

## Faculté de Médecine

Année 2020

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Médecine

Présentée et soutenue publiquement

le 17 septembre 2020

Par Thibault Cornette

Né(e) le 18 mars 1987 à ISSOUDUN

### **Corrélation entre une épreuve d'effort cardio-respiratoire sur bicyclette ergométrique et un test de marche de 6 minutes**

Thèse dirigée par Madame le Professeur Tubiana-Mathieu

Examineurs :

M. le professeur François Vincent  
Mme le professeur Nicole Tubiana-Mathieu  
M. le professeur Yves Aubard  
M. le docteur Stéphane Mandigout

Président  
Directrice de thèse et Juge  
Juge  
Juge







## Faculté de Médecine

Année 2020

Thèse N°

### Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Médecine

Présentée et soutenue publiquement

Le 17 septembre 2020

Par Thibault Cornette

Né(e) le 18 mars 1987 à ISSOUDUN

### **Corrélation entre une épreuve d'effort cardio-respiratoire sur bicyclette ergométrique et un test de marche de 6 minutes**

Thèse dirigée par Madame le Professeur Tubiana-Mathieu

Examineurs :

M. le professeur François Vincent

Mme le professeur Nicole Tubiana-Mathieu

M. le professeur Yves Aubard

M. le docteur Stéphane Mandigout

Président

Directrice de thèse et Juge

Juge

Juge



## Professeurs des Universités - praticiens hospitaliers

---

Le 01 octobre 2019

<b>ABOYANS</b> Victor	CARDIOLOGIE
<b>ACHARD</b> Jean-Michel	PHYSIOLOGIE
<b>ALAIN</b> Sophie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
<b>ARCHAMBEAUD</b> Françoise	MEDECINE INTERNE (Surnombre jusqu'au 31-08-2020)
<b>AUBARD</b> Yves	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
<b>AUBRY</b> Karine	O.R.L.
<b>BEDANE</b> Christophe	DERMATO-VENEREOLOGIE
<b>BERTIN</b> Philippe	THERAPEUTIQUE
<b>BORDESSOULE</b> Dominique	HEMATOLOGIE (Surnombre jusqu'au 31-08-2020)
<b>CAIRE</b> François	NEUROCHIRURGIE
<b>CHARISSOUX</b> Jean-Louis	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE et TRAUMATOLOGIQUE
<b>CLAVERE</b> Pierre	RADIOTHERAPIE
<b>CLEMENT</b> Jean-Pierre	PSYCHIATRIE d'ADULTES
<b>COGNE</b> Michel	IMMUNOLOGIE
<b>CORNU</b> Elisabeth	CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE
<b>COURATIER</b> Philippe	NEUROLOGIE
<b>DANTOINE</b> Thierry	GERIATRIE et BIOLOGIE du VIEILLISSEMENT
<b>DARDE</b> Marie-Laure	PARASITOLOGIE et MYCOLOGIE

<b>DAVIET</b> Jean-Christophe	MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION
<b>DESCAZEAUD</b> Aurélien	UROLOGIE
<b>DES GUETZ</b> Gaëtan	CANCEROLOGIE
<b>DESPORT</b> Jean-Claude	NUTRITION
<b>DRUET-CABANAC</b> Michel	MEDECINE et SANTE au TRAVAIL
<b>DURAND-FONTANIER</b> Sylvaine	ANATOMIE (CHIRURGIE DIGESTIVE)
<b>ESSIG</b> Marie	NEPHROLOGIE
<b>FAUCHAIS</b> Anne-Laure	MEDECINE INTERNE
<b>FAUCHER</b> Jean-François	MALADIES INFECTIEUSES
<b>FAVREAU</b> Frédéric	BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE
<b>FEUILLARD</b> Jean	HEMATOLOGIE
<b>FOURCADE</b> Laurent	CHIRURGIE INFANTILE
<b>GAUTHIER</b> Tristan	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
<b>GUIGONIS</b> Vincent	PEDIATRIE
<b>JACCARD</b> Arnaud	HEMATOLOGIE
<b>JAUBERTEAU-MARCHAN M.</b> Odile	IMMUNOLOGIE
<b>LABROUSSE</b> François	ANATOMIE et CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES
<b>LACROIX</b> Philippe	MEDECINE VASCULAIRE
<b>LAROCHE</b> Marie-Laure	PHARMACOLOGIE CLINIQUE
<b>LIENHARDT-ROUSSIE</b> Anne	PEDIATRIE
<b>LOUSTAUD-RATTI</b> Véronique	HEPATOLOGIE
<b>LY</b> Kim	MEDECINE INTERNE
<b>MABIT</b> Christian	ANATOMIE

<b>MAGY</b> Laurent	NEUROLOGIE
<b>MARIN</b> Benoît	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION
<b>MARQUET</b> Pierre	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE
<b>MATHONNET</b> Muriel	CHIRURGIE DIGESTIVE
<b>MELLONI</b> Boris	PNEUMOLOGIE
<b>MOHTY</b> Dania	CARDIOLOGIE
<b>MONTEIL</b> Jacques	BIOPHYSIQUE et MEDECINE NUCLEAIRE
<b>MOUNAYER</b> Charbel	RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE
<b>NATHAN-DENIZOT</b> Nathalie	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
<b>NUBUKPO</b> Philippe	ADDICTOLOGIE
<b>OLLIAC</b> Bertrand	PEDOPSYCHIATRIE
<b>PARAF</b> François	MEDECINE LEGALE et DROIT de la SANTE
<b>PLOY</b> Marie-Cécile	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
<b>PREUX</b> Pierre-Marie	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION
<b>ROBERT</b> Pierre-Yves	OPHTALMOLOGIE
<b>ROUCHAUD</b> Aymeric	RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE
<b>SALLE</b> Jean-Yves	MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION
<b>SAUTEREAU</b> Denis	GASTRO-ENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE
<b>STURTZ</b> Franck	BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE
<b>TCHALLA</b> Achille	GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT
<b>TEISSIER-CLEMENT</b> Marie-Pierre	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE et MALADIES METABOLIQUES

<b>TOURE</b> Fatouma	NEPHROLOGIE
<b>VALLEIX</b> Denis	ANATOMIE
<b>VERGNENEGRE</b> Alain	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION
<b>VERGNE-SALLE</b> Pascale	THERAPEUTIQUE
<b>VIGNON</b> Philippe	REANIMATION
<b>VINCENT</b> François	PHYSIOLOGIE
<b>YARDIN</b> Catherine	CYTOLOGIE et HISTOLOGIE

**PROFESSEUR ASSOCIE DES UNIVERSITES A MI-TEMPS DES DISCIPLINES MEDICALES**

<b>BRIE</b> Joël	CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE
<b>KARAM</b> Henri-Hani	MEDECINE D'URGENCE
<b>MOREAU</b> Stéphane	EPIDEMIOLOGIE CLINIQUE

**MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS**

<b>AJZENBERG</b> Daniel	PARASITOLOGIE et MYCOLOGIE
<b>BALLOUHEY</b> Quentin	CHIRURGIE INFANTILE
<b>BARRAUD</b> Olivier	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
<b>BEN AHMED</b> Sabrina	CHIRURGIE VASCULAIRE
<b>BOURTHOUMIEU</b> Sylvie	CYTOLOGIE et HISTOLOGIE
<b>BOUTEILLE</b> Bernard	PARASITOLOGIE et MYCOLOGIE
<b>COUVE-DEACON</b> Elodie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
<b>DUCHESNE</b> Mathilde	ANATOMIE PATHOLOGIE
<b>DURAND</b> Karine	BIOLOGIE CELLULAIRE

<b>ESCLAIRE</b> Françoise	BIOLOGIE CELLULAIRE
<b>HANTZ</b> Sébastien	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
<b>JACQUES</b> Jérémie	GASTRO-ENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE
<b>JESUS</b> Pierre	NUTRITION
<b>LE GUYADER</b> Alexandre	CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE
<b>LERAT</b> Justine	O.R.L.
<b>LIA</b> Anne-Sophie	BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE
<b>RIZZO</b> David	HEMATOLOGIE
<b>TERRO</b> Faraj	BIOLOGIE CELLULAIRE
<b>WOILLARD</b> Jean-Baptiste	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE

### **P.R.A.G.**

<b>GAUTIER</b> Sylvie	ANGLAIS
-----------------------	---------

### **PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE**

<b>DUMOITIER</b> Nathalie	(Responsable du département de Médecine Générale)
---------------------------	--

### **MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS DE MEDECINE GENERALE**

<b>HOUDARD</b> Gaëtan	(du 1 <sup>er</sup> septembre 2019 au 31 août 2022)
-----------------------	---

<b>LAUCHET</b> Nadège	(du 1 <sup>er</sup> septembre 2017 au 31 août 2020)
-----------------------	---

<b>PAUTOUT-GUILLAUME</b> Marie-Paule	(du 1 <sup>er</sup> septembre 2018 au 31 août 2021)
--------------------------------------	---

### **PROFESSEURS EMERITES**

<b>ALDIGIER</b> Jean-Claude	du 01.09.2018 au 31.08.2020
-----------------------------	-----------------------------

<b>BESSEDE</b> Jean-Pierre	du 01-09-2018 au 31-08-2020
----------------------------	-----------------------------

<b>BUCHON</b> Daniel	du 01-09-2019 au 31-08-2021
<b>MERLE</b> Louis	du 01.09.2017 au 31.08.2019
<b>MOREAU</b> Jean-Jacques	du 01-09-2019 au 31-08-2020
<b>TREVES</b> Richard	du 01-09-2019 au 31-08-2021
<b>TUBIANA-MATHIEU</b> Nicole	du 01-09-2018 au 31-08-2020
<b>VALLAT</b> Jean-Michel	du 01.09.2019 au 31.08.2020
<b>VIROT</b> Patrice	du 01.09.2019 au 31.08.2020

## **Assistants Hospitaliers Universitaires – Chefs de Clinique**

---

Le 1<sup>er</sup> novembre 2019

### **ASSISTANTS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES**

<b>AUDITEAU</b> Emilie	EPIDEMIOLOGIE (CEBIMER)
<b>DAURIAT</b> Benjamin	HISTOLOGIE, EMBRIOLOGIE ET CYTOGENETIQUE
<b>DERBAL</b> Sophiane	CHIRURGIE ANATOMIE
<b>DOUCHEZ</b> Marie	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
<b>DUPONT</b> Marine	HEMATOLOGIE BIOLOGIQUE
<b>DUCHESNE</b> Mathilde	ANATOMIE et CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES
<b>DURIEUX</b> Marie-Fleur	PARASITOLOGIE
<b>GUYOT</b> Anne	LABORATOIRE ANAPATHOLOGIE
<b>HERMINEAUD</b> Bertrand	LABORATOIRE ANAPATHOLOGIE
<b>HUMMEL</b> Marie	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
<b>LEFEBVRE</b> Cyrielle	ANESTHESIE REANIMATION
<b>PIHAN</b> Franck	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
<b>RIAHY</b> Edouard	MEDECINE NUCLEAIRE
<b>RIVAILLE</b> Thibaud	CHIRURGIE-ANATOMIE
<b>SANSON</b> Amandine	ANESTHESIE REANIMATION
<b>TCHU HOI NGNO</b> Princia	BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE

### **CHEFS DE CLINIQUE - ASSISTANTS DES HOPITAUX**

<b>ALBOUYS</b> Jérémie	HEPATO GASTRO ENTEROLOGIE
------------------------	---------------------------

<b>ARMENDARIZ-BARRIGA</b> Matéo	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
<b>AUBLANC</b> Mathilde	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
<b>BAÏSSE</b> Arthur	REANIMATION POLYVALENTE
<b>BEEHARRY</b> Adil	CARDIOLOGIE
<b>BLOSSIER</b> Jean-David	CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE
<b>BOSETTI</b> Anaïs	GERIATRIE et BIOLOGIE du VIEILLISSEMENT
<b>BRISSET</b> Josselin	MALADIES INFECTIEUSES ET TROPICALES
<b>CHAUVET</b> Romain	CHIRURGIE VASCULAIRE
<b>CISSE</b> Fatou	PSYCHIATRIE
<b>COMPAGNAT</b> Maxence	MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION
<b>DE POUILLY-LACHATRE</b> Anaïs	RHUMATOLOGIE
<b>DESCHAMPS</b> Nathalie	NEUROLOGIE
<b>DESVAUX</b> Edouard	MEDECINE GERIATRIQUE
<b>DUVAL</b> Marion	NEPHROLOGIE
<b>EL OUAFI</b> Zhour	NEPHROLOGIE
<b>FAURE</b> Bertrand	PSYCHIATRIE d'ADULTES
<b>FAYEMENDY</b> Charlotte	RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE
<b>FROGET</b> Rachel	CENTRE D'INVESTIGATION CLINIQUE (pédiatrie)
<b>GEYL</b> Sophie	GASTROENTEROLOGIE
<b>GHANEM</b> Khaled	ORL
<b>GILBERT</b> Guillaume	REANIMATION POLYVALENTE

<b>GUTTIEREZ</b> Blandine	MALADIES INFECTIEUSES
<b>HANGARD</b> Pauline	PEDIATRIE
<b>HARDY</b> Jérémy	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
<b>HESSAS-EBELY</b> Miassa	GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
<b>KRETZSCHMAR</b> Tristan	PSYCHIATRE d'ADULTES
<b>LACOSTE</b> Marie	MALADIES INFECTIEUSES
<b>LAFON</b> Thomas	MEDECINE d'URGENCE
<b>LAHMADI</b> Sanae	NEUROLOGIE
<b>LALOZE</b> Jérôme	CHIRURGIE PLASTIQUE
<b>LEGROS</b> Maxime	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
<b>LEHMANN</b> Lauriane	GASTROENTEROLOGIE
<b>MAURIANGE TURPIN</b> Gladys	RADIOTHERAPIE
<b>MEUNIER</b> Amélie	ORL
<b>MICLE</b> Liviu-Ionut	CHIRURGIE INFANTILE
<b>MOWENDABEKA</b> Audrey	PEDIATRIE
<b>ORLIAC</b> Hélène	RADIOTHERAPIE
<b>PARREAU</b> Simon	MEDECINE INTERNE ET POLYCLINIQUE
<b>PELETTE</b> Romain	CHIRURGIE UROLOGIE et ANDROLOGIE
<b>PEYRAMAURE</b> Clémentine	ONCOLOGIE MEDICALE
<b>PLAS</b> Camille	MEDECINE INTERNE B
<b>QUILBE</b> Sébastien	OPHTALMOLOGIE
<b>SIMONNEAU</b> Yannick	PNEUMOLOGIE

**SURGE** Jules

NEUROLOGIE

**TRICARD** Jérémy

CHIRURGIE THORACIQUE et  
CARDIOVASCULAIRE  
MEDECINE VASCULAIRE

**VAIDIE** Julien

HEMATOLOGIE CLINIQUE

**VERLEY** Jean-Baptiste

PSYCHIATRIE ENFANT ADOLESCENT

**VIDAL** Thomas

OPHTALMOLOGIE

**CHEF DE CLINIQUE – MEDECINE GENERALE**

**BERTRAND** Adeline

**SEVE** Léa

**PRATICIEN HOSPITALIER UNIVERSITAIRE**

**MATHIEU** Pierre-Alain

CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE et  
TRAUMATOLOGIQUE

*Le succès c'est d'aller d'échec en échec sans perdre son enthousiasme*  
**Winston Churchill**

## Remerciements

---

A ma directrice de thèse, Madame le Professeur Nicole Tubiana-Mathieu, je vous remercie de m'avoir dirigé et ceux pour la deuxième fois. Cela a toujours été une joie de travailler avec vous, j'espère que cela aura été réciproque. Vous m'avez toujours laissé une certaine autonomie avec un regard toujours critique et pertinent sur mon travail. Vous m'avez apporté un soutien continu, et comme nous le marquons souvent sur les ordonnances « weekends et jours fériés compris ». Merci pour votre bienveillance et vos conseils avisés.

A monsieur le Professeur François Vincent, je vous remercie de présider le jury de ma thèse. Vous me suivez depuis mon stage de master 2 au sein des explorations fonctionnelles physiologiques et vous m'avez chaperonné pour ma reprise vers médecine et pour cela je vous en remercie infiniment. C'est toujours un plaisir de vous croiser et de travailler avec vous. Merci d'avoir accepté de présider mon jury de thèse.

A monsieur le Professeur Yves Aubard, je suis très heureux de vous savoir parmi mon jury de thèse et de juger ce travail. Soyez assuré de ma profonde reconnaissance.

A monsieur le Docteur Stéphane Mandigout, je vous remercie de juger une nouvelle fois mon travail. Sans vous, je ne serais probablement pas devenu ce que je suis aujourd'hui. De par vos nombreux travaux de recherche, vous m'avez initié très tôt à vos travaux et fait confiance. Avec ces travaux, j'ai pu savourer le travail de la recherche et les compétences à avoir, et j'ai surtout pu toucher le milieu médical et principalement les explorations fonctionnelles physiologiques qui seront ma pratique future. Vous êtes un exemple de motivation et de travail pour les étudiants, ça a été un réel plaisir de travailler avec vous et j'espère que nous aurons l'occasion de retravailler ensemble.

A Sophie Leobon, je te remercie pour ton investissement pour cette nouvelle thèse, pour toute l'aide que tu m'as apportée et pour ton excellent travail en matière d'analyse statistique. Sans toi, ce travail n'aurait pas été possible, je t'en remercie.

Aux explorations fonctionnelles physiologiques du CHU de Limoges, à chacun de mes passages je suis toujours aussi bien accueilli et c'est un réel plaisir de vous voir à chaque fois. Gardez votre bonne humeur et surtout ne changez pas.

A ma famille, qui m'avez toujours soutenu malgré les périodes difficiles et ces longues études que j'ai voulu reprendre. Merci pour votre soutien au quotidien.

A mes amis, mes voisins, qui m'avez permis de m'aérer l'esprit à de nombreuses occasions et de passer d'excellents moments qui resteront en mémoire de longues années. A tous les moments passés je vous remercie, et j'espère qu'il y en aura bien d'autres dans le futur. Merci pour votre soutien.

## Droits d'auteurs

---

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



## Table des matières

Annexes .....	22
Introduction .....	27
I. Activité physique et santé .....	28
I.1. Définition.....	28
I.2. Situation en France .....	29
I.3. Recommandations .....	31
I.4. Les biens faits de l'activité physique .....	32
I.5. Stratégie européenne sur l'activité physique 2016-2025 .....	35
II. Activité physique adaptée et cancer du sein .....	36
II.1. Epidémiologie et facteurs influençant dans le cancer du sein.....	36
II.1.1. Epidémiologie en France .....	36
II.1.2. Facteurs de risques et protecteurs dans le cancer et le cancer du sein .....	39
II.2. Effets des traitements sur l'organisme, la qualité de vie et la fatigue dans le cancer du sein .....	42
II.2.1. Effets des traitements sur l'organisme dans le cancer du sein.....	42
II.2.2. Effets des traitements sur la qualité de vie et la fatigue dans le cancer du sein ...	42
II.3. Activité physique adaptée et cancer du sein .....	43
II.3.1. Activité physique et cancer du sein en prévention .....	43
II.3.2. Impact de l'activité physique adaptée dans le cancer du sein pendant et après traitement .....	43
II.3.2.1. Activité physique adaptée pendant traitement .....	43
II.3.2.2. Activité physique adapté après traitement dans le cancer du sein.....	46
II.3.2.3. Maintien des performances après un programme d'activité adaptée chez des patientes atteintes d'un cancer du sein .....	47
II.3.2.4. Activité physique sur la survie et les récives des cancers.....	48
II.3.3. Suivi des recommandations et du niveau de compliance des patients atteintes d'un cancer du sein .....	48
II.3.4. Recommandations en activité physique adapté pour les patients et anciens patients .....	50
II.3.5. Rôle du médecin traitant dans le cadre de l'activité physique et du cancer du sein .....	50
III. Mesure de la condition physique .....	51
III.1. Evaluation de la capacité d'exercice et fonctionnelle .....	51
III.1.1. Evaluation de la capacité d'exercice .....	51
III.1.1.1. Méthodes directes d'évaluation .....	51
III.1.1.2. Méthodes indirectes d'évaluation .....	52
III.1.1.2.1. Au laboratoire .....	52
III.1.1.2.2. Sur le terrain .....	53
III.1.1.2.2.1. Le test de Cooper.....	53
III.1.1.2.2.2. Le test de prédiction de Margaria .....	53
III.1.1.2.2.3. Le test de Léger-Boucher .....	53
III.1.1.2.2.4. Le test de navette de Léger et Gadoury .....	54
III.1.1.2.2.5. Le test de Cazorla et Léger .....	54
III.1.2. Evaluation de la capacité fonctionnelle .....	54
III.1.2.1. Les tests de marche .....	54

III.1.2.2. Les tests de navettes .....	55
III.1.2.2.1. Le test de la navette ou incremental shuttle walking test .....	55
III.1.2.2.2. Le test de marche de navette d'endurance .....	55
III.1.2.3. Step test de 3-6 min .....	56
III.1.3. Evaluation des aptitudes musculaires .....	56
III.1.4. Evaluation de la souplesse .....	57
III.1.5. Evaluation de l'équilibre .....	57
III.2. Les tests utilisés dans nos études .....	57
III.2.1. L'épreuve d'effort .....	58
III.2.1.1. Le choix du protocole .....	58
III.2.1.2. Le déroulement d'une épreuve d'effort .....	58
III.2.1.3. Détection des seuils ventilatoires .....	59
III.2.1.4. Equipements, coûts, personnel, délai, infrastructure .....	60
III.2.2. Le test de marche de six minutes .....	61
III.2.2.1. Déroulement du test de marche de six minutes .....	62
III.2.2.2. Equipements, coûts, personnel, délai, infrastructure .....	62
IV. Création d'un programme d'activité physique .....	64
IV.1. Indicateurs des programmes d'activité physique .....	64
IV.2. Elaboration d'un programme d'activité physique .....	65
IV.2.1. Activité physique aérobie .....	65
IV.2.2. Activité physique de résistance .....	66
IV.2.3. Activité de souplesse et d'équilibre .....	67
IV.3. Suivi et évolution d'un programme d'activité physique .....	68
IV.3.1. Suivi d'un programme d'activité physique .....	68
IV.3.2. Evolution d'un programme d'activité physique .....	69
V. Arrêt de l'entraînement et déconditionnement .....	70
V.1. Système cardio-respiratoire .....	70
V.2. Système métabolique .....	70
V.3. Système musculaire .....	70
V.4. Système mental/motivationnel .....	70
V.5. Lutter contre les effets du désentraînement .....	71
VI. Barrières et facilitateurs à l'adhésion à l'activité physique chez les patients atteints de cancer .....	72
VII. Etude .....	74
Références bibliographiques .....	104
Serment d'Hippocrate .....	114

## Table des figures

---

Figure 1: Répartition des pratiques sportives chez les Français au cours des 12 derniers mois (Source INJEP) .....	29
Figure 2 : Taux d'incidence et de mortalité en France selon l'année (Taux Standardisés monde) .....	37
Figure 3 : Taux d'incidence du cancer du sein chez la femme, par région en France 2007-2016 .....	38
Figure 4 : Projection de l'incidence et mortalité en France : cancer du sein en France .....	38
Figure 5 : Proportion des cancers liés aux principaux facteurs de risque (INCA 2018) .....	39
Figure 6 : Recommandations nutritionnelles et en activité physique pour la prévention des cancers .....	40
Figure 8 : Evolution du $\dot{V} O_{2pic}$ .....	48
Figure 8: Schéma du terrain de test de navette .....	55
Figure 10 : Schéma des courbes utilisées lors de la détermination ventilatoire des seuils .....	60
Figure 10 : Evolution du nombre de RM et gains escompté.....	66
Figure 11 : Barrières et facilitateurs dans la pratique d'une AP dans le cancer .....	72
Figure 12 : Mise en œuvre d'une AP dans le parcours de soin en oncologie .....	73

## Table des tableaux

---

Tableau 1 : Les dix activités les plus prisés des hommes et des femmes (Source INJEP) ...	30
Tableau 2 : Les bénéfices de l'activité physique pour la santé.....	33
Tableau 3 : Incidence et Mortalité en 2018 chez les femmes, tous cancers.....	37
Tableau 4 : Niveau de preuve des relations entre facteurs nutritionnels et le cancer du sein	41
Tableau 5 : Résultats de la méta-analyse de la Cochrane.....	44
Tableau 6 : Résultats de l'études de Gebruers et al .....	45
Tableau 7 : Résultats des recherches portant sur l'AP après traitements dans le cancer du sein .....	47
Tableau 8 : Effets de l'activité physique sur la survie et la récides du cancer du sein .....	48
Tableau 9 : Prescription d'activité physique chez les patients pendant et après un traitement de cancer .....	50
Tableau 10 : Zone d'intensité et bénéfice escompté de l'activité physique.....	66
Tableau 11 : Tableau général des méthodes en fonction de l'objectif et du % maximum associé .....	67

## Annexes

---

Annexe 1. METs en activité physique (HAS).....	108
Annexe 2. Normogramme de Astrand et Ryhming .....	110
Annexe 3. Table d'interprétation du test de Cooper .....	111
Annexe 4. Contre-indications absolues et indications à risques de l'EE incrémentale.....	112
Annexe 5. Fiche d'évaluation pour le test de marche de 6 minutes.....	113

# PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES

---

- **Publications**

T.Cornette, F.Vincent, S.Leobon, N.Tubiana. Adapted physical activity effect on aerobic function and fatigue in patients with breast cancer treated with adjuvant or neoadjuvant chemotherapy.

C.Maufrais, T.Cornette, S.Nottin, JC.Daviet, S.Mandigout. The effect of training on left ventricular function evaluated by tissue Doppler imaging and strain imaging in young elite rugby player.

F.Vincent, T.Cornette, S.Leobon, N.Tubiana. Cancer du sein et activité physique : Le poids de l'évidence. Diabète et Obésité. 2011;6:66-70.

S.Mandigout, N.Troubat, J.Bonis, T.Cornette, F.Dalmay, D.Courteix. Bénéfices cardiovasculaires, biométrique et psychologiques suite à un programme d'activité physique d'intensité modérée de 4 mois chez la femme âgée de 60 à 72 ans. Science & Sports. 2011;26: 216-219.

S.Mandigout, F.Dalmay, T.Cornette, T.Chelot, R.Cahen, F.Lemaire, F.Vincent, M-T.Antonini. Contribution à l'étude des effets d'un programme de réentraînement ambulatoire avec éducation thérapeutique pour des patients atteints de broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO). Science & Sports. 2007;22: 300-301.

- **Communications orales**

Cornette.T, Vincent.F. Etats généraux et particulier de la marche. Effects of a home-based walking training program on cardiorespiratory fitness in breast cancer patients receiving adjuvant chemotherapy: a pilot study. Avril 2013, Angers. France.

Cornette.T, Vincent.F. Congrès de Physiologie, de Pharmacologie et de Thérapeutique. Etude de la fonction cardio-pulmonaire chez des patientes atteintes d'un cancer du sein avant traitement. Avril 2013, Angers. France.

Vincent.F, Cornette.T, Antonini.MT, Vandeix.E, Lemaire.F. Congrès du Groupe de Travail de Pathologie Respiratoire (GTPR). Activités physiques et cancer : place en cancérologie pulmonaire. Octobre 2011, Limoges. France.

Cornette.T, Vincent.F, Antonini.MT, Lemaire.F. Congrès du Groupe de Travail de Pathologie Respiratoire (GTPR). Effets d'une réhabilitation en ambulatoire sur le débit cardiaque chez des patients atteints d'une BPCO. Septembre 2010, Limoges. France.

Mandigout.S, Troubat.N, Lac.G, Bonis.J, Cornette.T, Dupont.S, Dalmay.F, Courteix.D. 15ème journée d'étude de l'AFAPA. Effet d'un programme d'exercice physique sur la variabilité de la fréquence cardiaque et sur les facteurs de risque de maladie cardiovasculaire chez la femme âgée. 2010, Orléans. France.

#### Communications affichées

Cornette.T, Vincent.F, Antonini.MT, Leobon.S, Venat.L, Tubiana-Mathieu.N. Adapted physical activity effect on aerobic function and fatigue in patients with breast cancer treated in adjuvant or neoadjuvant phase (Sapa). European Society for Medical Oncology (ESMO). Septembre 2013, Amsterdam. Pays-bas.

Cornette.T, Vincent.F. Congrès de Physiologie, de Pharmacologie et de Thérapeutique. Etude de la fonction cardio-pulmonaire chez des patientes atteintes d'un cancer du sein avant traitement. Avril 2013, Angers. France.

Cornette.T, Vincent.F, Antonini.MT, Leobon.S, Venat.L, Tubiana-Mathieu.N. Cardiopulmonary function in breast cancer patients before adjuvant chemotherapy. Congrès AICR (American Institute of Cancer Research). Octobre 2012, Washington. Etats-Unis.

Cornette.T, Vincent.F, Antonini.MT, Leobon.S, Venat.L, Tubiana-Mathieu.N. Effet de l'activité physique adaptée, sur la fonction aérobie et la fatigue, chez des patientes atteintes d'un cancer du sein en situation adjuvante. Congrès national des réseaux de cancérologie. Novembre 2011. Rouen. France.

# ABREVIATIONS

---

AP : Activité Physique

APA : Activité Physique Adaptée

CT : Chimiothérapie

RT : Radiothérapie

HT : Hormonothérapie

EE : Epreuve d'Effort

TM6 : Test de Marche de 6 min

EFR : Explorations Fonctionnelles Respiratoires

DMO : Densité Minérale Osseuse

CMO : Contenu Minéral Osseux

EORTC : European Organization of Research and Treatment of Cancer

FACT : Functional Assessment of Cancer Therapy

HADS : Hospital Anxiety and Depression Scale

MFI : Multidimensional Fatigue Inventory

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

QdV : Qualité de Vie

SF-36 : Short Form 36

INCA : Institut National du Cancer

IARC : Institut Agency for Research on Cancer

NCI : National Cancer Institut

AICR : American Institut for Cancer Research

WCRF : World Cancer Research Fund

$\dot{V} O_{2max}$  : Débit maximal d'oxygène

$\dot{V} O_{2pic}$  : Débit du pic d'oxygène

$\dot{V} O_2$  seuil : Débit d'oxygène au seuil

P max : Puissance maximale

P seuil : Puissance au seuil

VE : Débit Ventilatoire

FC max : Fréquence cardiaque maximale

FC seuil : Fréquence cardiaque seuil

FC repos : Fréquence cardiaque de repos

Bpm : battement par minute  
CVF : Capacité Vitale Forcée  
CVL : Capacité Vitale Lente  
CPT : Capacité Pulmonaire Totale  
VR : Volume Résiduel  
VEMS : Volume Expiratoire Maximal en une seconde  
VEMS/CVL : Rapport de Tiffeneau  
RVA : Résistance des voies aériennes  
W : Watt  
ITT : Intention de Traiter  
MET : Metabolic Equivalent Task

## Introduction

---

Le cancer constitue un problème de santé publique majeur. En effet, plus d'un décès sur six est dû au cancer dans le monde. Il constitue la 2<sup>ème</sup> cause de décès mondial. En France et cela depuis 2004, le cancer est la première cause de mortalité. En 2018, en France, 382 000 nouveaux cas de cancer ont été recensés et 58 459 cas pour le cancer du sein. L'incidence du cancer du sein augmente depuis 2010, en revanche la mortalité diminue de manière constante depuis 1989. Ceci est lié aux avancées dans les thérapeutiques et dans les diagnostics précoces ainsi qu'une amélioration des techniques d'imageries. En conséquence, il y a de plus en plus de personnes guéries ou ayant de plus longues rémissions. Un des buts actuels est de réduire les effets secondaires des traitements tels que l'anxiété, la dépression, la fatigue, les nausées et vomissements. De plus, nous observons une aggravation de ces symptômes dus à l'état nutritionnel et au déconditionnement physique. La fatigue est au premier plan et altère la qualité de vie sous tous ces plans. La sédentarité, la toxicité des traitements et la réduction de l'activité physique vont avoir pour conséquence un déconditionnement musculaire. Outre une augmentation de la fatigue, ce déconditionnement musculaire entraîne une diminution du débit maximal d'oxygène ( $VO_{2max}$ ) ou du pic du volume d'oxygène ( $VO_{2pic}$ ) se traduisant par une imputation de la tolérance à l'effort. Cela a pour conséquence d'entraîner le malade dans un cercle vicieux de déconditionnement physique.

