



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE HENRI POINCARÉ

FACULTE DE MEDECINE DE NANCY

2010

N°

THESE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement

dans le cadre du troisième cycle de Médecine Générale

Le vendredi 30 avril 2010

par

Jean GENEST

DESCRIPTION ET INTERET DU SUIVI MEDICAL DU SPORTIF DE HAUT NIVEAU

ETUDE DE 29 JEUNES JOUEURS DE TENNIS LORRAINS

Examineurs de la Thèse

M. B. CHENUÉL	Professeur	Président
M. J.P. CRANCE	Professeur	Juge
M. C. SCHWEITZER	Professeur	Juge
Mme N. LEMAU de TALANCE	Maître de Conférences des Universités	Juge

UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ, NANCY 1
FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

Président de l'Université : Professeur Jean-Pierre FINANCE

Doyen de la Faculté de Médecine : Professeur Henry COUDANE

Vice Doyen Mission « sillon lorrain » : Professeur Annick BARBAUD

Vice Doyen Mission « Campus » : Professeur Marie-Christine BÉNÉ

Vice Doyen Mission « Finances » : Professeur Marc BRAUN

Vice Doyen Mission « Recherche » : Professeur Jean-Louis GUÉANT

Assesseeurs :

- Pédagogie :	Professeur Karine ANGIOÏ-DUPREZ
- 1 ^{er} Cycle :	Professeur Bernard FOLIGUET
- « Première année commune aux études de santé (PACES) et universitarisation études para-médicales »	M. Christophe NÉMOS
- 2 ^{ème} Cycle :	Professeur Marc DEBOUVERIE
- 3 ^{ème} Cycle :	
« DES Spécialités Médicales, Chirurgicales et Biologiques »	Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI
« DES Spécialité Médecine Générale	Professeur Francis RAPHAËL
- Filières professionnalisées :	M. Walter BLONDEL
- Formation Continue :	Professeur Hervé VESPIGNANI
- Commission de Prospective :	Professeur Pierre-Edouard BOLLAERT
- Recherche :	Professeur Didier MAINARD
- DPC :	Professeur Jean-Dominique DE KORWIN

DOYENS HONORAIRES

Professeur Adrien DUPREZ – Professeur Jean-Bernard DUREUX

Professeur Jacques ROLAND – Professeur Patrick NETTER

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Pierre ALEXANDRE – Jean-Marie ANDRE - Daniel ANTHOINE - Alain BERTRAND - Pierre BEY - Jean BEUREY
Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL - Claude CHARDOT
Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY - Jean-Pierre DELAGOUTTE - Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre DESCHAMPS
Michel DUC - Jean DUHEILLE - Adrien DUPREZ - Jean-Bernard DUREUX - Gabriel FAIVRE – Gérard FIEVE - Jean FLOQUET
Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ
Simone GILGENKRANTZ - Oliéro GUERCI - Pierre HARTEMANN - Claude HURIET – Christian JANOT - Jacques LACOSTE
Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Alain LARCAN - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Jacques LECLERE
Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Michel MANCIAUX - Jean-Pierre MALLIÉ - Pierre MATHIEU
Denise MONERET-VAUTRIN - Pierre NABET - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN - Gilbert PERCEBOIS
Claude PERRIN - Guy PETIET - Luc PICARD - Michel PIERSON - Jean-Marie POLU – Jacques POUREL - Jean PREVOT
Antoine RASPILLER - Michel RENARD - Jacques ROLAND - René-Jean ROYER - Paul SADOUL - Daniel SCHMITT
Jean SOMMELET - Danièle SOMMELET - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Augusta TREHEUX - Hubert UFFHOLTZ
Gérard VAILLANT – Paul VERT - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Michel WAYOFF - Michel WEBER

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS
PRATICIENS HOSPITALIERS**

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (Anatomie)

Professeur Gilles GROSDIDIER

Professeur Pierre LASCOMBES – Professeur Marc BRAUN

2^{ème} sous-section : (Cytologie et histologie)

Professeur Bernard FOLIGUET

3^{ème} sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)

Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{ère} sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

2^{ème} sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)

Professeur Denis REGENT – Professeur Michel CLAUDON

Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER
Professeur René ANXIONNAT

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)

Professeur Jean-Louis GUÉANT – Professeur Jean-Luc OLIVIER – Professeur Bernard NAMOUR

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Professeur François MARCHAL – Professeur Bruno CHENUÉL – Professeur Christian BEYAERT

3^{ème} sous-section : (Biologie Cellulaire)

Professeur Ali DALLOUL

4^{ème} sous-section : (Nutrition)

Professeur Olivier ZIEGLER – Professeur Didier QUILLIOT

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière)

Professeur Alain LE FAOU – Professeur Alain LOZNIÉWSKI

3^{ème} sous-section : (Maladies infectieuses ; maladies tropicales)

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (Épidémiologie, économie de la santé et prévention)

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON – Professeur Francis GUILLEMIN

Professeur Denis ZMIROU-NAVIER – Professeur François ALLA

2^{ème} sous-section : (Médecine et santé au travail)

Professeur Christophe PARIS

3^{ème} sous-section : (Médecine légale et droit de la santé)

Professeur Henry COUDANE

4^{ème} sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)

Professeur François KOHLER – Professeur Éliane ALBUSSON

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (Hématologie ; transfusion)

Professeur Thomas LECOMPTE – Professeur Pierre BORDIGONI

Professeur Jean-François STOLTZ – Professeur Pierre FEUGIER

2^{ème} sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY

Professeur Didier PEIFFERT – Professeur Frédéric MARCHAL

3^{ème} sous-section : (Immunologie)

Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marie-Christine BENE

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

**48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,
PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

1^{ère} sous-section : (Anesthésiologie et réanimation chirurgicale ; médecine d'urgence)

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ

Professeur Paul-Michel MERTES – Professeur Gérard AUDIBERT

2^{ème} sous-section : (Réanimation médicale ; médecine d'urgence)

Professeur Alain GERARD – Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT

Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET

4^{ème} sous-section : (Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)

Professeur François PAILLE – Professeur Gérard GAY – Professeur Faiez ZANNAD

49^{ème} Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP et RÉÉDUCATION

1^{ère} sous-section : (Neurologie)

Professeur Gérard BARROCHE – Professeur Hervé VESPIGNANI
Professeur Xavier DUCROCQ – Professeur Marc DEBOUVERIE

2^{ème} sous-section : (Neurochirurgie)

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE
Professeur Thierry CIVIT

3^{ème} sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

4^{ème} sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)

Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC – Professeur Bernard KABUTH

5^{ème} sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)

Professeur Jean PAYSANT

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE et CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Professeur Isabelle CHARY-VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

2^{ème} sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)

Professeur Daniel MOLE - Professeur Didier MAINARD
Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeur Annick BARBAUD

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Professeur François DAP – Professeur Gilles DAUTEL

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIORESPIRATOIRE et VASCULAIRE

1^{ère} sous-section : (Pneumologie ; addictologie)

Professeur Yves MARTINET – Professeur Jean-François CHABOT – Professeur Ari CHAOUAT

2^{ème} sous-section : (Cardiologie)

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE – Professeur Nicolas SADOUL
Professeur Christian de CHILLOU

3^{ème} sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)

Professeur Jean-Pierre VILLEMOT - Professeur Jean-Pierre CARTEAUX – Professeur Loïc MACÉ

4^{ème} sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)

Professeur Denis WAHL – Professeur Sergueï MALIKOV

52^{ème} Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF et URINAIRE

1^{ère} sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)

Professeur Marc-André BIGARD - Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI – Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

2^{ème} sous-section : (Chirurgie digestive)

3^{ème} sous-section : (Néphrologie)

Professeur Michèle KESSLER – Professeur Dominique HESTIN – Professeur Luc FRIMAT

4^{ème} sous-section : (Urologie)

Professeur Philippe MANGIN – Professeur Jacques HUBERT – Professeur Pascal ESCHWEGE

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)

Professeur Jean-Dominique DE KORWIN – Professeur Pierre KAMINSKY

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Gisèle KANNY

2^{ème} sous-section : (Chirurgie générale)

Professeur Patrick BOISSEL – Professeur Laurent BRESLER

Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{ère} sous-section : (Pédiatrie)

Professeur Pierre MONIN - Professeur Jean-Michel HASCOET - Professeur Pascal CHASTAGNER
Professeur François FEILLET - Professeur Cyril SCHWEITZER

2^{ème} sous-section : (Chirurgie infantile)

Professeur Michel SCHMITT – Professeur Pierre JOURNEAU – Professeur Jean-Louis LEMELLE

3^{ème} sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)

Professeur Michel SCHWEITZER – Professeur Jean-Louis BOUTROY

Professeur Philippe JUDLIN – Professeur Patricia BARBARINO

4^{ème} sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)

Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

55^{ème} Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{ère} sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)

Professeur Claude SIMON – Professeur Roger JANKOWSKI

2^{ème} sous-section : (Ophtalmologie)

Professeur Jean-Luc GEORGE – Professeur Jean-Paul BERROD – Professeur Karine ANGIOI-DUPREZ

3^{ème} sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)

Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeur Etienne SIMON

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeur Sandrine BOSCHI-MULLER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (Anatomie)

Docteur Bruno GRIGNON – Docteur Thierry HAUMONT

2^{ème} sous-section : (Cytologie et histologie)

Docteur Edouard BARRAT - Docteur Françoise TOUATI – Docteur Chantal KOHLER

3^{ème} sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)

Docteur Béatrice MARIE

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{ère} sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)

Docteur Marie-Hélène LAURENS – Docteur Jean-Claude MAYER

Docteur Pierre THOUVENOT – Docteur Jean-Marie ESCANYE – Docteur Amar NAOUN

2^{ème} sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)

Docteur Damien MANDRY

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)

Docteur Jean STRACZEK – Docteur Sophie FREMONT

Docteur Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN – Docteur Catherine MALAPLATE-ARMAND

Docteur Shyue-Fang BATTAGLIA

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Docteur Nicole LEMAU de TALANCE

3^{ème} sous-section : (Biologie Cellulaire)

Docteur Véronique DECOT-MAILLERET

4^{ème} sous-section : (Nutrition)

Docteur Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (*Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière*)

Docteur Francine MORY – Docteur Véronique VENARD

2^{ème} sous-section : (*Parasitologie et mycologie*)

Docteur Nelly CONTET-AUDONNEAU – Madame Marie MACHOUART

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (*Epidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Docteur Alexis HAUTEMANIERE – Docteur Frédérique CLAUDOT

3^{ème} sous-section (*Médecine légale et droit de la santé*)

Docteur Laurent MARTRILLE

4^{ème} sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Docteur Pierre GILLOIS – Docteur Nicolas JAY

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Docteur François SCHOONEMAN

2^{ème} sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique)*)

Docteur Lina BOLOTINE

3^{ème} sous-section : (*Immunologie*)

Docteur Marcelo DE CARVALHO BITTENCOURT

4^{ème} sous-section : (*Génétique*)

Docteur Christophe PHILIPPE – Docteur Céline BONNET

**48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,
PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

3^{ème} sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique*)

Docteur Françoise LAPICQUE – Docteur Marie-José ROYER-MORROT – Docteur Nicolas GAMBIER

4^{ème} sous-section : (*Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie*)

Docteur Patrick ROSSIGNOL

50^{ème} Section : RHUMATOLOGIE

1^{ère} sous-section : (*Rhumatologie*)

Docteur Anne-Christine RAT

**54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE,
ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

5^{ème} sous-section : (*Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale*)

Docteur Jean-Louis CORDONNIER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^{ème} section : SCIENCE ÉCONOMIE GÉNÉRALE

Monsieur Vincent LHUILLIER

40^{ème} section : SCIENCES DU MÉDICAMENT

Monsieur Jean-François COLLIN

60^{ème} section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE ET GÉNIE CIVILE

Monsieur Alain DURAND

64^{ème} section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Mademoiselle Marie-Claire LANHERS

65^{ème} section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Mademoiselle Françoise DREYFUSS – Monsieur Jean-Louis GELLY
Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE – Monsieur Christophe NEMOS
Madame Natalia DE ISLA – Monsieur Pierre TANKOSIC

66^{ème} section : PHYSIOLOGIE

Monsieur Nguyen TRAN

67^{ème} section : BIOLOGIE DES POPULATIONS ET ÉCOLOGIE

Madame Nadine MUSSE

=====

PROFESSEURS ASSOCIÉS

Médecine Générale

Professeur associé Alain AUBREGE
Professeur associé Francis RAPHAEL

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Médecine Générale

Docteur Jean-Marc BOIVIN
Docteur Jean-Louis ADAM
Docteur Elisabeth STEYER

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Daniel ANTHOINE - Professeur Pierre BEY - Professeur Michel BOULANGE
Professeur Jean-Pierre CRANCE - Professeur Jean FLOQUET - Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ
Professeur Simone GILGENKRANTZ – Professeur Henri LAMBERT - Professeur Alain LARCAN
Professeur Denise MONERET-VAUTRIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS – - Professeur Guy PETIET
Professeur Luc PICARD - Professeur Michel PIERSON - Professeur Jacques POUREL
Professeur Jacques ROLAND - - Professeur Michel STRICKER - Professeur Gilbert THIBAUT
Professeur Hubert UFFHOLTZ - Professeur Paul VERT - Professeur Michel VIDAILHET

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Norman SHUMWAY (1972)
Université de Stanford, Californie (U.S.A)
Professeur Paul MICHIELSEN (1979)
Université Catholique, Louvain (Belgique)
Professeur Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)
Professeur Mamish Nisbet MUNRO (1982)
Massachusetts Institute of Technology (U.S.A)
Professeur Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)
Harry J. BUNCKE (1989)
Université de Californie, San Francisco (U.S.A)
Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)
Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume Uni)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)
Professeur Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)
Université de Pennsylvanie (U.S.A)
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)
Professeur James STEICHEN (1997)
Université d'Indianapolis (U.S.A)
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
*Centre Universitaire de Formation et de Perfectionnement des
Professionnels de Santé d'Hô Chi Minh-Ville (VIÊTNAM)*

Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (USA)

REMERCIEMENTS

A notre Président de thèse :

Monsieur le Professeur Bruno CHENUÉL

Professeur de Physiologie

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la Présidence de cette thèse.

Nous tenons à le remercier pour sa disponibilité et son aide, le savoir qu'il nous transmet, ses conseils précieux et sa générosité.

Qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance, de notre profond respect et de toute notre amitié.

A notre jury de thèse :

Monsieur le Professeur Jean-Pierre CRANCE

Professeur Emérite de Physiologie

Commandeur dans l'Ordre des Palmes Académiques

Chevalier dans l'Ordre National du Mérite

Chevalier dans l'Ordre National de la Légion d'Honneur

Nous le remercions pour l'intérêt qu'il a porté à notre travail en acceptant de le juger.

Qu'il trouve ici l'expression de notre plus grand respect.

Monsieur le Professeur Cyril SCHWEITZER

Professeur de Pédiatrie

Nous le remercions pour la confiance qu'il nous a témoignée en acceptant de juger ce travail.

Qu'il soit assuré de notre sincère reconnaissance.

Madame le Docteur Nicole LEMAU de TALANCE

Maître de Conférence des Universités – Praticien Hospitalier de Physiologie

Pour avoir été à l'origine de ce travail.

Pour son écoute, ses conseils précieux et son expérience dont elle a su me faire profiter.

Que toutes ses qualités soient honorées par ce travail.

A **mes parents** pour les valeurs que vous m'avez transmises, votre soutien, vos conseils précieux lors des moments importants et pour m'avoir toujours encouragé dans cette voie médicale à laquelle je songeais déjà enfant. Un merci spécial à ma mère pour son aide sur ce travail.

A **Caroline** pour m'avoir soutenu et supporté au quotidien pendant ce travail. Pour son sourire communicatif et ses talents de pâtissière!

A **mes frères**, pour leur aide, leur présence et ce lien fort qui nous unit et qui me porte.

A **toute ma famille**.

A **Clothilde et Vincent** pour leur aide précieuse et leur disponibilité.

Aux membres de **la Ligue Lorraine de Tennis** pour leur participation.

Aux **amis** que ces années universitaires m'ont permis de connaître Frantz, Alex, Jerem, Cam'boy, Mr Fruitier, Tinou, Baptiste, Carole, Jojo, les Benoît, Gui, Jo et banane, Jean-Marc, les Caro, Céline, Camille et bien d'autres avec lesquels nous avons traversé ces études avec bonheur.

A **Bruno, Mme De Talance et Mathias** qui ont ouvert la voie du DESC de médecine du sport à Nancy.

A **tous** ceux avec qui, de près ou de loin, au cours des stages universitaires m'ont enseigné la Médecine, appris à la pratiquer avec justesse et su me transmettre la passion qui m'anime aujourd'hui.

A vous tous, un grand MERCI.

SERMENT

"Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque".

ABREVIATIONS UTILISEES

ACC	=	American College of Cardiology
ADP	=	Adénosine Di Phosphate
AET	=	Apports Energétiques Totaux
AFLD	=	Agence Française de Lutte contre le Dopage
AFSSA	=	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AHA	=	American Heart Association.
ANC	=	Apports Nutritionnels Conseillés
APS	=	Activités Physiques et Sportives
ATP	=	Adénosine Tri Phosphate
AUT	=	Autorisation d'Usage à des fins Thérapeutiques
BBID	=	Bloc de Branche Incomplet Droit
BDV	=	Boucle Débit-Volume
CIO	=	Comité International Olympique
CMH	=	Cardiomyopathie Hypertrophique
CNOSF	=	Comité National Olympique et Sportif Français
CNSHN	=	Commission Nationale du Sport de Haut Niveau
CREPS	=	Centre d'Education Populaire et de Sport depuis 1986 en remplacements de Centre Régional d'Education Physique et Sportive
CT170	=	Capacité de Travail à une fréquence cardiaque de 170 bpm
CV	=	Capacité Vitale
DAVD	=	Dysplasie Arythmogène du Ventricule Droit
DE 24	=	Dépense Energétique totale de 24h
DER	=	Dépense Energétique de Repos
DRDJS	=	Direction Régionale et Départementale de la Jeunesse et des Sports
DS	=	Déviation Standard ou écart-type
DTN	=	Directeur Technique National

DTR	=	Directeur Technique Régional
ECG	=	Electro Cardio Gramme
EE	=	Epreuve d'Effort
EFR	=	Epreuves Fonctionnelles Respiratoires
ESV	=	Extra Systoles Ventriculaires
ETT	=	Echocardiographie Trans Thoracique
FCM	=	Fréquence Cardiaque Maximale
FCR	=	Fréquence Cardiaque de Repos
FFC	=	Fédération Française de Cyclisme
FFT	=	Fédération Française de Tennis
FMT	=	Fréquence Cardiaque Maximale Théorique
FR	=	Fréquence Respiratoire
GH	=	Growth Hormone
IMC	=	Indice de Masse Corporelle
INSEP	=	Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance
LLE	=	Ligament Latéral Externe
MSI	=	Mort Subite Inopinée
NAP	=	Niveau d'Activité Physique
NFS	=	Numération-Formule Sanguine
OMS	=	Organisation Mondiale de la Santé
PMA	=	Puissance Maximale Aérobie
QR	=	Quotient Respiratoire
SaO2	=	Saturation transcutanée de l'hémoglobine en oxygène
SFC	=	Société Française de Cardiologie
SFMS	=	Société Française de Médecine du Sport
SHN	=	Sport de Haut Niveau
SPLF	=	Société de Pneumologie de Langue Française
TTA	=	Tubérosité Tibiale Antérieure
V'CO2	=	Débit de CO2 produit V

V'E	=	Ventilation minute
V'E/V'CO₂	=	Equivalent respiratoire pour le CO ₂
V'E/V'O₂	=	Equivalent respiratoire pour l'O ₂
VEMM	=	Ventilation Maximum théorique par Minute
VEMS	=	Volume Expiratoire Maximal en une Seconde
VMA	=	Vitesse Maximale Aérobie
V'O₂	=	Débit d'oxygène consommé ou consommation d'O ₂
VT	=	Volume courant
WPW	=	Syndrome de Wolf-Parkinson-White

TABLE DES MATIERES

Introduction	
	19
Le suivi médical du sportif de haut niveau : description et intérêt	
	20
Le sport de haut niveau	
1) Organisation	22
2) Sportifs de haut niveau	24
3) Sportifs Espoir	27
4) Filière d'accès	28
5) Facilités, avantages de statut	30
6) Obligations, contraintes	32
Le suivi médical du sportif de haut-niveau : description et intérêt	
1) Objectif et historique du suivi	34
2) Examen clinique	40
A) L'entretien médical :	41
a) Antécédents familiaux	
b) Antécédents personnels	
c) Parcours sportif	
d) Surentraînement	

B) Examen physique :	45
a) Mesures anthropométriques	
b) Examen appareil par appareil : cardiovasculaire, pulmonaire, abdominal, neurologique, ostéoarticulaire, dermatologique, ORL, ophtalmologique, aires ganglionnaires.	
3) Bilan nutritionnel	49
A) Apports nutritionnels conseillés pour la population générale	49
B) Particularités du sportif	51
4) Bilan psychologique	53
5) Examens biologiques	55
6) Explorations cardiaques	57
A) Electrocardiogramme	58
B) Echocardiographie	62
7) Exploration physiologique, l'épreuve d'effort maximal	63
A) Exploration Fonctionnelle Respiratoire	63
B) Epreuve d'effort maximal	64
a) Généralités	
b) Interprétation	
- Paramètres cardiologiques	
- Paramètres respiratoires	
- Paramètres métaboliques	
8) Examen dentaire et examens complémentaires	73

Particularités de la population de l'étude : spécificités de l'enfant et de l'adolescent sportif avec les conséquences de la pratique du tennis. Incidences sur la surveillance médicale obligatoire.

