans l'optique d'inciter les jeunes à reprendre une activité physique en s'appuyant sur le chiffre préoccupant de seulement 5 % des enfants qui ont une activité supérieure aux recommandations américaines et canadiennes [16].

Une étude similaire de Lopez-Bueno et al, cette fois-ci en Europe, s'est penchée sur la population pédiatrique en Espagne dans un contexte similaire [17]. 89 enfants entre 12 et 14 ans ont été inclus dans cette étude. La mesure de la VO₂ max est réalisée à partir de l'extrapolation du résultat au test de Luc-Léger. Il existe une baisse non significative de 0.5 mL/kg/min ($p = 0.12$) de manière globale mais une diminution franche chez les jeunes filles, à fortiori chez les adolescentes de moins de 14 ans (perte de 1.5 mL/kg/min, $p < 0.05$).

Seuls les jeunes garçons de 14 ans et plus ont vu leur $\text{VO}_{2 \text{ max}}$ s'améliorer de manière non significative (+ 0.4 mL/kg/min, $p = 0.44$). Dans cette étude, les enfants inclus réalisent leur épreuve d'effort sur 2 jours (du 18 au 20 novembre 2020 en comparaison à leur résultat du 20 au 22 novembre 2019) et induit un biais de sélection mais permettant de recruter des patients au même stade du déconfinement (soit exactement 6 mois dans le cadre de l'Espagne). Il est difficile de comparer ces deux études à la nôtre du fait du caractère pédiatrique de la population car d'autres paramètres viennent interférer avec la VO_2 (notamment le stade pubertaire).

Dans notre étude, nous n'avons pas mis en évidence de différence significative au sein de la population féminine. Il existait seulement une différence significative sur le SV_1 chez les jeunes femmes de moins de 30 ans qui ont été plus impactées que leurs aînées ou les hommes d'âge identique. Cela peut s'expliquer par la franche différence de volume horaire d'activité sportive et de jeunes femmes sans activité physique dans cet échantillon. Il s'agissait d'ailleurs de la seule population où nous avons observé une tendance à la baisse de l'activité physique. A noter que notre étude ne comportait que 18.5 % de femmes. Ceci peut s'expliquer par les indications des épreuves d'effort en population générale, basées sur le niveau de risque cardiovasculaire. Nos patientes étaient soit de jeunes sportives soit des plongeuses.

En se penchant sur l'analyse de l'échantillon « appareillé », la question de l'impact du vieillissement sur les capacités aérobies des patients peut se poser. Il est établi qu'à partir de 45 ans environ, un patient sédentaire perd environ 10 % de $\text{VO}_{2 \text{ max}}$ par décennie [18] [19]. Cette diminution n'est d'ailleurs que très partiellement ralentie par l'entretien des capacités physiques au-delà de 65 ans. Lorsque l'on s'intéresse aux résultats pratiques sur des compétitions sportives, le déclin intervient dans les mêmes années.

Ainsi, pour un patient avec une $\text{VO}_2 \text{ max}$ de 2.7 L/min (moyenne de notre effectif), il est attendu une perte de 0.27 L/min sur 10 ans. En mettant en évidence une perte de 0.12 L/min sur une seule année, nous ne pouvons expliquer cette diminution significative uniquement sur la base de l'âge.

Notre étude comporte deux limites principales en lien avec l'objectif principal. Dans un premier temps, nous n'avons pas pu utiliser un questionnaire standardisé pour l'évaluation de la pratique sportive des patients par le caractère rétrospectif de l'étude. Certaines données sont difficiles à quantifier en termes de durée lorsqu'elles ont été recueillies en termes kilométriques (cyclisme, course à pied). Pour les patients dont l'activité physique a été recueillie sur un mode kilométrique, nous avons estimé la valeur du volume horaire de manière empirique et identique pour tous les patients. Il s'agit évidemment d'un biais de recueil majeur dont nous nous devons de tenir compte. Cependant, le recueil et la quantification de ces paramètres a été effectué par un seul intervenant. De plus, certaines observations ne stipulaient pas cette information (4 données manquantes).