L'activité physique (AP) a été identifiée comme un pilier de la réadaptation dans le cancer. En effet, l'AP a montré son efficacité pour lutter contre la fatigue et le déconditionnement musculaire pendant et après un traitement spécifique du cancer du sein.

Pour permettre une réadaptation à l'effort il est nécessaire d'avoir au préalable évalué la condition physique des patientes. Il est donc primordial d'avoir des critères physiologiques sur lesquels baser le réentraînement. Les méthodes d'évaluation de la tolérance à l'effort sont nombreuses et diffèrent beaucoup dans leurs déroulements. L'examen de référence pour l'évaluation de la condition physique est la réalisation d'une épreuve d'effort (EE) sur cycloergomètre. Cependant, cet examen implique un certain coût, du matériel, du personnel, et l'interprétation par un médecin expérimenté. Il paraît donc important de trouver un test simple, avec peu de matériel et dont l'interprétation est rapide.

Nous nous proposons donc d'évaluer les corrélations entre un test à l'effort sur cycloergomètre et un test de marche de 6 min pour permettre la mise en place de manière adaptée et simplifiée d'un réentraînement à l'effort chez des patientes atteintes d'un cancer du sein.

# I. Activité physique et santé

---

## I.1. Définition

D'après l'OMS, l'AP est définie par « tout mouvement produit par les muscles squelettiques, responsable d'une augmentation de la dépense énergétique ». L'AP peut être réalisé sous différentes formes : loisir, compétition ou bien encore professionnelle. Sa pratique peut être orientée « endurance », cela signifie le maintien d'un effort à une intensité constante effectué lors d'un effort prolongé, ou alors de « résistance » lorsque celui-ci est opposé de manière répétée à une force générée par la contraction musculaire.

Lorsque l'on parle d'AP, il est important d'intégrer les notions suivantes : intensité (faible, modérée et intense), durée, fréquence. Selon ces variables, l'AP peut être réalisé suivant plusieurs modalités. L'AP est souvent définie par son intensité : faible, modéré et intense. L'intensité est le reflet du niveau d'effort lors de la pratique de l'AP. L'unité pour représenter le niveau d'intensité est le MET (Metabolic Equivalent of Task) : c'est le niveau de dépense énergétique au repos. Il s'agit d'une dépense énergétique de 3,5 mL par kg de poids corporel par minute. Par la suite on classe les AP selon leur intensité en utilisant l'équivalent métabolique [1].

Avec le MET, nous pouvons classer le niveau d'AP en trois catégories :

- Activités sédentaires < 1,6 MET
- 1,6 MET ≤ activités de faible intensité < 3 METs
- 3 METs ≤ activités d'intensité modérée < 6 METs
- 6 METs ≤ activités d'intensité élevée < 9 METs

Une classification intéressante, complète et plus objective des intensités en fonction des exercices d'endurance a été réalisée par l'HAS (annexe 1) [1]. En effet, l'HAS indique le niveau de dyspnée, le pourcentage de fréquence cardiaque de travail ainsi que des exemples d'AP pour chaque classe de dépense énergétique.

L'AP stimule l'organisme d'un point de vue musculo-squelettique et donc énergétique, en conséquence une alimentation équilibrée devra être en accord avec les AP réalisées.

L'inactivité physique (IP) est considérée comme un manque d'AP. L'IP est définie par un niveau insuffisant d'activité physique ne permettant pas d'atteindre le seuil d'activité physique recommandé [2].

La sédentarité correspond à « des situations passées en position assise ou allongée, dans lesquelles les mouvements du corps sont réduits à leur minimum : regarder la télévision, travailler sur un ordinateur, jouer aux jeux vidéo, lire, téléphoner, etc [2].

Avec l'amélioration du confort, du mode de vie et des technologies environnantes, l'être humain est de plus en plus sédentaire et pratique moins d'AP, ce qui le rend plus vulnérable à certaines maladies et majore sa mortalité globale.

## I.2. Situation en France

Durant les dernières décennies, des instituts tels que l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques), et le Ministère de la Jeunesse et des Sports et de la Culture (MJSC), l'INPES (Institut national de prévention et d'éducation pour la santé), l'INJEP (Institut national de la jeunesse et de l'éducation populaire) ont réalisé des études ayant pour but de quantifier l'AP dans la population française [3-5]

L'INSEP rapporte que 83% de la population française âgée de 15-75 ans pratique une AP en 2000. L'INSEE et l'INJEP dans le baromètre santé ont évalué le niveau d'AP des français et rapportent qu'en 2015, 45% des femmes et 50% des hommes de plus de 16 ans déclarent avoir pratiqué une AP ou sportive au cours des douze derniers mois. Un tiers de la population française pratique au moins 1 fois par semaine une AP. Entre 2009 et 2015, la part des pratiquants est restée stable chez les hommes mais est passée de 40% à 45% chez les femmes.

En 2018, dans une étude de l'INEP [5] comportant 4061 individus, 66% des français ont déclaré avoir eu une AP au cours des douze derniers mois. La figure 1 ci-dessous nous montre la répartition par sport des français.

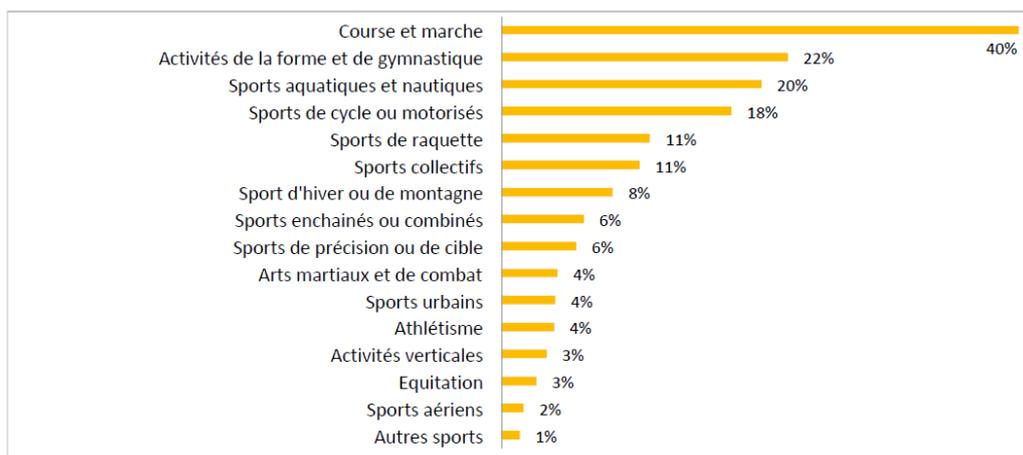


Figure 1: Répartition des pratiques sportives chez les Français au cours des 12 derniers mois (Source INJEP)

Nous pouvons observer que la marche et la course sont les activités les plus pratiquées par les Français. Il est aussi intéressant de voir la répartition par sexe, en voici un tableau récapitulatif (tableau 1).

Tableau 1 : Les dix activités les plus prisées des hommes et des femmes (Source INJEP)

Hommes		Femmes	
Course et marche	41 %	Course et marche	38 %
Sports de cycle ou motorisés	23 %	Activités de la forme et de la gymnastique	28 %
Sports aquatiques et nautiques	19 %	Sports aquatiques et nautiques	21 %
Sports collectifs	16 %	Sports de cycle ou motorisés	12 %
Sports de raquette	15 %	Sports de raquette	8 %
Activités de la forme et de la gymnastique	15 %	Sports collectifs	6 %
Sport d'hiver ou de montagne	10 %	Sport d'hiver ou de montagne	7 %
Sports de précision ou de cible	7 %	Sports enchainés ou combinés	5 %
Sports enchainés ou combinés	7 %	Sports de précision ou de cible	4 %
Arts martiaux et de combat	5 %	Arts martiaux et de combat	3 %

On peut observer que la marche est l'AP la plus pratiquée dans les deux sexes. Par ailleurs la marche est autant pratiquée avant qu'après 40 ans, comparativement aux autres AP qui sont divisés par deux après 40 ans. Pour la marche, 57% la pratique deux fois par semaine ou plus.

En terme d'intensité d'AP, l'étude indique une pratique intensive chez 12% des pratiquants.

Une étude à grande échelle (Esteban) [6], a été réalisée entre 2014-2016 chez 2678 adultes pour évaluer le niveau d'activité physique en France. Leurs conclusions ont été que 53% des femmes satisfont les recommandations de l'OMS en terme d'AP, contre 70% des hommes. Il est bon de rappeler que l'inactivité physique est le 4<sup>ème</sup> facteur de risque de maladies non transmissibles, impliquée dans plus de trois millions de morts donc évitables. Toujours selon cette étude, 61% des adultes en 18-74 ans ont un niveau d'AP remplissant les recommandations de l'OMS (150 min activité modérée par semaine ou 75 AP soutenue par semaine). Les taux français d'AP restent supérieurs à ceux des Etats-Unis (52%) et de l'Australie (53%).

Plusieurs objectifs peuvent apparaître pour une personne qui commence une AP ou sportive. L'attrance d'une personne pour l'AP peut être la recherche d'un bien-être ainsi que d'un équilibre personnel, avec ou sans recherche de performance. L'AP peut être motivée par les bénéfices et la diminution de risque qu'entraîne celle-ci sur des pathologies cardiovasculaires, cancéreuses, cognitives, cette pratique a donc un but de prévention [7].

### **I.3. Recommandations**

L'OMS a décrit des recommandations concernant l'AP dans trois groupes d'âge [8] :

- 5-17 ans : 60 min par jours d'AP intensité modérée à soutenue
- 18-64 ans : 150 min d'activité d'endurance d'intensité modérée ou 75 min d'activité soutenue ou une combinaison des deux. L'endurance peut être pratiquée par période 10 min. Pour tirer des bénéfices supplémentaires, les adultes devraient atteindre 300 min d'activité modérée ou 150 min d'activité soutenue. Des activités de renforcement musculaire faisant intervenir les principaux groupes musculaires devraient être pratiquées au moins deux jours par semaine.
- 65 ans et plus : similaire aux recommandations des 18-64 ans.

L'American College of Sport Medecine (ACSM) [9] établit depuis de nombreuses années des recommandations sur la quantité d'AP à réaliser pour en tirer des bénéfices sur la santé et ce à tout âge de la vie. En 2011, l'ACSM a décrit de nouvelles recommandations :

Ces recommandations reposent sur la pratique d'exercice d'endurance :

- Fréquence :  $\geq 5$  jours par semaine d'AP d'intensité modérée ou  $\geq 3$  jours en intensité élevée ou une combinaison des deux.
- Intensité : Modérée ou élevée sauf chez les personnes déconditionnées
- Temps : 30 à 60 min pour les AP d'intensité modérée ou 25 à 50 min pour les intensités soutenues ou une combinaison des deux.
- Volume : 1000 Kcal par semaine, ou 10 000 pas par jour, 150-300 min d'AP d'intensité modérée ou 75-150 min en intensité élevée.

Ces recommandations reposent sur la pratique d'exercice de résistance :

- Fréquence : Chaque groupe musculaire majeur devrait être entraîné deux à trois fois par semaine
- Intensité : Elevée pour les individus confirmés, modérée pour les débutants, légère pour les personnes âgées ou personnes déconditionnées
- Temps : Non communiqué.

- Modalités : un exercice de résistance est défini par un nombre de répétitions et de séries.
- Nombre de répétitions : 8-12 répétitions pour un travail de force, 10-15 répétitions en intensité légère pour les individus débutants, 15-20 répétitions pour un travail en volume
- Nombre de séries : intervalles de repos de 2-3 min entre chaque série, deux à quatre séries pour les exercices.

Ces recommandations reposent sur la pratique d'exercice d'assouplissement :

- Fréquence :  $\geq 2-3$  fois par semaine
- Intensité : Etirement jusqu'au point de ressentir une tension ou léger inconfort
- Temps : Garder une position d'étirement statique sur 10-30 secondes
- Modalités : 2-4 séries d'étirements sur chaque grand groupe musculaire

Ces recommandations reposent sur la pratique d'exercice neuromotrices :

- Fréquence :  $\geq 2$  fois par semaine
- Temps/durée :  $\geq 60$  min par semaine
- Type : Exercices d'équilibre, agilité, coordination, démarche (Tai Chi, Yoga, etc..)

#### **I.4. Les biens faits de l'activité physique**

Développer, encadrer et promouvoir l'AP sont les buts principaux des grandes institutions de santé. Il faut bien sûr que cette AP soit adaptée à chaque individu en fonction de son âge, de ses antécédents sportifs et médicaux, et du but à atteindre grâce aux activités.

De nos jours, il est acquis de l'AP entraîne un bénéfice pour un grand nombre de pathologies. Les recherches effectuées par la WCRF de 2007- 2017 [10, 11] , de l'INSERM de 2008 [7], de l'ANSES de 2016 [2] et du Secretary of Health Washington en 2018 [12] sur les bénéfices de l'AP sur la santé sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Les bénéfices de l'activité physique pour la santé

Les variables de santé	Les effets de l'AP
<b>Adultes de tous âges</b>	
Toutes causes de mortalité	Diminution du risque (29-41%) avec relation dose-réponse
Pathologies cardio-métaboliques	Diminution de l'incidence et de la mortalité des pathologies cardiovasculaires (maladies coronariennes et AVC) avec relation dose-réponse
Préventions des cancers	Diminution de l'incidence : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cancer du sein avec relation dose-réponse</li> <li>- Cancer du côlon avec relation dose-réponse</li> <li>- Cancer de l'endomètre avec relation dose-réponse</li> <li>- Adénocarcinome de l'œsophage</li> <li>- Cancer du poumon (discuté)</li> </ul>
Santé mentale	Amélioration des fonctions cognitives Amélioration de la qualité de vie Amélioration du sommeil Réduction des signes d'anxiété et de dépression chez les personnes en bonne santé Réduction du risque de démence Réduction du risque de dépression
Statut pondéral	Réduction du risque de prise de poids excessive Prévention de la reprise de poids après un amaigrissement initial Limitation de la perte de masse musculaire lors d'une perte de poids Effet additif sur la perte de poids possible quand elle est combinée à une restriction alimentaire modérée (effet faible) Réduction de l'obésité abdominale
<b>Adultes âgés</b>	
Chutes	Réduction du risque de chutes Réduction du risque de chutes avec une lésion sévère
Etats cognitif et fonctionnel	Amélioration des capacités fonctionnelles et de l'autonomie Amélioration de la qualité de vie Réduction des symptômes d'anxiété et de dépression Diminution du risque de démence.
<b>Femmes enceintes ou en post-partum</b>	
Durant la grossesse	Réduction du risque de prise de poids excessif Réduction du risque de diabète gestationnel (Pas de risque pour le fœtus avec une AP d'intensité modérée)
Durant le post-partum	Réduction du risque de dépression du post-partum
<b>Individus avec une pathologie préexistante</b>	
Cancer du sein	Réduction de la mortalité toutes causes confondues, avec relation dose-réponse Réduction de la mortalité par cancer du sein, avec relation dose-réponse Réduction de la récurrence du cancer du sein Réduction de la fatigue, amélioration de la tolérance aux traitements et de la qualité de vie
Cancer colorectale	Réduction de la mortalité toutes causes confondues, avec relation dose-réponse Réduction de la mortalité par cancer colorectal, avec relation dose-réponse Réduction de la récurrence du cancer du colorectal

	Réduction de la fatigue, amélioration de la tolérance aux traitements et de la qualité de vie
Cancer de la prostate	Réduction de la mortalité toutes causes confondues (21) Réduction de la mortalité par cancer de la prostate Réduction de la récurrence du cancer de la prostate (21) Réduction de la fatigue, amélioration de la tolérance aux traitements et de la qualité de vie (21) (Réduction de la sarcopénie, chez les patients avec un cancer métastaté sous blocage androgénique)
Arthrose (hanche et genou)	Diminution de la douleur Amélioration fonctionnelle Amélioration de la qualité de vie
Fracture récente de la hanche	Amélioration de la marche, de l'équilibre et des activités de la vie quotidienne
Hypertension artérielle	Réduction du risque de progression de la maladie cardio-vasculaire Réduction du risque d'augmentation de la pression artérielle avec le temps
Diabète de type 2	Réduction du risque de mortalité toutes causes confondues, en population générale, incluant les DT2 (20) Réduction du risque de mortalité cardio-vasculaire Amélioration des marqueurs de progression de la maladie : HbA1C, pression artérielle et du profil lipidique Réduction du périmètre abdominal, limitation de la perte de masse musculaire
Pathologies respiratoires chroniques	Amélioration des capacités d'exercice et de la qualité de vie Amélioration de la dyspnée et de la tolérance à l'effort Diminution de l'anxiété et de la peur d'augmenter son niveau d'AP Meilleur contrôle des symptômes de la BPCO et de l'asthme (Pas de changement de la fonction pulmonaire chez l'adulte)
Sclérose en plaque	Amélioration de la marche, de la force musculaire et de la condition physique
Lésion de la moelle épinière	Amélioration de la marche, des capacités en fauteuil roulant
Maladie de Parkinson	Amélioration des fonctions cognitives Amélioration de la marche, de la force musculaire et de l'équilibre
AVC	Amélioration des fonctions cognitives Amélioration de la marche
Dépression et pathologie anxieuse	Réduction des signes d'anxiété et de dépression chez les patients avec une pathologie anxieuse ou une dépression clinique, avec relation dose-réponse
Démence	Amélioration des fonctions cognitives
Schizophrénie	Amélioration des fonctions cognitives Amélioration de la qualité de vie
Troubles de l'hyperactivité, déficit de l'attention	Amélioration des fonctions cognitives

Pour profiter de ces bénéfices, il est utile de suivre les recommandations de l'ACSM ou de l'OMS.

### **I.5. Stratégie européenne sur l'activité physique 2016-2025**

Au niveau européen, un tiers des adultes sont trop peu actifs et présente une IP [13]. Six personnes sur dix âgées de plus de 15 ans ne pratiquent jamais ou rarement de l'AP. Par ailleurs, un pourcentage élevé d'adultes passe plus de quatre heures par jour en position assise, facteur qui contribue à la sédentarité. Par conséquent, l'IP et la sédentarité majorent le risque de mortalité globale. De plus, les taux d'obésité et de surpoids ne cessent d'augmenter, que ce soit chez l'adulte, l'enfant ou l'adolescent. En conséquence, l'OMS souhaite les habitudes de vie de la population pour lutter contre ces facteurs de mortalité globale.

L'AP est une condition préalable à la santé à la fois physique et mentale. C'est pourquoi l'OMS a rédigé un article dans lequel il promeut l'AP pour permettre de réduire les comportements sédentaires. La création de conditions favorables permettant l'accès aux activités physique dans des environnements stimulants et sûrs, et d'avoir des espaces publics accessibles et des infrastructures adaptées. L'OMS veut aussi une égalité des chances en terme d'AP, quels que soient l'âge, le sexe, les origines ethniques, le handicap, le revenu ou le niveau d'instruction.

L'OMS avec ce programme a trois principaux objectifs :

- Réduction relative de 25% du risque de mortalité prématurée imputable aux maladies cardiovasculaires, au cancer, au diabète ou aux affections respiratoires chroniques
- Réduction relative de 25% de la prévalence de l'hypertension artérielle ou limitation de la prévalence de l'hypertension artérielle, selon la situation nationale
- Endiguement de la prévalence du diabète et de l'obésité

Depuis de nombreuses années, les scientifiques ont recherché l'impact des AP dans le cancer et plus particulièrement dans le cancer du sein, la prochaine partie va traiter des recherches effectuées dans ce domaine.

## II. Activité physique adaptée et cancer du sein

---

### II.1. Epidémiologie et facteurs influençant dans le cancer du sein

#### II.1.1. Epidémiologie en France

D'après l'Institut National du Cancer (INCA)[14], le cancer du sein est le cancer le plus fréquent et la première cause de mortalité par cancer chez la femme, dans le monde et en France. Les taux d'incidences les plus élevées, supérieurs à 80 pour 100 000 sont à la fois observés en Amérique du Nord, en Europe du Nord et de l'Ouest et en Australie. Rappelons que le cancer du sein est un cancer de bon pronostic avec une survie à 5 ans de 88%. La survie en sera d'autant meilleure que le cancer sera diagnostiqué à un stade précoce.

Selon les chiffres de l'INCA, en France, en 2018 on estime à 58 459 le nombre de cas de cancer du sein chez la femme. En terme de mortalité, en 2018, le nombre s'élève à 12 146. Les âges médians au diagnostic et au décès en 2018 sont respectivement de 63 et de 74 ans.

Entre 1990 et 2018, le nombre de cas annuel a presque doublé, passant de 30 000 à 58400 cas. Cette augmentation est à la fois expliquée par la majoration du risque lié au vieillissement de la population et aux meilleures méthodes de diagnostic de dépistage. Le taux d'incidence est en augmentation depuis 1990, mais cette variation n'est pas linéaire. Il est légèrement à la hausse depuis 2010 (Figure 2). Pour chaque catégorie d'âge, il existe une augmentation moyenne de 1% entre 1990 et 2018.

Le taux de mortalité quant à lui suit une évolution inverse du taux d'incidence avec une diminution moyenne de -1.3% par an entre 1990 et 2018 (Figure 2). Le risque de décéder du cancer du sein entre 0 et 74 ans régresse avec la cohorte de naissance : 2.2% pour celle née en 1920 et 1.8% pour celle née en 1950.

Le tableau 3 ci-dessous décrit l'incidence et la mortalité en 2018, tous cancers, chez les femmes en France [14].

Au niveau de l'incidence, les trois principaux cancers sont le cancer du sein, le cancer du côlon et rectum et le cancer du poumon.

En terme de mortalité, les trois principaux cancers sont le cancer du sein, le cancer du poumon et le cancer colorectal.

Tableau 3 : Incidence et Mortalité en 2018 chez les femmes, tous cancers

Site	Incidence 2018				Mortalité 2018			
	Cas	IC Cas	TSM	IC TSM	Décès	IC Décès	TSM	IC TSM
Lèvre-bouche-pharynx	3 637	[3 350 ; 3 950]	5,8	[5,3 ; 6,3]	924	[876 ; 972]	1,2	[1,1 ; 1,2]
Oesophage	1 194	[1 067 ; 1 339]	1,5	[1,3 ; 1,7]	874	[831 ; 922]	1,0	[0,9 ; 1,0]
Estomac	2 293	[2 096 ; 2 514]	2,7	[2,4 ; 2,9]	1 478	[1 427 ; 1 531]	1,5	[1,4 ; 1,6]
Intestin grêle	772	[711 ; 842]	1,0	[0,9 ; 1,1]				
Côlon et rectum	20 120	[19 463 ; 20 794]	23,9	[23,1 ; 24,8]	7 908	[7 769 ; 8 054]	6,9	[6,7 ; 7,0]
Foie	2 430	[2 197 ; 2 689]	2,9	[2,6 ; 3,2]	2 394	[2 316 ; 2 479]	2,3	[2,3 ; 2,4]
Voies biliaires	1 432	[1 293 ; 1 586]	1,4	[1,3 ; 1,6]				
Pancréas	6 883	[6 405 ; 7 398]	7,7	[7,2 ; 8,3]	5 666	[5 548 ; 5 785]	5,5	[5,4 ; 5,7]
Fosses nasales, sinus et oreilles	254	[219 ; 292]	0,4	[0,3 ; 0,4]				
Larynx	407	[384 ; 432]	0,7	[0,6 ; 0,7]	131	[116 ; 145]	0,2	[0,2 ; 0,2]
Poumon	15 132	[14 069 ; 16 277]	23,2	[21,5 ; 25,0]	10 356	[10 164 ; 10 556]	14,0	[13,7 ; 14,3]
Mélanome de la peau	7 627	[7 021 ; 8 279]	14,2	[13,0 ; 15,4]	840	[798 ; 883]	1,0	[1,0 ; 1,1]
Sarcome	2 636	[2 470 ; 2 814]	4,9	[4,6 ; 5,3]				
Sein	58 459	[56 552 ; 60 434]	99,9	[96,5 ; 103,4]	12 146	[11 969 ; 12 323]	14,0	[13,8 ; 14,2]
Col de l'utérus	2 920	[2 667 ; 3 193]	6,1	[5,5 ; 6,7]	1 117	[1 069 ; 1 166]	1,7	[1,6 ; 1,8]
Corps de l'utérus	8 224	[7 678 ; 8 812]	11,0	[10,3 ; 11,8]	2 415	[2 340 ; 2 495]	2,3	[2,3 ; 2,4]
Ovaire	5 193	[4 899 ; 5 504]	7,5	[7,0 ; 7,9]	3 479	[3 385 ; 3 576]	3,9	[3,8 ; 4,0]
Vulve	838	[724 ; 967]	0,9	[0,8 ; 1,1]				
Vagin	162	[134 ; 193]	0,2	[0,2 ; 0,2]				
Rein	5 069	[4 717 ; 5 446]	7,1	[6,6 ; 7,6]	1 771	[1 703 ; 1 839]	1,5	[1,5 ; 1,6]
Vessie	2 448	[2 245 ; 2 671]	2,4	[2,2 ; 2,6]	1 223	[1 172 ; 1 276]	0,9	[0,9 ; 1,0]
Mélanome de l'uvée	208	[164 ; 270]	0,3	[0,3 ; 0,4]				
Système nerveux central	2 606	[2 449 ; 2 776]	4,5	[4,2 ; 4,8]	1 782	[1 710 ; 1 855]	2,7	[2,6 ; 2,8]
Thyroïde	8 065	[6 877 ; 9 458]	18,5	[15,8 ; 21,8]	227	[210 ; 249]	0,2	[0,2 ; 0,2]
Tous cancers	177 433	[172 869 ; 182 115]	274,0	[266,8 ; 281,4]	67 817	[67 385 ; 68 256]	72,2	[71,7 ; 72,8]

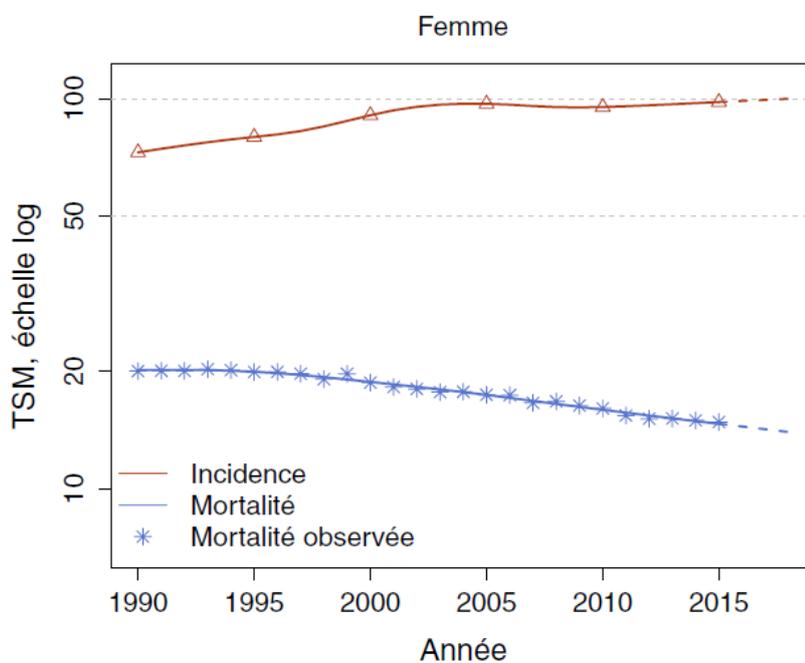


Figure 2 : Taux d'incidence et de mortalité en France selon l'année (Taux Standardisés monde)

La figure 3 nous apporte des renseignements plus précis au sein de la France. Les régions de France métropolitaine les moins touchées sont la Bourgogne-Franche-Comté, la Bretagne et la Corse. Les trois régions les plus touchées par le cancer du sein sont l’Île-de-France, les Hauts-de-France et la région PACA.

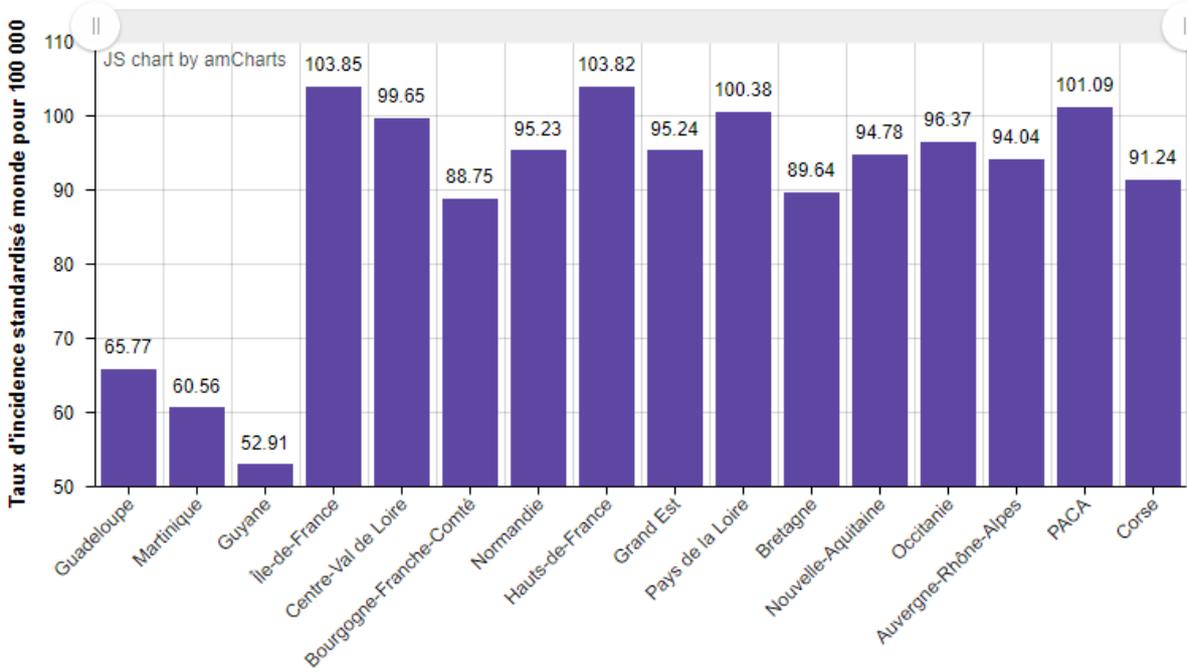


Figure 3 : Taux d'incidence du cancer du sein chez la femme, par région en France 2007-2016

L’International Agency for Research on Cancer (IARC) [15] réalise de nombreuses projections sur leur site et cela permet d’estimer à court, moyen et long terme l’incidence et la mortalité dans le cancer du sein. La figure 4 présente ces résultats.

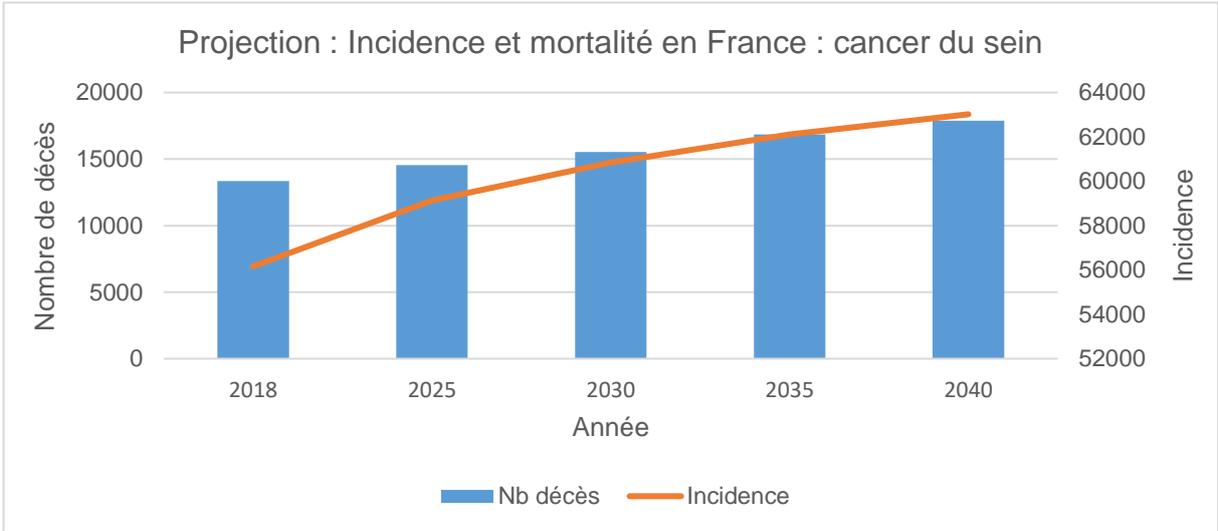


Figure 4 : Projection de l’incidence et mortalité en France : cancer du sein en France

L'IARC et leurs estimations prédisent une augmentation constante avec une inflexion plus importante à partir de 2025, associée une augmentation parallèle de la mortalité.