Traumatologie	
1) La croissance osseuse	77
2) Les fractures	80
A) Fractures de fatigue	81
B) Décollements épiphysaires	82

3) Arrachements apophysaires	84
4) Ostéochondroses	85
A) Apophysaires	85
B) Epiphysaires	86
5) Autres pathologies traumatologiques spécifiques	87
A) Lésions musculaires	87
B) Lésions ligamentaires	87
C) Lésions tendineuses	87
D) Pathologies rachidiennes	89
Cardiologie	
	94
Endocrinologie	
1) Croissance staturopondérale	96
A) Croissance normale	96
B) Influence du sport	98
2) Puberté	99
A) Puberté normale	99
B) Influence du sport	101
Métabolisme, physiologie à l'effort	
1) Métabolisme anaérobie analactique	102
2) Métabolisme anaérobie lactique	102
3) Métabolisme aérobie	102
Psychologie	
	105

Etude du suivi médical longitudinal de joueurs de tennis lorrains âgés de 6 à 18 ans

1) Matériels et Méthodes	109
A) Population	109
B) Protocole	110
C) Données de l'entretien	110
D) Mesures anthropométriques	110
E) Paramètres cardio-vasculaires	110
F) Mesures ventilatoires et épreuve d'effort	111
G) Analyse statistique	111
2) Résultats	113
A) Caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques de la population	113
B) Niveau scolaire	115
C) Evolution du classement de tennis	116
D) Charge de travail, pathologies survenues	119
E) Données des EFR et paramètres cardiaques de repos	122
F) Capacités aérobies	124
G) Comparaison des joueurs Ligue et Espoir	127
3) Discussion	129
4) Devenir	132
5) Synthèse	133

Conclusion

134

Références

136

Annexes

Annexe 1	150
Annexe 2	151

INTRODUCTION

Les rapports entre le sport et la santé sont complexes et souvent regroupés autour d'une dualité très schématique. En effet, si le sport de loisir, en tant qu'activité physique régulière, est préconisé dans le cadre de la promotion de la santé au sens large au vu de ses nombreux effets bénéfiques démontrés sur les plans physique, psychologique ou même social. Le sport de compétition quant à lui, dans sa quête éperdue de la performance peut faire basculer la physiologie dans la pathologie et finalement nuire à la santé. La frontière entre ces deux extrêmes fait régulièrement l'objet de débats non encore résolus aujourd'hui.

La France, où le sport est ancré dans la culture et la tradition, a vu, ces dernières années, son nombre de pratiquants s'accroître encore de manière importante. En 2007, plus de 16 millions de français ont pris une licence au sein d'une fédération ce qui représente $\frac{1}{4}$ de la population générale. En 15 ans cette part sportive de la population a augmenté de 60%.

Le sport d'élite, où les meilleurs athlètes vont s'affronter sur des scènes nationales ou internationales, concerne une partie minime de cette population mais c'est elle qui va être la plus exposée aux dangers de la pratique sportive intensive sur la santé. Dans le but de protéger ces sportifs, une réglementation du Sport de Haut Niveau (SHN) a donc été mise en place et inclus un suivi médical longitudinal obligatoire. Avec plus de 16000 individus, ces athlètes représentent une part infime des licenciés (environ 1 pour 1000).

Notre travail va donc s'attacher dans un premier temps à décrire le SHN et les sportifs y appartenant puis à détailler les modalités du suivi médical obligatoire ainsi que l'intérêt des différents examens qu'il comporte. Enfin, après avoir explicité les principaux risques spécifiques liés à la pratique intensive du tennis chez les enfants et adolescents, nous nous intéresserons à 29 jeunes licenciés lorrains de cette discipline et au suivi dont ils ont bénéficié pendant plusieurs années du fait de leur statut de meilleurs joueurs régionaux, certains appartenant déjà au SHN. Nous caractériserons cette population spécifique afin de tenter de déterminer des critères susceptibles de favoriser l'accès au SHN mais également d'évaluer les conséquences de l'activité physique intensive sur des organismes en croissance

**LE SUIVI MEDICAL DU SPORTIF DE HAUT NIVEAU :
DESCRIPTION ET INTERET**

Les activités physiques et sportives au sens large, et le domaine du sport en particulier, connaissent un essor important depuis une vingtaine d'années en France. Elles occupent désormais une place essentielle que ce soit aux plans social, économique et culturel. On trouve par exemple dans le Code du Travail Français l'article L.3122-28 qui stipule que : « tout salarié peut, compte-tenu des possibilités de l'Entreprise, bénéficier d'aménagements de son horaire de travail pour la pratique régulière et contrôlée d'un sport ».

On a ainsi assisté, depuis le milieu des années 1980, à la création de plus de vingt textes de loi modifiant le droit du sport. Jean-François Lamour, Ministre de la Jeunesse, des Sports et de la Vie Associative a donc présenté, dans le cadre de la loi de simplification du droit du 9 décembre 2004 (Loi n°2004-1343 du 9 décembre 2004 de simplification du droit), le 23 mai 2006 au Conseil des Ministres, une ordonnance créant le Code du Sport (Ordonnance n°2006-596 du 23 mai 2006 relative à la partie législative du Code du Sport). Les textes de loi relatifs au sport se rapportaient avant cela au Code de la Santé Publique.

Le Code du Sport comprend ainsi 4 livres : l'organisation des activités physiques et sportives, les intervenants de droit public, les associations et sociétés sportives, les structures fédératives et les organismes de consultation ou conciliation. Il réunit l'ensemble des dispositions liées à la pratique des activités physiques et sportives.

C'est donc dans ce Code du Droit Français que l'on trouve la définition du Sport de Haut Niveau (SHN), ses modalités d'accès ainsi que les conséquences pour les athlètes qui vont en faire partie et que nous allons maintenant brièvement exposer.

Après avoir ainsi explicité ce qu'est un sportif appartenant au SHN, nous reviendrons plus en détail dans cette partie sur le suivi médical obligatoire qu'il subit et son intérêt.

Comme nous l'avons vu précédemment, le Sportif Espoir ou de Haut Niveau a donc pour obligation de se soumettre à un suivi médical. Ce suivi représente à la fois un avantage puisqu'il permet à l'athlète de bénéficier d'examens médicaux et d'un véritable suivi de sa santé mais également une contrainte puisqu'il est obligatoire sous peine de se voir retirer son statut et contraignant car les examens sont nombreux.

Dans cette partie, nous reviendrons dans un premier temps sur l'historique du suivi médical du sportif, sa description et son intérêt, puis dans un second temps nous détaillerons les différents examens obligatoires et leur valeur respective.

- 1) ORGANISATION

Le Sport de Haut Niveau (SHN) s'accomplit dans un cadre législatif bien défini et dont le but est d'amener des athlètes français au meilleur niveau mondial dans leur discipline respective.

En pratique, ce sont l'Etat, les Fédérations Sportives et les Associations Sportives qui, avec le concours des Collectivités Territoriales et des entreprises intéressées, assurent le développement du Sport de Haut Niveau sur le territoire Français.

Concernant les acteurs du SHN, c'est le Ministre chargé des sports qui arrête chaque année la liste des sportifs, entraîneurs, arbitres et juges sportifs de haut niveau. Pour ce faire, il prend avis auprès de la Commission Nationale du Sport de Haut Niveau (CNSHN) sur les propositions faites par les Fédérations Déléгатaires. Il en est de même pour la liste des sportifs espoirs et des partenaires d'entraînement, décrits dans les prochains chapitres.

Les Fédérations Sportives sont indépendantes et sont chargées d'organiser la pratique d'une discipline. Elles regroupent ainsi des Associations Sportives et délivrent les licences nécessaires à la pratique en compétition du sport concerné.

Une Fédération peut recevoir un agrément, délivré par le Ministre (on parle alors de Fédération agréée) après avis du Comité National Olympique et Sportif Français (CNOSF). A ce titre, elle participe à la mise en œuvre des missions de service public relatives au développement et à la démocratisation des activités physiques et sportives.

Pour chaque discipline sportive, une seule Fédération agréée reçoit, par décret, délégation du Ministre chargé des sports, toujours après avis du CNOSF.

Ce sont ensuite les Fédérations Déléгатaires qui organisent les compétitions pour la délivrance des titres internationaux, nationaux, régionaux ou départementaux et sélectionnent les athlètes pour ces différentes compétitions.

Ce sont également elles qui proposent au Ministre, dans la discipline concernée, la liste de sportifs, entraîneurs, arbitres et juges de haut niveau ainsi que la liste de sportifs Espoirs et des partenaires d'entraînement.

Les Fédérations Déléгатaires fixent les règlements relatifs à leur discipline et elles seules peuvent utiliser l'appellation « Fédération Française de... » ou « Fédération Nationale de ... ».

La Commission Nationale du Sport de Haut Niveau est composée de seize représentants de l'Etat, de dix membres ou représentants du CNOSF, de trois sportifs titulaires ou ayant été titulaires du statut de Sportif de Haut Niveau, de deux entraîneurs de haut niveau, d'un arbitre ou juge de haut niveau et de trois élus représentants des Collectivités Territoriales. Ils sont nommés par le Ministre chargé des sports pour 4 ans.

Cette commission fixe les critères qui vont permettre de définir, dans chaque discipline et après avis de la Fédération Délégataire, la qualité de Sportif de Haut Niveau ainsi que les critères de sélection des sportifs qui vont participer aux compétitions organisées par le Comité International Olympique (CIO).

Elle émet également son avis sur le nombre de sportifs susceptibles d'être inscrits sur les listes « Haut Niveau » proposées par les Fédérations Délégataires ainsi que sur les propositions de retrait ou de suspension de sportifs de ces mêmes listes.

Par ailleurs, c'est la CNSHN qui examine les demandes fédérales de reconnaissance du caractère de haut niveau des disciplines sportives. Ce statut est accordé pour quatre ans, le temps d'une olympiade. Il y a ainsi pour 2009-2013, cent quinze disciplines reconnues de haut niveau et une discipline en période probatoire d'un an. Cette liste a été validée par la délégation permanente de la CNSHN du 25 février 2009.

Maintenant que le cadre du SHN est établi, nous allons pouvoir nous intéresser aux sportifs qui en font partie.

Trois grandes catégories d'athlètes sont ainsi définies :

les Sportifs de Haut Niveau,
les Sportifs Espoir
et les partenaires d'entraînement.

Nous nous intéresserons ici essentiellement aux deux premières, en les définissant précisément puis en explicitant les différentes filières mises en place pour y accéder. Enfin nous détaillerons les obligations, contraintes et avantages liés à ces statuts.

- 2) SPORTIFS DE HAUT NIVEAU

Depuis 1982, un athlète obtient le statut de Sportif de Haut Niveau lorsqu'il est inscrit sur la liste du même nom, établie par un arrêté signé du Ministre chargé des sports. Il faut pour cela que :

- sa Fédération Délégitaire ait fait une proposition dans ce sens au ministère,
- il pratique la compétition sur un plan international et dans une discipline reconnue de haut niveau,
- il ait un niveau sportif suffisant selon la catégorie à laquelle il prétend (cf ci-dessous),
- le sportif fête au moins sa douzième année durant l'année de son inscription.

Ce sont les Directeurs Techniques Régionaux (DTR), au sein des Fédérations, qui repèrent les meilleurs joueurs par catégorie et transmettent leurs informations au Directeur Technique National (DTN) qui propose une liste de sportifs au ministère dans les limites du quota fixé par la CNSHN.

Il existe quatre catégories de Sportifs de Haut Niveau : Elite, Senior, Jeune et Reconversion.

L'inscription sur les listes est valable un an sauf pour la catégorie Elite où elle est valable pour une durée de deux ans.

- La catégorie Elite est constituée de sportifs qui réalisent des performances significatives dans les compétitions de référence (qui conduisent à l'établissement d'un classement mondial de référence), à savoir les Jeux Olympiques, les Championnats du Monde et d'Europe ou certaines compétitions annoncées par la CNSHN.
- La catégorie Senior regroupe les sportifs sélectionnés par leur Fédération Délégitaire dans une Equipe de France pour préparer des compétitions internationales aboutissant à l'obtention d'un titre ou d'un classement international.
- La catégorie Jeune accueille les sportifs sélectionnés par leur Fédération Délégitaire dans une Equipe de France pour préparer des compétitions internationales dans leur catégorie d'âge qui aboutissent à l'obtention d'un titre ou d'un classement international.

Pour ces trois premières catégories, l'inscription est renouvelable dans les mêmes conditions, sans limite, à la différence de la quatrième, la catégorie Reconversion, pour laquelle l'inscription ne peut être renouvelée que pendant 5 ans.

- Cette catégorie Reconversion de sportif de haut niveau regroupe les athlètes qui ont détenu le statut Elite ou qui ont été sur les listes de haut niveau pendant quatre ans dont au moins trois en Senior, qui ne remplissent plus les conditions d'inscription dans ces catégories et qui présentent un projet d'insertion professionnelle.

On dénombre ainsi en France, pour l'année 2010, 6955 sportifs de haut niveau, soit une moyenne de 211 par région.

C'est en Ile-de-France qu'ils sont les plus nombreux avec 1323 athlètes puis en Rhône-Alpes et en région Provence Alpes Côte d'Azur (PACA) avec respectivement 966 et 722 athlètes.

Les régions de Saint-Pierre-et-Miquelon et de Wallis et Futuna sont les moins dotées puisque aucun sportif de haut niveau recensé.

En Lorraine on dénombre 205 sportifs de haut niveau pour cette année 2010.

La fédération délégataire de Tennis, la Fédération Française de Tennis (FFT) compte 117 sportifs de haut niveau et aucun en Lorraine pour un total de plus d'un million de licenciés en 2007 sur le plan national et 36485 en Lorraine. Le tennis représente ainsi la deuxième fédération, en nombre de licenciés, derrière le football qui en compte plus de 2300000 et devant le judo et l'équitation qui en comptent 550000.

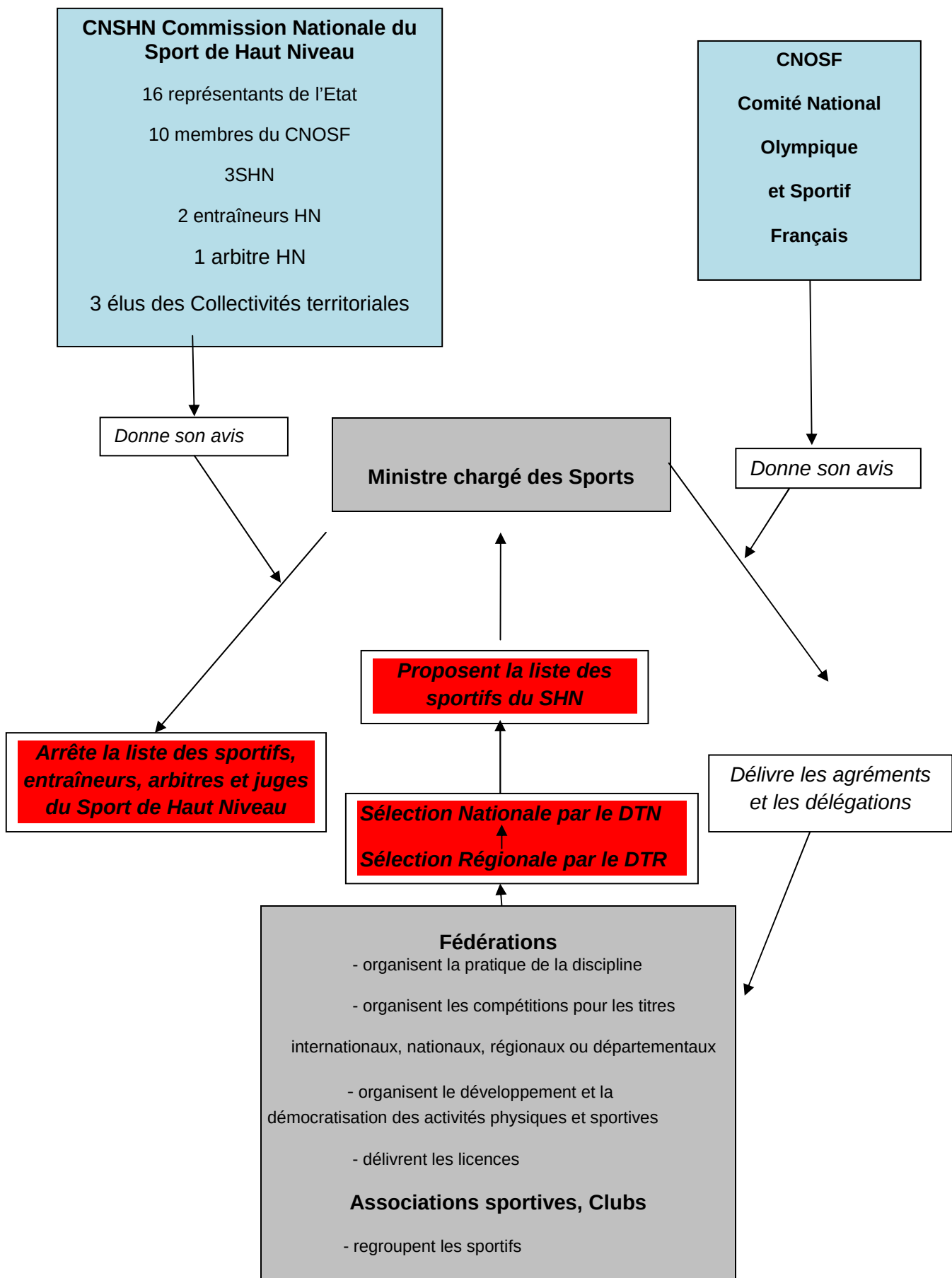


Diagramme 1 : Schéma de l'organisation du SHN

- 3) SPORTIFS ESPOIR

Les sportifs de cette catégorie appartiennent également au Sport de Haut Niveau. Tout comme les Sportifs de Haut Niveau, pour être inscrits sur les listes ministérielles, ils doivent avoir au moins douze ans dans l'année de leur inscription et avoir des compétences sportives reconnues par le DTN de la Fédération Délégitaire concernée.