D'autre part, la durée d'inclusion des patients au décours de la réouverture des services de médecine du sport est longue et peut être source de biais, dans la mesure où un patient exploré dans les 15 jours suivant la reprise de son activité physique a davantage de risque d'avoir régressé qu'un patient après une reprise sportive notable. De plus, il semblerait également qu'il existe une différence saisonnière sur la $\text{VO}_2 \text{ max}$ [20]. Dans l'échantillon appareillé la plupart des patients sont venus à la même période de l'année, permettant de diminuer ce biais.

Le fait que les études citées plus haut aient opté pour deux stratégies différentes sur ce point laisse supposer qu'il n'y a pas de méthodologie parfaitement adaptée pour savoir comment rendre l'échantillon le plus homogène possible. Un temps de recueil plus court avec un délai

de reprise de l'activité physique borné (qu'il soit proche ou distant des levées des mesures gouvernementales) permet certes de minimiser ce risque mais d'inclure un nombre faible de participants, ce qui diminuerait la puissance statistique de l'étude.

4,3 % de l'échantillon « indépendant » et 3% de l'échantillon « appareillé » a eu une primo-infection Sars-Cov-2 suspectée ou documentée par un test PCR. A la date de fin d'inclusion, 49 664 patients ont été testés positifs dans le Maine et Loire, soit un pourcentage de 6% par rapport à la population totale [21]. La question de l'inclusion des patients ayant présenté une infection COVID se pose. Même si aucun patient n'a nécessité d'hospitalisation, les répercussions du COVID chez des patients sains ne sont pas parfaitement connues. Ces patients ont également dû respecter un confinement plus strict et plus long selon les périodes de l'année. Cependant, la COVID fait maintenant partie du quotidien médical des français et les formes bénignes et asymptomatiques représentent la plus grande partie des formes retrouvées en pratique et fait partie de l'effet « crise sanitaire » que nous avons étudié. De ce fait, il nous semble opportun de conserver leurs données pour l'analyse statistique. Une analyse complémentaire sans les patients confirmés ou suspectés d'être contaminés par le Sars-COV-2 a permis s'assurer que leur présence ne présentait pas un biais statistique.

L'impact du filtre antibactérien est difficile à mettre en évidence. La méthodologie la plus précise pour répondre à cette question serait de faire pratiquer 2 EFX à chaque patient afin de comparer ses propres valeurs en dehors de tout arrêt des activités physiques. C'est ce protocole (sur tapis roulant) qui est utilisé par Bach et al [13]. L'utilisation du filtre est différente, ce dernier étant appliqué sur le circuit expiratoire d'un dispositif à deux valves (l'une inspiratoire, l'autre expiratoire). Au sein de ce travail aucune différence significative n'est retrouvée exceptée sur la valeur du pick-flow. Il est également mis en évidence une différence

significative sur l'ordre de passage des patients (ceux qui réalisent leur première EFX avec le filtre antibactérien ont une $\text{VO}_2 \text{ max}$ avec filtre significativement supérieure). Cependant, le patient le plus âgé de l'échantillon est âgé de 35 ans, ne permettant pas de conclure sur son effet chez les patients les plus âgés ou avec des comorbidités cardiorespiratoires.

Notre étude ne permet pas de conclure sur l'effet du filtre antibactérien à partir de l'échantillon « appareillé » devant la différence d'âge significative entre les deux groupes, même si la méthodologie s'approche de celle nécessaire pour avoir deux populations strictement identiques. Même si l'analyse statistique n'était pas pertinente sur un échantillon de 8 patients de plus de 60 ans (6 dans le groupe « sans filtre » et de 2 patients dans le groupe « filtre »), il ressortait visuellement une diminution plus importante de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ des patients de plus de 60 ans qui ont utilisé un filtre antibactérien lors de leur dernière épreuve d'effort. De ce fait, il paraît plus opportun de ne pas utiliser le filtre antibactérien dans cette population ou chez les patients présentant une pathologie pulmonaire chronique pouvant altérer les capacités de compliance pulmonaire. Cette suggestion est en accord avec celle du groupe « Alvéole ».