### II.1.2. Facteurs de risques et protecteurs dans le cancer et le cancer du sein

Le cancer du sein est une maladie multifactorielle. Il existe des facteurs de risques externes, liés à l'environnement et aux modes et conditions de vie et les facteurs de risques internes, c'est-à-dire l'âge, le sexe, l'imprégnation hormonale, l'histoire familiale, mutation génétique, etc. Selon l'INCA, 37% des cancers du sein seraient liés à des facteurs de risque modifiables [14].

Les quatre principaux facteurs de risque du cancer du sein sont l'âge, les antécédents personnels de cancer du sein (risque fois 3 de récurrences), les antécédents familiaux (20-30% des cancers) et les prédispositions génétiques (5-10% des cancers). Le cancer du sein est diagnostiqué le plus souvent autour de 60 ans. C'est pourquoi, en France, toutes les femmes âgées entre 50-74 ans sont invitées, dans le cadre du dépistage organisé du cancer sein, à bénéficier, tous les deux, d'une mammographie et d'un examen clinique.

D'autres facteurs ont également été identifiés comme l'exposition de l'organisme aux œstrogènes, la consommation de tabac, d'alcool, le surpoids et l'inactivité physique (Figure 5). Le travail de nuit a été décrit comme un facteur de majoration du risque [16].

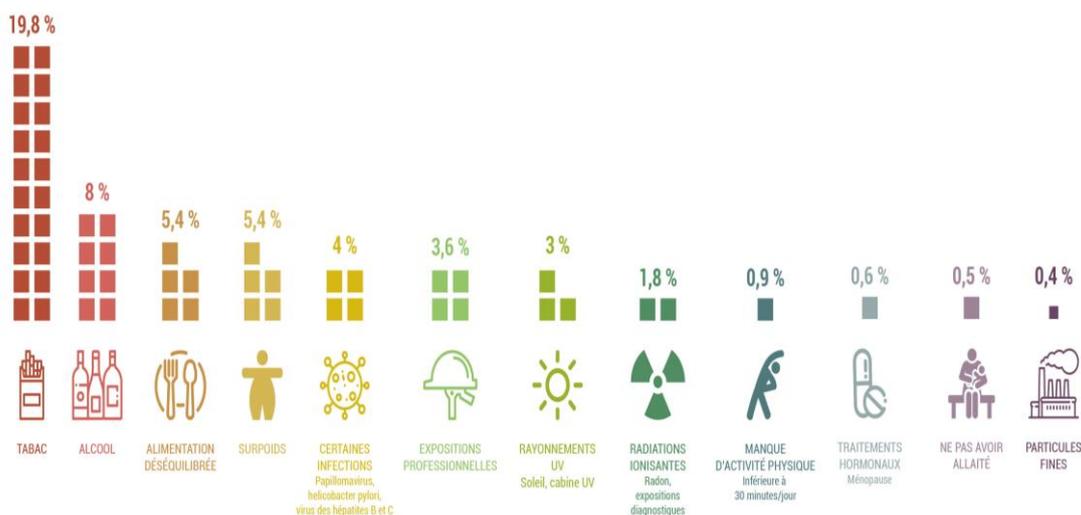


Figure 5 : Proportion des cancers liés aux principaux facteurs de risque (INCA 2018)

Cependant, devant un nombre conséquent de cancers évitables (37%), il est possible d'agir par des changements de comportements et d'habitude de vie. Au quotidien, il peut être mis en place des actions pour préserver la santé. Une fiche de l'INCA regroupant les changements de comportement est disponible, figure 6.

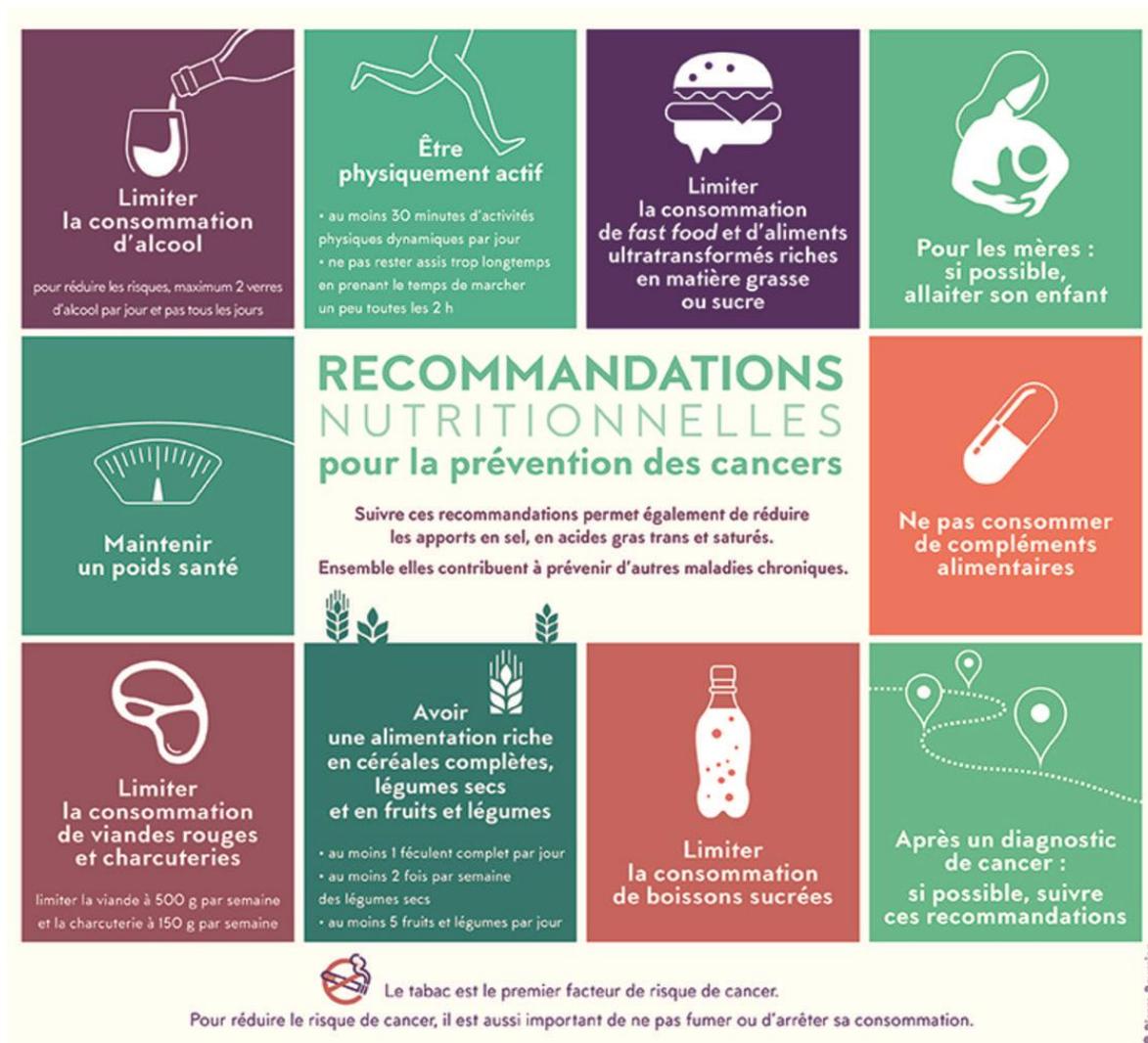


Figure 6 : Recommandations nutritionnelles et en activité physique pour la prévention des cancers

Le rapport de 2017 du WCRF (World Cancer Research Fund) [11] au sujet du niveau de preuve entre les facteurs nutritionnels et le cancer du nous présente de nouveaux résultats.

En voici un récapitulatif dans le tableau n°4.

Tableau 4 : Niveau de preuve des relations entre facteurs nutritionnels et le cancer du sein

	Diminution du risque		Augmentation du risque	
	Avant ménopause	Après ménopause	Avant ménopause	Après ménopause
<b>Convaincant</b>			Taille à l'âge adulte*	Boissons alcoolisées Surcharge pondérale à l'âge adulte** Prise de poids à l'âge adulte Taille à l'âge adulte*
<b>Probable</b>	Activité physique de forte intensité Surcharge pondérale (entre 18 et 30 ans)** Allaitement	Activité physique Surcharge pondérale (entre 18 et 30 ans)** Allaitement	Boissons alcoolisées Poids à la naissance plus élevé	
<b>Suggéré</b>	Légumes Produits laitiers Aliments contenant des caroténoïdes Alimentation riche en calcium Activité physique quotidienne	Légumes Aliments contenant des caroténoïdes Alimentation riche en calcium		

(\*La taille à l'âge adulte est un marqueur pour les facteurs génétiques, environnementaux, hormonaux et aussi nutritionnels qui affectent la croissance pendant la période allant de la préconception à la fin de la croissance linéaire.

\*\*L'indice de masse corporelle est défini comme le rapport poids (kg) / taille au carré (m<sup>2</sup>). Surpoids : IMC compris entre 25 et 30 kg/m<sup>2</sup> ; obésité : IMC supérieur ou égal à 30 kg/m<sup>2</sup>)

Concrètement, par rapport au rapport de 2007, il a été établi de manière probable que la diminution du risque de cancer du sein est associée à la pratique d'une AP de forte intensité.

La taille à l'âge l'adulte apparait maintenant comme un niveau de preuve convaincant. La consommation de légumes, produits laitiers, de caroténoïdes et d'aliments riche en calcium a un niveau de preuve suggéré maintenant.

Après la ménopause, un nouveau niveau de preuve probable a été établi dans la diminution du risque de cancer du sein associée à la surcharge pondérale entre 18-30 ans. L'augmentation du risque du cancer du sein associé à la prise de poids à l'âge adulte est maintenant convaincante. LE niveau de preuve est suggéré aussi dans le cadre alimentaire après la ménopause.

## **II.2. Effets des traitements sur l'organisme, la qualité de vie et la fatigue dans le cancer du sein**

### **II.2.1. Effets des traitements sur l'organisme dans le cancer du sein**

Lors de traitements, de nombreux effets indésirables peuvent apparaître et donc agir sur la qualité de vie et l'aptitude physique des patientes. En voici les principaux :

- Liés à la chirurgie mammaire : infections, douleurs locales, lymphocèles mammaires, limitation de la fonction du bras et de l'épaule, lymphœdème.
- Liés à la chimiothérapie : troubles digestifs, toxicités hématologiques, stomatites, alopecie, toxicités cardiaques, rashes cutanés, toxicités neurologiques, asthénie importante.
- Liés à la radiothérapie : érythèmes cutanés, œdèmes locaux, fibrose du sein, pneumopathie radique, toxicité cardiaque.
- Liés à l'hormonothérapie : troubles vasomoteurs, accidents thromboemboliques, arthralgies.

### **II.2.2. Effets des traitements sur la qualité de vie et la fatigue dans le cancer du sein**

Ces effets indésirables tout au long du traitement et en post traitement peuvent avoir un impact sur la vie des patientes, ce que ce soit sur leur qualité de vie ou bien sur leur fatigue.

La qualité de vie (QdV,) même si elle est propre à chacun de nous, est évaluable par des questionnaires de QdV, qui vont permettre de mesurer qualitativement et quantitativement le niveau de qualité de vie à un moment donné. Les patientes atteintes d'un cancer du sein reportent une diminution de la QdV, de l'image de soi, de l'anxiété, de la dépression et des activités de la vie quotidienne que ce soit pendant traitement ou après traitement [17-19]. Une étude de la revue de la Cochrane [20] estime que la fatigue affecte de 70 à 100% des patients atteints de cancer. L'asthénie dans le cancer est caractérisée par un sentiment de faiblesse générale, musculaire, un manque d'énergie, et est non réversible au repos. La fatigue est jugée comme le plus affligeant pendant et après traitement par les patients [21].

L'un des moyens de contrer ces 2 variables qui sont la QdV et la fatigue est l'AP et plus particulièrement une activité physique adaptée (APA). Dans la prochaine partie nous allons voir les effets de l'APA dans le cancer du sein, que ce soit en prévention, pendant traitement et après traitement.

## **II.3. Activité physique adaptée et cancer du sein**

### **II.3.1. Activité physique et cancer du sein en prévention**

D'après les recherches du WCRC et l'AICR en 2018 [22] une AP régulière et d'intensité modérée ou élevée, tout au long de la vie, réduirait les risques de développer un cancer du sein, mais aussi du côlon et de l'endomètre. Pour le cancer du sein, l'AP est associée à une diminution de l'ordre de 10-27% selon l'ANSES [2], avec une relation dose-réponse.

### **II.3.2. Impact de l'activité physique adaptée dans le cancer du sein pendant et après traitement**

Nous avons vu que les traitements dans le cancer du sein entraînaient des effets délétères pour les patients. En plus de ces effets néfastes, la quantité d'AP réalisée par les patientes lors des traitement diminue [23]. Il est donc important d'apporter à ces patientes un soutien et des conseils en terme d'AP pendant traitement.

Nous allons maintenant voir les effets de l'AP pendant traitement chez des femmes ayant un cancer du sein.

#### **II.3.2.1. Activité physique adaptée pendant traitement**

Plusieurs méta-analyses dont une réalisée par la Cochrane se sont intéressées aux effets de l'AP pendant traitement dans le cancer du sein.

Les outils d'évaluation utilisés dans ces méta-analyses pour l'aptitude aérobie ont été les épreuves d'effort, le test de marche de 6 et 12 min. Pour évaluer les AP de résistance, l'évaluation était réalisée par le handgrip-test ou l'évaluation d'une répétition maximale.

Pour l'évaluation de la qualité de vie l'utilisation des questionnaires suivants :

- Questionnaires spécifiques au cancer : Le FACT-G (Functional Assessment of Cancer Therapy-General), EORTC QLQ-C30 (Quality of Life of Cancer Patient)
- Questionnaire de qualité de vie général : HRQL (Heart Rate Quality of Life)
- Questionnaire spécifique par site de cancer : FACT-B (Functional Assessment of Cancer Therapy-Breast)

Pour la fatigue les questionnaires utilisés étaient le FACIT-F (Functional Assessment of Chronic Illness Therapy – Fatigue), le questionnaire PIPER et le MFI 20 (Multidimensionnal Fatigue Inventory).

La dépression a été évalué à l'aide des questionnaires suivant : BDI (Beck Depression Inventory), CES-D (Center for Epidemiological Studies-Depression Scale).

Les fonctions cognitives étaient étudiées suivant des tests de rapidités.

Le type d'AP réalisée dans ces études était des activités d'endurance (marche, vélo ergométrique), de résistance (bandes élastiques, appareils de musculation) ou bien les deux combinées. Ces activités étaient réalisées soit en institution ou à domicile.

Dans un premier temps voici les résultats de l'étude de la Cochrane qui regroupent 26 publications [24].

Tableau 5 : Résultats de la méta-analyse de la Cochrane

Eléments étudiés	Effet Relatif (95% CI)	Qualité des preuves (grade)
Aptitude aérobie	0.42 (0.25-0.59)	▲▲▲△
Fatigue	-0.28 (0.41-0.16)	▲▲▲△
QdV et cancer	0.12 (0.00-0.25)	▲▲▲△
QdV général	1.10 points (5.28-7.48)	▲▲△△
QdV spécifique site cancer	+ 4.24 points (1.81-10.29)	▲▲△△
Dépression	- 0.15 (0.30-0.01)	▲▲▲△
Fonction cognitive	-11.55 secondes (22.06-1.05)	▲▲△△

▲▲▲▲ : Haute qualité: il est très peu probable que des recherches approfondies modifient notre confiance dans l'estimation de l'effet.

▲▲▲ : Qualité modérée: des recherches ultérieures sont susceptibles d'avoir un impact important sur notre confiance dans l'estimation de l'effet et peuvent changer l'estimation.

▲▲ : Faible qualité: des recherches plus poussées auront très probablement un impact important sur notre confiance dans l'estimation de l'effet et sont susceptibles de modifier cette estimation.

▲ : Très faible qualité: nous sommes très incertains sur l'estimation

Dans les études de la méta-analyse, les auteurs comparent l'impact de l'AP dans un groupe d'AP comparativement à un groupe contrôle ne pratiquant pas d'AP.

Nous pouvons voir que l'aptitude aérobie est améliorée pendant traitement pour les groupes exercice avec une qualité de preuve satisfaisante. La fatigue évaluée dans ces études à montrer une diminution pour les groupes exercice comparé au groupes contrôles. En ce qui concerne les questionnaires de qualité de vie, les patients des groupes exercices avaient de meilleurs résultats à ces questionnaires. Cependant la qualité de vie général et spécifique au cancer était certes en amélioration mais avec un faible grade d'évidence. Ces auteurs se sont aussi intéressés à l'évaluation des fonctions cognitives et reportent une amélioration dans le groupe exercices mais d'autres recherches sont à réaliser pour confirmer ces effets.

La deuxième méta-analyse de Gebruers et al [25] en 2018 s'est intéressée aux types d'activités pendant les traitements adjuvants (chimiothérapie (CT) et radiothérapie (RT)). Elle regroupe 28 études et voici un tableau récapitulatif des résultats. Les auteurs comparent la

aussi l'intérêt d'un programme d'AP dans un groupe comparativement un groupe contrôle inactif.

Tableau 6 : Résultats de l'études de Gebruers et al

Entraînement Traitement	Endurance	Résistance	Entraînements combinés
<b>Chimiothérapie</b>	<p><u>Aptitude aérobie</u> : 3 études sur 4 montrent une amélioration</p> <p><u>Fatigue</u> : parmi 6 études, 2 études montrent une amélioration de la fatigue</p> <p><u>QdV</u> : 1 étude sur 4 a montré des amélioration</p>		<p><u>Aptitude aérobie</u> : 2 études sur 5 montrent une amélioration</p> <p><u>Résistance</u> : 1 seule étude a étudié et montre une amélioration</p> <p><u>Fatigue</u> : 3 études sur 3 ne montrent pas d'amélioration</p> <p><u>QdV</u> : 1 étude sur une ne montre pas d'amélioration</p>
<b>Radiothérapie</b>	<p><u>Aptitude aérobie</u> : 2 études sur 2 montrent une amélioration</p> <p><u>Fatigue</u> : 1 étude ne montre pas d'amélioration</p>	<p><u>Résistance</u> : 1 seule étude a été réalisée et montre une amélioration</p> <p><u>Fatigue</u> : Pas d'amélioration</p>	<p><u>Fatigue et QdV</u> : une seule étude, elle a montré une amélioration dans les 2 champs</p>
<b>Chimiothérapie + Radiothérapie</b>	<p><u>Aptitude aérobie</u> : 3 études sur 4 montrent une amélioration</p> <p><u>Fatigue</u> : 1/3 études montrent une amélioration</p> <p><u>QdV</u> : 1 étude à montre une amélioration (entraînement à domicile)</p>		<p><u>Aptitude aérobie</u> : 2 études ont montré une amélioration et 2 autres n'ont pas montré d'effets</p> <p><u>Résistance</u> : 1 étude a montré des améliorations</p> <p><u>Fatigue</u> : 2 études sur 5 ont montré une diminution de la fatigue. Pas de différence entre institution et domicile</p> <p><u>QdV</u> : 2 études sur 3 ont montré une amélioration</p>

Ce qu'il est important de retenir de cette grande revue de la littérature, ce sont les bienfaits de l'AP sur l'aptitude aérobie, peu importe les traitements en cours. Les résultats concernant les bienfaits sur la fatigue sont plus mitigés. Vis-à-vis de la qualité de vie, seule une étude avec un entraînement mixte pendant RT a eu une amélioration, les autres études n'ont pas pu démontrer de bénéfice sur la qualité de vie.

De plus en plus de programmes d'AP ont lieu à domicile et sont personnalisés. Cet entraînement au domicile du patient est plus flexible et personnalisable en fonction des envies et attentes du patient.

Coughin et al [26] ont réalisé une revue de la littérature portant sur les publications évaluant l'impact de l'AP réalisés à domicile pendant traitement (CT et RT) chez des patientes qui ont un cancer du sein. Parmi cette revue de littérature, 15 études ont pu être étudiées.

De manière générale, les auteurs décrivent une amélioration de la capacité physique et une réduction de la fatigue. Quatre études se sont intéressées à la mesure de la consommation maximale d'oxygène et deux études ont montré une amélioration après entraînement. De ces études ressort une amélioration des fonctions cognitives et de la qualité de vie. Les auteurs suggèrent que l'entraînement à domicile permettrait de mieux protéger contre le déclin cognitif. Cependant, d'autres recherches seraient à réaliser pour évaluer l'impact de l'AP sur le déclin cognitif.

En ce qui concerne les effets indésirables, l'entraînement à domicile a permis de diminuer les douleurs, les nausées, les vomissements et d'atténuer les douleurs neuropathiques [26]. De plus, l'AP au domicile permettait d'améliorer la circonférence brachiale et les symptômes liés aux lymphœdèmes grâce à des questionnaires spécifiques [27].

Il existe une multitude de protocoles et de mesures réalisées dans le cadre des programmes d'AP chez des patientes atteintes d'un cancer du sein. Certains reposent sur des valeurs physiologiques mesurées, d'autres sur des valeurs estimées. C'est pourquoi il serait intéressant d'avoir un lien fort entre les résultats d'une épreuve d'effort cardio-respiratoire (EE) et d'un test de marche de 6 minutes (TD6M) pour faciliter la mise en place des programmes et dans leur création pour avoir une uniformité et une plus grande comparabilité entre études.

### **II.3.2.2. Activité physique adaptée après traitement dans le cancer du sein**

En ce qui concerne l'impact de l'AP chez les patients qui ont eu un traitement pour le cancer du sein, la Cochrane a réalisé une revue de la littérature qui reprend les études les plus pertinentes dans ce domaine [28].

De cette recherche ressort les éléments suivants :

Tableau 7 : Résultats des recherches portant sur l'AP après traitements dans le cancer du sein

Éléments étudiés	Effet Relatif (95% CI)	Qualité des preuves (grade)
QdV général	0.39 (0.21-0.57)	▲▲▲▲
Santé mental et fonction émotionnelle	0.21 (0.10-0.32)	▲▲▲▲
Capacité physique	0.33 (0.18-0.49)	▲▲▲▲
Anxiété	- 0.57 (0.95-0.19)	▲▲▲▲
Dépression	- 0.34 (0.62-0.05)	▲▲▲▲
Fatigue	-0.32 (0.47-0.18)	▲▲▲▲
Aptitude aérobie	0.44 (0.30-0.28)	▲▲▲▲

▲▲▲▲ : Haute qualité: il est très peu probable que des recherches approfondies modifient notre confiance dans l'estimation de l'effet.

▲▲▲ : Qualité modérée: des recherches ultérieures sont susceptibles d'avoir un impact important sur notre confiance dans l'estimation de l'effet et peuvent changer l'estimation.

▲▲ : Faible qualité: des recherches plus poussées auront très probablement un impact important sur notre confiance dans l'estimation de l'effet et sont susceptibles de modifier cette estimation.

▲ : Très faible qualité: nous sommes très incertains sur l'estimation

Lorsqu'une AP est réalisée après un traitement dans le cancer du sein, nous pouvons observer une amélioration des aptitudes aérobie et des capacités physiques. La fatigue qui est un élément majeur pendant et après traitement est améliorée avec un bon niveau de preuve, il en va de même pour la santé mentale et la charge émotionnelle éprouvée par le patient.

Toutefois, les échelles d'anxiété et de dépression ne sont que peu améliorées après un entraînement.

Lorsque cela est possible, l'AP doit être maintenue après les traitements, pour permettre un maintien, voire une amélioration de la condition physique ainsi qu'une diminution de la fatigue.

### II.3.2.3. Maintien des performances après un programme d'activité adaptée chez des patientes atteintes d'un cancer du sein

Dans une étude précédente au Centre Hospitalier Universitaire de Limoges, l'étude SAPA [29] étudiait les effets bénéfiques de l'AP pendant traitement. Une mesure de la condition physique avait été réalisée 6 mois post traitement avec arrêt du suivi. Nous avons pu voir que les patientes du groupe exercice avaient maintenu leur  $VO_{2pic}$ , et les patientes du groupe témoin avaient légèrement récupéré leurs valeurs initiales.

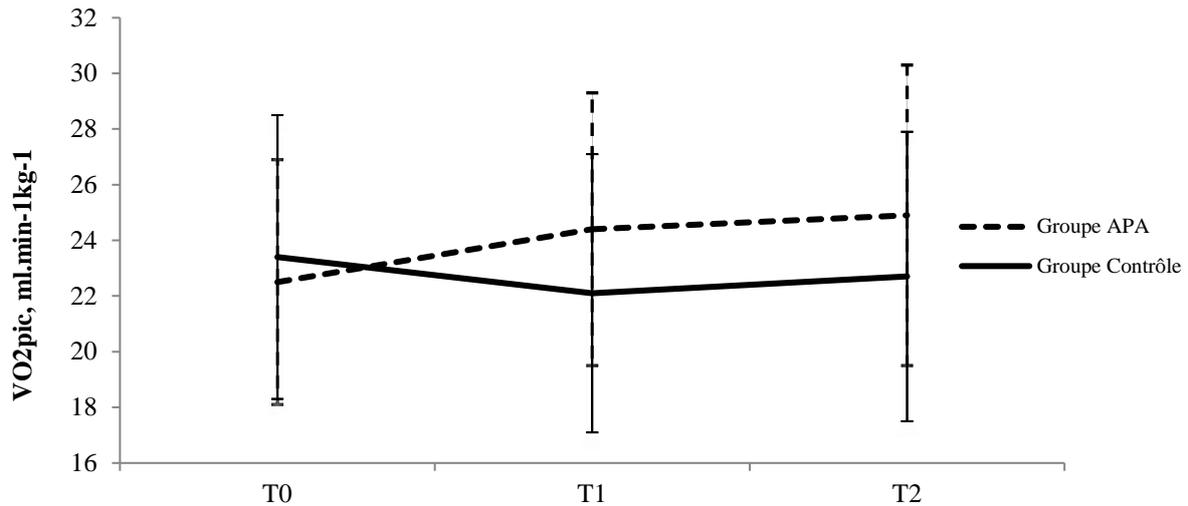


Figure 7 : Evolution du  $\dot{V}O_{2pic}$

Ces résultats sont en accord avec ceux de Kirkham et al [30] qui ont étudié les bénéfices d'un entraînement pendant 20 semaines, avec une réévaluation un an après. Ces auteurs retrouvent un maintien du  $VO_{2pic}$  un an après le début de leur protocole.

#### II.3.2.4. Activité physique sur la survie et les récurrences des cancers

Une intensité AP modérée ainsi qu'une pratique régulière permet la réduction de la mortalité toutes causes confondues et de la mortalité spécifique du cancer du sein avec une relation effet-dose [31, 32]. (Tableau 5)

Tableau 8 : Effets de l'activité physique sur la survie et la récurrences du cancer du sein

Type de cancer	Effets d'une AP régulière d'intensité modérée et relation effet-dose
Cancer du sein	<p>Réduction de la mortalité toutes causes confondues, avec relation dose-réponse</p> <p>Réduction de la mortalité spécifique, avec relation dose-réponse</p> <p>Réduction de la récurrence</p> <p>Ces effets augmentent avec le volume d'AP et sont significatifs dès 5 METs-h/semaine (soit environ 60 min d'AP d'intensité modérée ou 30 min d'intensité élevée par semaine).</p>

#### II.3.3. Suivi des recommandations et du niveau de compliance des patients atteints d'un cancer du sein

L'évaluation de la compliance est importante car elle permet d'observer si le réentraînement à l'effort a été bien réalisé, et, lorsqu'il a mal ou peu été réalisé, de regarder pourquoi, afin d'améliorer le phénomène de compliance.

Des études se sont intéressées à la compliance des patientes en ce qui concerne les recommandations en intensité modérée et intense [33, 34], elles montrent que 37.1% et 34% des patientes suivaient les recommandations.

Au niveau de la compliance dans la réalisation des exercices pendant traitement, elle est meilleure si l'exercice a une intensité faible ou modérée [35], cependant elle diminue après 12 semaines de réentraînement [36]. Il est à noter et nous l'avons remarqué dans l'étude SAPA que l'intensité, la durée fluctuent en fonction des cycles de chimiothérapies et que le réentraînement doit être adapté à ces phases de fatigue [29], Huang et al et Kirkham et al retrouvent ces mêmes résultats [36, 37].

À domicile la compliance en AP en moyenne de 60-70% [38-40] alors quand institution elle serait comprise entre 59-98% [39-41].

La non-compliance aux recommandations en AP, des exercices à domicile ou bien encore ceux supervisés sont d'ordre multifactoriel. En effet, des études se sont penchées sur le sujet et il en ressort que les patientes qui refusaient d'entrer dans les études ou qui pratiquaient le moins les AP étaient des patientes avec un plus bas niveau d'étude, des patientes avec une sensation de fatigue plus importante, des patientes qui avaient une moins bonne qualité de vie ainsi qu'une estime de soi plus diminuée [42]. De plus, ces patientes ne percevaient pas ou peu les bénéfices attendus par la réalisation de ces AP. D'autres raisons ont été citées : raisons familiales, difficulté de programmation des exercices etc... cependant la cause qui revenait le plus souvent était la fatigue pour 50% des patientes [42].

L'étude de Sturgeon et al [43] s'est questionnée sur les préférences des patientes en terme d'information sur l'AP. Pour 61.9% des patientes, elles aimeraient avoir les informations sur la pratique de l'AP lors de la consultation d'annonce. 43.3% des patientes adhéreraient directement lors de la consultation d'annonce. Presque 50% des patientes seraient prêtes à décaler leur première cure pour avoir plus d'informations sur les pratiques sportives. Cette étude nous montre tout l'intérêt que les patientes portent aux AP lors des traitements, c'est pourquoi nous nous devons d'avoir des programmes clairs, réalisables, modulables et simples à effectuer pour les patientes, tout cela pour améliorer par la suite leur adhésion au programme d'AP.

### II.3.4. Recommandations en activité physique adapté pour les patients et anciens patients

D'après les recherches de l'ACSM en 2018 [9], de nouvelles recommandations en pratique d'AP chez des patients atteints d'un cancer sont parues, les voici sous forme du tableau n°6.

Tableau 9 : Prescription d'activité physique chez les patients pendant et après un traitement de cancer

Type AP	Fréquence	Intensité	Durée	Exemple AP
AP de la vie quotidienne	Tous les jours	Légère à modérée		Marcher, escalier, ménage
AP en endurance	3-5 jours par semaine	Modérée à élevée	150 min par semaine AP modérée, ou 75 min par semaine AP élevée ou combinaison des deux	Vélo, natation, marche rapide
AP en renforcement musculaire	2-3 jours par semaine	Commencer par de petites intensités et progresser doucement	Au moins une série de 8-12 répétitions	Utilisation poids, bandes élastiques
AP en assouplissement	≥ 2-3 jours par semaine	Selon l'amplitude tolérée	10-30 s étirements statiques	Étirements grands groupes musculaires

### II.3.5. Rôle du médecin traitant dans le cadre de l'activité physique et du cancer du sein

Avec la mise en place de la prescription médicale sur ordonnance pour les patients en ALD, le médecin traitant doit jouer un rôle plus important dans la mise en place d'une AP chez des patientes atteintes d'un cancer du sein [1].