La différence se situe au niveau des résultats en termes de performances internationales que le Sportif Espoir n'a pas encore obtenus.

Ensuite, cette inscription devient valable pour un an, après avis de la CNSHN.

Bien qu'appartenant au SHN, les Sportifs Espoir n'ont pas les mêmes droits et avantages que les Sportifs de Haut Niveau comme nous le verrons dans les prochains paragraphes mais ont les mêmes obligations en termes de suivi médical, de soumission aux règles de prévention et de lutte contre le dopage.

Ils sont également susceptibles, de la même manière que les Sportifs de Haut Niveau, de perdre leur statut à tout moment en cas de sanction disciplinaire grave, de dopage avéré, de manquements à ces obligations (médicales, contrôle anti-dopage notamment) ou de crimes ou délits commis. Ce retrait se fait alors par décision du Ministre chargé des sports.

Nous ne détaillerons pas cette catégorie mais citons simplement les partenaires d'entraînement, troisième type de sportifs appartenant au SHN. La liste de ces sportifs est arrêtée de la même manière que pour les deux autres catégories. Ils doivent également avoir au moins douze ans dans la première année de leur inscription et participer à la préparation de l'Equipe de France de la Fédération concernée.

Bien entendu, il n'existe des partenaires d'entraînement que dans les disciplines où cela est indispensable à la préparation de compétitions (sports de raquette, sport de combat principalement). Le tennis que nous étudierons plus loin en est un parfait exemple.

En 2010, Il existe ainsi en France 7431 sportifs espoirs soit 225 par région en moyenne et 219 partenaires d'entraînement soit 7 par région.

En Lorraine on compte 259 sportifs espoirs et 3 partenaires d'entraînement.

C'est cette fois en région Rhône-Alpes que l'on trouve le plus d'espoirs avec 935 athlètes puis viennent l'Ile-de-France et la région PACA avec respectivement 900 et 651 individus.

Les partenaires d'entraînement sont les plus nombreux en Ile-de-France (61) puis en Aquitaine (21) et en Rhône-Alpes (19).

Les régions les moins dotées sont de nouveau les régions d'Outre Mer avec 1 seul sportif espoir pour Saint-Pierre-et-Miquelon, Wallis et Futuna, Mayotte et la Polynésie Française. On ne dénombre aucun partenaire d'entraînement dans ces régions, c'est également le cas pour 6 autres régions.

La FFT compte quant à elle, 232 espoirs et 47 partenaires d'entraînement avec en Lorraine 7 Espoirs et 2 partenaires d'entraînement en 2010.

- 4) FILIERES D'ACCES

Il existe deux principales filières d'accès au sport de haut niveau, ce sont des structures nommées « Pôle France » et « Pôle Espoir ».

Dans une discipline reconnue de haut niveau, la Fédération Délégitaire établit un projet comprenant les détails de l'organisation sportive et éducative du centre pour permettre aux sportifs d'atteindre le plus haut niveau sportif et de leur assurer une formation pour leur vie professionnelle.

La validation de la structure est ensuite décidée par le Ministre chargé des sports après avis de la CNSHN et pour une durée de quatre ans. Le DTN veille à leur bon fonctionnement.

Les Pôles France accueillent ainsi des sportifs de haut niveau Elite, Senior ou Jeune et les Pôles Espoir, des sportifs inscrits sur les listes espoirs du SHN.

Dans les deux types de structures, les athlètes bénéficient d'entraînement et de préparation physique de haut niveau et du suivi médical obligatoire que nous détaillerons plus loin.

La différence principale réside dans le versant éducatif puisque dans un Pôle France, les sportifs bénéficient d'horaires aménagés pour leurs études ou formations tandis que dans les Pôles Espoir, les jeunes athlètes poursuivent leur scolarité dans les établissements classiques avec toutefois des aménagements d'horaires possibles et les séances d'entraînement au Pôle sont adaptées à la scolarité.

En 2010, on dénombre ainsi en France 356 pôles Espoirs et 137 pôles France, toutes disciplines confondues.

En ce qui concerne le tennis qui nous intéresse plus particulièrement dans ce travail, il existe 4 pôles France :

- Au stade Roland-Garros : le Centre National d'Entraînement.
- L'Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance (INSEP) à Paris.
- Le Centre d'Education Populaire et de Sport (CREPS) de Boulouris.
- Le CREPS de Poitiers.

On peut noter qu'il n'existe pas de Pôle Espoir Tennis en Lorraine mais on en trouve trois dans l'Est de la France: à Dijon, Strasbourg et Besançon.

Les CREPS sont des structures le plus souvent financées par des crédits nationaux, le Conseil Régional ou les collectivités locales et qui peuvent accueillir nombreux sportifs, espoirs ou haut niveau, de différentes disciplines, en un même lieu avec des infrastructures importantes et mises en commun pour les différents acteurs du sport.

Ainsi le CREPS de Lorraine par exemple comprend 5 Pôles France (Aviron, Canoë Kayak, Tennis de table, Tir à l'arc, Water Polo) et 7 Pôles Espoir (Athlétisme, Aviron, Canoë Kayak, Cyclisme, Tir à l'arc, Triathlon, Volley Ball féminin) accueillant au total 140 sportifs (saison 2008-2009).

Depuis le décret du 14 mars 1986, les CREPS sont placés sous la tutelle du Ministère de la jeunesse et des sports.

Pour les jeunes sportifs ne faisant pas encore partie du SHN mais souhaitant y accéder, le Code de l'Education prévoit par l'article L.331-6 que les établissements du second degré peuvent créer des formules adaptées pour permettre aux élèves de prétendre à la pratique du SHN. Ce sont les formules souvent nommées « Sport-Etudes ».

On voit également s'ouvrir de plus en plus de centres privés, de sport et d'entraînement, et donc non affiliés au Ministère des Sports. Ces centres ou académies du sport reproduisent les conditions d'entraînement que l'on peut trouver dans un CREPS avec préparation physique et entraînement intensif en vue d'atteindre le haut niveau associé à la poursuite d'une formation professionnelle ou des études de manière aménagée. Ces « académies » sont plus larges quant à leur mode de recrutement puisqu'elles peuvent accueillir des sportifs appartenant au SHN mais également tout athlète motivé. Il n'y a pas de prise en charge financière par l'Etat, dans ces structures. N'étant pas sujets aux mêmes contrôles que les structures nationales, on peut imaginer les possibles dérives de ces centres à but lucratif avec des déscolarisations précoces et un avenir incertain en cas d'échec sur le plan sportif.

- 5) AVANTAGES DU STATUT

Le fait d'appartenir au SHN amène des avantages qui font tout l'intérêt d'en être !

Le but global est de proposer au sportif une qualité optimale d'entraînement et de préparation aux compétitions pour atteindre le meilleur niveau possible tout en lui garantissant une formation ainsi que la possibilité d'une insertion ou d'une reconversion professionnelle.

Tout d'abord en ce qui concerne la scolarité, depuis l'instruction 06-138 JS du 1^{er} août 2006, les sportifs inscrits sur les listes du SHN peuvent bénéficier d'aménagements d'horaires dans le cadre de l'enseignement en Collège, Lycée Général, Professionnel ou Technique ou dans le cadre d'un apprentissage. De plus, ces jeunes ont également la possibilité, en cas d'échec au baccalauréat, de garder le bénéfice de leurs notes obtenues supérieures à 10/20 pendant cinq ans sans avoir à les repasser.

Ensuite, pour les Sportifs de Haut Niveau seulement, il existe des passerelles pour accéder aux études de Professeur d'Education Physique et Sportive ou de Masseuse-Kinésithérapeute sans avoir à passer les concours d'entrée habituels (1).

Les Sportifs de Haut Niveau peuvent également bénéficier de conditions facilitées pour accéder à certains concours ou emplois dans la Fonction Publique ou les Collectivités Territoriales, sans être titulaires des diplômes habituellement requis ou sans être bloqués par les limites d'âge pour certains de ces concours.

La loi prévoit également des possibilités d'aménagement de postes pour les Sportifs de Haut Niveau au sein de leur entreprise lorsque cette dernière a signé une convention avec l'Etat qui lui assure des avantages fiscaux.

Les athlètes en recherche d'emploi peuvent bénéficier du soutien des Directions Régionales et Départementales de la Jeunesse et des Sports (DRDJS) qui les accompagnent dans leurs démarches et les aident à créer le meilleur montage pour accéder à un emploi.

Le statut de sportif inscrit sur une des listes du SHN amène également des avantages financiers.

Il existe par exemple des fonds prévus par l'Etat pour financer des formations ou des stages agréés en vue d'une insertion professionnelle. Ces fonds sont assimilés à des frais professionnels déductibles des cotisations de Sécurité Sociale.

Le Sportif de Haut Niveau peut également bénéficier d'une aide personnalisée versée par le CNOSF sur décision du DTN après étude du dossier en cas de difficultés financières.

Tout sportif inscrit sur une des listes ministérielles peut également demander une aide régionale auprès de la DRDJS et reçoit des primes en cas de performances olympiques en plus des gains propres à chaque compétition. Ainsi, pour les Jeux Olympiques de Pékin en 2008, les athlètes français ont reçu 50000 euros s'ils ont décroché une médaille d'or, 20000 euros pour l'argent et 13000 pour le bronze. Chaque participant à ces Jeux a par ailleurs reçu une prime de 1000 euros.

Parmi les avantages du statut, citons enfin et bien entendu, le suivi médical dont nous reparlerons plus loin. Il permet en effet au sportif de bénéficier d'une prise en charge des soins et d'un bilan de santé important. Il peut ainsi pratiquer sa discipline sportive dans les meilleures conditions de sécurité. La santé du sportif est un axe important avec un versant préventif prédominant. Le sportif peut ainsi à tout moment contacter un médecin pour un conseil ou évoquer un problème de santé ou en rapport avec le dopage.

- 6) OBLIGATIONS ET CONTRAINTES

Etre inscrit sur les listes ministérielles donne de nombreux avantages mais pour en bénéficier, les sportifs concernés doivent respecter certaines obligations, y manquer pourrait les amener perdre ce statut privilégié.

En premier lieu citons l'obligation de résultats d'envergure nationale ou internationale. Cette contrainte est probablement la plus difficile à gérer pour l'athlète car soumise aux aléas des blessures et de la condition physique et mentale durant toute la saison. En effet, comme nous l'avons évoqué précédemment, pour appartenir au SHN, il y a tout d'abord nécessité de bonnes performances sur le plan national, voire international. Or l'inscription sur les listes est valable pour un an seulement, dans la plupart des cas. Il est donc absolument nécessaire pour le sportif d'au minimum maintenir son niveau de performance pour pouvoir prétendre au renouvellement de son statut d'une année sur l'autre. C'est une situation évidente de stress psychologique qui n'est pas toujours évidente à gérer lorsque les résultats ne sont pas au rendez-vous, parfois malgré des mois de préparation et de sacrifices.

Pour appartenir au SHN, il est également indispensable de se soumettre au suivi médical réglementaire. Si le sportif ne réalise pas les examens médicaux obligatoires décrits dans le prochain chapitre, il ne peut pas être inscrit sur les listes ou peut en être retiré.

En entrant dans le milieu du sport de haut niveau, le sportif reçoit et s'engage à respecter la Charte du sport de haut niveau dont le préambule est présenté en annexe 1. Celle-ci est basée sur les principes déontologiques du sport hérités de l'Olympisme antique pour lequel les valeurs de solidarité et de fair-play sont au premier plan. Ce texte énonce les principes fondamentaux des relations entre l'athlète et son environnement, en particulier l'Etat et les Collectivités Territoriales qui lui apportent des aides financières et humaines. Il énonce également des règles de comportements que l'athlète doit respecter aussi bien sur le plan sportif qu'extra sportif avec l'image du sport qu'il peut véhiculer à travers les médias notamment.

En cas de non respect de cette charte, la suspension voire le retrait des listes peut ainsi être décidé par le Ministre chargé des Sports, de sa propre initiative ou sur proposition de la Fédération concernée.

Enfin, le sportif a des obligations bien précises concernant la lutte contre le dopage. L'Agence Française de Lutte contre le Dopage (AFLD) est née le premier octobre 2006 par le décret du 29 septembre 2006 faisant suite à la loi du 5 avril 2006 relative à la lutte contre le dopage et à la protection de la santé des sportifs. La nouveauté importante est constituée par le fait que cette Agence est une autorité publique indépendante dotée de la personnalité morale et exerçant un pouvoir disciplinaire.

L'AFLD édite ainsi tous les ans, sous forme de décret, la liste des produits et méthodes interdits dans le cadre du sport de compétition et considérés ainsi comme dopants. Elle organise également les contrôles anti-dopage.

Les sportifs ont interdiction de produire, importer, exporter, transporter, détenir ou acquérir à des fins d'usage des produits inscrits sur la liste décrite ci-dessus. Ils ont de plus l'obligation de transmettre à l'AFLD leur emploi du temps comprenant les lieux et horaires d'entraînement et de compétition car les contrôles peuvent se faire à tout moment. En cas de refus de soumission à un contrôle ou en cas de manquement aux obligations de localisation pour un contrôle, le sportif se rend passible de sanctions administratives voire de retrait d'inscription au SHN.

L'AFLD, par la Délibération n°54, rectifiée des 12 juillet 2007 et 18 octobre 2007, portant sur les modalités de transmission et de gestion des informations de localisation des sportifs faisant l'objet de contrôles individualisés et de sanctions en cas de manquement, a même établi un groupe « cible » de sportifs avec un traitement informatisé par le biais du logiciel ADAMS (Anti-Doping Administration and Management System) pour la réalisation des contrôles inopinés.

En cas de telles sanctions, pour demander son annulation, le sportif doit se présenter à un entretien auprès d'un médecin dans une antenne médicale de prévention du dopage, agréée par l'AFLD. Il en existe dans chaque région. Le médecin peut alors proposer un suivi médical au sportif et lui remet une attestation confirmant sa venue. Il envoie un rapport à l'Agence qui décide de la suite à donner à l'affaire.

- 1) HISTORIQUE ET OBJECTIFS DU SUIVI

Avant d'exposer les principaux objectifs de la surveillance médicale obligatoire des sportifs inscrits sur les listes ministérielles du SHN, il convient de rappeler l'histoire de la médecine du sport en général et du suivi médical de l'athlète en particulier.

Les premières notions en rapport avec la médecine du sport remontent aux Jeux Olympiques antiques situés entre 884 av. J.C. et 393 après J.C. où les athlètes avaient déjà recours à des formes de dopage par le biais notamment de l'ingestion de viande de cabri à laquelle on prêtait des vertus de « force bondissante » (2).

A l'exception de Gallien au II^{ème} siècle de notre ère, véritable initiateur de la diététique du sport, il faut attendre la fin du XVIII^{ème} et surtout le XIX^{ème} siècle pour voir les premières parutions de traités médicaux en rapport avec l'activité physique, sous l'influence des rédacteurs des premières encyclopédies.

Des scientifiques issus de différentes spécialités s'intéressent alors de plus près à des aspects divers sur ce thème. On assiste ainsi à des publications de chimistes comme celle de Lavoisier (1743-1794) qui sera le premier à mesurer la consommation d'oxygène (V'O₂), chez l'homme à l'effort. Des physiologistes explorent certains versants de la médecine du sport tels Claude Bernard (1813-1878), Jules-Etienne Marey (1830-1904), précurseur de la physiologie du mouvement avec le concept de la chrono-photographie qu'il utilise pour décomposer la marche et la course notamment (3), ou encore Georges Demeny (1850-1917) qui propose une première « éducation physique scientifique » (4). Paul Bert (1833-1886) étudia les effets sur l'homme d'exercices en conditions difficiles. On lui doit l'« Effet Paul Bert » qui décrit les crises convulsives que peut provoquer l'hyperoxie. Il pose également les fondements de la médecine subaquatique avec son ouvrage de référence sur la pression barométrique (5).

A cette même époque, des cardiologues s'intéressent également au sport, citons ainsi Victor Pachon (1867-1938), Camille Lian (1882-1969) ou encore Louis Merklen qui publia sa thèse à Nancy en 1926 sur la fréquence cardiaque à l'effort (6). On voit aussi l'établissement par un collège issu de la gymnastique, du **premier suivi médico-sportif** longitudinal en 1828 par Francisco Amoros (1770-1847). D'autres noms sont à citer dans ce courant gymnique au XIX^{ème} siècle tels Per-Henrik Ling (1776-1939) ou encore le français Alfred Levertin.

C'est finalement à Fernand Lagrange (1848-1909) que l'on doit **le premier manuel de médecine du sport de langue française en 1888** avec déjà ses deux versants préventif et thérapeutique (7). Il sera imité en 1943 par les Dr Fabre, Merklen et Chailley-Bert avec leur ouvrage « Education physique et contrôle médical ».

C'est par suite logique dans les années 1920 que sont créées les premières institutions officielles de Médecine du Sport. L'Ecole Supérieure d'Education Physique de Joinville voit ainsi le jour en 1920. L'année suivante est créée la Société Médicale Française d'Education Physique et de Sport qui deviendra plus tard la

Société Française de Médecine du Sport (SFMS) qui est encore aujourd'hui la société référente. En 1928, la Fédération Internationale de Médecine du Sport est créée.

Sur le plan législatif, les textes sont édictés plus tardivement et sont encore en pleine évolution. Citons la loi du 20 décembre 1940 dite « charte des sports » qui permet l'ouverture des centres médico-sportifs sous l'influence du Dr Philippe Encausse et confirmée par l'arrêté du 22 février 1946 relatif à l'obligation de suivi médical des Activités Physiques et Sportives (APS).

On peut toutefois considérer que la date officielle de la naissance de la Médecine du Sport est le 15 décembre 1949, avec la publication de l'arrêté portant sur la création d'un Certificat d'Etudes Spéciales (CES) de biologie appliquée à l'éducation physique et aux sports. C'est depuis cette date que les Facultés de Médecine de France forment officiellement des médecins du sport. Ce CES est transformé en 1989 en Capacité de Médecine et Biologie du Sport et complété récemment, par la création du nouveau diplôme spécialisant en Médecine du Sport, le Diplôme d'Etudes Spécialisées Complémentaires (DESC) de Médecine du Sport, né de l'arrêté du 26 juillet 2002.

Enfin, ce n'est que tout récemment, par la loi du 16 juillet 1984 relative à l'organisation et à la promotion des activités physiques et sportives qu'est pour la première fois établie sur le plan législatif la surveillance médicale des sportifs.

Ce texte a subi quelques modifications depuis mais reste le fondement des textes actuels du Code du Sport. L'important arrêté du 6 février 2004 modifié par celui du 16 juin 2006 et abrogé le 28 février 2008, fixe ainsi la nature et la périodicité des examens médicaux prévus aux articles L. 3621-2 et R. 3621-3 du Code de la Santé Publique (cf annexe 2).

Concernant la lutte contre le dopage, aspect important du suivi médical du sportif, c'est le décret du 10 juin 1966 qui en fixe les premières modalités et notons que récemment, la loi Lamour du 29 août 2003 relative à la lutte anti-dopage et à la protection de la santé des sportifs voit la naissance de l'AFLD évoquée précédemment.