Au sein de l'échantillon « indépendant », la différence significative des populations sur le paramètre « poids » pouvait être source d'une mauvaise interprétation des résultats. Cependant, les valeurs de $\text{VO}_2 \text{ max}$ indexées au poids permettaient de s'affranchir de cette différence statistique. Il n'y avait pas de modification des paramètres cardiorespiratoires ($\text{VO}_2 \text{ max}$, VO_2 au SV_1 , FR_{max} , VE_{max} , QR_{max}) lors de l'application d'un filtre antibactérien à partir de l'échantillon « indépendant ». De ce fait, il paraît plutôt licite d'inciter l'utilisation d'un filtre antibactérien, chez les moins de 60 ans, pour que les équipements de protection individuel (masques FFP-2, lunettes de protection, surblouse et bonnet chirurgical) soient mis à disposition des services dans lesquels le personnel soignant est plus à risque d'être contaminé. Les recommandations du GERS-P sont également dans ce sens.

Au total, le peu d'impact qui ressortait de notre étude sur la population générale ne doit donc pas remettre en question les recommandations des pneumologues qui explorent des patients différents de ceux rencontrés dans notre étude.

CONCLUSION

La crise sanitaire a eu un effet délétère sur les capacités aérobies des patients sains ayant réalisé leurs EFX sur les centres de Cholet et d'Angers. Ces altérations étaient plus marquées chez les patients de plus de 60 ans, à fortiori chez les hommes. L'absence d'interrogatoire standardisé sur la pratique sportive des patients ne permettait pas de faire de lien de causalité entre ces observations et les modalités de leurs pratiques pendant cette période.

La crise sanitaire a également modifié les protocoles de réalisation des EFX. L'ajout d'un filtre antibactérien ne semblait pas délétère chez les patients jeunes et en bonne santé mais semblait impacter les patients de plus de 60 ans. Les recommandations entre les sociétés savantes de Cardiologie et de Pneumologie divergeaient en mai 2020 et en l'absence de nouvelle recommandation, l'utilisation du filtre doit être adaptée au profil du patient en prenant en compte l'âge et la présence de comorbidités cardiorespiratoires.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] « D. Marcadet, F. Carré. Recommandations de la Société Française de Cardiologie pour les épreuves d'effort, 13.08.2018. »
- [2] « J-Y Tabet. L'essentiel sur la VO₂ en cardiologie. Réalités cardioliques. Juin 2013;294:23-29 ».
- [3] Carré, François, *Cardiologie du Sport*, De Boeck. 2020.
- [4] « Coronavirus : le football français complètement à l'arrêt », janv. 13, 2021. https://www.lemonde.fr/football/article/2020/03/13/coronavirus-le-football-francais-completement-a-l-arret_6032918_1616938.html.
- [5] Santé Publique France, « Covid-19: une enquête pour suivre l'évolution des comportements et de la santé mentale pendant l'épidémie », janv. 14, 2021.
- [6] P. M. Genin *et al.*, « How Did the COVID-19 Confinement Period Affect Our Physical Activity Level and Sedentary Behaviors? Methodology and First Results From the French National ONAPS Survey », *Journal of Physical Activity and Health*, vol. 18, n° 3, p. 296-303, mars 2021.
- [7] J. Lu *et al.*, « COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020 », *Emerg. Infect. Dis.*, vol. 26, n° 7, p. 1628-1631, juill. 2020.
- [8] N. van Doremalen *et al.*, « Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1 », *N Engl J Med*, vol. 382, n° 16, p. 1564-1567, avr. 2020.
- [9] C. I. Fairchild et J. F. Stampfer, « Particle Concentration in Exhaled Breath », *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 48, n° 11, p. 948-949, nov. 1987.
- [10] « D. Marcadet. Propositions du GERS-P de la Société Française de Cardiologie pour la pratique des épreuves d'effort durant la pandémie Covid-19. Avril 2020. » Consulté le: mai 10, 2021.
- [11] S. Verma, M. Dhanak, et J. Frankenfield, « Visualizing droplet dispersal for face shields and masks with exhalation valves », *Physics of Fluids*, vol. 32, n° 9, p. 091701, sept. 2020.
- [12] « Avis relatif à l'emploi des visières ou écrans faciaux de protection dans le contexte de l'épidémie Covid-19 », p. 11.
- [13] C. W. Bach, « Effects of a Bacteriological Filter on VO_{2max} Measured by a Computerized Metabolic System », p. 73.
- [14] L. Plantier et F. Costes, « Pratique des explorations fonctionnelles respiratoires pendant l'épidémie COVID-19. Prise de position du groupe « Fonction respiratoire » et du groupe « Alvéole » de la SPLF concernant la pratique de l'exploration fonctionnelle respiratoire au repos et à l'exercice, applicable à la phase de reprise d'activité », *Revue des Maladies Respiratoires*, vol. 37, n° 7, p. 608-612, sept. 2020.
- [15] J. D. Dayton, K. Ford, S. J. Carroll, P. A. Flynn, S. Kourtidou, et R. J. Holzer, « The Deconditioning Effect of the COVID-19 Pandemic on Unaffected Healthy Children », *Pediatr Cardiol*, vol. 42, n° 3, p. 554-559, mars 2021.
- [16] S. A. Moore *et al.*, « Impact of the COVID-19 virus outbreak on movement and play behaviours of Canadian children and youth: a national survey », *Int J Behav Nutr Phys Act*, vol. 17, n° 1, p. 85, déc. 2020.
- [17] R. López-Bueno *et al.*, « Cardiorespiratory fitness in adolescents before and after the COVID-19 confinement: a prospective cohort study », *Eur J Pediatr*, vol. 180, n° 7, p. 2287-2293, juill. 2021.
- [18] M. A. Rogers, J. M. Hagberg, W. H. Martin, A. A. Ehsani, et J. O. Holloszy, « Decline in VO_{2max} with aging in master athletes and sedentary men », *Journal of Applied Physiology*, vol. 68, n° 5, p. 2195-2199, mai 1990.