Durant et après son traitement, les patients atteints d'un cancer doivent éviter l'inactivité physique tant que l'AP n'aggrave pas les symptômes. Le médecin devra personnaliser, raisonnée et adaptée l'AP tout au long du traitement et après. La fatigue ne doit pas être un frein à la pratique ou prescription d'AP, car c'est l'AP elle-même qui va réduire cette fatigue.

Avant de débiter une AP, les patients atteints d'un cancer peuvent bénéficier d'une consultation médicale d'AP [31]. Le médecin ou un professionnel de sante se doit d'évaluer la condition physique, évaluer son environnement, les motivations du patient, et elle doit permette au médecin de rassurer et d'encadrer le patient dans cette démarche.

De plus, il devra faire un examen clinique rigoureux à la recherche de neuropathies périphériques ou de morbidités musculo-squelettiques, évaluer le risque d'ostéoporose et de fracture osseuse. Les individus avec des risques cardiovasculaires (en lien avec le cancer ou non) doivent voir un cardiologue avant de réaliser une AP d'intensité élevée.

Même si le médecin traitant n'est pas un spécialiste de l'AP, il peut s'appuyer sur des documents validés tels que le medicosport-santé (Vidal) [44], qui est un dictionnaire à visée médicale des disciplines sportives et les recommandations de l'HAS pour l'encadrement d'AP dans la population générale et pathologique [1, 31].

### III. Mesure de la condition physique

---

La mesure de la condition physique peut être réalisée de façon maximale ou sous maximale et de manière directe ou indirecte. Nous allons décrire les différentes manières de mesurer la condition physique.

#### III.1. Evaluation de la capacité d'exercice et fonctionnelle

La capacité d'exercice va évaluer à l'aide d'un exercice spécifique bien structuré et d'outils de mesure la consommation maximale d'oxygène ( $VO_{2max}$ ) d'un individu, et cela de manière directe ou indirecte. L'évaluation de la capacité fonctionnelle a pour but de mesurer la capacité d'un individu à accomplir des tâches (marcher, porter, pousser, tirer...) et estime le laps de temps, la force ou bien l'endurance pour réaliser l'exercice. Cette évaluation nous offre des renseignements sur les limites fonctionnelles et les performances du sujet.

##### III.1.1. Evaluation de la capacité d'exercice

L'aptitude aérobie d'un sujet peut se définir comme un ensemble de critères de performances nécessaires à la pratique d'exercices prolongés (>3min). L'évaluation de la capacité d'exercice permet d'évaluer l'aptitude aérobie maximale d'un sujet, et le critère d'évaluation sera le  $VO_{2max}$  d'un sujet. Ce  $VO_{2max}$  représente la quantité maximale d'oxygène qu'un individu peut consommer par unité de temps dans des conditions qui sollicitent intégralement le système cardiovasculaire [45]. Ce paramètre est le gold standard dans la mesure de l'évaluation de la condition physique [45, 46]. Ce paramètre est influencé par les possibilités de prélèvement (au niveau pulmonaire), de transport (au niveau cardiovasculaire), et d'utilisation (au niveau musculaire) de l'oxygène nécessaire aux oxydations. En valeur absolue, il s'exprime en l/min, et en valeur relative, il s'exprime en  $ml.min^{-1}.kg^{-1}$ . Je vais maintenant décrire les principaux tests effectués pour l'obtenir chez un individu dans ce domaine.

##### III.1.1.1. Méthodes directes d'évaluation

Les méthodes directes consistent à la réalisation d'une épreuve d'effort (EE) en laboratoire (ergomètre, tapis roulant) ou sur le terrain (système portable de masque), les échanges gazeux respiratoires [45, 46] :

$$VO_2 = VE \times (FIO_2 - FEO_2)$$

VE = ventilation par minute ;  $FIO_2$  = fraction inspiratoire en oxygène ;  $FEO_2$  = fraction expiratoire en oxygène.

Différents protocoles d'EE existent : des protocoles rectangulaires (puissance constante) ou triangulaires (incrémentations toutes les minutes d'une puissance). Dans le cadre des protocoles rectangulaire, la recherche est celle d'un état stable (5-6 min) de la fréquence

cardiaque, pour les protocoles triangulaires, l'arrêt de l'exercice est lié à l'épuisement du sujet, en général la durée de l'EE est située entre 8-15 min.

L'épreuve est arrêtée lorsque les critères de maximalité sont atteints [45] : impossibilité de maintenir l'intensité imposée durant l'exercice ; accroissement du  $\dot{V}O_2$  inférieur à  $2 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  malgré l'augmentation de charge ; quotient respiratoire (QR) supérieur à 1,1 ; atteinte d'au moins 90% de la fréquence cardiaque (FC) maximale théorique et atteinte d'au moins 70% de la ventilation maximale prédite ( $VEMS \cdot 35$  (volume d'éjection maximale par seconde)). Pour que l'EE soit qualifiée de maximale, trois de ces critères doivent être atteints mais l'épreuve peut aussi être arrêtée par épuisement des capacités cardiaques, respiratoires ou musculaires.

### III.1.1.2. Méthodes indirectes d'évaluation

Les méthodes indirectes d'évaluation consistent à mesurer de manière indirecte la consommation d'oxygène via un autre paramètre avec lequel elle évolue linéairement :

- Soit la puissance en watts dans le cas où le test est effectué sur un ergomètre en laboratoire (puissance maximale atteinte lors du test).
- Soit la vitesse exprimée en km/h dans le cas des tests de terrain ou sur tapis roulant (vitesse maximale atteinte lors du test).

#### III.1.1.2.1. Au laboratoire

Deux types d'épreuves sont à distinguer :

La première est une épreuve qui sera maximale et qui va viser à reproduire le protocole triangulaire de mesure directe du  $VO_{2max}$ , mais cette fois-ci en relevant la puissance maximale ou la vitesse maximale [47].

$$VO_{2max} = (13.5 \times PMA \text{ (watts)} + 100) / \text{Poids (kg)}$$

La deuxième est une épreuve sous-maximale qui va estimer le  $VO_{2max}$  sur des relations entre FC, puissance et consommation d'oxygène. C'est Astrand en 1954 qui le décrit en premier [47]. Ces corrélations permettent une estimation du  $VO_{2max}$  sans que le sujet n'atteigne son maximum.

En effet il existe une relation linéaire entre la FC et le  $VO_{2max}$  :

$$\%VO_{2max} = 0.77 \times FC - 48.6$$

L'épreuve consiste à faire pédaler le sujet pendant 6 min à une puissance constante. La FC est mesurée quand l'épreuve est stable (doit être supérieure à 130). Il existe un nomogramme

(annexe 2) qui permettra d'estimer son  $VO_{2max}$  en fonction de la FC, la puissance et le poids du sujet.

### III.1.1.2.2. Sur le terrain

Les méthodes de terrain reposent sur une épreuve permettant d'acquérir la vitesse maximale aérobie, c'est-à-dire la vitesse de course atteinte lorsque la consommation d'oxygène devient maximale. Par la suite, le  $VO_{2max}$  est extrapolé à partir de la valeur de la vitesse maximale grâce à des abaques.

Différentes épreuves existent et voici les plus utilisés.

#### III.1.1.2.2.1. Le test de Cooper

Le test de Cooper [48] est un test continu qui consiste à courir la plus grande distance en 12 min sur une piste d'athlétisme. La vitesse de course est choisie par le sujet mais doit être assez soutenue.

La consommation maximale d'oxygène est estimée à partir de la distance :

$$VO_{2max} \text{ (ml.min}^{-1}\text{.Kg}^{-1}\text{)} = 22,351 \times \text{distances (Km)} - 11,288$$

Un tableau de correspondance entre la distance et le niveau d'AP a été réalisé et est en annexe 3.

#### III.1.1.2.2.2. Le test de prédiction de Margaria

L'équation de prédiction de Margaria [49] permet une estimation du  $VO_{2max}$  à partir d'une épreuve de course à allure maximale à partir de deux équations :

⇒ Si la distance est > 5000m et si la durée est > 10 min :

$$VO_{2max} \text{ (ml.min}^{-1}\text{.Kg}^{-1}\text{)} = (d + 30*t) / (5*t). \text{ (d en mètres et t en min)}$$

⇒ Si la distance est < 5000m ou si la durée est < 10 min :

$$VO_{2max} \text{ (ml.min}^{-1}\text{.Kg}^{-1}\text{)} = (d+30*t) / (5*t+5)$$

#### III.1.1.2.2.3. Le test de Léger-Boucher

Le test de Léger-Boucher [50, 51] est réalisé sur une piste d'athlétisme où le sujet doit courir à une vitesse imposée qui s'incrémente de 1 km/h toutes les 2 min (départ à 8 km/h). Des repères sont marqués au sol et le sujet doit être au niveau des marques à chaque bip toutes les 2 min. Les bips sont issus d'une bande sonore magnétique. Lorsque le sujet est épuisé, on utilise la vitesse au dernier palier et on utilise la formule suivante :

$$VO_{2max} \text{ (ml.min}^{-1}\text{.Kg}^{-1}\text{)} = 3,5 * V \text{ (km/h)}$$

#### **III.1.1.2.2.4. Le test de navette de Léger et Gadoury**

Il s'agit d'un test progressif de course navette initiée par Léger et Gadoury [52, 53]. Deux lignes parallèles sont tracées à 20m l'une de l'autre. Le test consiste à effectuer le plus longtemps possible des allers et retours de 20 m à une vitesse imposée. La vitesse est imposée au moyen de signaux sonores sur bande magnétique et émise à intervalles réguliers. À chaque signal le sujet doit se trouver au niveau d'une ligne, la vitesse est augmentée toutes les 2 min ou 1 min suivant le niveau de motivation du sujet. La valeur du  $VO_{2max}$  prédite est calculée à partir de la vitesse de course suivant la formule :

$$VO_{2max} \text{ (ml.min}^{-1}\text{.Kg}^{-1}\text{)} = 5.86 \cdot V \text{ (km/h)} - 19.46$$

#### **III.1.1.2.2.5. Le test de Cazorla et Léger**

Le test de Cazorla et Léger [54] est identique à celui de Léger et Gadoury, mais une incrémentation de 0,5 km/h (vitesse maximale obtenue plus précise).

D'autres tests existent mais sont techniquement plus complexes à mettre en œuvre et à être réalisés.

Comme nous pouvons le voir, il existe bon nombre de tests pour évaluer la condition physique, et ce n'était que les principaux tests. Cependant, il faut que le test soit adapté à la population étudiée (en fonction du niveau d'expérience) et des infrastructures disponibles.

### **III.1.2. Evaluation de la capacité fonctionnelle**

La capacité fonctionnelle est plus représentative de ce que peut faire un individu dans la vie de tous les jours. Il existe des tests bien standardisés, fiables, rapides et peu coûteux qui sont les tests de marche. Ils sont utilisés par bon nombre de services et de collectivités pour permettre d'apprécier la condition physique.

#### **III.1.2.1. Les tests de marche**

Il s'agit de tests sous maximaux avec mesure du périmètre de marche et de la durée de réalisation du test. Le plus connu est le test de marche de 6 min (TM6) [55, 56], mais il existe aussi avec une durée de 12 min (TM12) ainsi que des tests de marche de 2 km et le 1-walk min test.

Le TM6 est une épreuve simple, reproductible, validée et peu coûteuse. Il est utilisé dans la plupart des maladies chroniques (cardiaques, respiratoires, cancéreuses) afin d'évaluer la tolérance à l'effort mais aussi de suivre l'évolution au cours d'un entraînement ou bien l'impact d'un traitement. Ce test évalue la distance parcourue pendant 6 min. Les données récupérées sont la FC, la distance et la saturation en oxygène. Il est observé une FC plateau à la fin de l'exercice, qui peut par la suite servir dans le cadre d'un réentraînement.

Lors de ce test, nous évaluons aussi la distance théorique normale et la limite inférieure de la normalité qui sont [1] :

Distance théorique normale :

- pour un homme =  $[7,57 \times \text{taille (cm)}] - [1,76 \times \text{poids (kg)}] - [5,02 \times \text{âge (ans)}] - 309$
- pour une femme =  $[2,11 \times \text{taille (cm)}] - [2,29 \times \text{poids (kg)}] - [5,78 \times \text{âge (ans)}] + 667$

Limite inférieure de normalité :

- pour un homme = distance théorique normale – 153 mètres
- pour une femme = distance théorique normale – 139 mètres

### III.1.2.2. Les tests de navettes

#### III.1.2.2.1. Le test de la navette ou incremental shuttle walking test

Il s'agit d'un test de marche progressif, dont la vitesse augmente toutes les minutes. Le sujet doit parcourir des aller-retour sur une distance de 10m [57, 58]. Le patient est censé marcher entre deux plots à une vitesse qui est rythmée par une cassette audio. Pas d'encouragement lors de ce test.

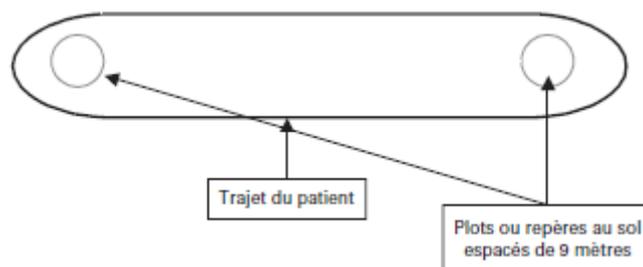


Figure 8: Schéma du terrain de test de navette

Douze paliers vont se succéder, et à chaque palier correspond une vitesse. Le test prend fin quand : le patient n'arrive plus à suivre le rythme imposé, autrement dit quand le patient n'arrive plus à parcourir les 10m dans le temps imposé et qu'il est à plus de 50 cm du plot au moment du bip ; ou lorsque sa FC atteint 80% de sa FC max.

#### III.1.2.2.2. Le test de marche de navette d'endurance

Il est utilisable si le test de la navette a été réalisé préalablement [58-60]. Le patient devra marcher à 85% de la performance du test navette. La vitesse de marche sera aussi imposée. Le précédent test va mesurer la capacité de travail sous maximal, et ce deuxième va évaluer

la capacité à maintenir cette charge de travail. Ce test sera représentatif de l'endurance sous maximal du sujet. Les mêmes consignes de fin de test sont celles du test précédent.

### **III.1.2.3. Step test de 3-6 min**

Le stepper-test de 6 minutes est un test récent [61]. Il consiste à effectuer le plus grand nombre de monter de marche en 6 minutes. La hauteur de marche est de 20 cm. Les consignes et la méthodologie sont la même que dans le test de marche de 6 minutes. Les études (chez des BPCO) ont montré que le test est reproductible, sensible, sûr et bien corrélé au TM6 [62]. Il existe aussi une version de 3 min de ce test.

Dans notre étude nous utiliserons le TD6M car il est le plus répandu, le plus reproductible et qu'il est le plus utilisé dans les études.

### **III.1.3. Evaluation des aptitudes musculaires**

On parle de force musculaire pour exprimer la capacité d'un muscle à exercer une force [1]. L'endurance musculaire est la capacité d'un muscle à poursuivre des efforts successifs (faire des répétitions). La puissance est quant à elle la capacité du muscle à exercer une force par unité de temps (vitesse).

Les tests des groupes musculaires sont spécifiques du groupe musculaire testé.

La force statique ou isométrique se mesure en utilisant des dispositifs avec des câbles de tension et des dynamomètres. Lors de cet effort la contraction volontaire maximale est évaluée [1].

La force dynamique, quant à elle est évaluée lors d'une répétition maximale, c'est-à-dire la résistance que l'on peut exercer une seule fois sur un mouvement précis. Plusieurs méthodes existent :

La première nécessite des machines spécifiques et recherche la répétition maximale (RM) que pourra faire le sujet sur un mouvement, c'est-à-dire la charge maximale soulevée. Cependant des formules peuvent estimer une répétition maximale en réalisant des mouvements à des charges moins lourdes.

Pendant longtemps la formule de Brzycki (1993) [63] a été utilisée :

$$1 \text{ RPM} = \text{Poids} / (1.0278 - (0.0278 * \text{Nb rép}))$$

Puis, depuis les recherches réalisées par Prévost en 2013 [64], une formule plus juste a été trouvée :

$$1 \text{ RM} = [\text{charge} / (0.522 + (0.419 \times e^{(-0.055 \text{ rép}))}) + (0.033 \times \text{rép} \times \text{charge}) + \text{charge}] / 2$$

La charge est le poids soulevé en Kg ; e = exponentiel ; rép = nombre de répétitions exécutées.

La deuxième peut être réalisée à l'aide de poids ou de bandes élastiques. C'est une méthode plus empirique. C'est-à-dire qu'on va indiquer au sujet un certain nombre de répétitions et séries à réaliser et le sujet devra à la fin de ses séries (sur les 2-3 dernières répétitions) ressentir une légère difficulté pour finir les exercices.

#### **III.1.4. Evaluation de la souplesse**

On définit par souplesse la capacité de mobiliser une articulation sur son amplitude complète. La souplesse dépend de : la distensibilité de la capsule articulaire, de la viscosité musculaire, de la qualité des ligaments, des tendons et de l'échauffement [1]. Pour évaluer la souplesse, on parle d'amplitude maximale de mouvement exprimée en degrés et mesurée par un goniomètre. Les tests de souplesse évaluent des segments articulaires précis tels que le cou, le tronc, la hanche, les épaules.

#### **III.1.5. Evaluation de l'équilibre**

L'équilibre joue un rôle important que ce soit pour l'équilibre du maintien debout ou assis (statique) ou lors de mouvements ou déplacements (dynamique) [1]. Le contrôle de l'équilibre est géré par divers systèmes sensoriels et moteurs. Ce contrôle est multifactoriel : visuel, vestibulaire, proprioceptif et musculo-squelettique.

Il existe des tests pour objectiver de l'équilibre d'un individu [1] :

- Le test d'appui unipodal : Le patient est pieds nus ou avec une chaussette. Il se met en équilibre sur un pied (de son choix) et ferme les yeux. On chronomètre la durée de maintien de la posture avec les yeux fermés, sans petit saut ou déplacement du pied d'appui. On réalise trois fois ce test sur le même pied et on retient la plus grande des trois durées.
- Le test tandem : Le patient marche le long d'une ligne droite de 5 mètres marquée au sol. On mesure le nombre d'écarts (de déséquilibres) du patient.

### **III.2. Les tests utilisés dans nos études**

Lors des différentes réalisées au CHU de Limoges, deux tests principaux ont été réalisés dans chaque étude et notre recherche se base sur l'étude de ces deux tests qui sont l'épreuve d'effort sur bicyclette ergométrique et le test de marche de 6 min. Dans ce chapitre nous allons les détailler et expliquer pourquoi ils ont été choisis et comment nous les avons utilisés dans nos programmes de recherche.

### **III.2.1. L'épreuve d'effort**

L'EE cardio-pulmonaire est la technique de référence pour évaluer l'aptitude aérobie d'un sujet [45]. Elle permet la mesure du  $VO_{2max}$  et la détection de seuils ventilatoire [45]. Cet examen peut avoir plusieurs fonctions, en effet, il permettra d'observer lors de l'effort s'il existe des limitations (cardiaques, respiratoires, musculaires...), mais c'est aussi un excellent exercice pour recueillir des données pertinentes dans l'élaboration d'un programme d'AP. En outre cet examen permet s'il est renouvelé à distance d'objectiver les bénéfices ou dégradations à la suite d'un programme d'entraînement ou d'un traitement médical. Il existe bien sûr des contres indications absolues et relative à cette EE (annexe 4)[46].

#### **III.2.1.1. Le choix du protocole**

Les tests effectués dans les études au CHU de Limoges utilisaient des protocoles triangulaires, c'est-à-dire que l'augmentation de la charge de travail est progressive durant toute la durée de l'effort. Chaque minute, un certain nombre de watts est incrémenté à la puissance de base. La puissance de base et l'incrémentation sont déterminées par des valeurs prédictives liées à l'âge, le sexe, la taille et le poids.

#### **III.2.1.2. Le déroulement d'une épreuve d'effort**

Tout d'abord, la durée d'une EE doit être comprise entre 8-20 min. En effet, une durée supérieure entraine une sous-estimation du  $VO_{2max}$  par épuisement, et une durée inférieure risquerait une élévation trop rapide de la charge de travail et réduirait les ajustements cardio-respiratoires.

A Limoges, toutes les épreuves d'effort ont été réalisées sur des bicyclettes ergométriques. Pendant toute la durée de l'épreuve, un électrocardiogramme permet le suivi et la surveillance de toute anomalie électrique du cœur. De plus, un suivi tensionnel et de la saturation en transcutané est réalisé pendant toute l'épreuve.

Les échanges gazeux sont mesurés cycle par cycle et reposent sur l'analyse de 3 grandeurs : la ventilation minute (VE), la consommation d'oxygène ( $VO_2$ ) et la production de gaz carbonique ( $VCO_2$ ). Le dispositif qui récupère ces échanges est connecté à la bouche par un masque facial.

Avant toute épreuve, des valeurs de repos doivent être vérifiées :  $\dot{V}O_2$  inférieur à  $5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , quotient respiratoire ( $QR = VCO_2 / VO_2$ ) inférieur à 0,85, ventilation (VE) de repos inférieure à  $10-15 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Une EE est composé de 3 séquences :

- ✓ Echauffement : puissance constante pendant une durée de 3 minutes
- ✓ Incrémentation : cette séquence doit amener le sujet au maximum de ses possibilités. Les sujets doivent pédaler à une vitesse constante (par exemple 60 tours par minute) pour que la majoration de la charge soit la seule variable. Il est nécessaire d'avoir des critères spécifiques pour arrêter l'EE. Ces critères sont : impossibilité de maintenir l'intensité imposée durant l'exercice ; élévation du  $\dot{V} O_2$  inférieur à  $2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  malgré l'augmentation de la charge ; quotient respiratoire (QR) supérieur à 1,1 ; atteinte d'au moins 90% de la FC maximale théorique et au moins 70% de la ventilation maximale prédite ( $VEMS \cdot 35$  (volume d'éjection maximale par seconde). Pour considérer une EE maximal, trois des critères décrits précédemment doivent être présents. Toutefois, l'EE peut être arrêtée devant un épuisement des capacités cardiaques, respiratoires ou musculaires. Si tel est le cas, on parlera de  $VO_{2pic}$ , ce qui marque la plus forte moyenne de consommation d'oxygène mesurée lors d'une période 15 secondes.
- ✓ Récupération : une première partie active de 3 minutes, puis une période passive de 3 minutes.

### **III.2.1.3. Détection des seuils ventilatoires**

Lorsqu'une EE est réalisée, des modifications métaboliques induites par l'augmentation constante de la charge de travail vont modifier les échanges gazeux. Ces échanges gazeux vont alors nous fournir 3 pentes (Figure 3), ce qui va permettre d'identifier 2 seuils ventilatoires, le premier (SV1) et le deuxième (SV2).

Ces seuils respiratoires sont détectés grâce aux modifications physiologies suivantes : l'évolution du débit ventilatoire (VE) en fonction de la puissance ; les relations  $VE/VO_2$  et  $VE/VCO_2$  en fonction de la puissance (Wasserman) ; la relation  $VCO_2$  en fonction de  $VO_2$  (courbe de Beaver).

Le premier seuil ventilatoire (SV1) sera déterminé grâce à 3 repères graphiques : le premier est la rupture ventilatoire sur la courbe du débit, le second est l'augmentation de la pente  $VE/VCO_2$  sans modification de la pente  $VE/VO_2$ , le dernier est l'augmentation rapide de  $VCO_2$  en fonction de  $VO_2$  (méthode complémentaire).

Le deuxième seuil ventilatoire (SV2) correspond en une nouvelle augmentation de la pente  $VE/VO_2$  associé à une augmentation de la pente  $VE/VCO_2$ .

Dans le cadre d'un réentraînement à l'effort, le médecin recherche et place informatiquement SV1, et c'est à ce seuil que la personne effectuera ses exercices d'endurance aérobie. Le deuxième seuil est principalement utilisé chez les sportifs. Pour chaque seuil va correspondre une certaine puissance ainsi qu'une FC, qui seront les indicateurs du réentraînement.

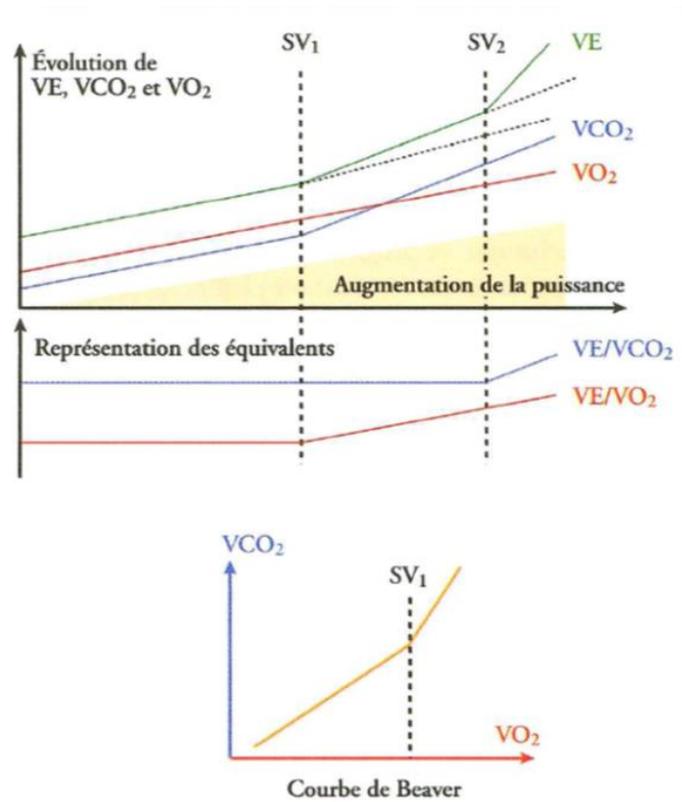


Figure 9 : Schéma des courbes utilisées lors de la détermination ventilatoire des seuils

#### III.2.1.4. Equipements, coûts, personnel, délai, infrastructure

Ce chapitre va s'intéresser au niveau d'équipements, le coût, le personnel et sa qualification, les délais d'exams et les infrastructures nécessaires pour la réalisation de l'examen [46].

##### • Equipements

- Cyclo-ergomètre électromagnétique : 2200 €
- Ergospiromètre : 47 000 €
- ECG 12 dérivations : 3992 €
- Manomètre de pression artériel intégrée : 3257 €
- Brassards adaptés : 130-180 €
- Défibrillateur : 3000 €

- Chariots et matériels d'urgences : 2000 €
- Informatiques et logiciel : 1500 €
- Masque facial : 200 €
- Embout buccal : 44 €
- Permapur (tubulure) : 196 €
- Pneumotachographes : 102 €
- **Coût de l'acte d'une EE** : 100 €
- **Personnels**
  - Un médecin qualifié en physiologie sportive
  - Une infirmière formée à la pratique d'EE
- **Délai d'examen** : peut varier de quelques semaines à quelques mois.
- Lieu de réalisation : CHU, Clinique ou autres structures sportives ayant une salle dédiée pour les EE avec le tout le matériel nécessaire cité précédemment.
- **But de l'examen** : Observer les limitations cardio-respiratoires et musculaires à l'effort et détecter les paramètres nécessaires à la réalisation d'un programme d'entraînement.
- **Consignes données pendant l'examen** : Le sujet est motivé tout au long de l'examen, explication de bien respirer et de garder la cadence de pédalage constante et assez élevée.
- **Paramètres récupérés nous intéressent** :  $VO_{2max}$  ou  $VO_{2pic}$ , seuil ventilatoire, puissance maximale et au seuil, FC maximale et au seuil ventilatoire.

Le prochain chapitre traitera du test de marche de 6 minutes.

### III.2.2. Le test de marche de six minutes

Le test de marche 6 min est le test le plus utilisé pour évaluer la capacité fonctionnelle. Il est simple, peu coûteux. Il a été même démontré que le TM6 est le plus facile, le mieux toléré et qui reflète davantage les activités de la vie quotidienne comparativement à d'autres tests [65]. Il existe des contre-indications qui sont les suivantes : syndrome coronarien aigu récent, une tachycardie de repos > 120 battements par minutes et hypertension artérielle au repos > 180/100 [65].

### III.2.2.1. Déroulement du test de marche de six minutes

Il est nécessaire d'avoir un couloir de 25m ou une piste ovale de 25m. Le couloir doit être couvert, plat, rectiligne ou ovale, bien délimité et non fréquenté. Il doit être marqué tous les 3 mètres. Deux cônes marquent l'endroit du demi-tours. Une bande de couleurs est souhaitable pour la ligne de départ.

Le patient ne doit pas avoir fait d'effort dans les heures qui précède l'examen. Il est dit au sujet que le but est de marcher le plus possible pendant 6 minutes en ayant une allure vive mais confortable. Chaque minute il sera rappelé au sujet le temps qu'il reste associé à des encouragements. Il existe une fiche standard de récupération de données pour le TM6 (annexe 5)[56]

Lors de l'épreuve il est nécessaire d'avoir un capteur de saturation portable pour noter chaque minute la FC et la saturation en oxygène. À la fin de l'épreuve, la distance totale est calculée et le pourcentage par rapport à la théorique est calculé, pour objectiver s'il existe des limitations à l'effort.

### III.2.2.2. Equipements, coûts, personnel, délai, infrastructure

Ce chapitre va s'intéresser au niveau d'équipements, le coût, le personnel et sa qualification, les délais d'examens et les infrastructures nécessaires pour la réalisation de l'examen.

- **Equipements**
  - Chronomètre : 10€
  - Une chaise mobilisable dans le couloir : 30€
  - Fiche sur support rigide, stylo : 5€
  - Bouteilles d'oxygène : 115€
  - Oxymètre de pouls : 200€
  - Tensiomètre : 50€
  - Défibillateur : 3000€
- **Coût de l'acte d'un test de marche** : 30€
- **Personnels**
  - Une infirmière formée à la pratique du TM6
- **Délai d'examen** : rapide ou variable s'il doit être accompagné d'autres examens
- **Lieu de réalisation** : CHU, Clinique ou autres structures sportives ayant un couloir ou circuit ovale de 25m.

- **But de l'examen** : Objectivé des limitations à l'effort, obtenir la distance de marche ainsi que la FC plateau.
- **Consignes données pendant l'examen** : Le sujet est motivé tout au long de l'examen, explication de bien respirer et de garder la même vitesse de marche.
- **Paramètres récupérés nous intéressant** : FC des 3 dernières minutes, distance de marche, pourcentage réalisé par rapport à la théorique.

La prochaine partie va décrire comment est réalisé un programme d'AP et quels indicateurs est nécessaire.

## IV. Création d'un programme d'activité physique

---

Un programme d'AP se doit d'être le plus adapté au patient pour qu'il puisse en tirer tous les bénéfices sans en avoir les inconvénients. L'élaboration des séances se crée à la suite d'évaluation de l'aptitude physique du patient, puis grâce à des indicateurs que nous allons définir organiser des séances suivant 3 paramètres : intensité, durée, fréquence. Par la suite, il est nécessaire de suivre la progression du patient et d'adapter, voire de réévaluer la condition physique pour mettre à jour les valeurs des indicateurs pour toujours travailler au premier seuil ventilatoire.

### IV.1. Indicateurs des programmes d'activité physique

Les tests d'aptitude aérobie et en particulier une EE nous permettent d'avoir bon nombre d'indicateurs et l'un des plus pertinents est la FC au premier seuil ventilatoire [45]. Le sujet pourra grâce à un suivi par cardiofréquencemètre suivre sa FC tout au long de l'effort. Un deuxième paramètre très important est la puissance au seuil ventilatoire, et lorsque le réentraînement est réalisé sur bicyclette ergométrique cela permet de régler très exactement sa puissance à son propre seuil.

Sans les tests d'aptitude, un réentraînement peut se programmer grâce à un certain pourcentage de la FC max [66].

Plusieurs formules peuvent être utilisées pour calculer sa FC max :

- $FCM = 220 - \text{âge}$  (Astrand et Ryhming, 1954)[47]
- $FCM = 205,8 - 0,685 \times \text{âge}$  (Inbaret al. 1994)[67]
- $FCM = 208,754 - 0,734 \times \text{âge}$  (Robergs et Lanwher, 2002)[68]
- $FCM = 207 - 0,7 \times \text{âge}$  (Gellish et al. 2007) (relation linéaire)[69]
- $FCM = 191,5 - 0.007 \times \text{âge}^2$  (Gellish & Coll. 2007) (relation curvilinéaire)[69]

Cependant, ce sont les travaux de Gellish et Coll en 2007 qui ont permis de diminuer le taux d'erreur à  $\pm 2-5$  battements par minute entre 35 et 65 ans dans sa forme curvilinéaire.