Ces différentes étapes sont réunies dans le diagramme suivant :

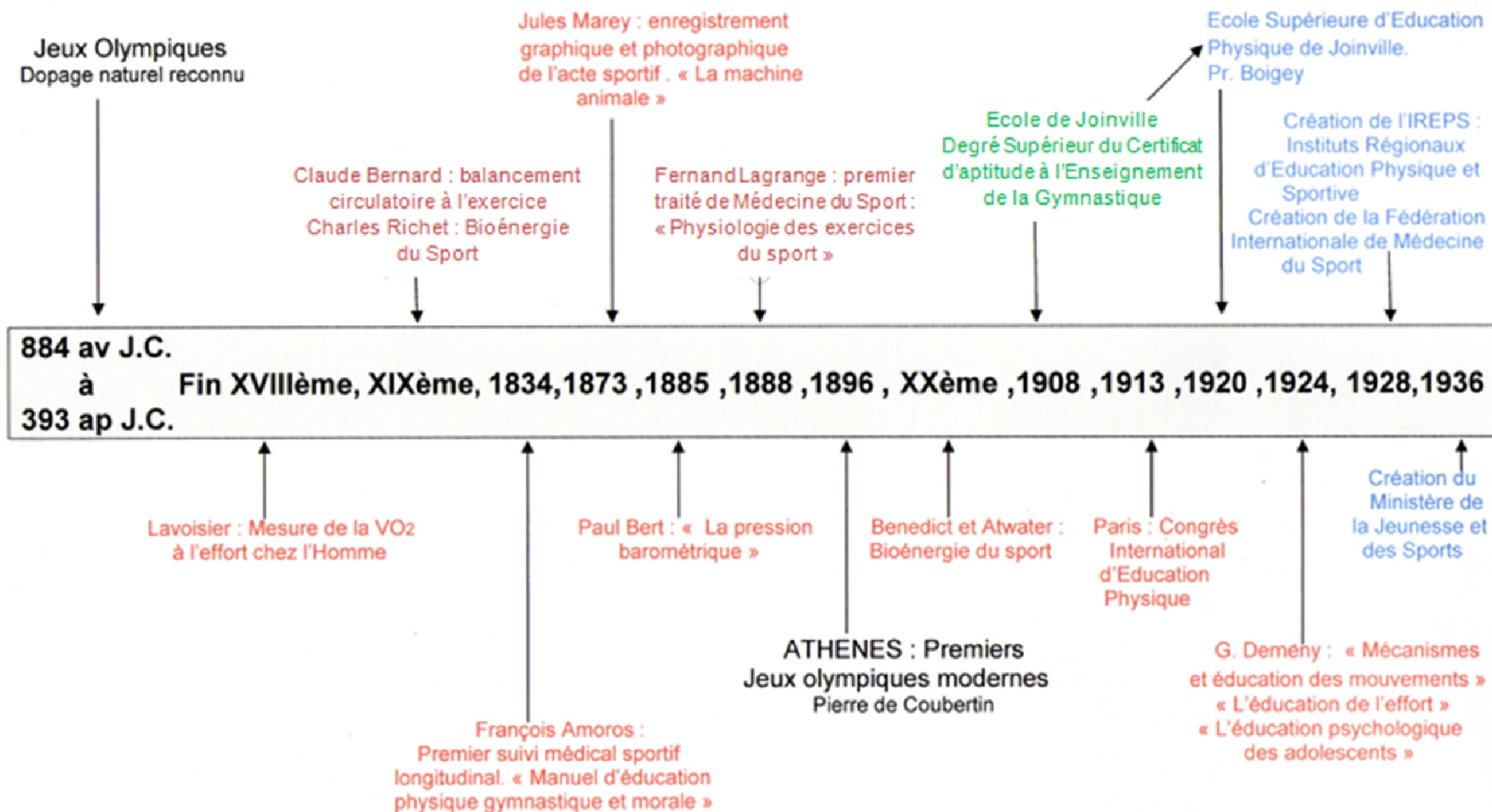


Diagramme des dates importantes des fondements de la Médecine du Sport
 Travaux Scientifiques Domaine administratif Domaine universitaire

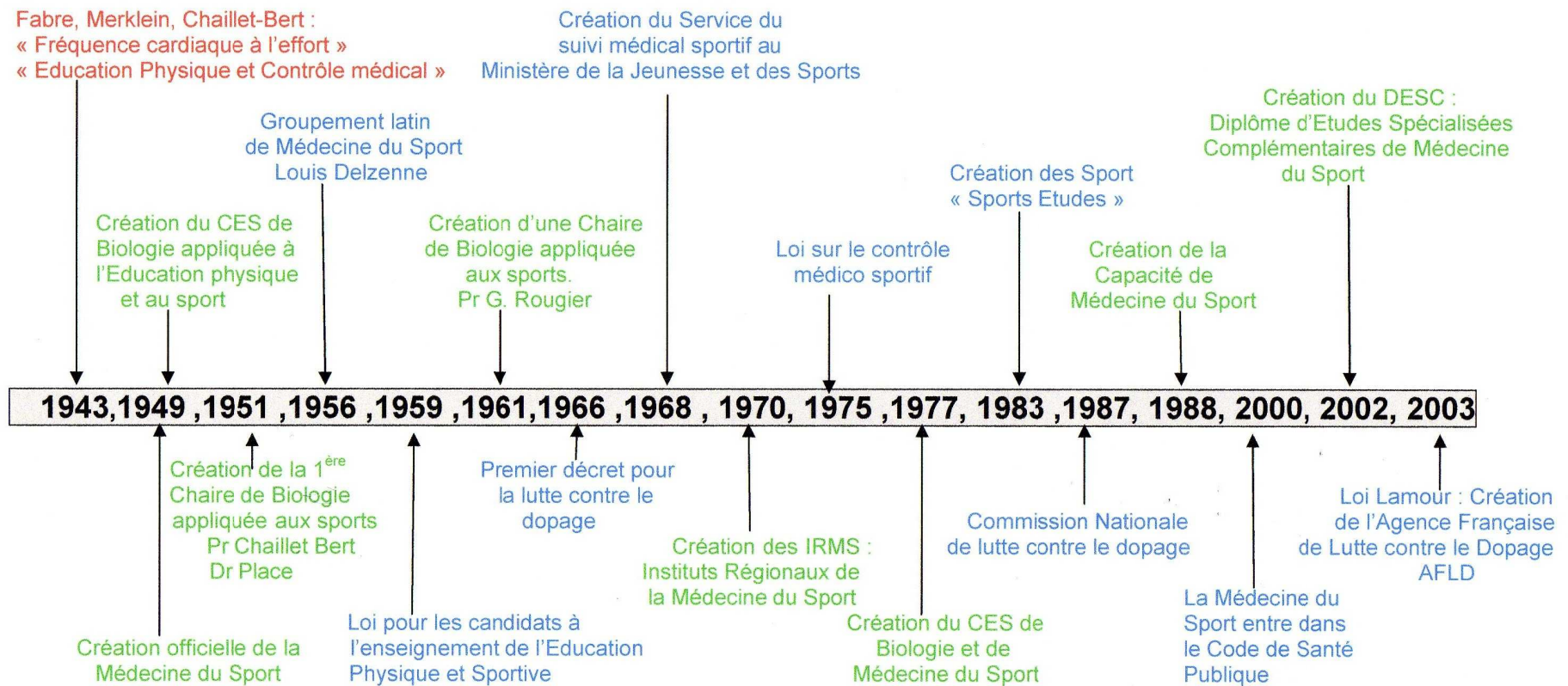


Diagramme des dates importantes des fondements de la Médecine du Sport

Travaux scientifiques Domaine administratif Domaine universitaire

Ainsi, la Médecine du Sport est un domaine récent, en pleine évolution avec de nombreux textes de loi qui viennent la légitimer encore un peu plus depuis 20 ans. Des évolutions vont encore probablement être apportées dans les prochaines années, pour suivre les évolutions continues de la pratique sportive de haut niveau.

Revenons maintenant sur les objectifs de cette surveillance médicale obligatoire des Sportifs Espoir ou de Haut Niveau auxquels nous nous intéressons plus particulièrement dans ce travail.

Lorsque nous comparons les recommandations de suivi médical destiné aux sportifs de diverses nations ou institutions (8-11,annexe 2), nous constatons quelques différences dans les modalités de sa réalisation notamment dans le choix des examens complémentaires ou dans la fréquence de leur répétition. Néanmoins, toutes ont le même dénominateur commun avec un **but principal à cette surveillance : La protection de la santé du sportif.**

Celle-ci repose toujours sur deux axes principaux, la **prévention** d'une part qui vise à éviter la survenue de problèmes de santé chez l'athlète et le **traitement** des pathologies lors de leur survenue.

Rappelons que la santé est définie par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme un « état de bien-être physique, mental et social ». La pratique sportive peut apporter ce bien-être mais il convient de distinguer trois catégories de sportifs :

- Les pratiquants sportifs occasionnels non licenciés à une Fédération : on en compte un peu plus de 14 millions en France. Dans cette catégorie, aucun suivi médical n'est obligatoire car on admet qu'à ce niveau, les bénéfices de la pratique sont largement supérieurs aux éventuels effets délétères.
- Les sportifs licenciés et donc amenés à participer à des compétitions : on dénombre plus de 16 millions de personnes licenciées à une Fédération en France. Ceux-ci ont l'obligation, par l'article L.231-2 du Code du Sport, de fournir un certificat médical attestant l'absence de contre-indication à la pratique des activités concernées, pour la délivrance de leur licence sportive.
- Les sportifs inscrits sur les listes ministérielles du SHN et plus particulièrement les Espoirs et Haut Niveau que nous étudions ici : cette population compte plus de 14000 individus et constitue une population à risque du point de vue de sa santé car la recherche de performances maximales peut amener l'athlète à des prises de risque importantes pouvant nuire à son bien-être. Ces sportifs ont ainsi une obligation de surveillance médicale plus conséquente et pluri-annuelle (12).

On sait que la pratique sportive est bénéfique pour la santé à long terme, même chez le pratiquant intensif, surtout en termes de mortalité (13). Mais de nombreuses études montrent également que pour la troisième catégorie d'individus décrite ci-dessus, l'incidence de survenue de pathologies ou blessures reste importante et bien au-delà de la population générale (14, 15, 16).

Le principe de cette surveillance médicale (ou « preparticipation screening or evaluation » dans le monde anglo-saxon) est donc de tout mettre en œuvre pour

prévenir l'apparition de ces blessures et d'en réduire le nombre au minimum. C'est cette surveillance ou suivi médical longitudinal que nous allons étudier ici.

Il s'agit en fait de permettre à une personne bien portante de pratiquer son activité sportive en identifiant les risques éventuels inhérents à celle-ci et les risques propres à l'état de santé de l'athlète. Ceci pour lui permettre d'éviter la survenue de pathologies. La difficulté réside dans le fait que le sportif n'est pas un patient ordinaire, de par sa nature même de « bien-portant ». Sa volonté est d'amener son organisme à réaliser des performances bien souvent au-delà de sa physiologie tout en évitant la survenue d'incidents ou de blessures.

Il est donc important pour le médecin du sport réalisant cette surveillance obligatoire de réussir à identifier ces risques, qu'ils proviennent de l'athlète lui-même ou du sport pratiqué, et qui seraient susceptibles de nuire à sa santé.

Le Code du Sport précise donc dans son article R221-2 que nul ne peut être inscrit sur la liste de Sportifs de Haut Niveau s'il n'a pas subi les examens médicaux précisés par arrêté ministériel (12).

Celui-ci prévoit ainsi dans le cadre de cette surveillance (cf annexe 2) un examen clinique, des examens biologiques, des explorations cardiaques, une épreuve d'effort maximale, un bilan psychologique, un examen dentaire, des outils de lutte contre le dopage et certains autres examens complémentaires spécifiques dans certaines disciplines.

Ce bilan est lourd et éventuellement difficile à mettre en place. Des études ont ainsi montré de nombreuses failles dans ce suivi avec parfois des carences dans la réalisation des examens qui peuvent mettre en danger l'athlète (17).

Malgré les contraintes de sa réalisation, nous allons maintenant en étudier les différents éléments avec leur intérêt respectif. Nous verrons ainsi que pour protéger la santé du sportif, aucun manquement ne doit être toléré et une rigueur systématique est indispensable.

Si l'on s'intéresse plus spécifiquement à l'enfant et à l'adolescent sportifs, le but de cette surveillance médicale va être de dépister également des signes de surentraînement que l'on décrira plus loin et d'éviter d'éventuels troubles de la croissance. Celui-ci survient en cas d'entraînement trop intensif.

Peu de validations scientifiques ont pu établir un volume horaire hebdomadaire « limite » correspondant mais on estime qu'un enfant de moins de dix ans qui s'entraîne plus de 6h ou qu'un enfant plus âgé qui s'entraîne plus de 10h subissent un entraînement intensif (18).

- 2) L'EXAMEN CLINIQUE

Le Code du Sport prévoit donc que deux fois par an, les sportifs inscrits sur les listes du SHN doivent subir un examen médical réalisé par un médecin diplômé en Médecine du Sport, selon les recommandations de la SFMS (19) et qui comprend :

- un entretien
- un examen physique
- des mesures anthropométriques
- un bilan diététique

Ce temps de la surveillance médicale est très important car il permet d'établir le contact avec l'athlète et d'étudier avec lui un grand nombre de pathologies ou de cibler chez lui des facteurs de risque pour sa santé. Il permet d'établir avec lui une relation de confiance par le temps d'écoute et de dialogue qu'on lui accordera. Cette confiance est le fondement d'une surveillance médicale réussie, c'est à dire avec le moins de prises de risque possible par l'athlète pour sa santé sur tous les plans.

Ensuite, il est important de signaler qu'il existe une trame de fond générale pour la conduite de l'examen médical mais qu'il existe également des spécificités inhérentes à la pratique sportive elle-même.

Nous évoquerons surtout ici la trame générale ainsi que les spécificités liées à la population des plus jeunes. Les spécificités du tennis seront étudiées plus loin.

A) L'entretien médical

C'est la première étape et probablement la plus importante de l'examen clinique puisqu'au delà de la simple prise de contact avec l'athlète, l'interrogatoire permet, lorsqu'il est bien conduit, de dépister un grand nombre de facteurs de risque pour sa santé. Pour cela, le questionnement doit être le plus exhaustif possible, sans hésiter à approfondir chaque antécédent que déclare le sportif. L'entretien doit donc porter sur les antécédents familiaux et personnels du patient, mais aussi sur sa pratique sportive à la recherche des facteurs de risque cardiovasculaire principalement mais aussi de toute pathologie susceptible de représenter un risque pour sa santé. On recherchera également des signes de surentraînement.

a) Antécédents familiaux

On s'attachera à rechercher des antécédents de pathologies cardiovasculaires en premier lieu et plus particulièrement chez les membres de la famille parents du premier degré et les grands-parents. On n'oubliera évidemment pas de rechercher des cas de mort subite inexpliquée avant l'âge de 50 ans dont on rappelle la définition de l'OMS : mort inopinée, rapide, survenue moins d'une heure après le début des premiers symptômes et apparue de manière « naturelle » (18). En cas de présence d'un ou plusieurs problèmes cardiaques familiaux, on portera une attention toute particulière à l'examen clinique cardiologique ainsi qu'aux explorations complémentaires de la fonction cardiaque.

On recherchera aussi des cas familiaux de maladies métaboliques, musculaires, neurologiques, carcinologiques ou d'origine génétique.

b) Antécédents personnels

Comme pour toute consultation médicale, l'exploration des antécédents personnels consiste en la recherche de survenue chez l'athlète de pathologies médicales anciennes ou en cours, de traitements médicaux ou chirurgicaux passés, en cours ou prévus.

Plus spécifiquement chez le sportif, on s'attachera à trouver et à retenir ceux qui peuvent compromettre ou influencer sur l'aptitude à la pratique sportive. Il est important de bien cibler les antécédents à évoquer de manière spécifique par discipline.

D'une manière générale on retiendra qu'il est reconnu (8-11, 19) utile de vérifier les antécédents de problèmes :

- **Cardiovasculaires** avec possibilité de questionnaire spécifique comme celui proposé par la Société Française de Cardiologie (SFC) ou par l'American Heart Association (AHA) (76, 84).
- **Pulmonaires** avec la recherche de signe de bronchoconstriction induite par l'exercice (38) ou d'asthme véritable ancien ou récent pour lesquels il est nécessaire d'effectuer des examens complémentaires affirmant ces diagnostics et permettant l'établissement d'une Autorisation d'Usage à des fins Thérapeutiques (AUT) comme l'exige l'AFLD pour la prise de bêta-2- mimétiques par exemple. En effet, ces traitements de la bronchoconstriction sont inscrits sur la liste des produits interdits en compétition. Cette pathologie est fréquente puisqu'on estime qu'elle touche de 9 à 50% des athlètes selon les études (39) et il est important de

la dépister pour pouvoir traiter ces athlètes en respectant les lois concernant le dopage. Il semble par ailleurs que l'examen le plus sensible pour la détecter soit l'hyperventilation isocapnique (40), actuellement recommandé par les instances internationales.

- **Infectieux**, notamment des infections, même bénignes, à répétition, parfois révélatrices d'un état de fatigue important voire de surentraînement ou encore révéler un problème général plus important
- **Métaboliques ou endocriniens**
- **Rhumatologiques**
- **Traumatologiques** avec des problèmes d'entorses, fractures, luxation, plaies importantes, contractures, douleurs ou déchirures musculaires.
- **ORL**
- **Ophtalmologiques** : myopie, hypermetropie, astigmatisme connus et corrigés. Antécédents de pathologie traumatique en particulier pour les sports de combat.
- **Neurologiques**
- **Psychologiques** que l'on détaillera dans un prochain chapitre
- **Urologiques** avec recherche d'épisodes d'hématurie ou de douleurs anormale
- **Dermatologiques**
- **Du système digestif** avec outre la notion de douleur et de trouble du transit des antécédents de trouble du comportement alimentaire dont on reparlera dans le bilan psychologique du sportif
- **Hématologiques**
- **Allergiques**
- **Gynécologiques** pour les féminines en faisant préciser l'âge des premières règles, la régularité des cycles naturels et l'utilisation d'un moyen de contraception
- **Psychiatriques** : avec en particulier recherche d'états anxio-dépressifs parfois associés au surentraînement.

Le CIO propose un questionnaire simple pour établir les principaux antécédents personnels de l'athlète (8).

On n'oubliera pas également de vérifier le statut vaccinal de l'athlète ainsi que de lui faire préciser ses habitudes :

- sommeil
- consommation de tabac, alcool, autres drogues
- prise de traitements médicaux, compléments alimentaires ou tout autre produit.
- Scolarité ou profession, emploi du temps habituel
- nombre d'heures par jour de télévision, ordinateur ou jeux vidéos
- hygiène

Il est ensuite nécessaire en cas d'antécédents déclarés de les faire préciser par d'autres questions qui en découlent logiquement.

c) Parcours sportif

Il est toujours intéressant d'établir le parcours sportif de l'athlète et de lui faire ainsi préciser :

- l'âge de début des activités physiques et sportives (première licence)
- toutes les disciplines pratiquées par le passé ou actuellement, en précisant pour chacune d'elle l'âge de début, la durée de la pratique et le niveau de pratique (local, départemental, régional, national ou international)

Dans la (ou les) discipline(s) principale(s), on pourra questionner le sportif sur :

- le volume horaire d'entraînement hebdomadaire actuellement et en moyenne sur la dernière saison, en différenciant les séances de physique sur appareils spécifiques en salle et pratique de la discipline.
- le niveau de pratique actuel avec les meilleures et les dernières performances
- les objectifs pour la saison en cours.

d) Surentraînement

Depuis plusieurs années, cette entité, bien que mal définie car encore mal comprise, reconnue sous le terme français de « surentraînement » et que les anglo-saxons étudient sous les termes « overtraining syndrome » ou « burnout ». Il s'agit en effet d'une pathologie complexe et invalidante probablement liée à un entraînement trop intensif et qui peut associer (20) :

- une asthénie prolongée
- une altération des performances souvent associée à des résultats scolaires ou professionnels également en baisse
- des troubles du sommeil
- des épisodes infectieux à répétition
- des troubles de l'humeur (autodépréciation, apathie, perte de motivation)
- des signes d'anxiété

Cette pathologie, si elle n'est pas reconnue et traitée assez tôt, peut conduire à la survenue de blessures graves ou à une perte totale de motivation et provoquer un arrêt total et définitif de la pratique sportive. De nombreuses études ont déjà montré l'incidence de ce syndrome et tenté d'en évaluer ces conséquences (21-25). On estime ainsi sa prévalence autour de 7% parmi les athlètes.