- [19] F. Buckinx, É. Peyrusqué, J. Granet, et M. Aubertin-Leheudre, « Impact of current or past physical activity level on functional capacities and body composition among elderly people: a cross-sectional analysis from the YMCA study », *Arch Public Health*, vol. 79, n° 1, p. 50, déc. 2021.
- [20] T. Ingemann-Hansen et J. Halkjær-Kristensen, « Seasonal variation of maximal oxygen consumption rate in humans », *Europ. J. Appl. Physiol.*, vol. 49, n° 2, p. 151-157, août 1982.
- [21] « Indicateurs de suivi de l'épidémie de COVID-19 - data.gouv.fr »..

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Montage du filtre antibactérien	11
Figure 2 : Répartition du type d'activité physique pratiquée par les patients du groupe « indépendant »	16
Figure 3 : Distribution du pourcentage de VO₂ max théorique atteinte entre le groupe 1 (à gauche) et le groupe 2 (à droite)	17
Figure 4 : Distribution du pourcentage de VO₂ max théorique au SV1 entre le groupe 1 (à gauche) et le groupe 2 (à droite)	18
Figure 5 : Evolution de la VO₂ max des patients au fil des années (échantillon indépendant)	20
Figure 6 : Evolution du SV1 des patients au fil des années (échantillon indépendant)	21
Figure 7 : Distribution du type d'activité physique des patients du groupe "appareillé"	25
Figure 8 : Evolution du VO₂ max et du SV1 au fil des années, au sein de l'échantillon appareillé, chez les 21 patients à 3 EFX successives	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques de la population « indépendante »	14
Tableau 2 : Description des différentes caractéristiques démographiques de l'échantillon « indépendant »	15
Tableau 3 : Comparaison de la valeur de VO₂ max et du SV₁ avant et après les mesures de confinement	17
Tableau 4 : Comparaison de la valeur de VO₂ max selon la classe d'âge	19
Tableau 5 : Comparaison de la valeur du SV₁ selon la classe d'âge.....	19
Tableau 6 : Comparaison de la VO₂ max et du SV₁ entre l'année 2019 (n=266) et 2020 (n=280) de l'échantillon « indépendant »	20
Tableau 7: Caractéristiques démographiques des patients ayant réalisé leur EFX après le 1er mai 2021 (n=209)	22
Tableau 8 : Valeurs de VO₂ max et du SV₁ en fonction de la présence d'un filtre ou non	23
Tableau 9 : Valeurs de VE_{max}, de FR_{max} et de QR_{max} en fonction de la présence d'un filtre ou non ..	23
Tableau 10 : Caractéristiques de la population « appareillée »	25
Tableau 11 : Comparaison de la VO₂ max et du SV₁ (valeurs brutes et pourcentage de VO₂ max) par années successives dans le groupe « appareillé »	26
Tableau 12 : Comparaison de la VO₂ max et du SV₁ (valeurs indexées) par années successives dans le groupe « appareillé »	26
Tableau 13 : Comparaison du VO₂ max et SV1 au parmi les 21 patients ayant réalisé 3 EFX	27
Tableau 14 : Comparaison de la VO₂ max et du SV₁ du groupe "appareillé" par tranche d'âge (n = 33)	28
Tableau 15 : Comparaison de la VO₂ max et du SV₁ du groupe "appareillé" par tranche d'âge (n=21)	29
Tableau 16 : Comparaison de la VO₂ max et du SV₁ du groupe "appareillé" par tranche d'âge (n=21)	29
Tableau 17 : Valeurs de VO₂ max et SV₁ chez tous les patients du groupe appareillé (n=34),	31