Pour les personnes de moins de 30 ans ou de plus de 75 ans la forme linéaire est plus juste.

Une autre méthode consiste à utiliser la méthode de Karnoven, et qui prendra en compte la FC de repos et la FC de réserve. Voici un exemple ci-dessous :

⇒ Dans un premier temps nous calculer la FC de réserve :

$$\text{FC réserve} = \text{FC max} - \text{FC repos}$$

⇒ Dans un second temps, suivant l'intensité de l'exercice voulu, nous déterminons la FC de travail comme suit :

$$\text{FC cible} = \text{FC repos} + \% (\text{FC maximale} - \text{FC repos})$$

Toutefois, ce sont des méthodes de calculs d'intensité d'entraînement qui restent théoriques, car chaque individu a des caractéristiques spécifiques.

Dans les prochains chapitres nous allons nous pencher sur l'élaboration d'un programme de réentraînement.

## **IV.2. Elaboration d'un programme d'activité physique**

L'élaboration d'un programme de réentraînement doit se faire dans des conditions rigoureuses, bien encadrée et il est bon de connaître les motivations ainsi que les envies du sujet avant de mettre en place tout programme. Un programme de réentraînement a souvent deux composantes : la composante aérobie et la composante de renforcement musculaire.

À noter que pour tout type d'AP, une phase d'échauffement (5-10 min) et de récupération (5-10 min) est à respecter.

### **IV.2.1. Activité physique aérobie**

Lorsque des examens comme un EE ou un test de marche sont réalisés, les résultats seront utilisés pour fixer une intensité d'exercice. En effet, grâce à l'EE, nous pouvons recueillir les seuils ventilatoires [45]. Le premier seuil est le seuil « d'endurance », c'est à ce seuil que les réentraînements à l'effort se réalisent, c'est aussi à ce seuil-là que la plupart des individus travaillent. Le deuxième seuil est le seuil d'inadaptation ventilatoire, l'organisme va puiser dans ses ressources, ce seuil est avant tout destiné au sport.

Lorsque ces tests ne sont pas réalisables, nous avons vu qu'il existe des méthodes pour calculer une FC de travail à partir de la FC max et de repos. Ainsi et si cela est possible le sujet pourrait suivre sa FC de travail grâce à un cardiofréquencemètre. Toutefois, hors appareillage, l'indication la plus pertinente est le repérage du seuil d'apparition de la dyspnée (gêne respiratoire), c'est-à-dire le moment où, lors d'une activité, le sujet commence à percevoir un essoufflement, à ce moment-là le sujet travaillera à son premier seuil respiratoire.

Les séances se basent sur une intensité d'exercice, qui suivant sa valeur, pourra jouer un rôle totalement différent sur l'organisme, comme nous pouvons le voir ci-dessous [64] :

Tableau 10 : Zone d'intensité et bénéfice escompté de l'activité physique

Zone	Idéal pour	Bénéfice escompté	Intensité
Léger	Exercice léger	Maintient cardiaque	50-60% (VO <sub>2</sub> ou FC réserve)
Brûleur	Maigrir	Consommation lipides	60-70%
Base	Endurance de base	Augmentation endurance aérobie	70-80%
Amélioration	Condition physique	Maintient excellente condition physique	80-90%
Athlète	Entraînement intense	Maintient condition physique maximale	90-100%

Les séances d'aérobies sont souvent réalisées sous forme de marche ou sur bicyclette. Elles seront à réaliser à une fréquence de 3-5 fois par semaine. En dessous de 2 séances, peu d'améliorations sont notables. L'intensité, quant à elle sera comprise entre 50-80% de la FC max ou FC de réserve, ce qui correspond à 50-80% du VO<sub>2max</sub> [66]. Nous qualifions cette activité de modérée. La durée de l'exercice sera ajustée à la condition physique de base du sujet, mais une durée de 30 min peut être prescrite au démarrage. Cependant, cette durée peut être sectionnée en période de 10-15 min.

#### IV.2.2. Activité physique de résistance

L'entraînement en résistance consiste en la répétition de mouvement au niveau des grands groupes musculaires. Ces exercices peuvent être réalisés sur des machines ou via des bandes élastiques. Nous avons vu comment déterminer une 1RM. À partir de cette répétition maximale, nous pouvons créer des programmes d'entraînement [64].

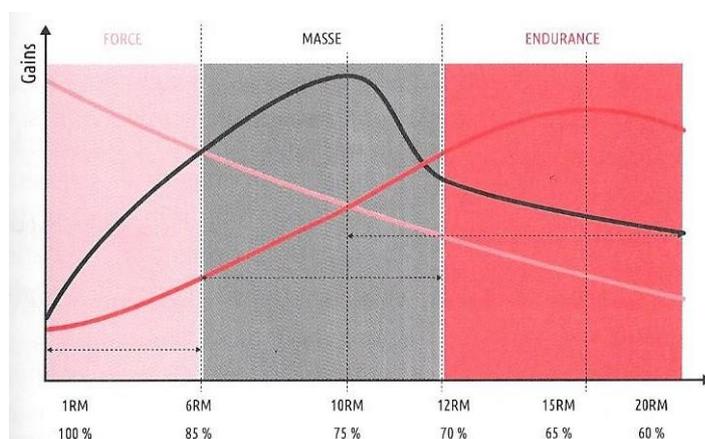


Figure 10 : Evolution du nombre de RM et gains escompté

La figure n°10 nous montre le pourcentage de RM, le nombre de répétition et le travail spécifique escompté : Force, Masse, Endurance.

Pour être plus objectif et plus parlant, voici un tableau récapitulatif des méthodes en fonction de l'objectif et du pourcentage maximum associé, tableau issu de Prevost et al [64].

Tableau 11 : Tableau général des méthodes en fonction de l'objectif et du % maximum associé

Objectif	% du maximum	Nombres de répétitions	Nombre de séries	Temps de récupération
Force maximale	100%	1	3	3
Puissance maximale	45-60%	6	4-6	3
Endurance	45-60%	≥ 15	3	2
Vitesse	20-30%	6	3	2

(Puissance = Force \* Vitesse)

Pour un travail en endurance, le sujet devra effectuer 3 séries de 15 répétitions à 45-60% de la RM, 2-3 fois par semaine [66]. Pour un travail en puissance, le sujet devra effectuer 4-6 séries de 6 répétitions à 45-60% de sa RM, 2-3 fois par semaine [66].

Pour qu'un programme en résistance soit efficace, il doit être adapté mais aussi pratiqué de manière régulière, et aussi être apprécié par la personne le pratiquant. Il est bon de suivre le réentraînement et de l'adapter si besoin. C'est pourquoi un suivi personnalisé est préconisé lors d'un réentraînement.

#### IV.2.3. Activité de souplesse et d'équilibre

Selon Reiss et Prévost [64] la souplesse est une qualité physique comme les autres. En conséquence, elle répond au mêmes caractéristiques d'entraînement, de programmation, de désentraînement etc.. Les étirements peuvent se faire de manière statique (pause en chaque étirement) ou cyclique (manière continue). Les étirements doivent être réalisés jusqu'à une douleur tolérable, cependant l'intensité de la douleur est très différente suivant les personnes.

La durée des étirements pour être au minimum de 20 secondes, sans dépasser 45 secondes.

Par la suite ce n'est pas la durée d'un étirement dans une séquence qui compte la durée totale : c'est-à-dire de 6\*10 s ou 3\*20 s donneront les mêmes résultats au niveau du gain d'amplitude.

En terme de répétition, la majorité des travaux penche pour 3-4 répétitions.

La fréquence jugée correcte par les chercheurs était au nombre de 3 par semaine.

Avant ou après l'effort, cela n'a guère d'importance en ce qui concerne l'amélioration de la souplesse.

Ces mêmes auteurs se sont intéressés aux exercices d'équilibre [64]. Les exercices d'équilibre peuvent compléter une séance d'AP, avec différents exercices de postures, réalisés sur des supports stables ou instables en alternant les yeux ouverts et fermés. Le maintien des postures ne doit pas excéder 3 min. Les exercices d'équilibre permettront une amélioration de la stabilité et de l'instabilité (mouvement dynamique), la prévention de certaines blessures (genou, dos...), amélioration de la capacité d'appui, de la réactivité musculaire.

### **IV.3. Suivi et évolution d'un programme d'activité physique**

Le suivi et pouvoir apprécier l'évolution d'un sujet lors d'un réentraînement à l'effort est extrêmement important. D'une part, le suivi permettra d'objectiver les performances du sujet et d'apprécier si l'entraînement est bien adapté. D'autre part, le suivi permet d'entretenir un lien avec le sujet, pour le conseiller et le motiver. L'évolution d'un entraînement comprend des adaptations qui vont être nécessaires pour que le sujet puisse continuer sa progression.

#### **IV.3.1. Suivi d'un programme d'activité physique**

De nos jours, un suivi d'activité peut être réalisé de manière simple, efficace et le recueil de données peut être incroyablement fournis. Plusieurs marques se distinguent depuis de nombreuses années : Polar, Garmin, Sunto etc... Le matériel qu'ils fournissent est sous forme de montres connectées. La montre, lors d'une activité permettra de récupérer bon nombres de données, en voici les principales :

- Le nombre de pas
- La distance de marche, de course ou de vélo
- La FC avec une indication des zones de travaux et le temps passé dans chacune de ces zones
- Le nombre de Kcal
- La durée du sommeil

Pour récupérer la FC, il était nécessaire de porter une ceinture de FC au niveau du torse et cela pour chaque exercice. Cependant, depuis 2017, de nombreux constructeurs inclus dans la montre un capteur de FC, ce qui permet un suivi au repos et à l'effort, sans porter de ceinture spécifique. Ces capteurs sont relativement fiables pour ce qui est des activités d'endurance de type continu, ils le sont moins pour les activités en intervalle-training (travail en haute et basse intensité).

Grâce aux données récoltées, nous pouvons vérifier l'intensité et la durée des entraînements du sujet et l'adapter si besoin, pour éviter tout sous ou surentraînement.

### IV.3.2. Evolution d'un programme d'activité physique

L'aptitude physique d'un individu dans le cadre d'un réentraînement à l'effort est amenée à être modifiée. Nous savons qu'avec l'entraînement, nous engendrons une modification de nos paramètres physiologiques [66] tels que :

- $VO_{2max}$  : amélioration de + 0-40% (en moyenne 15-20%)
- FC de repos : diminution de 1 battement par semaine le premier mois d'entraînement
- FC à l'effort : diminution globale de FC d'effort après une période d'entraînement (diminution de 10-30 battement par minute)
- FC max : inchangée avec l'entraînement
- FC de récupération : après un entraînement, la FC revient plus vite à la FC de repos

Comme nous pouvons le voir, avec l'entraînement, cela impacte la FC de repos et d'effort. En conséquence, cela peut changer la valeur d'entraînement de la FC. Les valeurs de FC d'effort diminuent avec l'entraînement, nous devons si l'entraînement est réalisé sur bicyclette majorer la puissance en watts pour maintenir un niveau de travail suffisant. La durée pourra être majorée tout au long de la période d'entraînement pour augmenter la capacité d'endurance. La FC de récupération est un bon marqueur d'entraînement et il est intéressant de le regarder chez les sujets. Ces adaptations doivent être réalisées pour permettre au sujet de poursuivre une amélioration pendant leur entraînement.

## V. Arrêt de l'entraînement et déconditionnement

---

L'arrêt de l'entraînement peut être multifactoriels : vacances, raisons professionnels, blessures... Cependant cet arrêt aura un impact sur l'aptitude physique d'un individu et sur sa reprise d'entraînement.

Les effets du désentraînement vont être multiples et toucher ainsi plusieurs systèmes [70-72].

### V.1. Système cardio-respiratoire

Sur le plan cardiaque, en terme de  $VO_{2max}$ , nous constatons une baisse rapide de 5% en 10-14 jours. En parallèle on note une diminution de la VMA. En effet, il existe une réduction du volume sanguin et plasmatique. La fréquence cardiaque aurait tendance à se majorer au repos et lors d'efforts sous-maximaux, cependant cela ne compensera pas la baisse du volume sanguin. Par ailleurs, la pression sanguine et les résistances périphériques s'élèveront.

Sur le plan respiratoire, il est noté une diminution de la ventilation maximale.

### V.2. Système métabolique

Avec l'arrêt sportif, nous allons avoir une utilisation du glucose moins productive ainsi qu'une réduction des réserves intra-musculaires. A contrario, il y aura une facilitation du stockage des graisses et la masse grasse augmentera même si le poids restera constant.

### V.3. Système musculaire

Un muscle est composé de fibres lentes et rapides. Les fibres lentes sont impliquées dans les activités aérobies d'intensité faible et de longue durée. Les fibres rapides sont utilisées dans les activités d'intensité élevée, et sont divisées en deux types les fibres IIA et IIB.

Si l'arrêt de l'entraînement est court (moins de 3 semaines), il n'y aura pas de changement des fibres musculaires. Cependant si l'arrêt se prolonge (2-3 mois), il se produira une augmentation des fibres lentes.

Au niveau de la taille des muscles, elle diminuera chez les athlètes à dominante force/vitesse, mais nous notons peu de changement chez les sportifs d'endurances.

A une plan petite taille, au niveau enzymatique, il y a une diminution de la production d'ATP, ce qui contribue à une diminution des qualités physiques peu importe le sport.

### V.4. Système mental/motivationnel

En effet, le déconditionnement peut jouer un rôle au niveau du moral et de la motivation. L'impact de l'activité physique avec la libération d'endorphine peut impacter au niveau du moral lors de l'arrêt de cette activité. De plus, devant la perte en aptitude physique qui est rapide et les difficultés lors de la reprise des entraînements cela peut avoir un impact

motivationnel. Il est donc important de connaître les modalités de reprise ou les modalités pour lutter contre les effets du désentraînement.

### **V.5. Lutter contre les effets du désentraînement**

Quelques études se sont intéressées aux modalités d'un maintien des aptitudes physiques [71, 72]. Deux protocoles s'en dégagent :

- Le premier consiste en une réduction de l'entraînement : il faudra maintenir l'intensité, cependant le volume pourra être réduit de 60% mais la fréquence de l'entraînement ne sera réduite que de 20-30%.
- Le second consiste en la réalisation d'un entraînement croisé. Cet entraînement vise en une activité alternative (souvent utilisé dans les blessures), mais peut être utilisé lors de vacance, c'est-à-dire utilisé des sports comme l'aqua-gym, la natation, le vélo, sport collectif etc..

L'arrêt de l'entraînement a des impacts rapides sur les différents systèmes du corps humain. En conséquence, il faut connaître ces impacts pour tenter de les limiter au maximum lors des périodes de plus faible entraînement, ou bien lors de reprises adapter les entraînements pour reprendre progressivement.

## VI. Barrières et facilitateurs à l'adhésion à l'activité physique chez les patients atteints de cancer

Il existe un manque d'engagement dans l'AP pour les personnes atteintes d'un cancer. Il peut exister différents types de barrières, cependant il existe aussi des moyens de les contrer.

La figure 11 nous le décrit et est issue de l'INCA [73] :

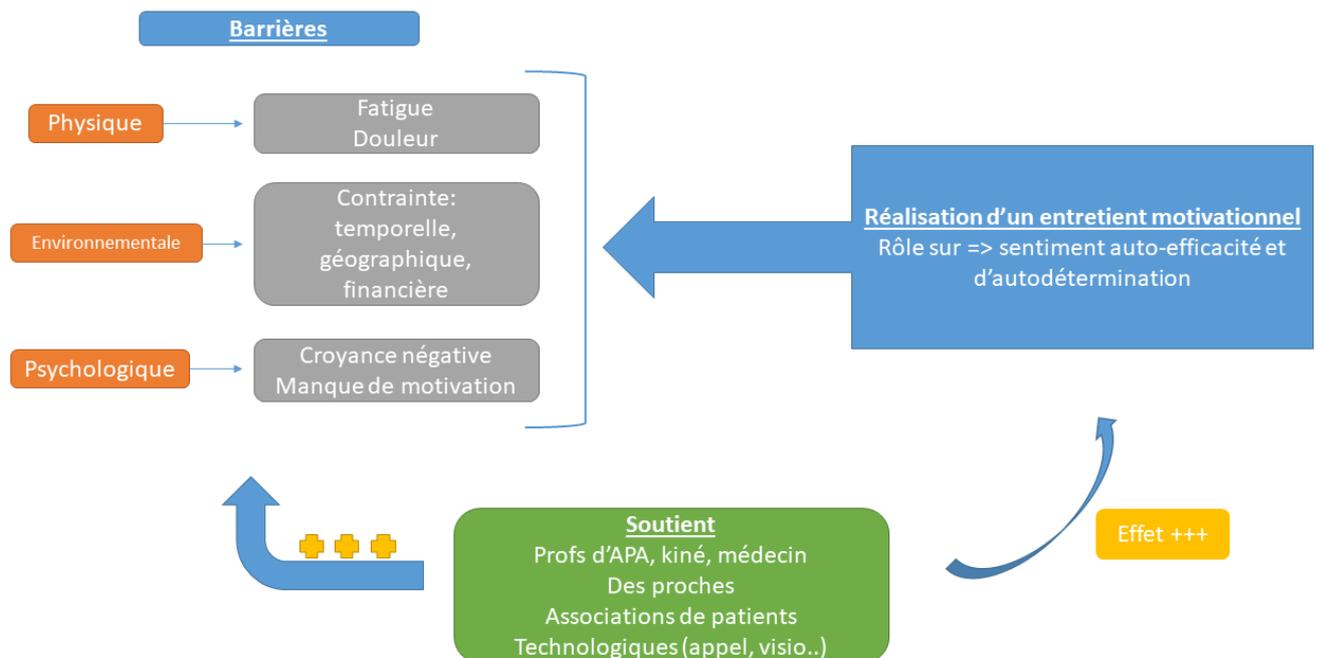


Figure 11 : Barrières et facilitateurs dans la pratique d'une AP dans le cancer

Une mise en place précoce sur la pratique et l'intérêt des AP en début du parcours de soin permettrait de mieux sensibiliser les patients. Ainsi, les croyances négatives pourraient être améliorées et les patients pourraient mieux percevoir les effets bénéfiques des AP. Une adaptation individualisée devra être réalisée pour chaque patiente pour répondre le mieux à leurs attentes et pour pouvoir en retirer le plus de bénéfices possibles.

Voici un schéma de l'INCA [73] pour encadrer les modalités de mise en œuvre d'une AP dans le parcours de soins en oncologie.

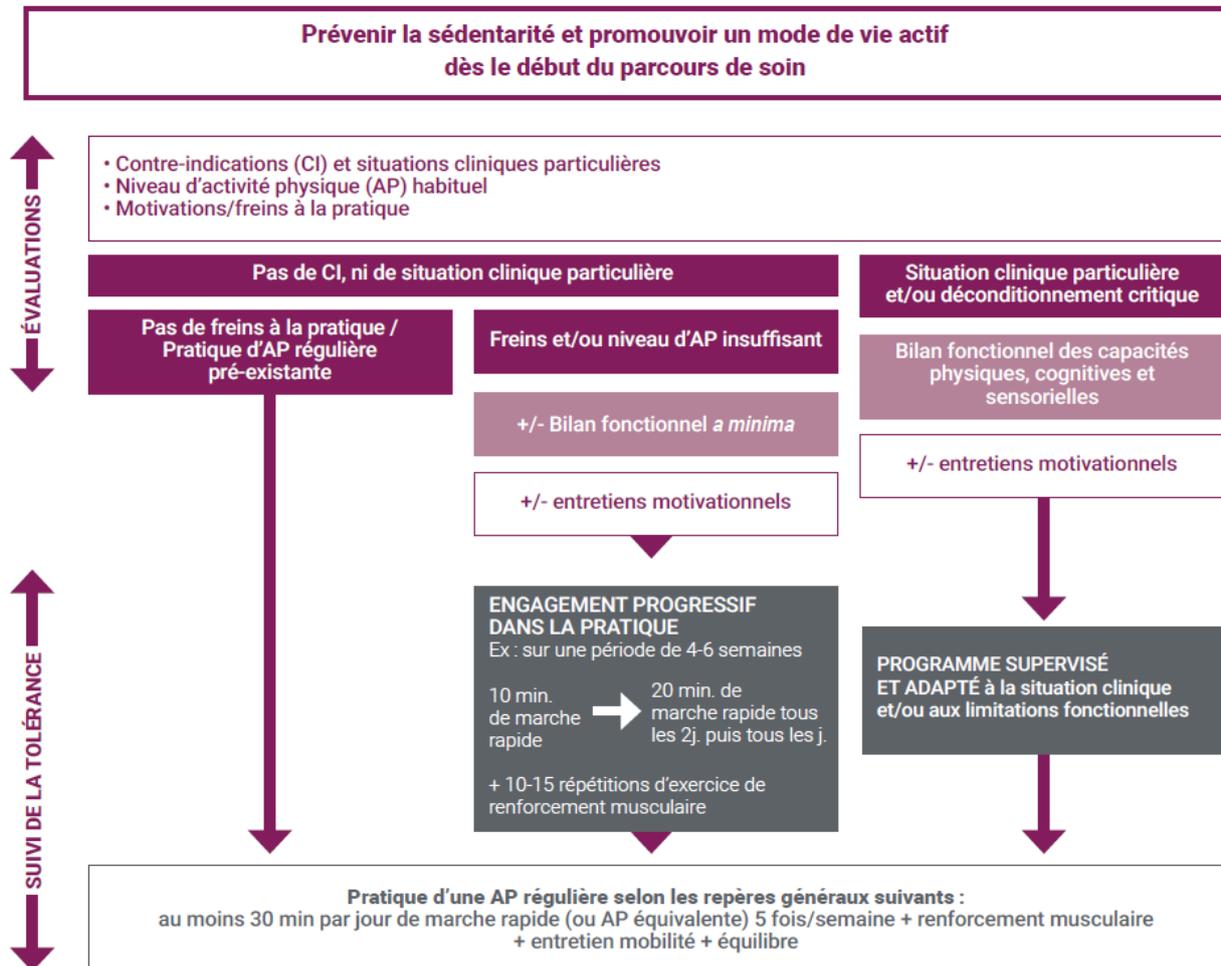


Figure 12 : Mise en œuvre d'une AP dans le parcours de soin en oncologie

### **Article scientifique**

**Original Article : CORRELATION BETWEEN CARDIOPULMONARY EXERCISE TEST AND SIX-MINUTE WALK TEST IN PATIENTS WITH BREAST CANCER (CPWT Study)**

**Running Title: BREAST CANCER: CARDIOPULMONARY EXERCISE TEST AND SIX-MINUTE WALK TEST**

**Thibault Cornette<sup>1</sup>, Elise Deluche<sup>1</sup>, François Vincent<sup>1</sup>, Sophie Leobon<sup>1</sup>, Laurence Venat-Bouvet<sup>1</sup>, Nicole Tubiana-Mathieu<sup>1</sup>.**

*<sup>1</sup>Department of Medical Oncology, University Hospital, Limoges, F-87042, France;*

**Corresponding author:** Thibault Cornette, Service d'Oncologie Médicale, CHU de Limoges,

2 avenue Martin Luther King, 87042 Limoges Cedex, France.

E-mail: cornette.thibault@gmail.com ou oncologie@chu-limoges.fr

Tel.: +33 5 55 05 61 00 / Fax: +33 5 55 05 63 98

## **ABSTRACT**

### **Background**

Physical activity during and after treatment is now well developed in oncology. However, the gold standard indicators of retraining is first ventilatory threshold found with cardiopulmonary exercise test (CPET). It would be interesting to see if correlations existed between CPET and a less expensive and more easily achievable test such as the 6-minute walked test (6MWT).

### **Method**

We used for our retrospective study (CPWT) two studies conducted at Limoges University Hospital (SAPA and APAC). The aim of these two studies was to determine the best time to perform physical activity compared group with physical activity (APA) and group control. All patients in this two studies performed CPET and 6MWT.

The primary endpoint of our CPTW study is the study of correlation between the heart rate (HR) of the first ventilator threshold in CPET and the HR of the last three minutes during the 6MWT (HR plateau). Secondary endpoint was to seek a correlation with oxygen consumption at VT and  $VO_{2peak}$  with walked distance of 6MWT, and correlations of these parameters with age and BMI.

### **Results**

For global group correlation, at baseline and after treatment correlation between HR plateau and HR at VT was moderately with  $R = 0.7$  IC [0.6;0.7] ( $P < .0001$ ). After treatment, highest result observed in group APA was strongly correlation with  $R = 0.8$  IC [0.7-0.9] ( $P < .0001$ ) and lower result for group control with moderately correlation:  $R = 0.6$  IC [0.3-0.8] ( $P < .0001$ ). The values on HR plateau and HR at VT analyzed between baseline and after treatment were very close for all group. For APA group, correlation with higher compared to control group no matter the age and time of correlation. Correlation were higher for APA group compared to control group after treatment if  $BMI < 25-29 \text{ kg/m}^2$  and were similar if  $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ .

### **Conclusions**

The first ventilatory threshold is the main element of physical activity programs. It is a safe and reliable training factor. Our study demonstrates that there are a correlation with HR at VT in CPET and HR plateau of 6MWT without difference in value obtained. This result is important from a clinical point of view but also practical, because the patricians can use HR plateau in the creation of physical activity program.

### **KEYWORDS**

Oxygen consumption - breast neoplasms - Exercise – Six-min walked test – cardiopulmonary exercise – physical activity

## INTRODUCTION / BACKGROUND

Breast cancer is the first diagnosed cancer in women around the world. Specific treatments of breast cancer improve survival, but also generate undesirable effects which will impact the quality of life, fatigue, muscular strength and aerobic fitness (1-6). To limit the harmful effects, many studies have looked at the effect of the adapted physical activity (APA) in breast cancer patients. The literature review has shown that physical activity during or after adjuvant therapy can reduce side effects and increase quality of life (7-11). The APA programs most include endurance sessions (on a bicycle or treadmill) and resistance sessions (with weights of elastic bands). During treatment, physical activity programs must be adapted to each patient to allow better adherence. Indeed, adherence in oncology can be difficult compared to the symptoms linked to treatments and can be very variable depending on the studies, ranging from 60-70% for activities at home (12-14) and 59-98% for activities in institutions (13-15). In addition, we noticed in one of our previous study (SAPA) that the intensity and duration of the exercises vary according to the cycles of chemotherapy (16).

To create an APA program and evaluate its impact on side effects and well being in patients, aerobic fitness must be correctly identified. The evaluation of aerobic fitness provides indicators of re-training and one of them is heart rate (HR) (17). Aerobic fitness assessments can be performed using different tests.

The gold standard and the most accurate test is the cardiopulmonary exercise testing (CPET). The interpretation of a CPET makes it possible to detect the first ventilatory threshold (VT) and its associated HR (18). The first VT is the threshold of aerobic endurance used in a rehabilitation program for cancer patients (16), diabetes (19), hemodialysis (20), heart failure (21) and COPD (22). Furthermore, a correlation between oxygen consumption ( $VO_{2peak}$ ), quality of life and survival has been shown on cancer survivors (23).

However, its realization is complex, expensive, with the need for sophisticated equipment and a specific infrastructure. These tests cannot be carried out on a large scale or repeatedly. On the other hand, a physiologist doctor must make its interpretation. The CPET is also not representative of a patient's functional capacity in real life (24).

It seems interesting to find a simple, reproducible and inexpensive test that could be correlated with the CPET. The Six-minute walk test (6MWT) seems the most appropriate test. 6MWT is used in many studies to assess the functional capacity of a patient and more particularly to permit a respiratory rehabilitation (25, 26). However, 6MWT is more easy, fast and requiring less human or financial resources.

These 2 tests were studied in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients and cardiac diseases with good correlations but not studied in patients with breast cancer with a

possible impact of disease and chemotherapy on these tests. Exercise limitations in COPD are not the same than in patients with breast cancer, indeed COPD was a respiratory diseases which evolves towards a systemic diseases (muscular, cardiac, endocrine, psychologic) (27). Before treatment, patients with breast cancer may have limitations due to age, comorbidities or sedentary lifestyle. However, after treatment, the reduction in exercise tolerance is linked to adjuvant treatments and to pathology (anemia, cardiopulmonary pathologies, reduction of cardiac output, reduction of quality and quantity of muscle) (28, 29).

It therefore seems interesting to look for correlations between these two tests. This would make it easier to create and implement suitable training in breast cancer and allow replacement of the CPET by 6MWT.

HR at the first VT used with indicator of training in seek people (19, 20, 22). This heart rate allows you to work on your endurance threshold and thus improve your aerobic fitness (30). Indeed, HR has several advantages such as monitoring via pulse oximeter or heart rate monitor, and its adaptation in the progression of the patient.

Our study will therefore seek to demonstrate whether there is a correlation between the HR at VT on CPET and HR at the 6MWT at baseline and after treatment of chemotherapy and radiotherapy more and less APA in patients with breast cancers. Our study used data registered in patients enrolled in two prospective studies performed to evaluate impact of APA program on VO<sub>2</sub>peak after specific cancer treatments.

## **MATERIALS AND METHODS**

### ***Setting and participants***

This retrospective study (CPWT) used data from patients included in two prospective studies: SAPA trial (Clinicaltrials.gov - NCT01322412) (16) and APAC trial (Clinicaltrials.gov - NCT0179561) (submitted) (31).

These two studies were conducted at Limoges University Hospital (France). Medical oncologists enrolled patients, explained the study and obtained written informed consent. Patients eligible for these two studies were women aged 18 to 75 years with early-stage breast cancer treated with chemotherapy (neoadjuvant or adjuvant) followed by radiotherapy. Patients received the same chemotherapy regimen. Six courses (3 FEC100 + 3 Taxotere) were administered every 21 days and trastuzumab for 12 months if the breast tumor was HER2 positive. Exclusion criteria were symptomatic cardiac or pulmonary disease, metastatic

disease, a left ventricular ejection fraction < 50%, ongoing treatment with beta-blockers, family history of sudden death in a first-degree or metastatic disease. Patients were randomized to perform or not an 6 months APA program very similar. The design of the 2 studies was different : the first one compared a group with APA and one without ; the second compared in 3 groups of patients the time of APA program :during or after or during and after specific cancer treatment.

This CPWT study was approved by the Ethics Committee of the Limoges hospital under the following number 379-2020-35.

### **Study design**

The details of the 2 studies were following:

The SAPA study was on open interventional single-center, prospective, two arm, randomized and phase III trial. This trial compared two groups :

- Group A: 6-month home-based APA program during adjuvant therapy.
- Group B: Control group received conventional management during adjuvant therapy.

Patients were randomized with 1:1 allocation to the APA group or control group without stratification. Forty-four patients were included in SAPA study, twenty two in APA group and twenty two in control group.

The APAC study was an open interventional single-center, prospective, three-arm, randomized and phase III trial. This trial compared three groups:

- Group A: 6-month home-based APA program during adjuvant or neo adjuvant therapy
- Group B: 6-month home-based APA program after adjuvant or neo adjuvant therapy
- Group C: 12-month home-based APA program during and after adjuvant or neo adjuvant therapy

Patients were randomized with 1:1:1 allocation to the APA group or control group without stratification. Eighty-four patients were including in APAC study.

All patients received the same nutrition counselling.

CPWT study included data of the 138 patients at baseline and after 6 months of specific treatments, fifty-three patients did not perform APA program during adjuvant treatment and eighty-five carried out an APA program during adjuvant treatment.