L'étiologie précise de ce syndrome est encore mal connue mais associe des conditions d'entraînement trop intensives, un profil psychologique particulier et d'autres facteurs environnementaux difficiles à évaluer et non encore bien individualisés

Pour son dépistage dans le cadre de la surveillance médicale obligatoire du sportif, on voit depuis quelques années le développement d'outils destinés au médecin du sport comme des questionnaires validés dont les scores sont corrélés à l'état de fatigue du sportif (20).

Cet interrogatoire associé à la recherche de signes de surentraînement cités ci-dessus peut permettre son dépistage et envisager un traitement adapté rapidement, essentiellement basé sur une diminution de la charge de travail et un suivi psychologique si nécessaire.

Des diagnostics différentiels sont bien sûr à éliminer en tout premier lieu comme une anémie, une carence nutritionnelle, des troubles hydroelectrolytiques ou encore une dysthyroïdie. Des examens complémentaires seront donc demandés devant un tel tableau clinique avant de retenir un diagnostic formel de surentraînement.

B) L'examen physique

Après l'entretien, il est indispensable de procéder à un examen physique minutieux du sportif. Il comporte une partie standardisée, commune à tous et à laquelle le médecin doit savoir ajouter des examens particuliers selon la discipline pratiquée et selon les données recueillies à l'interrogatoire qui inciteraient à étudier de manière plus spécifique certains aspects physiques.

a) Mesures anthropométriques

- poids en kilogrammes (kg). On fera (re)préciser à cette occasion le poids de forme de l'athlète et s'il est sujet à des variations pondérales que l'on notifiera.
- taille en centimètres (cm).
- calcul de l'Indice de Masse Corporelle (IMC).
- mesure de la masse grasse en pourcentage du poids corporel total.
 - en cas de première venue d'un adolescent, on évaluera l'évolution du poids et de la taille sur les derniers mois.
- évaluation du stade de développement pubertaire selon la classification de Tanner.
- évaluation de la croissance et de la morphologie chez l'enfant et l'adolescent par comparaison aux courbes de croissance standardisées.

Pour les mesures concernant l'enfant et l'adolescent, elles permettent de dépister bon nombre de pathologies ou d'anomalies de croissance que nous étudierons spécifiquement dans un prochain chapitre.

En ce qui concerne la mesure de la masse grasse, il faut savoir qu'il s'agit d'un sujet controversé. En effet, plusieurs méthodes peuvent être utilisées.

Citons tout d'abord la méthode directe de référence : l'absorptiométrie à deux niveaux d'énergie ou biphotonique (DEXA) qui est complexe et peu utilisée en pratique courante chez le sportif.

Il existe ensuite différentes méthodes de mesure indirecte d'impédancemétrie (balance, pression manuelle...) et les méthodes utilisant la mesure de plis cutanés. Ces méthodes de mesure indirecte restent moins précises que la méthode directe (26, 27, 28) mais sont utilisées en consultation courante car beaucoup plus simples dans leur réalisation et faciles d'accès (figure 1 et 2).

Pour la méthode des plis cutanés, sept plis ont été décrits et validés (bicipital, tricipital, sous-scapulaire, supra-iliaque, ombilical, quadricipital et sural) avec une trentaine d'équations associées pour la détermination de l'adiposité. Parmi toutes ces méthodes, il existe une grande variation des résultats (29-31).

Notons qu'une des méthodes semble scientifiquement plus juste pour le sportif, la méthode des quatre plis (bicipital, tricipital, sous-scapulaire et supra-iliaque) avec l'équation correspondante décrite par Durnin et Womersley (32-35).

Il s'agit donc de la méthode la plus couramment employée dans le cadre de la médecine du sport, c'est celle-ci que nous avons utilisée pour notre étude.



Figure 1 : Mesure du pli sous-scapulaire



Figure 2 : Mesure du pli tricipital

Ainsi, ces mesures peuvent nous permettre de détecter de nombreuses pathologies ou des erreurs dans l'hygiène de vie, qui peuvent nuire à la santé du sportif au-delà de la diminution de ses performances.

Citons ainsi les troubles du comportement alimentaire avec les carences qui en découlent, des anomalies du développement et de la croissance dont on pourra ensuite rechercher la cause métabolique ou endocrinienne ou encore des erreurs de diététique que nous allons étudier en détails dans le paragraphe consacré au bilan nutritionnel.

b) Examen appareil par appareil

Différentes études prospectives étudiant l'ensemble des consultations de Médecine du Sport par les athlètes durant des compétitions internationales (14, 36, 37) montrent la variété importante de pathologies pouvant survenir durant la pratique du sport et atteindre tous les organes. Il s'agit d'arguments forts justifiant la nécessité d'effectuer un examen physique complet de chaque athlète et ce pour chaque visite. Il permet la comparaison dans le temps et de mettre en lumière l'apparition de nouveaux problèmes ou la disparition d'autres.

- Examen cardiovasculaire

On effectuera une auscultation cardiaque à la recherche d'arythmie ou de présence d'un souffle qu'il faudra caractériser et comparer aux données de l'interrogatoire et des explorations cardiaques complémentaires. Sur le plan vasculaire, on palpera les pouls distaux aux 4 membres, et on auscultera les gros troncs artériels (artères carotides et fémorales, aorte abdominale). On mesurera également la pression artérielle aux deux bras. La présence d'un souffle sur ces trajets, l'absence d'un ou de plusieurs pouls, ou une différence de pression artérielle systolique supérieure à 20 mmHg entre les deux bras doit amener à la réalisation d'examen

complémentaires et à ne pas signer de certificat de non contre-indication à la pratique du sport dans l'attente de leurs résultats.

On recherchera également des signes cliniques d'insuffisance cardiaque droite (turgescence jugulaire, reflux hépato-jugulaire entre autres) et/ou gauche (œdème des membres inférieurs, dyspnée et crépitations à l'auscultation pulmonaire).

On n'oubliera pas d'observer l'état veineux du patient pour y trouver des signes d'insuffisance veineuse : varices (parfois difficiles à différencier des grosses veines physiologiques du sportif), varicosités, œdème déclive des membres inférieurs.

- *Examen pulmonaire*

Si l'interrogatoire est important concernant l'appareil respiratoire chez le sportif pour évoquer des signes de bronchoconstriction induite par l'exercice et couramment nommée « asthme d'effort », l'examen respiratoire au repos est souvent peu contributif. Néanmoins il sera réalisé systématiquement.

Le premier temps s'attachera à une inspection de la cage thoracique à la recherche d'éventuelles déformations type scoliose ou pectus. Puis une auscultation pulmonaire soigneuse, comparative des deux champs à différentes hauteurs sera réalisée pour dépister des bruits anormaux surajoutés ou une diminution du murmure vésiculaire. On pourra également effectuer une percussion ou un examen des vibrations vocales en cas d'anomalies auscultatoires.

On mesurera également la saturation transcutanée du sang artériel en oxygène à l'aide d'un oxymètre de pouls pour évaluer l'oxygénation du sang au repos.

En cas d'anomalie, des examens complémentaires seront également impératifs avant d'autoriser le sportif à pratiquer son sport.

Nous évoquerons les Explorations Fonctionnelles Respiratoires (EFR) dans le chapitre sur la réalisation des explorations physiologiques associées à l'épreuve d'effort maximale.

- *Examen abdominal (uro génital)*

On examinera le sujet en décubitus dorsal avec une légère flexion des hanches et des genoux avec une palpation abdominale, quadrant par quadrant à la recherche de masses anormales que l'on caractérisera plus en détail s'il y en a une (en effectuant percussion et auscultation notamment), et d'hépto ou de splénomégalie.

Sur le plan urologique, on pourra également éliminer une cryptorchidie en particulier chez l'adolescent.

- *Examen neurologique*

On insistera plus particulièrement sur cet examen dans les sports de contact et sports de combat qui sont le plus sujets aux traumatismes à l'origine de déficit neurologique. On vérifiera en particulier les réflexes ostéotendineux, les paires crâniennes et on pourra tester les manœuvres d'équilibration et de coordination.

- *Examen ostéoarticulaire (musculaire)*

Il s'agit d'une étape importante de l'examen physique car c'est l'appareil le plus sujet à pathologie chez le sportif (14-16, 36, 37). Il conviendra donc d'examiner le patient allongé, assis et debout pour évaluer chaque articulation et chaque groupe

musculaire en insistant plus particulièrement sur des zones douloureuses ou avec antécédents de pathologie ainsi que sur celles les plus sujettes aux contraintes, selon la discipline pratiquée. On recherchera de manière systématique des troubles de la statique : inégalité de longueur des membres inférieurs, déviation de la colonne vertébrale, varum ou valgum, recurvatum ou flessum. On pourra également sur certaines zones à risque évaluer la force motrice et les amplitudes articulaires à l'aide d'un goniomètre.

C'est un moment important car il peut révéler une douleur dont le sportif n'a jamais parlé et qu'il va falloir évaluer et traiter en s'aidant d'éventuels examens complémentaires pour éviter une aggravation et lui permettre de poursuivre son activité au haut niveau.

- *Examen dermatologique*

On sera particulièrement attentif aux naevus et aux problèmes d'acné des sportifs.

- *Examen O.R.L.*

Il est habituel de pratiquer un examen otoscopique et des conduits auditifs associé à un examen de la cavité buccale et du pharynx. Pour certaines disciplines sportives plus exposées à la survenue de lésions dans cette sphère, le code du sport prévoit l'obligation d'un examen réalisé par un spécialiste.

- *Examen ophtalmologique*

Pour les sports à risques incluant sports mécaniques, sports aériens, disciplines alpines et sports de combat, un examen par un spécialiste est également obligatoire. Pour les autres, il est recommandé d'effectuer au minimum une évaluation de l'acuité visuelle de loin et de près sur les échelles classiques (Monoyer pour la vision de loin et Parinaud pour la vision de près).

- *Examen des aires ganglionnaires*

Toutes les recommandations concernant l'examen médical de l'athlète de haut niveau ne le citent pas mais il semble intéressant d'examiner les aires ganglionnaires des sportifs pour rechercher d'éventuels foyers infectieux chroniques (surtout ORL) ou de possibles maladies de système ou hématologiques qui surviennent le plus souvent à un âge précoce comme la maladie de Hodgkin par exemple.

- 3) LE BILAN NUTRITIONNEL

A) Apports nutritionnels conseillés pour la population générale

Rappelons d'abord que pour la population générale, les besoins énergétiques d'un individu sont définis comme étant "la quantité d'énergie nécessaire pour compenser les dépenses et assurer une taille et une composition corporelle compatibles avec le maintien à long terme d'une bonne santé et d'une activité physique adaptée au contexte économique et social" (OMS, 1996).

La dépense énergétique pour chaque individu est principalement composée des dépenses liées :

- au métabolisme de base (énergie utilisée au repos pour le fonctionnement des organes comme le tube digestif, le rein, le cerveau, le cœur). C'est la composante principale (60-70%) de la dépense énergétique. On peut évaluer cette Dépense Énergétique de Repos (DER) par l'équation de Black :

Femmes : $DER = 0,963 \times P^{0,48} \times T^{0,50} \times A^{-0,13}$

Hommes : $DER = 1,083 \times P^{0,48} \times T^{0,50} \times A^{-0,13}$

Avec DER en MJ.J-1, P le poids en kg, T la taille en m et A l'âge en années. Pour passer en kcal/j : $DER \times 1000/4,1868$.

Les DER dépendent essentiellement de la composition corporelle et principalement de la masse maigre (41).

- à l'activité physique (énergie utilisée au cours des déplacements, d'activités ménagères, professionnelles, sportives) ; c'est le second poste de dépenses énergétiques.
- à la thermogenèse alimentaire (énergie utilisée pour assurer la digestion, l'absorption intestinale, le stockage des aliments) ; cette composante ne représente que 10% de la dépense énergétique totale.

Dans son dernier rapport édité en 2001 sur les Apports Nutritionnels Conseillés (ANC), l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) nous indique que l'on peut également estimer la Dépense Énergétique (DE) totale de 24h en fonction du Niveau d'Activité Physique (NAP) par une formule simple :

$$DE\ 24h = DER \times NAP$$

Quatre NAP sont établis : 1,4 pour le niveau faible, l'inactivité
1,6 pour le niveau moyen, activité usuelle
1,8 pour le niveau fort, sujets actifs
1,9 (femmes) et 2 (hommes) pour le niveau élevé des sujets très actifs, sportifs intensifs.

Les apports alimentaires doivent donc être proportionnés à ces dépenses. On estime ainsi que la ration moyenne quotidienne d'une femme adulte doit atteindre 2500

kcal/j et 2700 kcal/j pour un homme. Ces apports sont constitués de macronutriments et de minéraux.

Les macronutriments sont composés de trois grandes familles :

- **les glucides** qui doivent représenter aux alentours de 55% des Apports Energétiques Totaux (AET). On les divise en glucides simples (glucose, saccharose, fructose) et complexes avec de nombreux glucides simples associés (amidon, cellulose). On considère qu'il faut favoriser l'apport de glucides complexes (céréales, pâtes, riz, légumes secs) et que les glucides simples (sucre, chocolat au lait, sucrerie, pâtisserie) ne devraient pas dépasser 10% des AET mais c'est en fait parce qu'ils s'associent souvent dans notre alimentation à une forte quantité de lipide.
- **Les lipides** qui doivent représenter de l'ordre de 30% des AET. On peut les diviser en graisses animale et végétale qu'il est conseillé de consommer en proportion équivalente.
- Les **protides** qui sont censés couvrir 15% des AET

Nous sommes donc censés respecter la règle des 7^{ème} avec des apports comprenant 4/7^{ème} de glucides, 2/7^{ème} de lipides et 1/7^{ème} de protides (42). Dans les enquêtes alimentaires, on constate que la tendance de la population française est de diminuer la proportion de glucides (aux alentours de 40-45% des AET) au profit des lipides. Le problème est que cette augmentation de consommation de graisse se fait aux dépens des graisses animales qui sont athérogènes, la proportion de graisses végétales contenant les acides gras essentiels plutôt protecteurs vis-à-vis de la santé est en diminution.

Les minéraux comportent des macroéléments et des oligoéléments.

Les macroéléments sont le sodium, le potassium, le calcium, le phosphore et le magnésium. Ce sont les minéraux majeurs.

Les oligoéléments sont beaucoup plus nombreux et comprennent le fer, le zinc, le manganèse, le cuivre, l'iode, le sélénium entre autre.

On n'oubliera pas de citer **les vitamines** qui sont par définition des éléments indispensables à l'alimentation.

Dans ces catégories, on ne constate pas de carences majeures dans la population générale hormis la carence martiale chez les femmes en activité génitale ou enceinte, chez les jeunes enfants et les carences multiples des sujets âgés en institution.

Ils existent toutefois de multiples carences moins importantes décrites au sein de la population française notamment en vitamines A, E, B1, B2, B6, C ainsi qu'en cuivre, sélénium et iode.

Les apports en eau sont souvent inadaptés avec de fréquentes insuffisances d'apports compensées par la régulation fine de l'organisme au niveau rénal. On estime que ces apports doivent atteindre 2500 ml/j composés de 1000 ml d'origine alimentaire et 1500 ml de boissons pour la population générale avec une activité physique moyenne.

D'une manière globale, tous les spécialistes s'accordent sur le fait qu'une alimentation comportant les aliments de base consommés de manière variée et en alternance suffit à couvrir nos besoins, sans excès et sans nécessité de supplémentation.

B - Particularités du sportif

Pour la population de sportifs qui nous intéresse dans ce travail, les idées fondamentales concernant l'alimentation exprimées par le Centre d'Etudes et de Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation restent valables : « l'alimentation est un facteur de santé ; il convient d'avoir une alimentation suffisante mais non excessive ; l'alimentation doit être variée ; il y a une infinité de façons de réaliser un menu équilibré, il n'y a pas d'aliments miracles et presque jamais d'aliments complets ou indispensables ».

Cependant, le Sportif de Haut Niveau soumet son organisme à des conditions parfois extrêmes avec des dépenses énergétiques considérables qui imposent une adaptation des apports pour maintenir l'équilibre, au risque de générer de réelles carences et donc une diminution des performances et la survenue de problèmes pathologiques.

La priorité du sportif est donc de couvrir par l'alimentation, l'augmentation de ses besoins énergétiques. On les analysera en fonction de chaque athlète, de sa morphologie et de la discipline pratiquée.

On sait en effet, si on reprend la classification des apports utilisée dans le paragraphe précédent, qu'en ce qui concerne les macronutriments, les glucides représentent le substrat énergétique principal pour les activités d'intensité élevée. Leur consommation va donc être augmentée jusqu'à 65% des AET pour ces athlètes.

Les lipides représentent quant à eux le substrat préférentiel pour les activités d'intensité modérée (à 40-60% de la consommation maximale d'oxygène ($V'O_2 \text{ max}$)) et le sportif qui travaille en endurance va donc maintenir la portion des AET de ces macronutriments (41).

De manière globale, les apports totaux chez le sportif peuvent augmenter de manière conséquente puisque chez les cyclistes, la ration journalière est en moyenne de 6000 kcal/j, pouvant augmenter jusqu'à 10000 kcal/j lors des étapes de montagnes (43). On estime également qu'en apportant des aliments toujours variés et en augmentant les apports globaux, on couvre les besoins en ce qui concerne les minéraux et vitamines.

Il va également être important d'augmenter les apports en eau, en parallèle de l'augmentation de l'activité physique et en fonction des conditions climatiques. De nombreuses études ont bien décrit la manière d'adapter ainsi les apports et on trouve également des conseils nutritionnels adaptés pour la compétition avec la manière d'organiser l'alimentation avant, pendant et après l'épreuve (41, 42).

Lors de l'entretien pour le suivi médical longitudinal qui nous intéresse dans ce travail, il va donc être important de réaliser une évaluation des apports avec plusieurs méthodes possibles :

- les enregistrements alimentaires où le sujet note ce qu'il consomme sur une période donnée,
- le rappel des 24h où l'on demande au sujet de se remémorer tous les aliments et boissons consommés dans les 24h avant la consultation,
- l'utilisation des questionnaires de fréquence de consommation qui demandent à l'athlète la fréquence de consommation en moyenne de telle ou telle catégorie d'aliment
- l'histoire alimentaire qui estime l'apport habituel sur une période donnée.

Une fois cette évaluation faite, il faut la comparer aux dépenses énergétiques estimées et en cas de déséquilibre, l'expliquer au sportif pour l'encourager à le corriger avant la survenue de problèmes sérieux. On sait que de tels déséquilibres engendrent des diminutions des performances comme Keys l'a montré dès 1950 chez des athlètes soumis à un régime hypocalorique. A l'inverse, les excès d'apports entraînent une prise de poids souvent néfaste pour les résultats du sportif.