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	4
MÉTHODES	9
RÉSULTATS	13
1. Analyse de l'échantillon « indépendant ».....	14
1.1. Caractéristiques de l'échantillon.....	14
1.2. Comparaison des moyennes	17
1.3. Impact du filtre antibactérien	22
2. Analyse de l'échantillon « appareillé ».....	24
2.1. Caractéristiques de l'échantillon.....	24
2.2. Comparaison des moyennes	26
2.3. Impact du filtre antibactérien	30
DISCUSSION	32
CONCLUSION	39
BIBLIOGRAPHIE.....	40
LISTE DES FIGURES	42
LISTE DES TABLEAUX.....	43
TABLE DES MATIERES	44
ANNEXES.....	I

ANNEXES

Annexe 1 : Valeurs de VO2 max et de SV1 après exclusion des patients COVID-19 confirmés ou suspectés au sein de l'échantillon

« indépendant »

	Groupe 1	Groupe 2	p value
VO2 max (en mL/kg/min)	36.72	35.15	0.02
VO2 max (% théorique)	119	112	< 0.001
SV1 (en mL/kg/min)	21.03	19.26	< 0.001
SV1 (% théorique)	55.66	52.44	< 0.001

Annexe 2 : Caractéristiques démographiques des patients issus de la classe d'âge n°1 de l'échantillon indépendant

	Groupe pré-confinement (n=43)	Groupe post-confinement (n=30)	p value
Age	23.9	22.8	0.15
Taille	1.75	1.73	0.24
Poids	74.8	68.6	0.03
IMC	24.3	22.8	0.08
Sexe (H)	37	20	0.08
Volume horaire d'activité physique	4.2	3.03	0.28
Facteurs de risque cardiovasculaires			
Hypertension artérielle	0	0	NC
Dyslipidémie	0	0	NC
Diabète	0	0	NC
Tabagisme actif	8	2	0.19
Obésité (IMC > 30)	2	1	NC
Antécédents personnels CV	0	0	NC

Annexe 3 : Caractéristiques démographiques des patients issus de la classe d'âge n°2 de l'échantillon indépendant

	Groupe pré-confinement (n=82)	Groupe post-confinement (n=34)	p value
Age	35.4	35.0	0.44
Taille	1.75	1.76	0.38
Poids	76.3	73.9	0.44
IMC	24.8	23.6	0.11
Sexe (H)	71	27	0.4
Volume horaire d'activité physique	2.7	2.0	0.14
Facteurs de risque cardiovasculaires			
Hypertension artérielle	2	0	NC
Dyslipidémie	1	1	0.5
Diabète	1	0	NC
Tabagisme actif	15	5	0.92
Obésité (IMC > 30)	6	1	0.67
Antécédents personnels CV	2	1	NC