## **Tests used in SAPA and APAC studies**

### **Cardiopulmonary exercise test**

All patients performed a CPET to evaluate  $VO_{2peak}$ , heart rate at the ventilator threshold. The CPET were realized in according to guidelines for clinical and cancer populations (32). A 12-lead electrocardiographic monitoring (Corina, GE Medical Systems IT Inc, Milwaukee, WI, USA) was performed during the evaluation. All CPET was performed on an electronically braked cycle ergometer (Ergoline, model 900, Bitz, Germany) with breath by breath expired gas analysis (Vmax spectra metabolic cart, Model 29n, SensorMedics, Yorba Linda, CA, USA). The analysis of expired air allowed the determination of oxygen uptake ( $VO_2$ ), carbon dioxide production ( $VCO_2$ ), ventilation (VE), and respiratory exchange ratio (RER; $VCO_2/VO_2$ ) during rest and exercise period. Peak oxygen uptake was the highest oxygen uptake during exercise.

### **Six-minute walk test**

The six-minute walk test (6MWT) was performed twice according to the ATS guidelines and realized on a 25-m segment of a silent corridor (33). This test was supervised by a respiratory physiologist and patients were instructed to walk as quickly possible for up to 6 min and the total distance walked was notified. An oral notification every minute is made to the patient for the remaining time. The percentage of predicted 6MWT was calculated based on age and sex allowed by Enright's equation (34).

### **Body composition**

BMI was obtained from height and body mass using the formula  $BMI = \text{mass (kg)}/\text{height}^2 \text{ (m)}$ .

In SAPA and APAC study, all patients performed a CPET, a SMWT and an evaluation of body composition before chemotherapy at baseline and 6 months after specific treatments more and less performing APA program. The CPET performed at baseline determine  $VO_{2peak}$ , power and HR at the first VT. Thereafter, patients performed on bicycle ergometer at the HR of the first VT. From these studies we recovered the age, weight, height and BMI, characteristics of cancers and treatments and data of CPET and 6MWT.

And specifically from CPET, we recovered the HR at the first VT, the consumption oxygen on VT and  $VO_{2peak}$ . From 6MWT, we recovered the HR at the last three minutes, the distance performed in 6 min the theoretical distance for each patient.

## **Exercise training intervention**

In SAPA and APAC study, the same APA program was proposed to patients. An exercise specialist provided detailed information about the APA program adapted to each patient and evaluated home activity and patient fitness during each course of chemotherapy.

The intervention consisted of a home-based exercise program combining aerobic and resistance sessions. Aerobic exercises were to be performed a minimum of twice per week on bicycle ergometer. Intensity of the exercise was adapted to HR and power, as determined by the first VT of the CPET. Duration beginning was 20 min to achieve 40 min at the end of the program. The patients could also choose to perform brisk walking in addition to the bicycle. Resistance sessions was performed once a week on five muscle groups, including abdominal, hamstring, quadriceps, triceps, and surae and gluteus maximus using elastic bands. Each resistance training session consisted of two sets of 8-12 repetitions.

In SAPA study, aerobic exercise program  $\geq 70\%$  and resistance program  $\geq 70\%$  were performed respectively by 71% and 29% of patients.

In APAC study, aerobic exercise program  $\geq 85\%$  was performed by more than 75% of the patients whatever the time of APA program. Resistance training assessment was performed in 70 to 80% of patients.

## ***CPWT Study outcomes***

The main objective of our CPTW study is the study of correlation between the heart rate of the first VT in CPET and the HR of the last three minutes during the 6MWT.

## ***Secondary objectives***

Secondary objectives was to seek a correlation with oxygen consumption at VT and VO<sub>2</sub> peak with walked distance of 6MWT, and correlations of these parameters with age and BMI.

## ***Statistical analysis***

All data were collected and analyzed using STATVIEW software (SAS Institute, Cary, NC, USA) and R software (V.3.5.1; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). Quantitative results are expressed as mean  $\pm$  standard deviation or median (range), and qualitative results are expressed as numbers and percentages. Comparisons were made using

Student's t-test or the non-parametric Mann-Whitney U-test, as appropriate, for continuous outcomes. Correlations were assessed using Pearson's correlation coefficient analyses.  $P < 0.05$  was considered statistically significant.

## RESULTS

### ***Patient characteristics at baseline***

A total of 138 patients were enrolled in CPWT study (44 in SAPA and 94 in APAC) (Figure 1). Patient characteristics at baseline are presented in Table 1. The average age for patients was  $51.7 \pm 10.8$  years. Half of the patients presented a normal BMI but forty-six patients were in overweight. Stage II breast cancers were the most frequent.

All patients have received chemotherapy and 93% radiotherapy. Sixty-one percent of patient received APA program during these treatments.

### **Cardiopulmonary exercise test and 6-minute walked test assessment**

Patient results for CPET and 6MWT are presented in table 2.

The majority of patients have a normal theoretical walked distance at baseline and after treatment without difference before and after CT in the global group (respectively  $522.8 \pm 60$  m and  $530.3 \pm 58.4$  m ( $P = 0.33$ )). A significant walked distance increase was observed in the group APA from  $521.6 \pm 61.2$  m to  $539.1 \pm 59.9$  m ( $P = 0.0011$ ). Moreover, the group APA increased significantly their theoretical distance of walked with  $96.1 \pm 11.5$  % to  $99.7 \pm 11.1$  % ( $P < 0.0001$ ). Control group decreased significantly walked distance from  $524.6 \pm 8.4$  m to  $514.9 \pm 53.1$  m ( $P=0.03$ ). For all of our study groups, we didn't see a significant difference between T0 and T1 for the HR plateau.

For the CPET, no significant difference was noted for global group between baseline and after specific treatment.

Between T0 and T1, APA group increased significantly their  $VO_2$  at VT and  $VO_{2peak}$  with respectively:  $15.5 \pm 2.9$  ml.min<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup> to  $16.2 \pm 3.4$  ml.min<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup> ( $P = 0.009$ ) and  $21.2 \pm 4.5$  ml.min<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup> to  $22.6 \pm 5.2$  ml.min<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup> ( $P = 0.009$ ). The HR max in APA group increased significantly after treatment and APA program with  $153.5 \pm 15.7$  bpm to  $156.6 \pm 17.1$  bpm ( $P = 0.008$ ). For the control group we showed a significantly  $VO_{2peak}$  decrease between T0 and T1 with  $21.8 \pm 4.8$  ml.min<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup> to  $20.4 \pm 4$  ml.min<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup> ( $P = 0.0003$ ) and there is a stability for  $VO_2$  at VT. For

all of our study groups, we didn't see a significant difference between T0 and T1 for the HR at VT.

The values of HR plateau in 6MWT and HR at VT in CPET are very similar; at baseline or after treatment, the difference is one to two beats maximum.

Correlation with CPET and 6MWT in table 4 and figure 2,3,4,5,6,7.

### **Correlation of CPET and 6MWT and age**

An important parameter in terms of physical fitness is age of patients. We looked at the correlations between age and the results of these tests.

As shown in figure 2 and 3, a weak inverse correlation was observed between age and walked distance at baseline and after treatment for global group with respectively  $R = -0.4$  ( $P < 0.0001$ ) and  $R = -0.4$  ( $P < 0.0001$ ). As shown in figure 4-7, the same correlation was observed between age and walked distance at baseline and after treatment for APA group with  $R = -0.3$  ( $P = 0.0017$ ) and  $R = -0.4$  ( $P < 0.0001$ ) and for group without APA with  $R = -0.3$  ( $P < 0.0001$ ) and  $R = -0.4$  ( $P < 0.01$ ).

A weak inverse correlation was observed between age and  $VO_{2peak}$  at baseline and after treatment for global group with respectively  $R = -0.4$  ( $P < 0.0001$ ) and  $R = -0.3$  ( $P < 0.0002$ ). The same correlation was observed between age and  $VO_{2peak}$  at baseline and after treatment for APA group with  $R = -0.4$  ( $P = 0.001$ ) and  $R = -0.3$  ( $P < 0.0002$ ). A moderate inverse correlation was observed between age and  $VO_{2peak}$  at baseline for group without APA with  $R = -0.5$  ( $P < 0.0001$ ) and this correlation was weakly after treatment with  $R = -0.4$  ( $P = 0.014$ ).

A weak inverse correlation was observed between age and  $VO_2$  at VT at baseline and after treatment for global group with respectively  $R = -0.3$  ( $P < 0.0004$ ) and  $R = -0.2$  ( $P < 0.011$ ).

The same correlation was observed between age and  $VO_2$  at VT at baseline and after treatment for APA group with  $R = -0.3$  ( $P = 0.0085$ ) and  $R = -0.3$  ( $P < 0.02$ ) and for group without APA with  $R = -0.3$  ( $P = 0.021$ ) and  $R = -0.2$  ( $P = 0.195$ ).

### **Correlation of CPET and 6MWT and BMI**

A weak inverse correlation was observed between BMI and walked distance at baseline and after treatment for global group with respectively  $R = -0.4$  ( $P < 0.0001$ ) and  $R = -0.4$  ( $P < 0.0001$ ). A weak inverse correlation was observed between BMI and walked distance at baseline for APA group with  $R = -0.4$  ( $p < 0.0001$ ) and this correlation was moderate after treatment with  $R$

= -0.5 ( $P < 0.0001$ ). A weak inverse correlation was observed between BMI and walked distance at baseline and after treatment for group without APA with respectively  $R = -0.2$  ( $P = 0.14$ ) and  $R = -0.3$  ( $P < 0.59$ ).

A moderate inverse correlation was observed between BMI and  $VO_{2peak}$  at baseline and after treatment for global group with respectively  $R = -0.6$  ( $P < 0.0001$ ) and  $R = -0.6$  ( $P < 0.0001$ ). The same correlation was observed between age and  $VO_2$  at VT at baseline and after treatment for APA group with  $R = -0.6$  ( $P < 0.0001$ ) and  $R = -0.6$  ( $P < 0.0001$ ) and for group without APA with  $R = -0.5$  ( $P = 0.0002$ ) and  $R = -0.6$  ( $P < 0.0001$ ).

A moderate inverse correlation was observed between BMI and  $VO_2$  at VT at baseline and after treatment for global group with respectively  $R = -0.5$  ( $P < 0.0001$ ) and  $R = -0.5$  ( $P < 0.0001$ ). The same correlation was observed between age and  $VO_2$  at VT at baseline and after treatment for APA group with  $R = -0.6$  ( $P < 0.0001$ ) and  $R = -0.6$  ( $P < 0.0001$ ). A weak inverse correlation was observed between BMI and  $VO_2$  at VT at baseline and after treatment for group without APA with  $R = -0.4$  ( $P = 0.0019$ ) and  $R = -0.4$  ( $P < 0.0025$ ).

### **Correlations between Heart rate at VT (CPET) and HR plateau (6MWT)**

HR at VT found in CPET and HR plateau corresponding at HR in the last three minutes in 6MWT were compared.

At baseline, a significant positive correlation was observed between HR plateau and HR at VT with  $R = 0.7$  ( $P < 0.0001$ ). The same result were obtained after treatment with a difference in APA and no APA groups. A higher significant positive correlation was noted in APA group after treatment ( $R = 0.8$  ( $P < 0.0001$ )) and a lower positive correlation in control group ( $R = 0.6$  ( $P < 0.0001$ )).

### **Correlations between $VO_2$ at VT and peak and walked distance in 6MWT**

At baseline, a significant positive weak correlation was observed between correlation between  $VO_{2peak}$  and 6MWT in the global group ( $R = 0.3$ ;  $P < 0.0001$ ), but after treatment these positive correlation became moderate ( $R = 0.5$ ;  $P < 0.0001$ ). At baseline, a significant positive weak correlation was observed between  $VO_{2peak}$  and 6MWT in the APA group ( $R = 0.4$ ;  $P = 0.021$ ), but after treatment these positive correlation became moderate ( $R = 0.5$ ;  $P < 0.0001$ ). At baseline, a significant positive weak correlation was observed between correlation between  $VO_{2peak}$  and 6MWT in the group without APA ( $R = 0.3$ ;  $P = 0.0005$ ), but after treatment these positive correlation became moderate ( $R = 0.5$ ;  $P < 0.0007$ ).

At baseline, a significant positive weak correlation was observed between correlation between  $VO_2$  at VT and 6MWT in the global group ( $R = 0.26$ ;  $P = 0.0023$ ), but after treatment these positive correlation became moderate ( $R = 0.5$ ;  $P < 0.0001$ ). At baseline, a significant positive weak correlation was observed between correlation between  $VO_2$  at VT and 6MWT in the APA group ( $R = 0.3$ ;  $P = 0.0041$ ), but after treatment these positive correlation became moderate ( $R = 0.5$ ;  $P < 0.0001$ ). A positive weak correlation was observed between  $VO_2$  at VT and 6MWT at baseline and after treatment in the group without APA ( $R = 0.17$ ;  $P = 0.2$ ) and  $R = 0.3$  ( $P = 0.36$ ).

Correlation of CPET and 6MWT as a function of age or BMI in table 5.

### **Correlation of CPET and 6MWT as a function of age**

These correlations were studied in function of patient age and presented in table 5. Three age groups were studied basically before, after menopause and in old patients.

At baseline a significant moderate positive correlation was noted between HR plateau and HR at VT before 50 years and 50-69 years. After 70 years, a positive high correlation was noted at baseline but decrease after treatment. No statistical analysis was performed for group without APA given too few patients.

The correlation became stronger for young patients (<50 years old) after chemotherapy and APA with  $R = 0.9$  ( $P < 0.0001$ ), and moderate after chemotherapy alone with  $R = 0.5$  ( $P = 0.008$ ).

In patients 50-69 years old, the correlation became moderate with respective values for group with and without APA:  $R = 0.7$  ( $P < 0.0001$ ) and  $R = 0.6$  ( $P = 0.002$ ).

At baseline, a weak positive correlation was noted between  $VO_{2peak}$  and walked distance before 50 years and 50-69 years. After 70 years, a weak correlation was noted at baseline but increased after treatment. No statistical analysis was performed for group without APA given too few patients.

The correlation become stronger for young patients (<50 years old) in APA group with  $R = 0.5$  ( $P = 0.0032$ ).

In patients 50-69 years old, the correlation became stronger only for group without APA with  $R = 0.6$  ( $P = 0.002$ ).

### **Correlation of CPET and 6MWT as a function of BMI**

At baseline a significant moderate or higher positive correlation was noted between HR plateau and HR at VT for BMI < 25-29 kg/m<sup>2</sup> and BMI > 30 kg/m<sup>2</sup>.

The correlation became stronger for patients with BMI < 25-29 kg/m<sup>2</sup> after chemotherapy and APA with R = 0.9 (P < 0.0001), and moderate after chemotherapy alone with R = 0.5 (P = 0.007).

In patients BMI > 30 kg/m<sup>2</sup>, the correlation became moderate after treatment with respective values for group with and without APA: R = 0.7 (P < 0.0001) and R = 0.6 (P = 0.001).

At baseline, a weak positive correlation was noted between VO<sub>2peak</sub> and walked distance for BMI < 25-29 kg/m<sup>2</sup> and BMI > 30 kg/m<sup>2</sup>.

The correlation still weak after treatment for patients with BMI < 25-29 kg/m<sup>2</sup> and APA group with R = 0.4 (P = 0.005) and became moderate for group without APA with R = 0.5 (P = 0.02).

In patients BMI > 30 kg/m<sup>2</sup>, the correlation still weak after treatment with respective values for group with and without APA: R = 0.4 (P = 0.14) and R = 0.4 (P = 0.6).

### **DISCUSSION**

In the present study a positive inverse correlation between age, BMI and oxygen consumption or walked distance was weak or very weak.

A moderate but significant correlation between HR plateau on 6MWT and HR at the first VT in population in women with breast cancer was present before and after specific treatment. Moreover, it's interesting to note that HR plateau and HR at VT in CPET values were similar and differ by only one to two beats for all group, before or after treatment.

After APA program, CPWT study showed that APA group increase significantly their walked distance or VO<sub>2peak</sub>, compared to control group as described in the literature (5, 7, 35).

Inverse correlation between age and oxygen consumption or walked distance is was weak to very weak. In our study population, we do not find a correlation between age and CPET or 6MWT. In general, oxygen consumption decreases by 1% per year from the age of 30 years old in sedentary subjects (36).

BMI in our study was inversely correlated with  $VO_2$  at VT,  $VO_{2peak}$  and walked distance. Indeed, the measurement of  $VO_{2peak}$  is directly related to weight and expressed as a function of weight.

A study conducted by Tompuri et al (37) in children showed that the most interesting and the strongest correlation was between oxygen consumption and lean mass. This is because oxygen is extracted from the muscle, and a more lean mass permit a better oxygen consumption.

The most important result with a clinical impact is that HR plateau of the walk test corresponding to HR at the first ventilatory threshold determined by CPET

HT at VT is an important parameter because it is used in the creation of rehabilitation training programs in breast cancer (16), COPD (38), diabetes (19), hemodialysis (20) or heart failure (21). Trooster and al (39) in a population of COPD demonstrate that HR plateau were similar to the maximal HR at CPET, but COPD patients had several limitations (muscular, respiratory or cardiac) (27). It's very interesting to show in study of Sperandio and al (40) in healthy people, that HR at the last three minute in 6MWT corresponding at 80% of HR at maximum in CPET. In our study, the HR plateau in 6MWT corresponding at 83,7% of HR maximum in CPET at baseline and 83,9% after treatment. Our results of this study are closer to those of healthy people than pathological ones.

At baseline or after treatment we have the same correlation between HR plateau and HR at VT for global group. After treatment and for APA group we observe a stronger effect and a slight decrease for the group control.

The impact of APA generates a stronger link in the correlation between these CPET and 6MWT and makes it possible to suppose that for the APA group, HR plateau found in the 6MWT evolves alike that HR at VT in the CPET. It's interesting that we showed a same order of magnitude and great similarity in HR plateau and HR at VT at baseline and after treatment for all group.

We observe that even after treatment, and therefore even after the adverse events secondary to chemotherapy, the correlation between these two tests is still present and reliable. We can deduce that the 6MWT can be used for APA program independently of the time of treatment.

A weakly correlation was present between walked distance and  $VO_{2peak}$  in our study at baseline and this correlation was moderate after treatment whether in APA or not groups. Faced with this missing relationship, we have no relevant explanations.

Turner study's (41) showed in COPD population of  $64 \pm 7.5$  years old, a high correlation between walked distance and  $VO_{2peak}$   $R = 0.73$  with  $P < 0.001$ . But this study were composed

by 20 patients (15 men et 5 women). Our study were composed only by women, our sample was larger, and adaptations to physical activity were not the same (27-29). Further research will be required to understand the link between these two variables in breast cancer.

An interesting result was for correlation by age group. In fact, when we showed the result for age < 50 years old, group APA were stronger correlation while group without APA were moderate correlation. Benefiting from physical activity strengthens the link between these two variables and heart rate obtained in walking tests will be even more accurate for group who practice physical activity. Between 50-69 years old, correlation was still moderate for group APA and without APA.

Correlation between walked distance and  $VO_{2peak}$  was weakly at baseline and moderate after treatment for all group except control group were still weakly. It is confusing not to find better results according to the age groups. After treatment and for patient < 50 years old, in APA group correlation was higher than in group without APA and this relationship is reversed for the age group 50-69 years old. The benefits of physical activity would be more pronounced if they are achieved before age 50.

By BMI group < 25-29  $kg/m^2$ , we observed a higher positive correlation of HR plateau and HR at VT for APA group after treatment compared to control group. Physical activity during treatment allowed a better improvement on these two tests. The benefits of physical activity would be more pronounced if they are achieved with BMI < 25-29  $kg/m^2$ . When BMI > 30  $kg/m^2$ , the correlation after treatment for group with or without APA were still moderate.

A weakly relation for walked distance and  $VO_{2peak}$  for all group showed at baseline for BMI < 25-29  $kg/m^2$  or > 30 < 25-29  $kg/m^2$ . After treatment, moderate correlation showed only BMI < 25-29  $kg/m^2$  and for global and APA group.

As we have seen above, it would potentially make more sense to use lean mass rather than BMI to assess the relationship to walking distance or oxygen uptake.

The first ventilatory threshold is the main element of physical activity programs. It is a safe and reliable training factor. Our study demonstrates that there are a correlation with HR at VT in CPET and HR plateau of 6MWT without difference in values obtained. This correlation was more stronger if age > 50 years old and BMI < 25-29  $kg/m^2$  and for patients who practices physical activity during treatment. This result is important from a clinical point of view but also practical, with a possibility to use HR plateau in the creation of physical activity program.

## **Strenght of the study**

The strong points of our study are the originality and the search for parameters that can facilitate the creation of a training program. In addition, our study has a sufficient number of participants and our oncology treatments and retraining programs are relatively the same in our two studies. Statistics by age group and BMI have enabled us to acquire interesting data.

## **CONCLUSIONS**

More and more rehabilitation programs are implemented in oncology. The use of a simple, reliable and inexpensive test is important to program APA and to evaluate its impact. The average heart rate of the last three minutes of 6-minute walk test represent the basis for training. In fact, HR plateau corresponding to HR at VT so the endurance threshold, which is the main element of training programs. Adherence in oncology rehabilitation programs can vary widely depending on AP habitus and adverse events secondary of treatment. It is therefore important to create physical activity programs adapted to everyone. The 6MWT seems appropriate to find the respiratory threshold to then adapt the training to each.

## **DECLARATIONS**

### **Ethics approval and consent to participate**

### **Consent for publication**

### **Availability of data and materials**

### **Competing Interests**

## REFERENCES

1. Jonas Bergh P-EJn, Bengt Glimelius and Peter Nygren for the SBU-group. A Systematic Overview of Chemotherapy Effects in Breast Cancer. *Acta oncologica*. 2001;40:253–81.
2. Visovsky C. Muscle strength, body composition, and physical activity in women receiving chemotherapy for breast cancer. *Integrative cancer therapies*. 2006;5(3):183-91.
3. Hofman M, Ryan JL, Figueroa-Moseley CD, Jean-Pierre P, Morrow GR. Cancer-related fatigue: the scale of the problem. *The oncologist*. 2007;12 Suppl 1:4-10.
4. Irwin ML, Crumley D, McTiernan A, Bernstein L, Baumgartner R, Gilliland FD, et al. Physical activity levels before and after a diagnosis of breast carcinoma: the Health, Eating, Activity, and Lifestyle (HEAL) study. *Cancer*. 2003;97(7):1746-57.
5. Jones LW, Liang Y, Pituskin EN, Battaglini CL, Scott JM, Hornsby WE, et al. Effect of exercise training on peak oxygen consumption in patients with cancer: a meta-analysis. *The oncologist*. 2011;16(1):112-20.
6. Klassen O, Schmidt ME, Scharhag-Rosenberger F, Sorkin M, Ulrich CM, Schneeweiss A, et al. Cardiorespiratory fitness in breast cancer patients undergoing adjuvant therapy. *Acta oncologica*. 2014;53(10):1356-65.
7. Furmaniak AC, Menig M, Markes MH. Exercise for women receiving adjuvant therapy for breast cancer. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;9:CD005001.
8. Lahart IM, Metsios GS, Nevill AM, Carmichael AR. Physical activity for women with breast cancer after adjuvant therapy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;1:CD011292.
9. Gebruers N, Camberlin M, Theunissen F, Tjalma W, Verbelen H, Van Soom T, et al. The effect of training interventions on physical performance, quality of life, and fatigue in patients receiving breast cancer treatment: a systematic review. *Supportive care in cancer : official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*. 2019;27(1):109-22.
10. Coughlin SS, Caplan LS, Williams V. Home-based physical activity interventions for breast cancer patients receiving primary therapy: a systematic review. *Breast cancer research and treatment*. 2019;178(3):513-22.
11. Schmitz KH, Courneya KS, Matthews C, Demark-Wahnefried W, Galvao DA, Pinto BM, et al. American College of Sports Medicine roundtable on exercise guidelines for cancer survivors. *Medicine and science in sports and exercise*. 2010;42(7):1409-26.

12. Roanne Segal WE, Darren Johnson, Julie Smith, Sal Colletta, Jane Gayton, Stephanie Woodard, George Wells, and Robert Reid. Structured Exercise Improves Physical Functioning in Women With Stages I and II Breast Cancer: Results of a Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Oncology*. 2001;19:657-65.
13. Van Waart H, Buffart LM, Stuiver MM, Van Harten WH, Sonke GS, Aaronson NK. Adherence to and satisfaction with low-intensity physical activity and supervised moderate-high intensity exercise during chemotherapy for breast cancer. *Supportive care in cancer : official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*. 2020;28(5):2115-26.
14. Witlox L, Velthuis MJ, Boer JH, Steins Bisschop CN, Wall EV, Meulen W, et al. Attendance and compliance with an exercise program during localized breast cancer treatment in a randomized controlled trial: The PACT study. *PLoS One*. 2019;14(5):e0215517.
15. Courneya KS, Mackey JR, Bell GJ, Jones LW, Field CJ, Fairey AS. Randomized controlled trial of exercise training in postmenopausal breast cancer survivors: cardiopulmonary and quality of life outcomes. *Journal of clinical oncology : official journal of the American Society of Clinical Oncology*. 2003;21(9):1660-8.
16. Cornette Thibault FV, Stéphane Mandigout, Marie-Thérèse Antonini, Sophie Leobon, Laurence Venat, Sandrine Lavaud-Denes, Nicole Tubiana-Mathieu. Effets of home-based exercise training on VO<sub>2</sub> in breast cancer patients under adjuvant or neoadjuvant chemotherapy (SAPA) a randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2016;52:223-32.
17. Didier Reiss PP. *La bible de la préparation physique: Amphora*; 2013. 640 p.
18. R. Richard J-CV, J-P Speich, S. Beyhurst, E. Lonsdorfer-Wolf, S. Doutreleau. Réalisation et interprétation d'une épreuve d'effort avec analyse des échanges gazeux chez le sujet sain. *Propos cardiologie*. 2004:5-12.
19. Brun JF, Bordenave S, Ghanassia E, Picot MC, Jaussent A, Mercier J, et al. One year endurance training at the level of the ventilatory threshold in type-2 diabetics reduces by 50% health costs a randomized trial. *Science & Sports*. 2008;23(3-4):193-7.
20. Besnier F, Laruelle E, Genestier S, Gie S, Vigneau C, Carre F. [Effects of exercise training on ergocycle during hemodialysis in patients with end stage renal disease: relevance of the anaerobic threshold intensity]. *Nephrol Ther*. 2012;8(4):231-7.
21. N. Vibarel BL, P. Messner Pellenc, C. Prefaut. Effects of exercise training at the ventilatory threshold in subjects with chronic heart failure. *Science & Sports*. 2001;16:36-8.

22. Mandigout S, Antonini MT, Laforge Q, Lemaire F, Dalmay F, Bouteille B. Effects of training rehabilitation on the physical capacity of patients suffering from chronic obstructive pulmonary disease. *Science & Sports*. 2007;22(6):300-1.
23. van Weert E, Hoekstra-Weebers JE, May AM, Korstjens I, Ros WJ, van der Schans CP. The development of an evidence-based physical self-management rehabilitation programme for cancer survivors. *Patient Educ Couns*. 2008;71(2):169-90.
24. Andrew R. Houghton MH, Alan J. Cowley, John R. Hampton. Assessing exercise capacity, quality of life and haemodynamics in heartfailure: do the tests tell us the same thing? *Eur J Heart failure*. 2002;4:289-95.
25. Sherra Solway DB, Yves Lacasse and Scott Thomas. A Qualitative Systematic Overview of the Measurement Properties of Functional Walk Tests Used in the Cardiorespiratory Domain. *chest*. 2001;119:256-70.
26. S. Abdel Kafi GD. Le test de marche en réhabilitation respiratoire. *Revue des maladies respiratoires*. 2005;22:7S54-7S8.
27. Inserm. *Activité physique : contextes effets sur la santé*. 2008. p. 826.
28. F. Vincent NT-M. Cancer intolérance et activité physique. *Le nouveau cancérologue*. 2009;2:1-4.
29. Haykowsky MJ, Beaudry R, Brothers RM, Nelson MD, Sarma S, La Gerche A. Pathophysiology of exercise intolerance in breast cancer survivors with preserved left ventricular ejection fraction. *Clin Sci (Lond)*. 2016;130(24):2239-44.
30. Pillard F. Le seuil ventilatoire : état des connaissances physiologiques. *Revue des Maladies Respiratoires Actualités*. 2014;6(3):217-20.
31. F Vincent, E Deluche, J Bonis, S Leobon, M-T Antonini, C Laval, et al. Home-based physical activity in breast cancer patients and cardiorespiratory fitness during and or after chemotherapy. En cours de soumission 2020.
32. Jones LW, Eves ND, Haykowsky M, Joy AA, Douglas PS. Cardiorespiratory exercise testing in clinical oncology research: systematic review and practice recommendations. *The Lancet Oncology*. 2008;9(8):757-65.
33. Society AT. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2002;166:111–7.
34. ENRIGHT P, SHERRILL D. Reference Equations for the Six-Minute Walk in Healthy Adults. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 1998;158:1384–7.

35. McNeely ML, Campbell KL, Rowe BH, Klassen TP, Mackey JR, Courneya KS. Effects of exercise on breast cancer patients and survivors: a systematic review and meta-analysis. *CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne*. 2006;175(1):34-41.
36. W. Larry Kenney JHW, David L. Costill. *Physiologie du sport et de l'exercice*: Deboeck; 2017. 630 p.
37. Tompuri T, Lintu N, Savonen K, Laitinen T, Laaksonen D, Jaaskelainen J, et al. Measures of cardiorespiratory fitness in relation to measures of body size and composition among children. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2015;35(6):469-77.
38. Couillard A, Gouzi F, Vallet G, Desplan J, Préfaut C. Poster 12. *Revue des maladies respiratoires*. 2008;25(5).
39. Troosters T, Vilaro J, Rabinovich R, Casas A, Barbera JA, Rodriguez-Roisin R, et al. Physiological responses to the 6-min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *European Respiratory Journal*. 2002;20(3):564-9.
40. Sperandio EF, Arantes RL, Matheus AC, Silva RP, Lauria VT, Romiti M, et al. Intensity and physiological responses to the 6-minute walk test in middle-aged and older adults: a comparison with cardiopulmonary exercise testing. *Brazilian journal of medical and biological research = Revista brasileira de pesquisas medicas e biologicas*. 2015;48(4):349-53.
41. S Turner PE. Physiologic Responses to Incremental and self paced exercise in COPD. *Chest*. 2004;126:766-73.