Au cours de ce bilan nutritionnel réglementairement biennuel, il va donc être important de recueillir les informations pour évaluer l'alimentation du sportif au quotidien, en périodes d'entraînement et de compétition et de corriger si nécessaire les erreurs diététiques susceptibles de lui être néfastes sur le plan sportif comme médical. On lui expliquera alors l'intérêt d'équilibrer les dépenses énergétiques avec les apports nutritionnels et de corriger son alimentation dans chaque situation : repos, compétition ou entraînement intensif.

- 4) BILAN PSYCHOLOGIQUE

L'arrêté du 16 juin 2006 (12) prévoit dans le cadre du suivi médical des sportifs inscrits sur les listes ministérielles du Sport de Haut Niveau un bilan psychologique annuel pour les majeurs et deux bilans pour les athlètes mineurs. Ce bilan peut être réalisé par un médecin ou un psychologue placé sous la responsabilité d'un médecin. Malgré l'importance de ce suivi que nous allons détailler maintenant, il est trop souvent négligé. Certaines études ont montré que plus de 50% des sportifs déclaraient ne pas en avoir bénéficié (17). Soit ils n'en ont effectivement eu, soit le médecin a considéré après l'entretien classique de l'examen clinique que le sportif ne présentait pas de difficultés particulières mais sans les avoir recherchées précisément. Dans les deux cas, il est évident qu'il existe manifestement une carence dans la prise en charge de l'individu.

Le Sportif de Haut Niveau est soumis à un stress plus important que la population générale du fait de l'exigence des performances et de la compétition permanente avec les adversaires. De plus, pour garder et améliorer son niveau de performance, il est souvent amené à réaliser des sacrifices, à mettre de côté ses développements familial et social qui sont pourtant nécessaires à l'équilibre psychique de l'être humain. S'il n'est pas assez solide mentalement, sous cette pression, le sportif peut ainsi, plus fréquemment que la population générale, présenter des problèmes psychologiques variés qui nuisent à son bien-être : anxiété, troubles de l'humeur, troubles du comportement alimentaire, conduites addictives ou dopantes.

Plusieurs études (44-47) ont ainsi identifié différents facteurs favorisant la survenue de problèmes psychologiques chez le sportif :

- La vie sportive avec les situations de compétitions, la concurrence, la modification de la qualité de vie, les déplacements, l'intensité des entraînements, les relations avec l'encadrement...
- La vie intime avec les difficultés éventuelles dans l'environnement familial, dans la vie collective des internats, les concurrents, la vie amoureuse et conjugale
- La blessure qui représente un moment de fragilité important
- L'arrêt de la carrière qui est un temps de vulnérabilité exacerbée

C'est pour éviter ces dérives qu'une évaluation psychologique bien conduite est primordiale pour le sportif de haut niveau assortie d'une prise en charge adaptée si nécessaire.

Les praticiens des différents centres médicaux sportifs s'accordent sur le fait que cet entretien doit durer environ une heure et être constitué d'une première partie où le sportif va remplir des questionnaires standardisés destinés à évaluer son bien-être psychologique. Le praticien s'entretient ensuite avec le sportif en se basant sur les différents résultats de ces formulaires.

De nombreux modèles de questionnaires sont ainsi disponibles. Si on reprend une étude menée à l'INSEP (48) auprès de 470 sportifs inscrits sur les listes de haut niveau qui, dans le cadre du suivi médical obligatoire, ont rempli le questionnaire MINI (Mini International Psychiatric Interview) explorant les principaux troubles psychiatriques de l'axe 1 du DSM IV (49) puis subi un entretien spécifique. On

constate alors que plus de 50% d'entre eux présentent à cette occasion des troubles psychopathologiques répartis comme suit par fréquence au sein de l'échantillon :

- Troubles anxieux	39%
- Episode dépressif majeur	23%
- Troubles des conduites alimentaires	6%
- Troubles de la personnalité	3%
- Conduites addictives	17%

Les troubles des conduites alimentaires incluent l'anorexie, la boulimie, et autres troubles non spécifiés (50). D'autres études semblent montrer une proportion de sportifs présentant des troubles du comportement alimentaire plus élevée, jusqu'à plus de 60% (51-53). On a même défini récemment le terme d'« anorexie athlétique » pour les sportifs qui utilisent au moins une méthode de contrôle pondéral tel que le jeûne, les vomissements provoqués et l'utilisation de comprimés coupe-faim, laxatifs ou diurétiques (54). Elle se caractérise par une réduction de l'apport énergétique et une diminution du poids malgré un bon niveau de performance.

Dans les conduites addictives, l'alcool est la substance principale retrouvée dans l'étude de l'INSEP.

Malgré les limites connues du MINI, élaboré pour la population générale et qu'il faut savoir analyser ensuite par l'entretien, cette étude montre la prévalence importante de pathologies d'origine psychologique chez les athlètes de niveau national ou international et confirme l'importance de ce bilan pour pouvoir repérer ses troubles et les prendre en charge. Il est intéressant également d'expliquer au sportif l'intérêt et le bénéfice d'une démarche de prise en charge pour son épanouissement personnel.

- 5) EXAMENS BIOLOGIQUES

Sur le plan des analyses biologiques, les sportifs doivent subir annuellement :

- deux examens urinaires avec recherche de protéinurie, hématurie, glycosurie et nitrites par bandelette urinaire,
- un prélèvement sanguin pour les sportifs de plus de 15 ans comprenant :
 - numération-formule sanguine (NFS)
 - réticulocytes
 - ferritine

C'est le cadre légal avec les examens minimum obligatoires.

Certaines Fédérations imposent à leurs athlètes des examens supplémentaires que nous n'étudierons pas ici. Citons simplement l'exemple de la Fédération Française de Cyclisme (FFC) qui demande trois bilans sanguins annuels comprenant :

- NFS
- Réticulocytes
- Protéine C réactive
- Ferritine
- Testostérone (1 fois l'an)
- Cortisol
- IGF-1

L'analyse urinaire permet un dépistage simple et peu onéreux de pathologies rénales en particulier d'origine glomérulaire avec protéinurie et /ou hématurie mais aussi des premiers signes d'hypertension artérielle qui peut se révéler par une protéinurie initiale (55, 56) ou de diabète en cas de glycosurie.

La recherche de nitrites permet de dépister un foyer infectieux des voies urinaires. On sait qu'il a été décrit des infections chroniques (cystites ou pyélonéphrites) peu parlantes cliniquement mais pouvant nuire à la santé de l'athlète et pouvant se révéler par la présence de nitrites dans les urines. Ces entités restent toutefois exceptionnelles et posent la question de l'intérêt de ce dépistage de manière systématique.

De plus, la présence de protéines et/ou de résidus hématiques dans les urines n'est pas forcément pathologique. La protéinurie physiologique du sportif est bien connue (57-60) et comme son nom l'indique n'est pas nécessairement pathologique. Il en est de même pour l'hématurie surtout rencontrée dans les sports d'endurance. Elle est fréquente dans les premières heures suivant un marathon et il a été démontré que jusqu'à 30% des coureurs sont ainsi touchés après une telle course (61, 62). Cette hématurie doit disparaître en 48h pour rester « physiologique ».

Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer ce phénomène :

- La vasoconstriction rénale à l'exercice plus marquée sur l'artère efférente du glomérule qui augmente la fraction de filtration et favorise le passage d'hématies et de protéines comme l'avait montré Hunding (63).
- Une insuffisance d'apports hydriques entraîne une diminution de la diurèse avec des urines concentrées où vont précipiter des cristaux à l'origine d'irritation de la muqueuse par laquelle vont passer des hématies et autres résidus que l'on retrouve dans les urines
- Des microlésions vésicales ont également été mises en évidence par Blacklock (64) par cystoscopie pouvant expliquer ces anomalies à la bandelette urinaire.

Dans tous les cas on réalisera en présence d'anomalie à la bandelette des explorations complémentaires. Il s'agira alors afin de dépister d'éventuels problèmes néphrologiques que l'on peut rencontrer chez le sportif qui soumet son système rénal à des contraintes importantes par la répétition d'efforts conséquents parfois en conditions extrêmes et souvent associés à une insuffisance d'hydratation ou des désordres minéraux. Les capacités de la fonction rénale peuvent ainsi être dépassées et engendrer des lésions tissulaires à l'origine de multiples néphropathies. Sans oublier que le sportif peut tout à fait présenter les mêmes maladies néphrologiques que celles que l'on trouve dans la population jeune, type maladie de Berger.

En ce qui concerne le bilan sanguin obligatoire, son but principal est le dépistage d'une anémie qui reste la perturbation biologique la plus fréquente chez le sportif intensif, particulièrement celui soumis à un entraînement en endurance et plus souvent chez la femme (65-68). On définit l'anémie pour des valeurs de concentration d'hémoglobine inférieures à 13,5 g/dl chez l'homme et 12 g/dl chez la femme. Cette anémie est la plupart du temps associée à une carence martiale (69-73) qui va se révéler par une diminution de la ferritinémie. Cette carence peut s'expliquer par :

- une carence d'apports en cas de ration alimentaire inadaptée par rapports aux besoins augmentés
- diminution de l'absorption intestinale de fer (74)
- une augmentation des pertes de fer (sudorales, digestives)

L'anémie peut toutefois s'expliquer par d'autres phénomènes :

- une hémodilution du fait d'une augmentation du volume plasmatique chez les athlètes entraînés (75).
- Une hémolyse liée aux contraintes mécaniques du sport.
- Les menstruations chez les femmes.

Cette anémie peut donc être source d'asthénie et de baisse de performance chez l'athlète. Il est important de la rechercher, d'en établir l'origine et de la traiter. Le reste de la numération-formule sanguine va permettre de dépister d'autres pathologies hématologiques non spécifiques du sportif ou des signes d'infection mais également des signes de surentraînement (76) qui peuvent être révélés par des anomalies du système immunitaire, en plus des désordres hormonaux et sur le métabolisme glucidique et lipidique

- 6) EXPLORATIONS CARDIAQUES

Sur le plan cardiaque, deux examens complémentaires sont systématiquement prévus dans le cadre du suivi médical obligatoire des Sportifs de Haut Niveau. Un ElectroCardioGramme (ECG) doit être réalisé une fois par an et une Echocardiographie Trans-Thoracique (ETT) est nécessaire une seule fois dans leur vie sportive, à l'exception des sportifs mineurs qui en ont bénéficié alors qu'ils étaient âgés de moins de 15 ans.

Cette population doit renouveler cet examen après avoir eu 18 ans.

L'objectif principal de ces examens est le dépistage de pathologies pouvant être à l'origine d'une Mort Subite Inopinée (MSI) qui constitue la première cause de mortalité dans la population des sportifs jeunes (âgés de moins de 35 ans). On estime ainsi que les causes de MSI non traumatiques sur les terrains de sport sont dans 85 à 90 % des cas d'origine cardio-vasculaire (77).

Malgré les difficultés à mesurer l'incidence précise de ce type de décès (78), différents auteurs ont pu l'estimer à :

- 50 000 cas/an en France (79) dans la population générale
- de 0,36 (80) à 8,5/100 000 (81) chez les moins de 20 ans avec de nombreux intermédiaires retrouvés dans la littérature (82, 83)

Or ces cas de MSI sont d'origine cardiaque dans 55 à 80% des cas et surviennent pour la majorité d'entre eux pendant une activité physique ou sportive (84).

L'ECG de repos permet de dépister 60% de ces pathologies sous-jacentes contre seulement 5% par l'examen clinique seul et, associée avec l'ETT, nous pouvons en déceler plus de 80%. Nous comprenons ainsi l'intérêt de ces examens pour cette population de sportif.

Cet intérêt est moins évident en ce qui concerne tous les sportifs, même occasionnels avec une activité modérée pour lesquels la rentabilité est plus discutable.

Avant de revenir plus en détails sur ces deux explorations cardiaques obligatoires, revenons sur les principales pathologies cardiaques à dépister, avec leur fréquence respective dans les cas de MSI chez les 12-35 ans d'après une étude de Bille K. en 2006 portant sur 998 cas:

- Congénitales et anatomiques 33% (cardiomyopathies, dysplasie arythmogène du ventricule droit (DAVD), anomalie des coronaires)
- Cardiomyopathies 31% dont plus de 80% de Cardiomyopathie Hypertrophique (CMH)
- Arythmies 13% (avec les canalopathies, les problèmes de réentrée par les faisceaux accessoires type syndrome de Wolf-Parkinson-White (WPW))
- Athérosclérose 11%
- Infectieuses 8% représentées en majorité par les myocardites puis les péricardites

- Dégénératives 3%
- Indéterminées 1%
- Acquises <1%

A) Electrocardiogramme

L'ECG standard ou ECG 12 dérivations, dans le cadre de la médecine du sport, a été l'objet d'un débat important pendant de nombreuses années mais qui semble aujourd'hui trouver une issue. Nous ne reviendrons pas sur sa technique de réalisation bien connue mais plutôt sur l'essence même de cette controverse.

Tandis qu'en 2005, des publications scientifiques contestaient encore la pratique de l'ECG systématique chez le sportif (84), considérée comme pas assez rentable comparé à l'incidence faible des MSI, un consensus international semble avoir été trouvé depuis 4 ans avec les publications récentes de l'AHA (85), de l'European Society of Cardiology (ESC) (86) et de la SFC qui semblent suivre l'école de cardiologie italienne en recommandant la pratique systématique de cet examen dans la population sportive.

Il est probable que la grande étude de Corrado publiée en 2006 (87) en a été le déclencheur puisqu'elle a montré une réduction significative de l'incidence des cas de MSI chez le sportif de 4,19/100 000 par an à 0,43/100 000 avec la pratique d'un ECG systématique.

Il existe toutefois quelques problèmes dans la mise en place de cette surveillance dont le plus important concerne la formation des médecins pour l'interprétation de cet examen. De nombreux praticiens exerçant depuis plusieurs années sans nécessairement utiliser l'ECG vont devoir les interpréter de manière fine sur une population importante. Il va donc falloir prévoir des formations car l'analyse de cet enregistrement cardiaque est complexe.

Cependant, pour palier à ce problème, les grandes sociétés de cardiologie citées précédemment ont également publié des tableaux qui recensent les anomalies rencontrées sur l'ECG qui doivent conduire à un examen spécialisé et dont voici un exemple cité dans la publication de la SFC et proposé par L'Huillier (88):

Critères ECG de repos nécessitant un avis cardiologique avant de délivrer un certificat de non contre indication à la pratique d'un sport en compétition (modifié d'après la référence 16) Rythme non sinusal Présence d'une extrasystole ventriculaire ou de plus d'une extrasystole supra-ventriculaire Onde P en DI ou DII $\geq 0,12$ s et portion négative de l'onde P en V1 $\geq 0,1$ mV et $\geq 0,04$s Intervalle PR $> 0,22$ s Allongement progressif de l'intervalle PR jusqu'à une onde P non suivi d'un complexe QRS Onde P occasionnellement non suivie d'un complexe QRS Dissociation atrio-ventriculaire Intervalle PR $< 0,12$ s avec ou sans onde delta Aspect RSR' en V1-V2 avec durée QRS $\geq 0,12$ s Aspect RR' en V5-V6 avec durée QRS $\geq 0,12$ s Onde R ou R' en V1 $\geq 0,5$ mV avec ratio R/S ≥ 1 Un des 3 critères d'hypertrophie ventriculaire gauche électrique suivant : - indice de Sokolow-Lyon > 5 mV - onde R ou S dans au moins 2 dérivations standards > 2 mV - indice de Sokolow-Lyon $\geq 3,5$ mV avec onde R ou S dans 1 dérivation standard > 2 mV Onde Q anormale dans au moins 2 dérivations : - soit de durée $\geq 0,04$ s - soit de profondeur ≥ 25 % de l'amplitude de l'onde R suivante Axe de QRS dans le plan frontal $\geq +120^\circ$ ou $\leq -30^\circ$ Sous-décalage du segment ST et/ou onde T, plate, diphasique ou négative ≥ 2 dérivations, à l'exception de DIII, V1 et aVR Onde ε dans les dérivations précordiales droites Aspect évocateur d'un syndrome de Brugada dans les dérivations précordiales droites QTc par la formule de Bazett : - $> 0,46$ chez un homme - $> 0,47$ chez une femme - $< 0,3$

Nous pouvons également citer les auteurs Papadakis et Sharma (89) ou encore l'ESC (90) qui ont également publié de tels tableaux.

Ces anomalies permettent de dépister les plus grandes pathologies cardiaques. Rappelons ces principales anomalies à repérer d'après l'étude de Corrado de 2009 (91) :

- La CMH avec l'association de haut voltage du complexe QRS (indice de Sokolow-Lyon) et d'autres critères indépendants de l'amplitude du QRS tels un élargissement atrial gauche, une déviation axiale gauche ou des anomalies de repolarisation (92)
- Un sous-décalage du segment ST est toujours suspect et nécessite d'autres investigations à la recherche d'athérosclérose ou d'anomalies des coronaires principalement
- Elargissement atrial droit et/ou critères d'hypertrophie ventriculaire droite (Sokolow-Lyon : amplitude onde R en V1 + onde S en V5 $> 10,5$ mm) qui restent rares chez l'athlète entraîné et mérite des investigations complémentaires (93).
- Des inversions de l'onde T ≥ 2 mm dans au moins deux dérivations consécutives ou une telle inversion dans une seule des dérivations inférieures (DII, DIII, aVF) ou latérale (DI, aVL, V5, V6). Ces anomalies

peuvent être liées à une lésion ischémique, une cardiomyopathie, une anomalie de la valve aortique, une hypertension artérielle ou une dyskinésie du ventricule gauche ou encore une DAVD qu'il faudra rechercher (93)

- Des anomalies de la conduction intraventriculaire avec les blocs de branche complets droit et gauche ainsi que les hémiblocs antérieur et postérieur gauche que l'on ne retrouve que chez moins de 2% des sportifs et qui peuvent être des signes de pathologies cardiaques létales (94, 95)
- Des anomalies non spécifiques de la conduction intraventriculaire avec des QRS > 110 ms sans rentrer dans les critères du paragraphe précédent qui peuvent être des signes de DAVD par exemple dans les dérivations droites (V1 à V3) lorsqu'elles sont associées à une onde epsilon en fin de QRS ou à des anomalies de repolarisation.
- La préexcitation ventriculaire avec un intervalle PR court < 120ms avec une onde delta au début du QRS que l'on peut voir dans le WPW (figure 1). On retrouve ce syndrome dans moins de 1% des cas mais il représente un risque majeur de MSI. Une telle découverte doit faire pratiquer des explorations électrophysiologiques entre autres pour explorer cet éventuel faisceau accessoire de réentrée qui peut conduire à une conduction rapide antérograde et rapidement au décès par trouble du rythme induit (96)

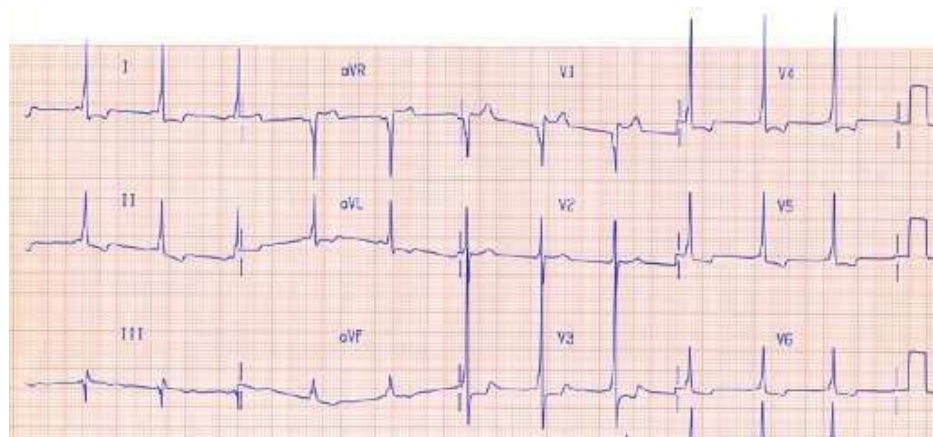


Figure 1 : ECG d'un syndrome de Wolf Parkinson

- Intervalle QT long (ie ≥ 460 ms après correction par la formule de Bazett) ou court (ie < 340 ms) nécessite des explorations complémentaires (97-98) en particulier test d'effort, test génétique pour le syndrome du QT long associé à la recherche précise d'antécédents familiaux.
- Les signes de syndrome de Brugada avec la présence d'un sus-décalage du segment ST, descendant et précoce (onde J) dans les dérivations précordiales droites (V1 à V3) et avec un ratio $ST_j/ST_{80} \geq 1$ (figure 2). D'autres étiologies peuvent provoquer ce sus décalage type myocardite, certaines cardiomyopathies et les antidépresseurs (99) qu'il faudra également rechercher.