Annexe 4 : Caractéristiques démographiques des patients issus de la classe d'âge n°3 de l'échantillon indépendant

	Groupe pré-confinement (n=146)	Groupe post-confinement (n=46)	p value
Age	44.6	45.1	0.24
Taille	1.75	1.75	0.38
Poids	76.9	77.5	0.78
IMC	25.1	25.1	0.96
Sexe (H)	118	40	0.39
Volume horaire d'activité physique	2.83	2.77	0.88
Facteurs de risque cardiovasculaires			
Hypertension artérielle	5	2	0.12
Dyslipidémie	11	3	NC
Diabète	2	2	0.25
Tabagisme actif	25	6	0.16
Obésité (IMC > 30)	19	2	0.17
Antécédents personnels CV	3	0	NC

Annexe 5 : Caractéristiques démographiques des patients issus de la classe d'âge n°4 de l'échantillon indépendant

	Groupe pré-confinement (n=152)	Groupe post-confinement (n=50)	p value
Age	54.0	54.4	0.36
Taille	1.72	1.72	0.81
Poids	74.5	74.7	0.94
IMC	25.0	25.1	0.87
Sexe (H)	121	35	0.18
Volume horaire d'activité physique	2.75	2.56	0.57
Facteurs de risque cardiovasculaires			
Hypertension artérielle	16	7	0.38
Dyslipidémie	18	7	0.81
Diabète	3	1	0.79
Tabagisme actif	14	5	0.99
Obésité (IMC > 30)	14	6	0.59
Antécédents personnels CV	4	0	0.57

Annexe 6 : Caractéristiques démographiques des patients issus de la classe d'âge n°5 de l'échantillon indépendant

	Groupe pré-confinement (n=123)	Groupe post-confinement (n=49)	p value
Age	65.5	65.9	0.62
Taille	1.71	1.71	0.91
Poids	70.9	73.0	0.23
IMC	24.0	24.9	0.12
Sexe (H)	108	40	0.33
Volume horaire d'activité physique	3.69	3.28	0.40
Facteurs de risque cardiovasculaires			
Hypertension artérielle	38	7	0.002
Dyslipidémie	25	9	0,83
Diabète	3	2	0.62
Tabagisme actif	4	4	0.32
Obésité (IMC > 30)	2	5	0.02
Antécédents personnels CV	9	6	0.37

Annexe 7 : Valeurs de VO₂ max et de SV1 des patients des 546 patients ayant réalisé leurs EFX avant la crise sanitaire, par

classe d'âge

VO ₂ max (en mL/kg/min)			
	2019	2020	p value
1 (18-30 ans)	39.62	41.13	0.60
2 (30-39 ans)	39.61	39.24	0.82
3 (40-49 ans)	36.98	37.58	0.63
4 (50-59 ans)	34.91	35.71	0.53
5 (> 60 ans)	35.61	34.17	0.28
SV1 (en mL/kg/min)			
	2019	2020	p value
1 (18-30 ans)	21.93	22.68	0.69
2 (30-39 ans)	21.92	21.32	0.63
3 (40-49 ans)	21.56	21.37	0.85
4 (50-59 ans)	20.27	20.39	0.91
5 (> 60 ans)	21.04	20.29	0.39

Annexe 8 : Comparaison des patients ayant réalisé leur EFX en 2019 (n= 266) et 2020 (n = 280) au sein de l'échantillon

"indépendant"

	Année 2019	Année 2020	p value
Age	48.6	49.2	0.63
Taille	1.73	1.73	0.98
Poids	74.4	74.8	0.73
IMC	24.7	24.8	0.72
Volume horaire d'activité physique	3.22	2.96	0.24
FC de repos	62	61	0.49
Facteurs de risque cardiovasculaires			
Hypertension artérielle	30	31	0.43
Dyslipidémie	28	27	0.77
Diabète	2	7	0.07
Tabagisme actif	36	30	0.35
Obésité (IMC > 30)	22	21	0.75
Antécédents personnels CV	10	8	0.64

Annexe 9 : Comparaison de la moyenne de la VO₂ max et du SV1 au sein des femmes de l'échantillon « indépendant » (n=138)