**FIGURE AND TABLE LEGENDS**

**Figure 1. Flowchart**

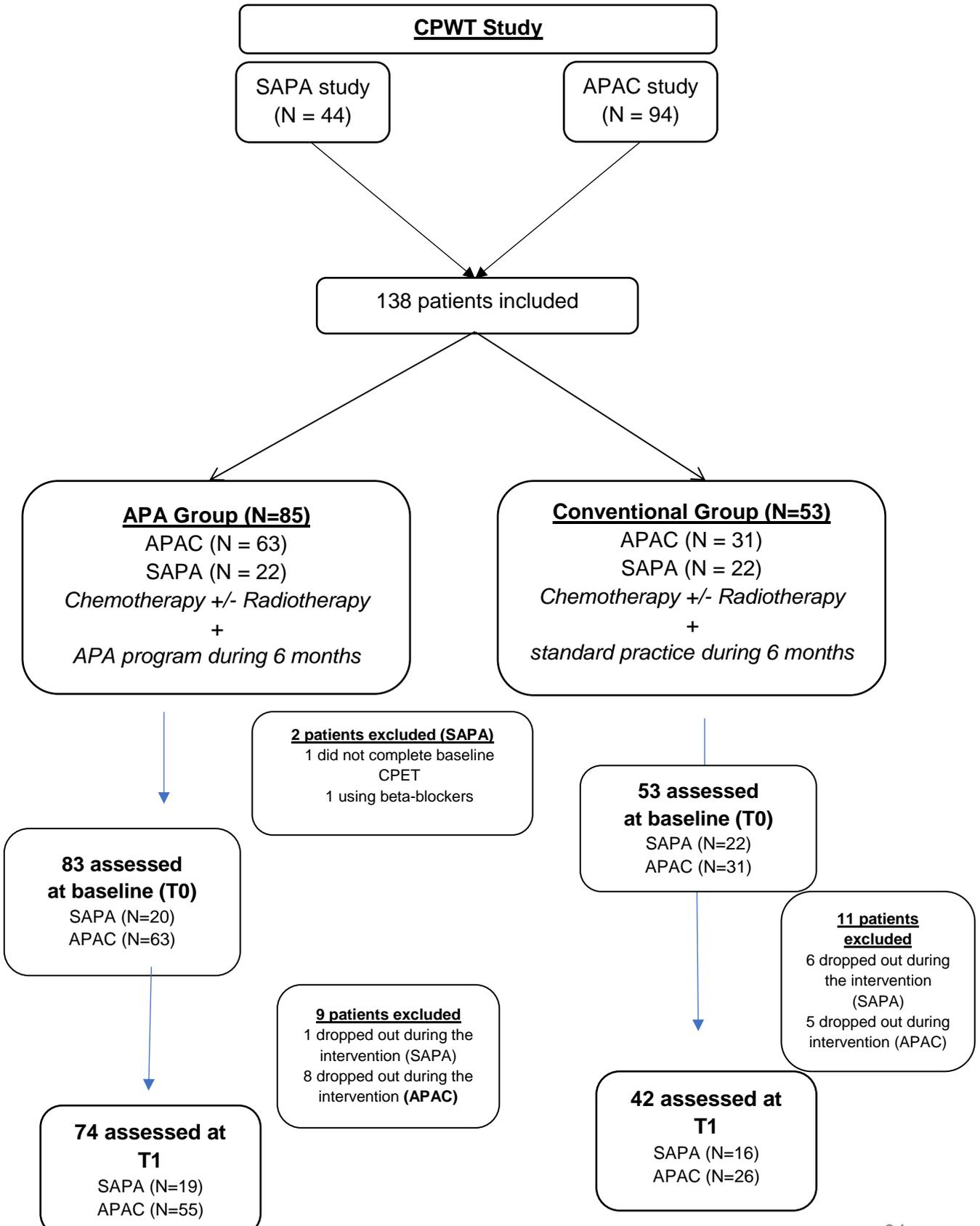


Figure 2. Correlation between CPET and 6MWT for global group at baseline

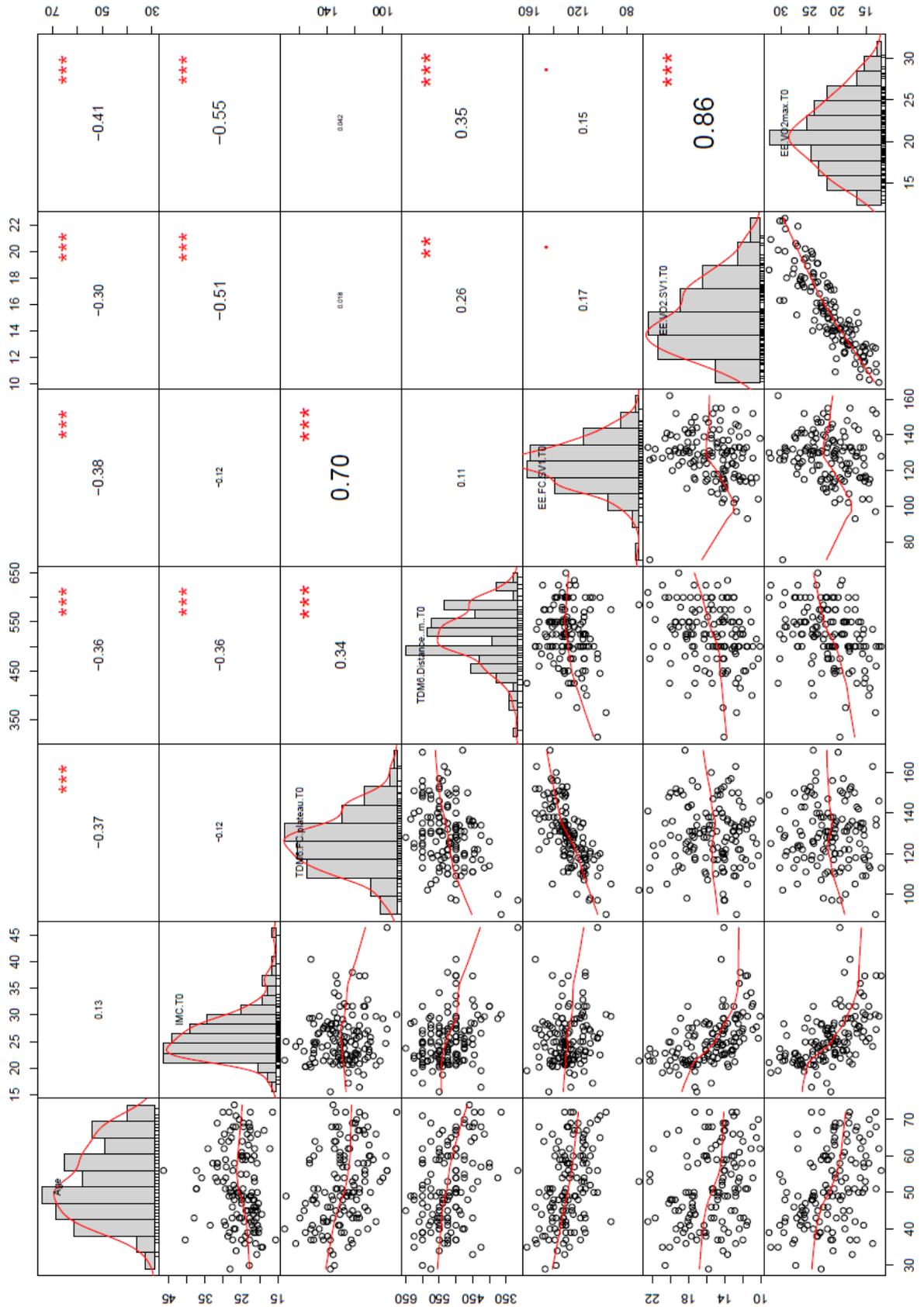


Figure 3. Correlation between CPET and 6MWT for global group after treatment

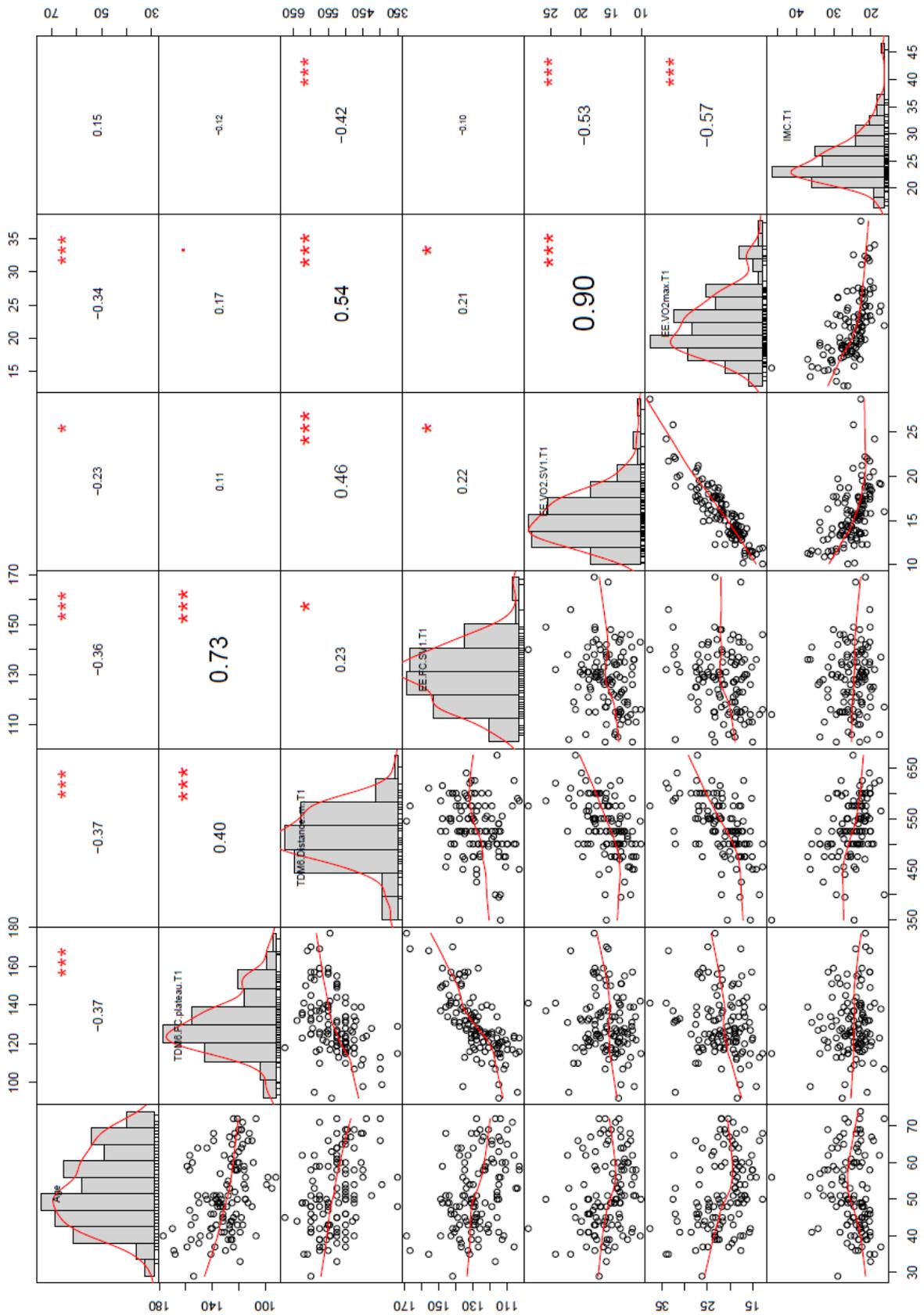


Figure 4 : Correlation between CPET and 6MWT for APA group at baseline

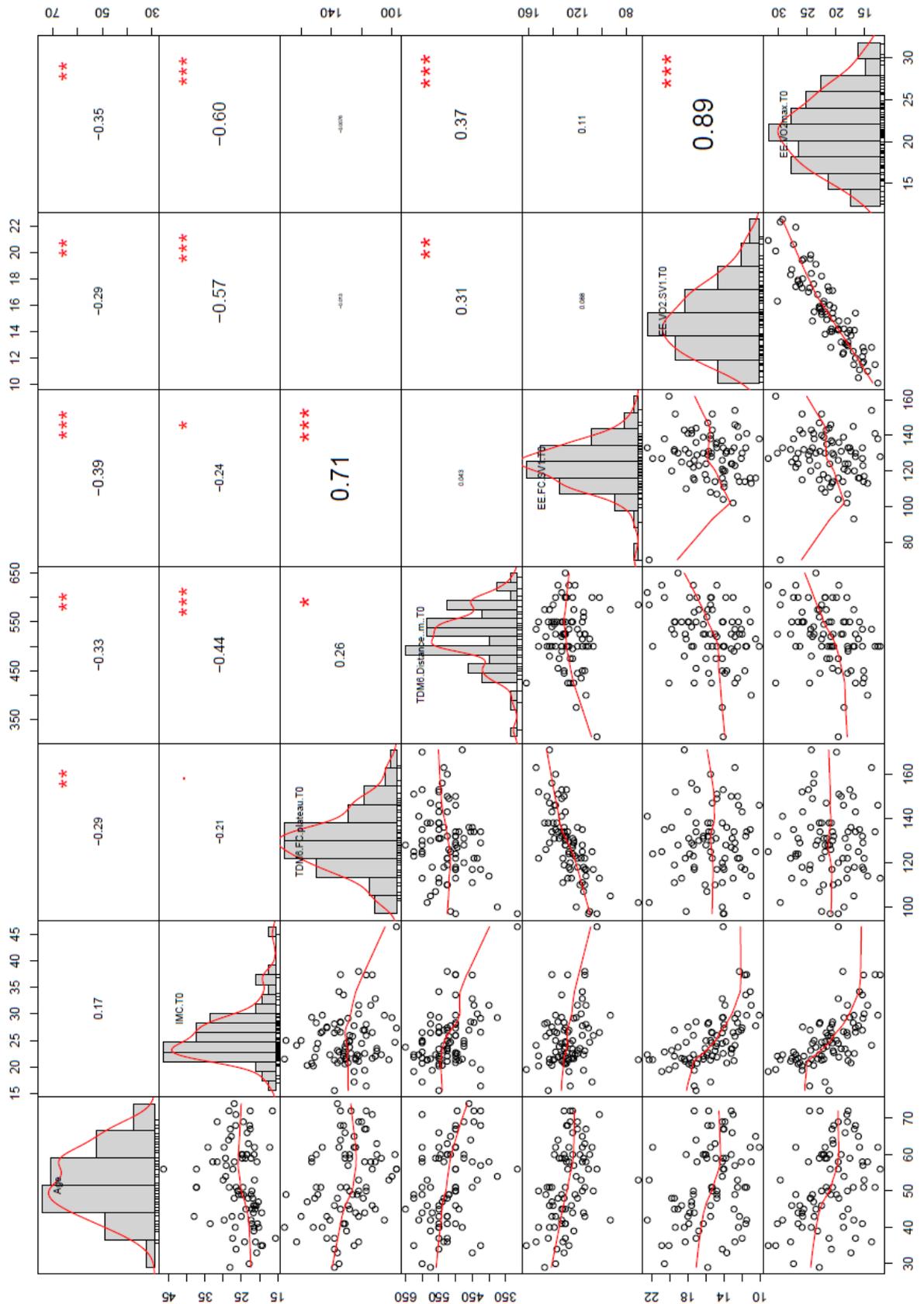


Figure 5 : Correlation between CPET and 6MWT for APA group after treatment

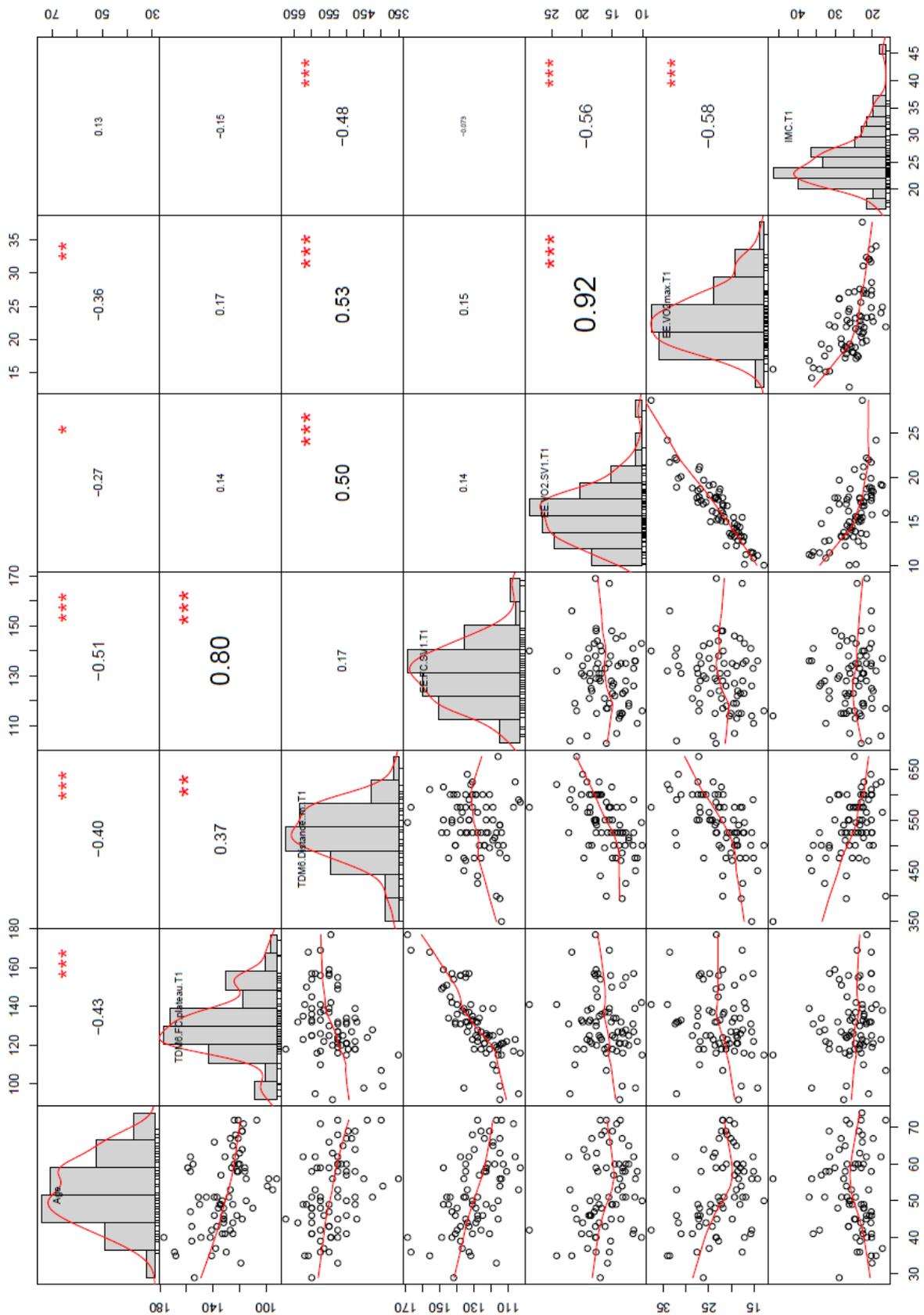


Figure 6 : Correlation between CPET and 6MWT for group without APA at baseline

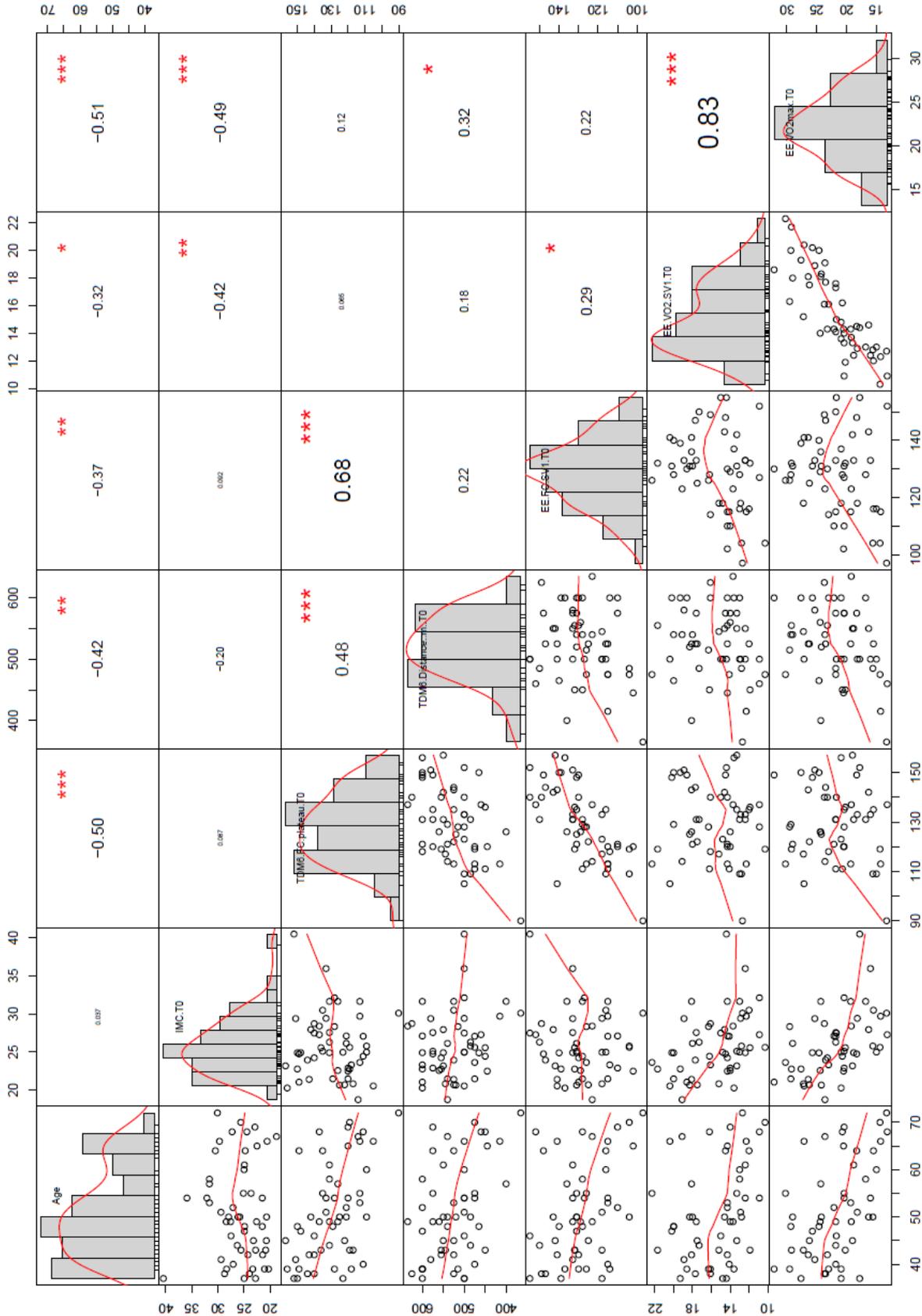
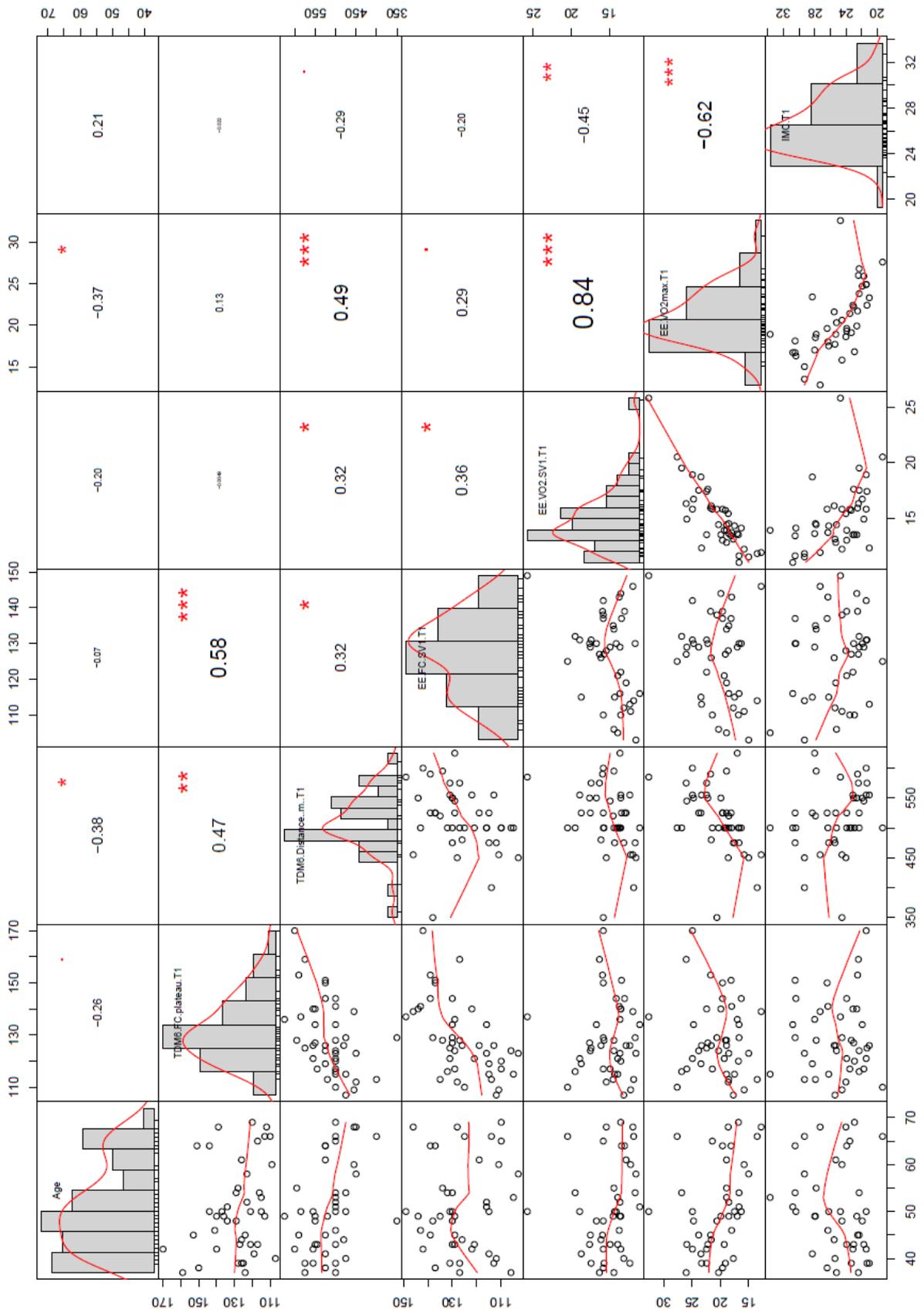


Figure 7 : Correlation between CPET and 6MWT for group without APA after treatment



**Table 1. Patient characteristics at baseline (N = 138)**

	<b>CPWT (N=138)</b>	<b>SAPA (N = 44)</b>	<b>APAC (N = 94)</b>
	(mean ± sd)	(mean ± sd)	(mean ± sd)
Age, years	51.7 ± 10.8	51.1 ± 10.4	51.9 ± 11.1
Weight, kg	67.4 ± 13	67.6 ± 13	67.3 ± 13.2
BMI, kg/m <sup>2</sup>	25.6 ± 4.8	25.6 ± 5	25.5 ± 4.8
	n(%)	n(%)	n(%)
<i>Skinny</i>	3 (2)	1 (2)	2 (2)
<i>Normal</i>	70 (51)	21 (48)	49 (52)
<i>Obese</i>	19 (14)	4 (9)	15 (16)
<i>Overweight</i>	46 (33)	18 (41)	28 (30)
Cancer stage			
<i>I</i>	23 (17)	3 (7)	20 (21)
<i>II</i>	97 (70)	32 (73)	65 (69)
<i>III</i>	17 (12)	9 (20)	8 (8)
Lumpectomy	95 (69)	31 (70)	64 (68)
Mastectomy	40 (29)	14 (32)	26 (28)
Axillary dissection	70 (51)	28 (64)	42 (45)
Bilateral	6 (4)	1 (2)	5 (5)
Medical history			
<i>Hypertension</i>	19 (14)	8 (18)	11 (12)
<i>Stoke</i>	2 (1.5)	1 (2)	1 (1)
<i>Phlebitis</i>	2 (1.5)	1 (2)	1 (1)

**Table 2: Cardiopulmonary exercise test and 6-minute walked test assessment**

	<b>T0 (global)</b>	<b>T0 (Group APA)</b>	<b>T0 (Group without APA)</b>	<b>T1 (global)</b>	<b>T1 (Group APA)</b>	<b>T1 (Group without APA)</b>
	<b>N = 138</b>	<b>N = 85</b>	<b>N = 53</b>	<b>N = 118</b>	<b>N = 74</b>	<b>N = 42</b>
<b>6MWT</b>						
HR plateau, bpm	129.3 ± 15.5	129.3 ± 16.1	129.3 ± 14.7	130.3 ± 16	131.2 ± 17	128.7 ± 14.3
Distance, m	522.8 ± 60	521.6 ± 61.2	524.6 ± 8.4	530.3 ± 58.4	<b>539.1 ± 59.9 £</b>	<b>514.9 ± 53.1 §</b>
Theoretical distance, %	96.1 ± 11.3	96.1 ± 11.5	95.9 ± 11.1	97.4 ± 11.1	<b>99.7 ± 11.1 ¶</b>	93.4 ± 10
<b>CPET</b>						
HR at VT, bpm	127.8 ± 14	127.5 ± 14.1	128.4 ± 13.9	128.2 ± 12.8	129.4 ± 13.2	126.2 ± 12
HR max	154.1 ± 15.7	153.5 ± 15.7	152.3 ± 13.6	155 ± 16	<b>156.6 ± 17.1 £</b>	152.3 ± 13.6
VO <sub>2</sub> at VT (ml.min <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> )	15.5 ± 2.9	15.5 ± 2.9	15.5 ± 3	15.8 v 3.3	<b>16.2 ± 3.4 £</b>	15 ± 2.8
VO <sub>2peak</sub> (ml.min <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> )	21.5 ± 4.6	21.2 ± 4.5	21.8 ± 4.8	21.8 ± 4.9	<b>22.6 ± 5.2 ¶</b>	<b>20.4 ± 4 ¶</b>

HR : Heart Rate ; VT : ventilatory threshold ; 6MWT : Six Minute Walked Test ; CPET : Cardiopulmonary Exercise Test ; VO<sub>2</sub> : maximal consumption on oxygen ; BMI : Body Mass Index.

Data are presented as mean ± SD

§ difference between the same group between baseline and T1 P < 0.05

£ difference between the same group between baseline and T1 P < 0.01

¶ difference between the same group between baseline and T1 P < 0.001

**Table 4: Correlation performed in our study at baseline and 6 month post treatment with or without program**

	<b>T0 (global) N = 138</b>	<b>T0 (Group APA) N = 85</b>	<b>T0 (Group without APA) N = 53</b>	<b>T1 (global) N = 118</b>	<b>T1 (Group APA) N = 85</b>	<b>T1 (Group without APA) N = 53</b>
<b>Parameters of correlation</b>	<b>R with IC and P</b>					
<i>Age - VO<sub>2peak</sub></i>	N = 136 -0.4 [-0.5;-0.3] (P<.0001)	N = 84 -0.4 [-0.5;-0.1] (P=0.001)	N = 52 -0.5 [-0.7;-0.3] (P<0.0001)	N = 117 -0.3 [-0.5;-0.3] P(<.0002)	N = 74 -0.4 [-0.5;-0.1] (P<.0014)	N = 43 -0.4 [-0.6;-0.1] (P=0.0148)
<i>Age - VO<sub>2</sub> at VT</i>	N = 134 -0.3 [-0.4;-0.1] (P<.0004)	N = 82 -0.3 [-0.5;-0.1] (P=0.0085)	N = 52 -0.3 [-.5;-0.05] (P=0.021)	N = 117 -0.2 [-0.4;- 0.1] (P<.0117)	N = 74 -0.3 [-0.5;-0.4] (P<.0211)	N = 43 -0.2 [-0.5;-0.1] (P=.1951)
<i>Age - Walked distance</i>	N = 138 -0.4 [-0.5;-0.2] (P<.0001)	N = 85 0.3 [-0.5;-0.1] (P=0.0017)	N = 53 -0.4 [-0.6;-0.2] (P=0.0017)	N = 118 -0.4 [-0.5;- 0.2] (P<.0001)	N = 75 -0.4 [-0.6;-0.2] (P<.0003)	N = 43 -0.4 [-0.6;-0.1] (P<0.0109)
<i>BMI - VO<sub>2peak</sub></i>	N = 136 -0.6 [-0.7;-0.4] (P<.0001)	N = 84 -0.6 [-0.7;-0.4] (P<0.0001)	N = 52 -0.5 [-0.7;-0.3] (P=0.0002)	N = 116 -0.6 [-0.7;- 0.4] (P<.0001)	N = 74 -0.6 [-0.7;-0.4] (P<.0001)	N = 42 -0.6 [-0.8;-0.4] (P<.0001)
<i>BMI - VO<sub>2</sub> at VT</i>	N = 134 -0.5 [-0.6;-0.4] (P<.0001)	N = 82 -0.6 [-0.7;-0.4] (P<0.0001)	N = 52 -0.4 [-0.6;-0.2] (P=0.0019)	N = 116 -0.5 [-0.6;- 0.4] (P<.0001)	N = 74 -0.6 [-0.7;-0.4] (P<.0001)	N = 42 -0.4 [-0.7;-0.2] (P<.0025)
<i>BMI - Walked distance</i>	N = 138 -0.4 [-0.5;-0.2] (P<.0001)	N = 85 -0.4 [-0.6;-0.3] (P<0.0001)	N = 53 -0.2 [-0.5;-0.1] (P = 0.14)	N = 117 -0.4 [-0.5;- 0.2] (P<.0001)	N = 75 -0.5 [-0.6;-0.3] (P<.0001)	N = 42 -0.3 [-0.5;0.012] (P<.0593)
<i>VO<sub>2peak</sub> - Walked distance</i>	N = 136 0.3 [0.2;0.5] (P<.0001)	N = 84 0.4 [0.2;0.5] (P=0.0005)	N = 52 0.3 [0.047;0.5] (P=0.021)	N = 117 0.5 [0.4;0.7] (P<.0001)	N = 74 0.5 [0.3 ;0.7] (P<.0001)	N = 43 0.5 [0.2 ;0.7] (P=0.0007)
<i>VO<sub>2</sub> at VT - Walked distance</i>	N = 134 0.26 [0.1;0.4] (P=0.0023)	N = 82 0.3 [0.1;0.5] (P=0.0041)	N = 52 0.17 [-0.1;0.4] (P=0.2)	N = 117 0.5 [0.3;0.6] (P<0.0001)	N = 74 0.5 [0.3;0.6] (P<0.0001)	N = 43 0.3 [0.02;0.6] (P=0.360)
<i>HR plateau - HR at VT</i>	N = 135 0.7 [0.6;0.8] (P<.0001)	N = 82 0.7 [0.6;0.8] (P<0.0001)	N = 53 0.7 [0.5;0.8] (P<0.0001)	N = 118 0.7 [0.6;0.8] (P<.0001)	N = 75 0.8 [0.7;0.9] (P<.0001)	N = 43 0.6 [0.3;0.8] (P<.0001)

R : correlation coefficient, IC : interval confidence ; BMI : body mass index ; HR : heart rate ; VT : ventilatory threshold ; APA : adapted physical activity.