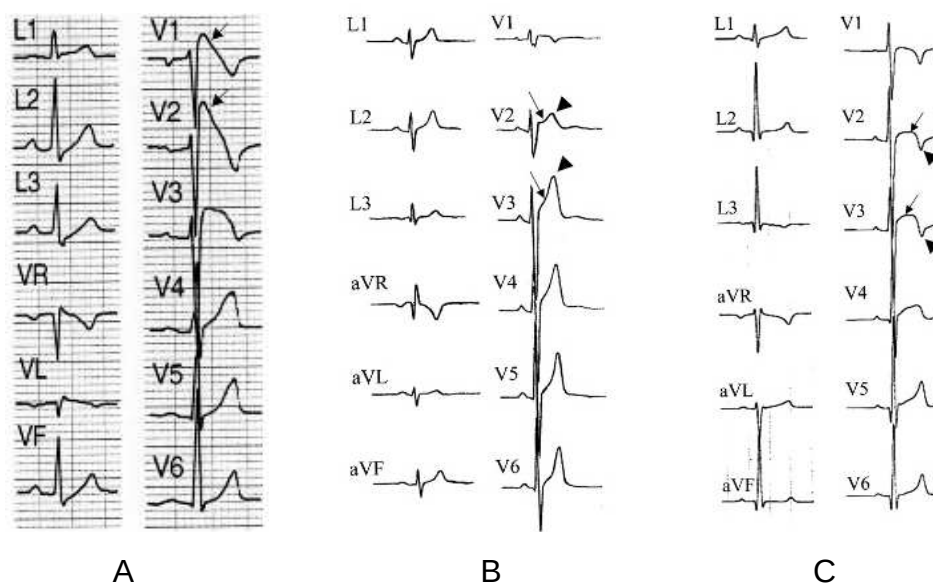


Figure 2: trois exemples d'ECG : - A : syndrome de Brugada – B et C :sujet sain, anomalie de repolarisation non pathologique.

Ce qui fait la complexité de l'interprétation de l'ECG chez le sportif, comme tous les auteurs s'accordent à le dire, c'est qu'au sens strict de son analyse, il est « anormal » dans la majorité des cas mais de nombreuses « anomalies » électrocardiographiques sont en fait le reflet des modifications cardiaques physiologiques liées à la pratique intensive du sport et ne sont pas considérées comme pathologiques ou « à risque ». Des classifications ont donc été établies en parallèle par différents auteurs (89-91) pour lister ces modifications ECG communes chez l'athlète et qu'il faut considérer finalement comme non pathologiques. Citons les principales :

- Bradycardie sinusale
- Bloc auriculo-ventriculaire du premier degré
- Bloc de branche incomplet droit
- Repolarisation précoce dans les dérivations précordiales droites
- Amplitudes importantes des ondes du complexe QRS isolé comme argument pour l'hypertrophie ventriculaire gauche

L'ECG ainsi maîtrisé devient donc un outil puissant de détection de pathologie cardiaque, susceptible d'être à l'origine de MSI. On estime ainsi sa sensibilité à 98%, sa spécificité est comprise entre 55 et 65 %, sa valeur prédictive négative est de l'ordre de 96% et la positive est faible à 7% (100-102).

Ces résultats illustrent le problème qui se pose maintenant avec le risque de considérer une grande proportion d'ECG comme pathologiques conduisant à d'autres examens complémentaires pour finalement conclure à un cœur sain.

En attendant ces résultats, le Médecin du Sport est contraint de délivrer un certificat qui contre indique le sportif à la pratique de sa discipline, l'empêchant de s'entraîner

pendant parfois plusieurs semaines et provoquant ainsi une diminution des performances et des retentissements d'ordre psychologique qui peuvent être fâcheux pour la suite de sa carrière.

B) L'échocardiogramme

Réalisée par un Cardiologue confirmé dans sa pratique chez le sportif, en complément de l'ECG, cet examen va permettre de confirmer ou d'infirmer bon nombre des pathologies cardiaques ou d'orienter les derniers cas douteux vers les explorations complémentaires adéquates.

Nous ne reviendrons pas sur les détails de son interprétation car il s'agit véritablement là du champ du spécialiste en cardiologie et non du Médecin Généraliste ou du Médecin du Sport.

Cet examen est donc obligatoire une fois dans la vie de l'athlète (deux fois pour ceux qui subissent cet examen alors qu'ils ont moins de 15 ans). La question peut se poser de renouveler cet examen plus fréquemment car plusieurs cas ont été décrits de pathologies cardiaques, en particulier la CMH qui se développe progressivement pouvant retrouver une épaisseur du septum normale à 18 ans mais anormale 10 ans plus tard. On sait que dans le sport professionnel, cet examen est renouvelé beaucoup plus régulièrement, les footballeurs par exemple en ont une à chaque changement de club et les cyclistes tous les deux ans.

Il serait peut-être intéressant de discuter de cette possibilité pour les années à venir tandis que les sportifs sont amenés à réaliser de plus en plus de performances et d'entraînements intensifs.

- 7) L'EXPLORATION PHYSIOLOGIQUE DES PERFORMANCES MAXIMALES, L'EPREUVE D'EFFORT MAXIMALE

L'arrêté du 16 juin 2006 (12) précise qu'à raison d'une fois tous les quatre ans, le Sportif Espoir ou de Haut Niveau a l'obligation de réaliser une Epreuve d'Effort (EE) maximale couplée à la mesure des échanges gazeux « en l'absence d'anomalie apparente à l'examen clinique cardio-vasculaire de repos et aux deux examens précédents (ECG et ETT) ».

« Cette épreuve d'effort vise à dépister d'éventuelles anomalies ou inadaptations survenant à l'effort, lesquelles imposeraient alors un avis spécialisé ». Cette EE est couplée à la réalisation d'Epreuves Fonctionnelles Respiratoires (EFR).

A) L'exploration fonctionnelle respiratoire

Dans un premier temps, il est habituel de faire réaliser au sportif une EFR simple avec une Boucle Débit-Volume (BDV).

Il n'est pas nécessaire de faire réaliser une spirométrie complète si la BDV est normale et si le patient ne se plaint d'aucune gêne respiratoire.

Cet examen simple dont voici un exemple de tracé normal (figure 3) permet de dépister des troubles ventilatoires qui seraient fixés à l'état de base, essentiellement liés à une obstruction bronchique (103). Car en cas de doute sur un syndrome restrictif, il faudrait alors compléter cette BDV par une mesure de l'ensemble des volumes pulmonaires mais ceci ne concerne pas en général les Sportifs de Haut Niveau, à l'exception de certains sportifs porteurs de handicaps et concourant à ce titre dans des catégories adaptées. Nous ne traitons pas de cette catégorie de sportif dans ce travail.

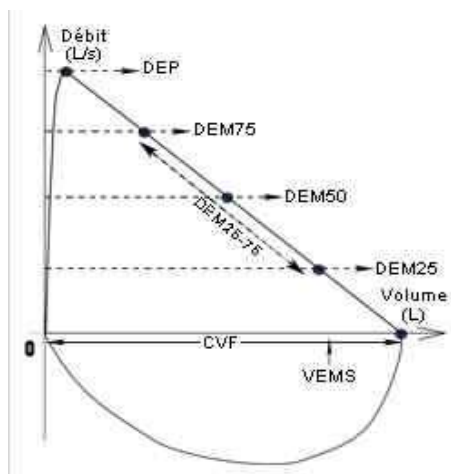


Figure 3 : Une boucle débit-volume normale. Volume d'air en abscisse et débit en ordonnée. Les débits positifs correspondent à l'expiration.

Cet examen va donc permettre de mesurer des volumes pulmonaires mobilisables (Capacité Vitale (CV) et Volume Expiratoire Maximal à la première Seconde

(VEMS)). Le rapport VEMS/CV est appelé rapport de Tiffeneau et on parle de syndrome obstructif lorsque ce rapport est inférieur à 70%. Le diagnostic étiologique d'un syndrome obstructif est essentiellement représenté par l'asthme, en particulier chez les jeunes sportifs.

Mais même en cas de maladie asthmatique ou de bronchoconstriction induite par l'exercice, pathologie fréquente du sportif, ce rapport est le plus souvent normal au repos. Il faut alors recourir à des tests de provocation spécifiques pour déclencher une crise ou une bronchoconstriction et mettre en évidence un syndrome obstructif intermittent.

C'est le principe du test de provocation bronchique non spécifique (avec de la méthacholine par exemple), de l'épreuve d'effort selon le protocole de Godfrey ou encore de l'hyperventilation isocapnique.

Cette BDV va également nous permettre d'estimer la Ventilation Maximum théorique par Minute (VEMM) du sujet puisqu'on la calcule en multipliant le VEMS par 35. Nous pourrions ainsi la comparer avec la ventilation maximale obtenue par le sportif durant l'EE.

B) L'épreuve d'effort maximale

a) Généralités

Cet examen, obligatoire tous les quatre ans d'après le code du sport, est fondamental car il est le seul à évaluer l'athlète pendant l'effort.

De plus, il étudie la physiologie de l'organisme à l'exercice de façon global en analysant à la fois la composante cardiovasculaire, circulatoire mais aussi respiratoire et musculaire.

Le concept de respiration est ainsi exploré depuis l'oxygène (O₂) extrait de l'air environnant par les voies aériennes supérieures et relargué dans les tissus en passant par les voies aériennes distales, la membrane alvéolo-capillaire et la circulation sanguine jusqu'à l'élimination du dioxyde de carbone (CO₂) formé dans ces tissus qui est éliminé en empruntant les mêmes voies (figure 4)

Toutefois, cet examen n'est pas anodin puisque malheureusement, des cas de décès liés à l'EE sont déclarés chaque année. Broustet en 1987 évaluait la mortalité à 1/76000 (450 000 tests étudiés) ou encore Cantwell en 1993 l'évaluait à 1/73 000. Il faut signaler que ces cas représentent pour la quasi totalité des patients effectuant une EE à visée cardiologique pour suspicion de pathologie coronaire. Dans la population sportive de Haut Niveau, on ne retrouve pas de cas relatés de décès suite à une EE dans la littérature. On ne retrouve pas dans la littérature scientifique de cas de décès de sportif durant ou à cause d'une EE. On retrouve par contre des cas de pathologies traumatiques type entorse du ligament latéral externe de la cheville lors de la descente de l'ergocycle par exemple.

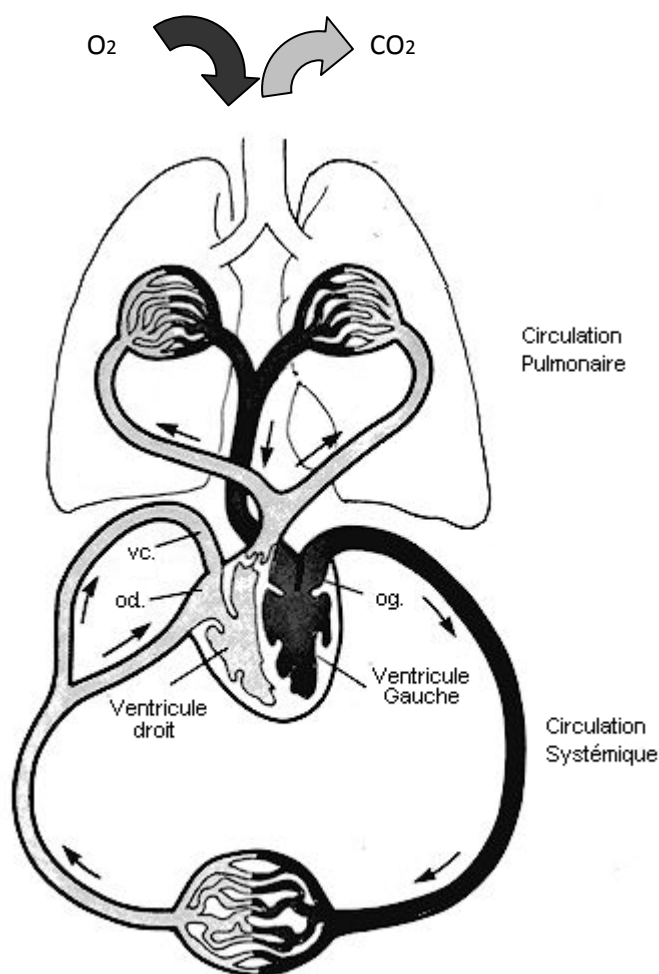


Figure 4 : Schéma général de la respiration. L'O₂ de l'air est apporté jusqu'aux tissus et le CO₂ produit est rejeté vers l'extérieur.

En réalisant cet examen, on fait donc prendre un risque potentiel à un individu. Il est donc important que son déroulement soit bien standardisé, avec du personnel formé, sous responsabilité d'un médecin et après avoir informé le sportif du déroulement de l'épreuve et de ses risques pour obtenir de lui son consentement éclairé.

Toutes ces procédures sont clairement établies sur le plan national avec la conférence de consensus de 1998 (104) mais également dans les autres pays avec par exemple pour les Etats-Unis d'Amérique le texte rédigé conjointement par l'American College of Cardiology (ACC) et l'AHA en 2002 (105). Il y a bien entendu des contre-indications à la pratique d'une EE.

Reprenons celles citées dans les recommandations de la Société de Pneumologie de Langue Française (SPLF) (106) :

Contre-indications Absolues :

1. Angor instable
2. Infarctus du myocarde récent (< 5 jours)
3. Rétrécissement aortique serré symptomatique

4. Arythmies symptomatiques non contrôlées
5. Endocardite, myocardite, péricardites aiguës
6. Embolie pulmonaire aiguë
6. Insuffisance rénale chronique avec désordres électrolytiques et anémie Hb < 10 g/dl
7. Insuffisance cardiaque instable non contrôlée
8. Thrombose veineuse aiguë des membres inférieurs
9. Suspicion de dissection aortique
10. Oedème pulmonaire
11. Asthme instable
12. Hypoxémie de repos avec SpO₂ < 85 % en air ambiant *
13. Insuffisance respiratoire aiguë
14. Toute affection non-cardiovasculaire risquant de compromettre la performance ou aggravée par l'exercice (ex : thyrotoxicose, infection aiguë)
15. Incapacité mentale ou physique à réaliser l'examen

* le test peut être alors réalisé sous oxygène

Indications à Risques :

1. Sténose connue du tronc coronaire
2. Valvulopathie sténosante modérée
3. Tachyarythmie ou brady –arythmie non contrôlée par le traitement
4. BAV de haut degré
5. HTAP modérée à sévère

L'EE maximale à visée sportive comme spécifiée dans la conférence de consensus française (104) va donc être réalisée en laboratoire, sur un ergomètre (le plus souvent une bicyclette ergométrique ou un tapis roulant) en utilisant l'un des nombreux protocoles décrits dans la littérature (EE triangulaire avec rampes ou paliers progressifs d'intensité et de durée variable ou rectangulaires (107)) avec la réalisation d'échanges gazeux et un enregistrement de l'ECG en continu (figure 5).

Cette épreuve doit inclure un effort d'une durée comprise entre 8 à 12 minutes permettant d'étudier le métabolisme aérobie de l'athlète et la cinétique d'utilisation des différentes filières énergétiques. Des épreuves plus courtes et intenses comme le test de Wingate explorent le métabolisme anaérobie mais ne sont pas utilisées pour le suivi médical longitudinal car n'apportent pas les mêmes informations sur le plan cardiaque avec une fréquence cardiaque maximale atteinte moins importante notamment.



Figure 5 : Réalisation d'une épreuve d'effort en laboratoire

Il existe des critères bien établis pour évaluer si l'EE réalisée est bien maximale, citons ceux élaborés par la SPLF (106):

Critères de maximalité d'une EE incrémentale :

- I. Plateau de $\dot{V}O_2$ malgré 2 incréments de la puissance (sur 2 minutes habituellement)
- II. Fréquence Cardiaque Maximale Théorique (FMT) atteinte ($\pm 5\%$)
- III. Puissance maximale théorique atteinte
- IV. Limitation ventilatoire (ou $\dot{V}E_{max}$ mesurée proche dépassant la valeur de $\dot{V}E_{max}$ théorique)
- V. $pH < 7,25-7,30$
- VI. QR (Quotient respiratoire) $> 1,15$ (si la réponse ventilatoire augmente harmonieusement et n'est pas anarchique)
- VII. Intolérance clinique du patient

L'EE à visée sportive va donc étudier tout le métabolisme respiratoire de l'athlète et se différencie en cela de l'EE à visée cardiologique pure qui se concentre essentiellement sur les paramètres cardiovasculaires. Ainsi, lorsque la Direction des Sports, se référant à l'avis n°2001-1 du 29 janvier 2001 du Conseil de Prévention et de Lutte contre le Dopage, émet la directive n°0001 49 du 3 avril 2001 qui demande que la première EE pour le suivi sportif soit « conduite par un cardiologue », les membres de la SFMS se sont réunis pour rédiger une position de consensus (108) avec un argumentaire expliquant que cette directive « est difficilement justifiable à la fois sur le plan technique et en terme d'économie de la santé » et qu'ils considèrent

qu'un médecin du sport coutumier de la réalisation de cette EE peut et doit continuer de la pratiquer.

b) Interprétation

Intéressons nous à l'interprétation de cette EE en différenciant les aspects cardiologiques, respiratoires et métaboliques même si nous savons qu'ils sont étroitement liés.

- Paramètres cardiologiques

C'est la partie fondamentale à observer car c'est elle qui peut révéler des troubles représentant une contre indication à la pratique du sport.

L'ECG 12 dérivations est donc enregistré en continu pendant la phase de repos avant l'effort puis pendant l'exercice et encore durant au moins six minutes de la phase de récupération. De même, la tension artérielle est contrôlée avant effort puis régulièrement pendant et après effort. La survenue durant toute cette période d'anomalies suspectes comme listées dans les différentes recommandations (nous relatons ici celle de la SFC (109)) doit faire arrêter l'EE et contre-indiquer la pratique du sport, en attendant les investigations complémentaires après avis cardiologique

CRITÈRES D'ARRÊT DE L'ÉPREUVE D'EFFORT :

- Absolus

- . chute de la pression artérielle systolique (sous les valeurs basales), malgré l'augmentation de la charge
- . pression artérielle systolique > 260 mmHg
- . douleur angineuse croissante
- . sus-décalage de ST de type Prinzmetal, en l'absence d'infarctus du myocarde
- . signes de bas débit (cyanose, pâleur, troubles cérébraux)
- . troubles du rythme ventriculaire graves (dont Extra Systoles Ventriculaires (ESV) multifocales, triplets, salves) ou de conduction
- . impossibilité technique de surveiller l'électrocardiogramme ou la pression artérielle
- . demande impérative du patient

- Relatifs

- . sous-décalage de ST majeur
- . changement d'axe de QRS marqué
- . fatigue, dyspnée, crampes des membres inférieurs
- . troubles du rythme de gravité moindre (notamment supraventriculaires)

Ensuite, en fonction de(s) l'anomalie(s) constatée(s) durant l'EE, des données de l'examen clinique et des bilans complémentaires réalisés, en accord avec les cardiologues, nous pourrions autoriser ou non la reprise sportive. Pour aider à cette prise de décision, nous pourrions nous référer aux données de la conférence de Bethesda (110) qui constituent des recommandations internationales sur les critères

d'éligibilité ou de disqualification des sportifs en fonction de leur anomalie cardiovasculaire.