VO ₂ max (en mL/kg/min)			
	Groupe 1	Groupe 2	p value
1 (18-29 ans, n=16)	34.93	29.66	0.17
2 (30-39 ans, n=18)	32.66	34.86	0.37
3 (40-49 ans, n=34)	31.71	35.61	0.25
4 (50-59 ans, n=46)	27.58	28.45	0.65
5 (> 60 ans, n=24)	27.97	24.50	0.13
SV1 (en mL/kg/min)			
	Groupe 1	Groupe 2	p value
1 (18-29 ans, n=16)	21.25	15.65	0.02
2 (30-39 ans, n=18)	18.76	17.86	0.64
3 (40-49 ans, n=34)	18.58	19.57	0.69
4 (50-59 ans, n=46)	16.29	16.46	0.90
5 (> 60 ans, n=24)	17.08	13.86	0.02

Annexe 10 : Comparaison de la moyenne de la VO₂ max et du SV1 au sein des hommes de l'échantillon « indépendant »

(n=617)

VO ₂ max (en mL/kg/min)			
	Groupe 1	Groupe 2	p value
1 (18-29 ans, n=57)	41.03	44.05	0.18
2 (30-39 ans, n=98)	40.42	40.18	0.90
3 (40-49 ans, n=160)	38.61	36.63	0.12
4 (50-59 ans, n=154)	37.26	34.76	0.07
5 (> 60 ans, n=148)	35.78	31.89	0.003
SV1 (en mL/kg/min)			
	Groupe 1	Groupe 2	p value
1 (18-29 ans, n=57)	22.37	24.71	0.21
2 (30-39 ans, n=98)	21.98	20.46	0.23
3 (40-49 ans, n=160)	22.14	20.35	0.08
4 (50-59 ans, n=154)	21.37	19.50	0.08
5 (> 60 ans, n=148)	21.14	17.73	< 0.001

Annexe 11 : Caractéristiques démographiques des patients issus du groupe « appareillé » (n=34) selon la présence ou non d'un filtre antibactérien leur de leur EFX à la ré-ouverture des services de médecine du sport

	Groupe sans filtre (n=24)	Groupe avec filtre (n=10)	p value
Age	50.8	60.6	0.049
Taille	1.77	1.72	0.07
Poids	77.4	76.6	0.83
IMC	24.64	25.65	0.37
Sexe (H)	22	10	NC
Volume horaire d'activité physique	2.8	3.3	0.60
Volume horaire d'activité physique antérieur	1.42	3.3	0.07
Facteurs de risque cardiovasculaires			
Hypertension artérielle	3	4	0.19
Dyslipidémie	1	6	0.001
Diabète	0	1	0,29
Tabagisme actif	5	1	0.16
Obésité (IMC > 30)	1	0	NC
Antécédents personnels CV	1	3	0.07

Annexe 12 : Valeurs de VO2 max et SV1 au sein de l'échantillon appareillé chez les patients de moins de 60ans

Population d'Angers (n=22) n'ayant pas utilisé de filtre			
	2020	2021	p value
VO2 max (en L/min)	2.79	2.77	0.673
SV1 (en L/min)	1.54	1.44	0.085
SV1 (en % VO2 max)	53.8	50.2	0.037
Population de Cholet (n=4) ayant utilisé le filtre			
	2020	2021	p value
VO2 max (en L/min)	2.79	2.48	0.310
SV1 (en L/min)	1.63	1.23	0.094
SV1 (en % VO2 max)	57.2	45.3	0.131

RÉSUMÉ

BARBE Guillaume

Evaluation de l'effet de la crise sanitaire liée au Sars-COV2 sur les capacités aérobies de patients sains

Introduction : L'arrivée de la COVID-19 a profondément modifié le quotidien des Français par la succession des mesures gouvernementales visant à lutter contre la propagation du virus. Elles ont conduit les Français à réduire leurs déplacements jugés non nécessaires. Plus de 50 % des personnes interrogées (sur un panel de 2000 Français) déclarent avoir réalisé moins de 30 min d'activité physique par jour, tandis que 47.4 % des sondés déclarent avoir baissé le volume de leur activité physique. L'activité sportive a, quant à elle, diminué chez plus de 37 % des sondés. Pour d'autres, cette période a été une opportunité pour commencer une activité physique au domicile (fitness, musculation, course à pied en extérieur).