**Table 5: Correlation performed between 6MWT and CPET by age group and for BMI**

	<b>T0 (global)</b> N = 138	<b>T0 (Group APA)</b> N = 85	<b>T0 (Group without APA)</b> N = 53	<b>T1 (global)</b> N = 118	<b>T1 (Group APA)</b> N = 74	<b>T1 (Group without APA)</b> N = 42
<b>Correlation between HR plateau in 6MWT and HR at VT in CPET</b>						
<b>Age, years</b>	<b>R with IC and P</b>					
<b>&lt; 50</b>	N = 62 0.7 [0.5;0.8] (P<0.0001)	N = 42 0.7 [0.4 ;0.8] (P<0.0001)	N = 26 0.6 [0.3 ;0.8] (P=0.0002)	N = 56 0.8 [0.6 ;0.9] (P<0.0001)	N = 34 0.9 [0.7 ;0.9] (P<0.0001)	N = 22 0.5 [0.2 ;0.8] (P=0.008)
<b>50-69</b>	N = 67 0.6 [0.4 ;0.7] (P<0.0001)	N = 42 0.7 [0.4 ;0.8] (P<0.0001)	N = 25 0.5 [0.2 ;0.8] (P=0.0063)	N = 58 0.6 [0.4 ;0.8] (P<0.0001)	N = 37 0.7 [0.4 ;0.8] (P<0.0001)	N = 21 0.6 [0.2 ;0.8] (P=0.0024)
<b>&gt;70</b>	N = 6 0.8 [-0.4 ;0.9] (P=0.06)	N = 4 0.8 [-0.7 ;0.9] (P=0.3)	ID	4 0.3 [-0.9 ;0.9] (P=0.7)	N = 4 0.3 [-0.9 ;0.9] (P=0.7)	ID
<b>BMI, kg/m<sup>2</sup></b>						
<b>&lt; 25-29</b>	N = 72 0.6 [0.4 ;0.8] (P<0.0001)	N = 46 0.7 [0.5 ;0.8] (P<0.0001)	N = 26 0.6 [0.2 ;0.8] (P=0.001)	N = 65 0.7 [0.7 ;0.8] (P<0.0001)	N = 42 0.9 [0.8-0.9] (P<0.0001)	N = 23 0.5 [0.2 ;0.7] (P=0.007)
<b>&gt;30</b>	N = 63 0.8 [0.6 ;0.8] (P<0.0001)	N = 36 0.8 [0.6 ;0.9] (P<0.0001)	N = 27 0.8 [0.6 ;0.9] (P<0.0001)	N = 52 0.7 [0.5 ;0.8] (P<0.0001)	N = 33 0.7 [0.4 ;0.8] (P<0.0001)	N = 19 0.7 [0.3 ;0.9] (P=0.0014)
<b>Correlation between Vo<sub>2peak</sub> - Walked distance</b>						
<b>Age, years</b>	<b>R with IC and P</b>					
<b>&lt; 50</b>	N = 64 0.2 [-0.07 ;0.4] (P<0.2)	N = 38 0.2 [-0.2 ;0.5] (P=0.3)	N = 26 0.2 [-0.2 ;0.5] (P=0.34)	N = 55 0.5 [0.3 ;0.7] (P<0.0001)	N = 33 0.5 [0.2 ;0.7] (P=0.032)	N = 22 0.3 [-0.2 ;0.6] (P=0.2)
<b>50-69</b>	N = 66 0.3 [0.01 ;0.5] (P=0.4)	N = 42 0.4 [0.1 ;0.6] (P=0.01)	N = 24 0.02 [-0.4 ;0.4] (P=0.9)	N = 58 0.5 [0.3 ;0.7] (P<0.0001)	N = 37 0.4 [0.1 ;0.7] (P=0.005)	N = 21 0.6 [0.2 ;0.8] (P=0.002)
<b>&gt;70</b>	N = 6 0.04 [-0.8 ;0.8] (P=0.94)	N = 4 -0.8 [-0.9 ;0.6] (P=0.2)	ID	N = 4 -0.9 [-0.9 ;-0.2] (P=0.03)	N = 4 -0.9 [-0.9 ;-0.2] (P=0.03)	ID
<b>BMI, kg/m<sup>2</sup></b>						
<b>&lt; 25-29</b>	N = 72 0.2 [-0.05 ;0.4] (P=0.113)	N = 47 0.2 [-0.05 ;0.5] (P=0.11)	N = 25 0.1 [-0.3 ;0.5] (P=0.7)	N = 64 0.5 [0.3 ;0.6] (P<0.0001)	N = 41 0.4 [0.1 ;0.7] (P=0.005)	N = 23 0.5 [0.08 ;0.7] (P=0.02)
<b>&gt;30</b>	N = 64 0.3 [0.04 ;0.5] (P=0.02)	N = 37 0.2 [-0.12 ;0.5] (P=0.21)	N = 27 0.3 [-0.05 ;0.6] (P=0.09)	N = 52 0.4 [0.2 ;0.6] (P=0.0012)	N = 33 0.4 [0.1 ;0.7] (P=0.14)	N = 19 0.4 [-0.02 ;0.7] (P=0.6)

N : number of patient ; R : correlation coefficient ; IC : interval confidence ; BMI : body mass index ; HR : heart rate ; VT : ventilatory threshold

APA: adapted physical activity; CPET: cardiopulmonary exercise test; 6MWT: Six-min walked test; ID: insufficient data; VO<sub>2peak</sub>: oxygen consumption at peak

## Références bibliographiques

---

1. Santé, H.A.d., *Guide de promotion, consultation et prescription médicale d'activité physique et sportive pour la santé*. 2019: p. 109.
2. Agence National de Sécurité Sanitaire, A., Environnement, Travail, *Actualisation des repères du PNNS : Révisions des repères relatifs à l'activité physique et la sédentarité*. Rapport d'expertise collective, 2016.
3. Ministère des Sports, I., *Les pratiques sportives en France*. 2002: Editions Insep.
4. INSEE, *Pratiques physiques ou sportives des femmes et des hommes : des rapprochements mais aussi des différences qui persistent*. 2017. **N°1675**.
5. (INJEP), I.N.d.I.J.e.d.I.E.P., *Baromètre national des pratiques sportives 2018*. INEP Notes et Rapports, 2019: p. 90.
6. (Esen)., E.d.s.e.d.é.n., *Etude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban 2014-2016)*. . 2017.
7. Inserm, *Activité physique : contextes effets sur la santé*. 2008. p. 826.
8. (OMS), O.m.d.I.s., *Recommandation mondiale sur l'activité physique pour la santé*. 2010.
9. American college of Sports, M., Riebe D, Ehrman JK, Liguori G, Magal M., *ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription*. Wolters Kluwer, 2018.
10. Research, W.C.R.F.-A.I.f.C., *Food, Nutrition, physical activity, and the prevention of cancer*. 2007.
11. International, W.C.R.F., *The associations between food, nutrition, and physical activity and the risk of breast cancer*. 2017.
12. Services, D.o.H.a.H., *2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report*. 2018.
13. Santé, O.M.d.I., *Stratégie sur l'activité physique 2016-2025*. 2015: p. 31.
14. Cancer, I.N.d., *Estimations nationales de l'incidence et de la mortalité par cancer en France métropolitaine entre 1990 2018*. 2019. **Volume 1 : Tumeurs solides**: p. 372.
15. Cancer, I.A.f.R.o. 2020; Available from: <https://www.iarc.fr/fr/>.
16. P.Atlan, *Travail de nuit et risque de cancer*. Anses • Bulletin de veille scientifique, 2011. **15**.
17. Montazeri, A., et al., *Quality of life in patients with breast cancer before and after diagnosis: an eighteen months follow-up study*. BMC Cancer, 2008. **8**: p. 330.
18. Montazeri, A., *Health-related quality of life in breast cancer patients : A bibliographic review of the litterature from 1974 to 2007*. Journal of Experimental & Clinical Cancer, 2008.
19. Kluthcovsky, A. and B. Urbanetz, *Quality of file in breast cancer survivors compared to healthy women*. Rev Bras Genicol Obstet, 2012. **34**: p. 453-458.
20. Collaboration, T.C., *Exercise for the management*. 2012.
21. Sitzia, J. and L. Huggins, *Side effects of cyclophosphamide, methotrexate, and 5-fluorouracil (CMF) chemotherapy for breast cancer*. Cancer Pract, 1998. **6**(1): p. 13-21.
22. Research, W.C.R.F.A.I.o.C., *Physical-activity and the risk of cancer*. 2018.
23. Irwin, M.L., et al., *Physical activity levels before and after a diagnosis of breast carcinoma: the Health, Eating, Activity, and Lifestyle (HEAL) study*. Cancer, 2003. **97**(7): p. 1746-57.
24. Furmaniak, A.C., M. Menig, and M.H. Markes, *Exercise for women receiving adjuvant therapy for breast cancer*. Cochrane Database Syst Rev, 2016. **9**: p. CD005001.
25. Gebruers, N., et al., *The effect of training interventions on physical performance, quality of life, and fatigue in patients receiving breast cancer treatment: a systematic review*. Support Care Cancer, 2019. **27**(1): p. 109-122.
26. Coughlin, S.S., L.S. Caplan, and V. Williams, *Home-based physical activity interventions for breast cancer patients receiving primary therapy: a systematic review*. Breast Cancer Res Treat, 2019. **178**(3): p. 513-522.

27. Donmez, A.A. and S. Kapucu, *The effectiveness of a clinical and home-based physical activity program and simple lymphatic drainage in the prevention of breast cancer-related lymphedema: A prospective randomized controlled study*. Eur J Oncol Nurs, 2017. **31**: p. 12-21.
28. Lahart, I.M., et al., *Physical activity for women with breast cancer after adjuvant therapy*. Cochrane Database Syst Rev, 2018. **1**: p. CD011292.
29. Cornette Thibault, F.V., Stéphane Mandigout, Marie-Thérèse Antonini, Sophie Leobon, Laurence Venat, Sandrine Lavaud-Denes, Nicole Tubiana-Mathieu, *Effets of home-based exercise training on VO2 in breast cancer patients under adjuvant or neoadjuvant chemotherapy (SAPA) a randomized controlled trial*. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 2016. **52**: p. 223-232.
30. Kirkham, A.A., et al., *Maintenance of Fitness and Quality-of-Life Benefits From Supervised Exercise Offered as Supportive Care for Breast Cancer*. J Natl Compr Canc Netw, 2019. **17**(6): p. 695-702.
31. Santé, H.A.d.l., *Prescription d'activité physique et sportive Cancers sein, colorectale, prostate*. 2019.
32. INSERM, *Activité Physique Maladies Chroniques*. 2019.
33. Blanchard, C.M., et al., *Cancer survivors' adherence to lifestyle behavior recommendations and associations with health-related quality of life: results from the American Cancer Society's SCS-II*. J Clin Oncol, 2008. **26**(13): p. 2198-204.
34. Mason C, A.C., Smith AW, Wang CY, Neuhouser ML, Duggan C, et al., *Long Term Physical Activity Trends in Breast Cancer Survivors*. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev, 2013. **22**: p. 1153-61.
35. Daley, A.J., et al., *Determinants of adherence to exercise in women treated for breast cancer*. Eur J Oncol Nurs, 2007. **11**(5): p. 392-9.
36. Huang, H.P., et al., *Adherence to prescribed exercise time and intensity declines as the exercise program proceeds: findings from women under treatment for breast cancer*. Support Care Cancer, 2015. **23**(7): p. 2061-71.
37. Kirkham, A.A., et al., *"Chemotherapy-periodized" Exercise to Accommodate for Cyclical Variation in Fatigue*. Med Sci Sports Exerc, 2020. **52**(2): p. 278-286.
38. Roanne Segal, W.E., Darren Johnson, Julie Smith, Sal Colletta, Jane Gayton, Stephanie Woodard, George Wells, and Robert Reid, *Structured Exercise Improves Physical Functioning in Women With Stages I and II Breast Cancer: Results of a Randomized Controlled Trial*. Journal of Clinical Oncology, 2001. **19**: p. 657-665.
39. Van Waart, H., et al., *Adherence to and satisfaction with low-intensity physical activity and supervised moderate-high intensity exercise during chemotherapy for breast cancer*. Support Care Cancer, 2020. **28**(5): p. 2115-2126.
40. Witlox, L., et al., *Attendance and compliance with an exercise program during localized breast cancer treatment in a randomized controlled trial: The PACT study*. PLoS One, 2019. **14**(5): p. e0215517.
41. Courneya, K.S., et al., *Randomized controlled trial of exercise training in postmenopausal breast cancer survivors: cardiopulmonary and quality of life outcomes*. J Clin Oncol, 2003. **21**(9): p. 1660-8.
42. van Waart, H., et al., *Why do patients choose (not) to participate in an exercise trial during adjuvant chemotherapy for breast cancer?* Psychooncology, 2016. **25**(8): p. 964-70.
43. Sturgeon, K.M., et al., *Patient preference and timing for exercise in breast cancer care*. Support Care Cancer, 2018. **26**(2): p. 507-514.
44. français, C.m.d.C.n.o.e.s., *Médicosport Santé Le dictionnaire à visée médicale des disciplines sportives*. 2017.
45. Richard.R, C.F., *Coeur et nouveauté en épreuve de VO2*. Revue de presse internationale 2004: p. 1-47.
46. B. Aguilaniu<sup>1</sup>, R.R., F. Costes<sup>3</sup>, F. Bart<sup>4</sup>, Y. Martinat<sup>5</sup>, B. Stach<sup>6</sup>, A. Denjean<sup>7</sup>, *Méthodologie et Pratique de l'Exploration Fonctionnelle à l'eXercice (EFX)*. Rev Mal Respir, 2007. **24**: p. 2S111-2S160.

47. Ryhming, A.e., *A nomogram for calculation of aerobic capacity from pulse rate during submaximal work*. Journal of Applied Physiology, 1954. **11**: p. 218-221.
48. MAJ Kenneth H. Cooper, M., USAF, *A means of assessing maximal oxygen intake*. JAMA, 1968. **203**.
49. Margaria, R., P. Aghemo, and E. Rovelli, *Indirect determination of maximal O2 consumption in man*. J Appl Physiol, 1965. **20**(5): p. 1070-3.
50. Leger, L. and R. Boucher, *An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montreal track test*. Can J Appl Sport Sci, 1980. **5**(2): p. 77-84.
51. Leger, L. and D. Mercier, *Gross energy cost of horizontal treadmill and track running*. Sports Med, 1984. **1**(4): p. 270-7.
52. Leger, L.A. and J. Lambert, *A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO2 max*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1982. **49**(1): p. 1-12.
53. Leger, L.A., et al., *The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness*. J Sports Sci, 1988. **6**(2): p. 93-101.
54. Mombiedro C., L.L.A., Cazorla G.A., Delgado M., Gutierrez A., Prost A., Roy J.Y., *Validité du test de course-navette de 20 metres pour predire le VO2max d'athletes d'endurance*. Science et Motricité, 1992. **17**: p. 3-10.
55. American Thoracic, S. and P. American College of Chest, *ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing*. Am J Respir Crit Care Med, 2003. **167**(2): p. 211-77.
56. S. Abdel Kafi, G.D., *Le test de marche en réhabilitation respiratoire*. Rev Mal Respir 2005. **22**: p. 7S54-7S58.
57. Sally J Singh, M.D.L.M., Shona Scott, Denise Walters, Adrienne E Hardman, *Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction*. Thorax, 1992. **47**: p. 1019-1024.
58. D. Veale, C.P., *Le test de la navette*. Rev Mal Respir, 2005. **22**: p. 7559-62.
59. S M Reville, M.L.M., S J Singh, J Williams, A E Hardman, *The endurance shuttle walk a new field test for the assessment of endurance capacity in chronic obstructive pulmonary disease*. Thorax, 1999. **99**: p. 213-222.
60. Ambrosino, N., *Field tests in pulmonary disease*. Editorial : Field tests in pulmonary disease. Thorax, 1999. **54**: p. 191-3.
61. C. Riquier 1, J. Grosbois 2, B. Wallaert 1, *Test de Stepper de 6 minutes \_ un test de terrain valide pour l'évaluation de la tolérance à l'exercice des patients BPCO*. Revue des Maladies Respiratoires Actualités, 2016. **33**: p. 187.
62. Grosbois, J.M., et al., *Six-minute stepper test: a valid clinical exercise tolerance test for COPD patients*. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis, 2016. **11**: p. 657-63.
63. Brzycki, *Validation of the Brzycki equation for the estimation of 1-RM in the bench press*. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 2007. **13**: p. 40-42.
64. Didier Reiss, P.P., *La bible de la préparation physique*. Vol. 1. 2013: Amphora. 640.
65. V. Mainguy, S.P., *Le test de marche un outil essentiel en pneumologie*. La Lettre du Pneumologue 2012. **Vol 15**: p. 162-166.
66. Jack H.Wilmore, D.L.C., W. Larry Kenney, *Physiologie du sport et de l'exercice*. 2009: De Boeck. 540.
67. Inbar, O., et al., *Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20- to 70-yr-old men*. Med Sci Sports Exerc, 1994. **26**(5): p. 538-46.
68. Landwehr, R.A.R.e.R., *The surprising history of the hrmax 220 age*. Journal Exerc Physiol, 2002. **5**: p. 1-10.
69. Gellish, R.L., et al., *Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate*. Med Sci Sports Exerc, 2007. **39**(5): p. 822-9.
70. Olivier, N., et al., *Arrêt de l'entraînement et déconditionnement à l'effort aérobie*. Science & Sports, 2008. **23**(3-4): p. 136-144.
71. Padilla, I.M.a.S., *Detraining loss of training induced physiological and performance adaptations part I*. Sports Med, 2000. **30**: p. 79-87.
72. Padilla, I.M.a.S., *Detraining loss of training induced physiological and performance adaptations part II*. Sports Med, 2000. **30**: p. 145-154.
73. INCA, *Bénéfice de l'activité physique pendant et après cancer*. 2017.

## Annexes

## Annexe 1. METs en activité physique (HAS)

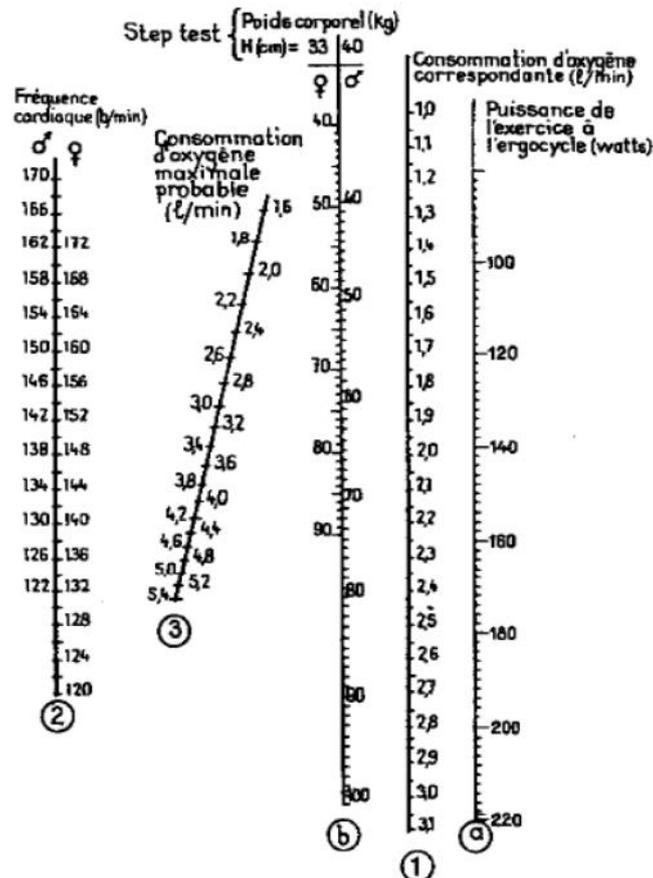
METs	Les activités sportives
5,3	Arts martiaux, différents types, rythmes lents, débutants, entraînement
10,3	Arts martiaux, différents types, rythme modéré
6,0	Athlétisme (ex. saut en hauteur, saut en longueur)
5,5	Badminton, double ou simple, général
2,5	Billard
6,5	<i>Basket-ball</i> , général
8,0	<i>Beach-volley</i> , dans le sable
12,8	Boxe, sur ring, général
3,0	<i>Bowling</i>
3,5	Canoë, pagayer pour le plaisir, général
5,5	Équitation, général
8,0	Escale, varappe
6,0	Escrime
7,0	<i>Football</i> , loisirs, général
4,8	Golf, général
3,8	Gymnastique, général
12,0	<i>Handball</i> , général
5,0	Kayak, effort modéré
6,0	Lutte
4,8	Marche nordique avec des bâtons, à 5,5- 6,5 km/h, rythme modéré, à plat
6,5	Marche athlétique
6,8	Marche nordique en montée
7,0	Marche de randonnée
9,5	Marche nordique à 8 km/h, rythme rapide, à plat
6,0	Natation lac, océan, rivière
5,8	Natation, longueurs de piscine, nage libre, crawl, rythme lent, effort modéré ou léger
9,8	Natation, longueurs de piscine, nage libre, rythme rapide, effort vigoureux
6,0	Natation, loisirs, sans longueurs, général

METs	Les activités sportives
5,3	Natation, brasse, loisirs
4,8	Natation, nage sur le dos, loisirs
14,0	Patinage, danse sur glace
12,0	Pelote basque
5,0	Planche à voile, sans pomper
5,0	Plongée libre
7,0	Plongée sous-marine, général
7,0	Roller, patin à roulettes
6,3	Rugby, hors compétition
7,0	Scouter des mers, conduite, dans l'eau
5,0	Skate, général, effort modéré
7,0	Ski, général
6,0	Ski nautique
7,3	Squash, général
3,0	Surf, corps ou planche, général
3,0	Voile, voilier, planche à voile, windsurf, général
3,0	Tai Chi, Qi gong, général
4,0	Tennis de table, ping-pong
6,0	Tennis double
8,0	Tennis simple
4,0	Volley-ball

## Annexe 2. Normogramme de Astrand et Ryhming

### NOMOGRAMME

#### Test d'ASTRAND et RYHMING



On procède successivement aux opérations suivantes :

- indiquer la puissance développée en portant un point sur l'échelle a (ergocyclomètre) ou b (step-test ; homme ou femme),
- tirer un trait horizontal partant de ce point sur l'échelle 1 : on a la valeur de la  $\dot{V}O_2$  pour cet exercice,
- indiquer la fréquence cardiaque correspondante et mesurée, en portant un point sur l'échelle 2, homme ou femme,
- tirer une droite entre le point déterminé sur l'échelle 1 et sur l'échelle 2,
- l'intersection avec l'échelle 3 donne la valeur de la  $\dot{V}O_2$  max probable.

### Annexe 3. Table d'interprétation du test de Cooper

Interprétation du <b>test de Cooper</b> pour les Hommes :				
Indice de Forme	Moins de 20 ans	De 20 à 25 ans	De 25 à 30 ans	Plus de 30 ans
Très faible	- de 2800 m	- de 2400 m	- de 2000 m	- de 1800 m
Faible	2800 à 3200 m	2400 à 2800 m	2000 à 2400 m	1800 à 2200 m
Moyen	3200 à 3400 m	2800 à 3000 m	2400 à 2800 m	2200 à 2600 m
Bon	3400 à 3600 m	3000 à 3400 m	2800 à 3200m	2600 à 3000 m
Très Bon	+ de 3600 m	+ de 3400 m	+ de 3200 m	+ de 3000 m

Interprétation du <b>test de Cooper</b> pour les Femmes :				
Indice de Forme	Moins de 30 ans	De 30 à 39 ans	De 40 à 49 ans	Plus de 50 ans
Très faible	- de 1520 m	- de 1360 m	- de 1200 m	- de 1120 m
Faible	1520 à 1840 m	1360 à 1680 m	1200 à 1520 m	1120 à 1340 m
Moyen	1840 à 2160 m	1680 à 2000 m	1520 à 1840 m	1360 à 1680 m
Bon	2160 à 2640 m	2000 à 2480 m	1840 à 2320 m	1680 à 2160 m
Très Bon	+ de 2640 m	+ de 2480 m	+ de 2320 m	+ de 2160 m

#### Annexe 4. Contre-indications absolues et indications à risques de l'EE incrémentale

Contre-indications absolues et indications à risques de l'EE incrémentale.

<b>Contre-Indications Absolues</b>	<b>Indications à Risques</b>
1. Angor instable	1. Sténose connue du tronc coronaire
2. Infarctus du myocarde récent (< 5 jours)	2. Valvulopathie sténosante modérée
3. Rétrécissement aortique serré symptomatique	3. Tachyarythmie ou brady-arythmie non contrôlée par le traitement
4. Arythmies symptomatiques non contrôlées	4. BAV de haut degré
5. Endocardite, myocardite, péricardites aiguës	5. HTAP modérée à sévère
6. Embolie pulmonaire aigue	6. Insuffisance rénale chronique avec désordres électrolytiques et anémie Hb < 10 g.100 ml <sup>-1</sup>
7. Insuffisance cardiaque instable non contrôlée	
8. Thrombose veineuse aigue des membres inférieurs	
9. Suspicion de dissection aortique	
10. Œdème pulmonaire	
11. Asthme instable	
12. Hypoxémie de repos avec SpO <sub>2</sub> < 85 % en air ambiant	
13. Insuffisance respiratoire aigue	
14. Toute affection non-cardiovasculaire risquant de compromettre la performance ou aggravée par l'exercice (ex : thyrotoxicose, infection aigue)	
15. Incapacité mentale ou physique à réaliser l'examen	

\* le test peut être alors réalisé sous oxygène

## Annexe 5. Fiche d'évaluation pour le test de marche de 6 minutes

### Test de marche de 6 minutes

Date : \_\_\_\_\_ Opérateur : \_\_\_\_\_  
 Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_  
 DN : \_\_\_\_\_ Sexe : \_\_\_\_\_  
 Taille : \_\_\_\_\_ Poids : \_\_\_\_\_  
 Traitement (avec heure de prise) : \_\_\_\_\_

Supplément O<sub>2</sub> : oui/non Débit : l/min

TA :

Temps (min)	Encouragement	Info temps	Nbre 1/2 tours	RC,	SaO <sub>2</sub> (%)	Borg scale (0 à 10)	Distance (m)
0	1/2 min	Start					XXXXX
1	1, 1 1/2					XXXXX	XXXXX
2	2, 2 1/2					XXXXX	XXXXX
3	3, 3 1/2					XXXXX	XXXXX
4	4, 4 1/2					XXXXX	XXXXX
5	5, 5 1/2					XXXXX	XXXXX
6	STOP	Stop					

(noter le RC le plus haut et la SaO<sub>2</sub> la plus basse, de même que les arrêts et durée)

Arrêt avant les 6 minutes :

Symptômes :

Distance = Nb 1/2 tours x 30 m + .... m = .... mètres

Distance prédite = .... mètres ( %)

INTERPRÉTATION :

## Serment d'Hippocrate

---

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je dispenserai mes soins sans distinction de race, de religion, d'idéologie ou de situation sociale.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Je serai reconnaissant envers mes maîtres, et solidaire moralement de mes confrères. Conscient de mes responsabilités envers les patients, je continuerai à perfectionner mon savoir.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir de l'estime des hommes et de mes condisciples, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

## Corrélation entre une épreuve d'effort cardio-pulmonaire et un test de marche de 6 minutes chez des patientes atteintes d'un cancer du sein.

---

*Objectifs* : Nous avons voulu corréler l'épreuve d'effort cardiopulmonaire (EECP) qui est le gold standard de l'évolution de l'aptitude aérobie avec le test de marche de six minutes (TM6) qui est moins couteux et plus facilement réalisable.

*Matériels et méthodes* : Nous avons utilisé dans le cadre de notre étude (CPMT) deux études conduites au sein du CHU de Limoges (SAPA et APAC). Le but principal de notre étude est d'étudier la corrélation entre la fréquence cardiaque du premier seuil ventilatoire (FCSV1) a l'EECP et la fréquence cardiaque des trois dernières minutes lors du TM6 (FC plateau). Les objectifs secondaires ont été de voir la corrélation entre la consommation d'oxygène ( $VO_2$ ), la distance de marche, l'âge et l'indice de masse corporel (IMC).

*Résultats* : Pour le groupe global la corrélation avant traitement et après traitement entre la FCSV1 et FC plateau est modéré avec un  $R = 0.7$  ( $P < .0001$ ). Après traitement, le groupe APA a une forte corrélation avec un  $R = 0.8$  ( $P < .0001$ ) alors que le groupe sans APA garde une corrélation modéré:  $R = 0.6$  ( $P < .0001$ ). Il est intéressant de voir que les valeurs de la FC plateau et FCSV1 est vraiment très proche entre T0 et T1 pour tous les groupes. La corrélation était meilleure dans le groupe APA comparé au groupe sans APA et cela d'autres plus que l'âge était  $< 50$  ans et que l'IMC était  $< 25-29$   $kg/m^2$ .

*Conclusion* : Notre étude a démontré que la corrélation entre la FCSV1 et FC plateau est bonne et que les valeurs obtenues en terme de FC plateau et FCSV1 sont très proches. C'est un résultat important d'un point de vue clinique mais aussi pratique, car il va permettre au praticien d'utiliser la FC plateau comme indicateur de réentraînement.

---

Mots-clés : Cancer du sein, activité physique, épreuve d'effort cardio-respiratoire, test de marche de six minutes,

## Correlation between cardiopulmonary exercise test and six-minute walk test in patients with breast cancer

---

*Objectives* : We want to correlate cardiopulmonary exercise test (CPET) which is the gold standard for assessing aerobic fitness and six-minute walk test (6MWT) which is less expensive and more easily achievable.

*Method* : We used for our retrospective study (CPWT) two studies conducted at Limoges University Hospital (SAPA and APAC). The primary endpoint of our CPWT study is the study of correlation between the heart rate (HR) of the first ventilator threshold in CPET and the HR of the last three minutes during the 6MWT (HR plateau). Secondary endpoint was to seek a correlation with oxygen consumption at VT and  $VO_{2peak}$  with walked distance of 6MWT, age and BMI.

*Results* : For global group correlation, at baseline and after treatment correlation between HR plateau and HR at VT was moderately with  $R = 0.7$  IC ( $P < .0001$ ). After treatment, highest result observed in group APA was strongly correlation with  $R = 0.8$  ( $P < .0001$ ) and lower result for group control with moderately correlation:  $R = 0.6$  ( $P < .0001$ ). The values on HR plateau and HR at VT analyzed between baseline and after treatment were very close for all groups. Correlation was higher for APA group compared to group without APA after treatment if age  $< 50$  years old and BMI was  $< 25-29$   $kg/m^2$ .

*Conclusion* : Our study demonstrates that there is a correlation with HR at VT in CPET and HR plateau of 6MWT without difference in value obtained. This result is important from a clinical point of view but also practical, because the practitioners can use HR plateau in the creation of physical activity program.

---

Keywords : Breast cancer, physical activity, cardiopulmonary exercise test, six-minute walk test