Sujets et Méthodes :

A partir d'une étude multicentrique (Angers et Cholet), observationnelle et rétrospective, nous souhaitons analyser l'effet des mesures de confinement et l'arrêt des compétitions sportives sur la mesure de la VO₂ _{max} chez des patients sains. Pour chaque patient, seront recueillies : la valeur brute de la VO₂ _{max} et indexée au poids du patient, ainsi que son pourcentage par rapport à la valeur théorique attendue, la valeur de la VO₂ au premier seuil ventilatoire indexée au poids et les paramètres cardiorespiratoires habituels (FC _{max}, FR _{max}, VE _{max}, QR _{max}). Deux échantillons seront analysés : les patients n'ayant réalisé qu'une seule EFX (échantillon « indépendant ») et les patients avec plusieurs EFX successives sur trois ans (échantillon « appareillé »). L'impact du filtre-antibactérien, utilisé dans l'un des services de Médecine du Sport, sera étudié comme question secondaire.

Résultats : Il existe une différence significative sur la valeur de VO₂ max et du SV1 à la fois dans le groupe « indépendant » et dans le groupe « appareillé ». L'impact du filtre antibactérien ne montre pas d'impact particulier au sein de l'échantillon « indépendant ». Au sein de l'échantillon « appareillé », la différence d'âge significative ne permet pas de conclure.

Conclusion : La crise sanitaire et les mesures gouvernementales associées ont influencé les capacités aérobies des patients sains explorés au Maine et Loire. Des études similaires en Espagne et USA ont montré des résultats similaires sur la population pédiatrique. Il est important de sensibiliser les patients à la pratique sportive pour lutter contre la sédentarité. L'utilisation du filtre antibactérien ne semble pas délétère chez les patients jeunes et en bonne santé mais semble compromettre l'analyse des patients de plus de 60 ans.

Mots-clés : capacité physique, crise sanitaire, VO₂ max

Assessment of the effect of the Sars-COV2 health crisis on the aerobic capacities of healthy patients

ABSTRACT

Introduction : The advent of COVID-19 has profoundly changed the daily lives of French people through a succession of government measures to combat the spread of the virus. They led the French to reduce their displacements deemed unnecessary. More than 50% of respondents (out of a panel of 2,000 French people) said they had completed less than 30 minutes of physical activity per day, while 47.4% of respondents said they had decreased the volume of their physical activity. Sports activity decreased in more than 37% of respondents. For others, this period was an opportunity to start physical activity at home (fitness, strength training, outdoor running).

Materials and Methods : Based on a multicentre (Angers and Cholet), observational and retrospective study, we want to analyze the effect of containment measures and the cessation of sports competitions on the measurement of VO₂ max in healthy patients. For each patient, will be collected : the gross value of the max VO₂ and indexed to the weight of the patient, as well as its percentage with respect to the expected theoretical value, the value of the VO₂ at the aerobic threshold indexed to the weight of the patient and the usual cardiorespiratory parameters (HR _{max}, RR _{max}, VE _{max}, RER _{max}). Two samples will be analyzed : patients with only one EFX ("unpaired" sample) and patients with multiple successive EFX over three years ("matched" sample). The impact of the antibacterial filter, used in one of the Sports Medicine departments, will be studied as a secondary issue.

Results : There is a significant difference in the value of VO₂ _{max} and AT in both the "unpaired" and "matched" groups. The impact of the antibacterial filter does not show any particular impact within the "independent" sample. Within the "matched" sample, the significant age difference is not conclusive.

Conclusion : The health crisis and associated government measures have influenced the aerobic capacities of healthy patients explored in Maine et Loire. Similar studies in Spain and the USA have shown similar results in the paediatric population. It is important to make patients aware of sports practice to combat sedentary lifestyles. The use of the antibacterial filter does not appear deleterious in young and healthy patients but appears to compromise the analysis of patients over 60.

Keywords : physical capability, health crisis, VO₂ max