- Paramètres respiratoires

Du point de vue ventilatoire, grâce à l'enregistrement des échanges gazeux au moyen d'un capteur monté sur un masque ou un embout buccal, nous allons pouvoir enregistrer durant toute l'épreuve également les paramètres suivants (nous ne citons que les plus pertinents pour l'EE à visée sportive) :

- V_T (volume courant) et FR (fréquence respiratoire) donc la $V'E$ (ventilation minute)
- $V'O_2$ en $L.O_2.min^{-1}$ qui représente le débit d'oxygène consommé appelé communément consommation d' O_2
- $V'CO_2$ en $L.CO_2.min^{-1}$ qui représente le débit de CO_2 produit
- $QR = V'CO_2/V'O_2$ le Quotient Respiratoire, rapport $V'CO_2/V'O_2$ dans les tissus
- $V'E/V'O_2$ l'équivalent respiratoire pour l' O_2
- $V'E/V'CO_2$ l'équivalent respiratoire pour le CO_2

Nous mesurons également la saturation transcutanée de l'hémoglobine en oxygène (SaO_2) pendant toute la durée de l'exercice pour dépister une éventuelle hypoxémie d'effort.

Grâce à ces paramètres, nous allons pouvoir donner au sportif des informations importantes concernant son profil énergétique pour la poursuite voire l'adaptation de son entraînement.

Ce type d'EE explore le métabolisme aérobie de l'athlète à l'effort au contraire d'épreuve plus courtes et plus intense comme les épreuves charge-vitesse ou le test de Wingate évoqué plus haut (42) qui étudie exclusivement le métabolisme anaérobie, lorsque l'organisme va utiliser des sources d'énergie issues autres que celles exploitant l'oxygène que l'on respire. Ce métabolisme anaérobie permet de développer une puissance importante mais est rapidement épuisable (sprint, saut en longueur ou hauteur...).

➤ La zone de transition aérobie-anaérobie

Lors de l'EE maximale, on va ainsi grâce à l'étude de l'évolution des différents paramètres respiratoires explicités ci-dessus pouvoir identifier cinq phases :

1. Phase de repos
2. Première phase d'effort, utilisation du métabolisme aérobie
3. Deuxième phase d'effort, zone de transition aérobie-anaérobie
4. Dernière phase d'effort, utilisation du métabolisme anaérobie
5. Phase de récupération

La phase 3 est délimitée par deux seuils : les seuils ventilatoires 1 et 2 dont la littérature fait encore débat à l'heure actuelle (111) quant aux nombreux modes de détermination et leur signification physiologique. Une revue de la littérature a été faite en 2000 par la SFMS (112) et en 1990 Tokmakidis (113) entre autres.

Citons les méthodes de Wasserman (114, 115) et de Beaver (116), qui sont encore actuellement utilisées. Elles se basent sur les modifications de la courbe de ventilation à l'effort qui augmente selon une certaine pente en phase 2 puis selon une autre plus élevée en phase 3 du fait de la mise en jeu du système anaérobie qui va provoquer une augmentation de production de lactates et de CO_2 au niveau des tissus et donc une stimulation de la ventilation.

Enfin, en phase 4 la V'E s'accélère encore de manière significative. Les points de cassures de pente vont donc correspondre aux seuils ventilatoires.

On peut les déterminer également en utilisant les équivalents respiratoires où le seuil 1 va correspondre au point le plus bas de la courbe de l'équivalent respiratoire pour l' O_2 et le deuxième à celui de la courbe de l'équivalent respiratoire pour le CO_2 , il s'agit de la base de la méthode décrite par Beaver (figure 6).

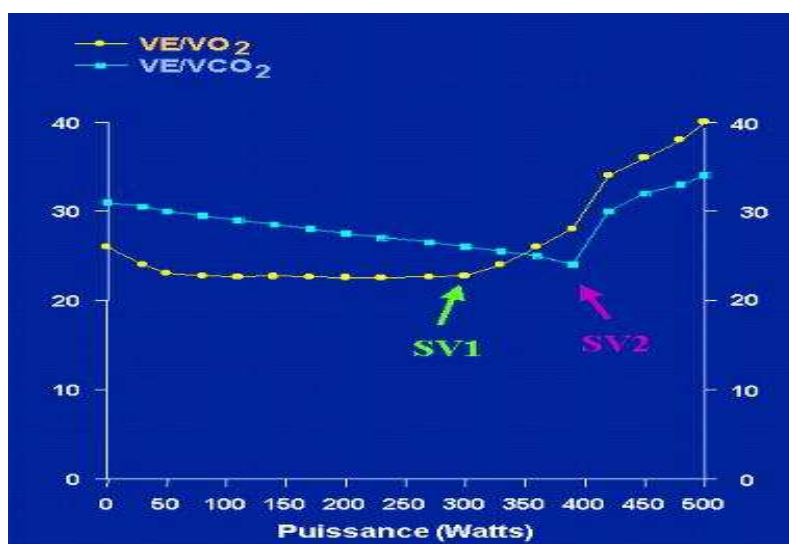


Figure 6 : Détermination des seuils ventilatoires en utilisant les équivalents respiratoires, où SV1= seuil ventilatoire 1 et SV2 = seuil ventilatoire 2

De même, la V'O_2 augmentant de manière constante tandis que la V'CO_2 va subir des cassures de pente superposables à celles de la V'E, on comprend que le QR ($\text{V'CO}_2/\text{V'O}_2$) qui est <1 pendant la phase aérobie où la consommation d'oxygène est supérieure au rejet de CO_2 va, au moment du seuil s'inverser. Ce passage où le $\text{QR}=1$ est une autre méthode de détermination du seuil anaérobie.

Ces seuils reflètent les capacités en endurance des sportifs. Plus ils sont élevés et proches de la fin de l'épreuve, meilleure est l'endurance. Ainsi, les sportifs de cette spécialité (marathon, cyclisme sur route, triathlon...) vont être très intéressés par ces seuils et utilisent les fréquences cardiaques correspondantes pour travailler à l'entraînement.

On comprend ainsi que la répétition des EE à différents moments de la saison permet d'affiner les modalités d'entraînement.

- Les valeurs maximales de fin d'effort

Les paramètres importants sont également ceux de fin d'effort, la $\dot{V}O_2\text{max}$, la Fréquence Cardiaque Maximale (FCM) atteinte, la $\dot{V}E_{\text{max}}$ et la Puissance Maximale Aérobie (PMA sur cycloergomètre) ou Vitesse Maximale Aérobie (VMA sur tapis roulant) atteint au moment de la $\dot{V}O_2\text{max}$.

Ces valeurs reflètent les capacités maximales aérobies du sujet, elles nous indiquent sa « cylindrée ».

La $\dot{V}O_2\text{max}$ est particulièrement intéressante car elle est le reflet de la quantité maximale d'énergie que peut fournir l'athlète. La $\dot{V}O_2$ qui représente la consommation d' O_2 instantanée augmente de manière constante durant l'exercice (à la différence de la $\dot{V}E$ évoquée plus haut) jusqu'à atteindre un plateau qui correspond à la $\dot{V}O_2\text{max}$. A ce niveau de l'effort, l'organisme du sujet arrive à ses limites physiologiques, il ne peut pas extraire et consommer plus d' O_2 même si l'effort augmente. Ainsi, une fois ce plateau atteint, si l'on poursuit l'incrémentation de l'EE, l'athlète ne pourra physiologiquement pas soutenir l'effort longtemps sous peine d'hypoxémie et d'acidose majeures.

On pourra également comparer la FMC à la FMT du sujet. Cette dernière étant calculée par la formule d'Astrand : $FMT = 220 - \text{âge}$. Sur le plan ventilatoire, on comparera également le $\dot{V}E_{\text{max}}$ atteinte avec la VEMM.

On pourra ainsi établir si le sportif a encore de la réserve sur un de ces deux plans et envisager de pouvoir les utiliser par une méthode d'entraînement adapté.

La PMA chez le sportif de haut niveau est généralement bien supérieure à la Puissance maximale théorique et permet simplement de servir de référence pour l'individu en cas de répétition de l'EE ou par rapport aux athlètes de sa discipline.

- Paramètres métaboliques

Le métabolisme énergétique est donc déjà en partie étudié par les paramètres ventilatoires mais on peut également ajouter aux mesures celle de la lactatémie que ce soit par prélèvement artériel, veineux ou capillaire (ce dernier étant le plus pratique).

Pour fonctionner, les muscles de l'organisme ont besoin d'énergie qu'ils vont puiser dans la réaction de dégradation de l'ATP (Adénosine Tri Phosphate) en ADP (Adénosine Di Phosphate). Schématiquement, on considère ainsi que l'ATP est la source d'énergie élémentaire des fibres musculaires.

Les réserves d'ATP dans l'organisme étant faibles, nous disposons de plusieurs mécanismes pour en fabriquer au fur et à mesure de son utilisation.

Il existe une voie aérobie (que nous évoquions plus haut, utilisant l'oxygène), la plus rentable, qui permet un exercice d'intensité modérée mais prolongé (plusieurs heures) et utilisant des substrats glucidiques et lipidiques dans la mitochondrie, la voie anaérobie alactique qui utilise l'ATP présent dans le muscle et la phosphocréatine qui permet d'en produire. Cette voie est très rapidement épuisable et permet un exercice intense mais d'une durée de quelques secondes.

Enfin parlons de la voie anaérobie lactique qui correspond à la phase 4 de l'EE où les capacités de la voie aérobie sont dépassées et le glucose va alors passer dans une voie anaérobie qui fournit de l'ATP mais qui engendre la production de lactates et donc d'acide lactique.

L'accumulation de cette molécule entre autres dans cette voie provoque une acidose qui aboutit rapidement (quelques minutes) à l'impossibilité de poursuivre l'effort (crampes).

Ceci est résumé dans la figure suivante :

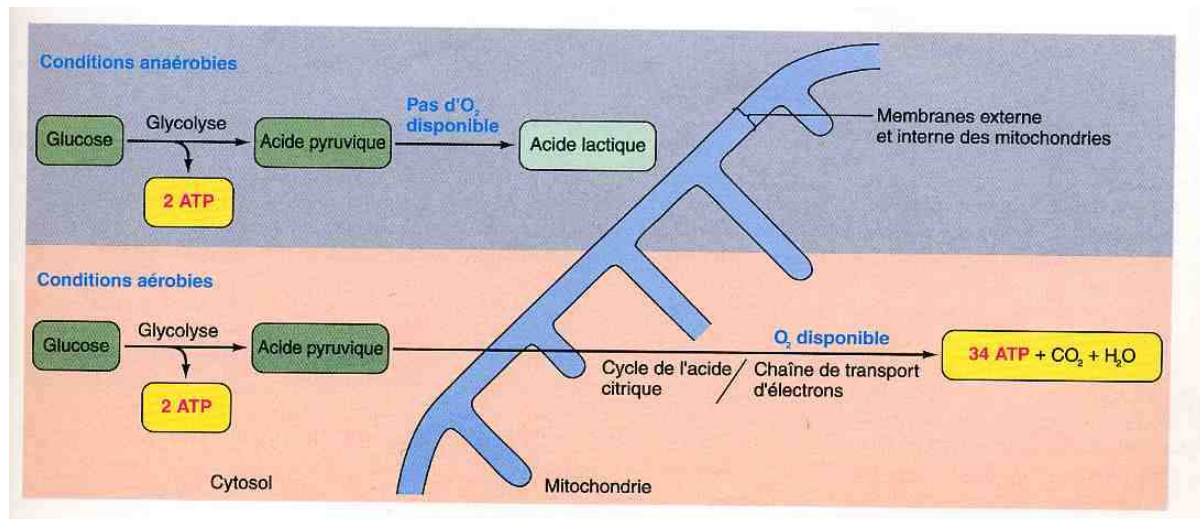


Figure 7 : Voies de production cellulaire d'ATP. La voie anaérobie intracytoplasmique avec production de lactates en haut et la voie aérobie intra-mitochondriale en bas.

Ainsi, durant l'EE, nous pouvons mesurer le taux de lactate dans le sang au repos, pendant et après l'effort.

La cinétique ainsi obtenue avec une augmentation lente en phase 2 qui s'accélère en phase 3 puis est majeure en phase 4 permet une analyse du seuil de transition aérobie-anaérobie.

Les études ont ainsi montré que les seuils ventilatoires décrits plus haut correspondent pour le seuil 1 à un taux de lactate qui dépasse 2 mmol/l et pour le seuil 2 : 4 mmol/l.

En fin d'effort, les taux peuvent atteindre plus de 15 mmol/l chez les sujets les plus entraînés qui ont adapté leur organisme, étant ainsi capables de poursuivre l'effort malgré une acidose déjà marquée.

- 8) L'EXAMEN DENTAIRE ET EXAMENS COMPLEMENTAIRES

A) Examen dentaire

Une fois par an, les sportifs inscrits sur les listes du SHN doivent subir un examen dentaire certifié par un spécialiste. C'est pour palier au manque d'hygiène bucco dentaire chez les jeunes en général et chez les sportifs en particulier (117) que le code du sport mentionne cette obligation.

Cet examen est d'autant plus important que l'on sait les dommages que peuvent subir les dents et gencives des athlètes dans les sports de contacts mais aussi d'une carence de brossage associé à l'acidité buccale après effort et la prise d'aliments sucrés qui favorisent le développement de caries. Les négligences dentaires peuvent représenter un départ de foyer infectieux qui peut fragiliser l'athlète. Des études ont même établi un lien entre mauvaise hygiène bucco-dentaire et lésions tendineuses ou musculaire, bien que controversé (118).

L'explication physiopathologique de ce phénomène repose sur un état inflammatoire chronique de la sphère oro-faciale qui affaiblit l'organisme du sportif.

B) Les examens complémentaires

Pour des risques inhérents à certaines disciplines sportives, le Code du Sport prévoit la réalisation d'examens supplémentaires pour leurs pratiquants appartenant au SHN. On retrouve ainsi :

- Un examen ophtalmologique annuel par un spécialiste pour les disciplines suivantes:
 - Sports mécaniques
 - Sports aériens
 - Disciplines alpines et ski-alpinisme

On sait en effet que ces sports sont plus à risque de lésions du globe oculaire et de la rétine, qui peuvent passer inaperçues dans un premier temps et qu'il convient de traiter le plus tôt possible. Une correction optimale en cas de trouble de la vision est également impérative pour ne pas mettre en danger l'athlète dans ses pratiques.

- Un examen ORL annuel par un spécialiste est recommandé pour les disciplines suivantes:
 - Sport aérien
 - Sports sous-marins

Ceci essentiellement pour tout ce qui concerne les barotraumatismes fréquents dans ces sports et particulièrement dans la sphère ORL qui contient de nombreuses cavités aériques particulièrement sujettes au problème de variations de pression.

➤ Une analyse biologique, trois fois par an, au lieu d'une fois seulement comprenant NFS, réticulocytes, ferritine pour les disciplines :

- Athlétisme (pour les courses uniquement)
- Aviron
- Biathlon
- Course d'orientation
- Cyclisme
- Natation
- Pentathlon moderne
- Roller skating
- Ski de fond
- Triathlon

Ces sports d'endurance sont en effet les plus représentés dans les problèmes d'anémie du sportif, évoqué dans les chapitres précédents.

➤ Un examen par imagerie par résonance magnétique du rachis cervical pour les disciplines :

- Football américain
- Plongeon de haut vol
- Rugby à XV
- Rugby à XIII

Ceci dans le but de dépister un canal cervical étroit ou d'autres pathologies fréquentes dans ces sports telles les spondylolysthésis voire la lyse isthmique. Même en cas de normalité de cet examen, il est important de profiter de cet instant pour rappeler les risques de développement de ces problèmes vertébraux sérieux à ces athlètes à risques.

PARTICULARITES DE LA POPULATION DE L'ETUDE :
PATHOLOGIES SPECIFIQUES DE L'ENFANT ET DE
L'ADOLESCENT SPORTIF, CONSEQUENCES DE LA PRATIQUE DU
TENNIS

L'étude réalisée et exposée dans la dernière partie de ce travail porte sur le suivi médical de sportifs de haut niveau et des sportifs de niveau régional ou national lorrains. La population est constituée de jeunes joueurs de tennis âgés de 6 à 18 ans. Du fait de l'âge des individus et de la discipline sportive pratiquée, ces athlètes sont exposés à des pathologies bien spécifiques à rechercher lors du suivi médical.

Le chapitre qui suit a donc pour objet d'en énumérer les principales et de les décrire. Le but est de pouvoir ainsi les dépister plus facilement lors de la réalisation des examens du suivi.

Nous aborderons ainsi dans un premier temps les pathologies traumatologiques puis les spécificités cardiaques endocriniennes et métaboliques et enfin nous évoquerons les principaux troubles psychologiques que l'on peut rencontrer chez ces jeunes joueurs de tennis.

Chez l'enfant, les activités physiques et sportives sont les plus pourvoyeuses de pathologies traumatologiques. L'étude de Souchet et Sabat a ainsi montré que 40% des accidents survenus dans cette population surviennent au cours d'une telle activité (119). Viennent ensuite celles qui se déroulent au sein de l'établissement scolaire (20%) et les accidents de la voie publique (14%).

Les pathologies qui se produisent dans un contexte sportif ont des spécificités liées à l'âge et à la discipline pratiquée. Nous allons donc traiter ici des particularités anatomiques et physiologiques des enfants et adolescents et des lésions spécifiques qui en découlent.

- 1) La croissance osseuse

Chez l'enfant, les activités physiques et sportives sont les plus pourvoyeuses de pathologies traumatologiques. L'étude de Souchet et Sabat a ainsi montré que 40% des accidents survenus dans cette population surviennent au cours d'une telle activité (119). Viennent ensuite celles qui se déroulent au sein de l'établissement scolaire (20%) et les accidents de la voie publique (14%).

Les pathologies qui se produisent dans un contexte sportif ont des spécificités liées à l'âge et à la discipline pratiquée. Nous allons donc traiter ici des particularités anatomiques et physiologiques des enfants et adolescents et des lésions spécifiques qui en découlent.

Tout d'abord, rappelons la notion classique : « l'enfant n'est pas un adulte en miniature ». En ce qui concerne l'os, il existe en effet des différences importantes entre enfant et adulte, puisque chez les plus jeunes, les os longs et du rachis en croissance comportent du cartilage de croissance qui se présente sous deux formes (Figure 8) :

- Une forme sphérique que l'on trouve dans les épiphyses (extrémités des os longs avec présence d'une surface articulaire) et les apophyses (excroissances de l'os destinées à servir d'insertion tendineuse comme au niveau de la tubérosité tibiale antérieure ou des grand et petit trochanters du fémur)
- Une forme discale qui correspond au cartilage de conjugaison entre diaphyse et épiphyse.

Ces cartilages de croissance comprennent les cellules germinales en périphérie qui se différencient progressivement puis forment le tissu osseux vers le noyau épiphysaire pour le cartilage du même nom et vers la diaphyse pour le cartilage de conjugaison. Ils disparaissent à la fin de la puberté lorsque mécaniquement, le tissu osseux formé vient comprimer ces cellules germinales jusqu'à provoquer leur mort (120). La soudure des cartilages de conjugaison traduit la fin de la croissance osseuse après la fin de la puberté sexuelle.

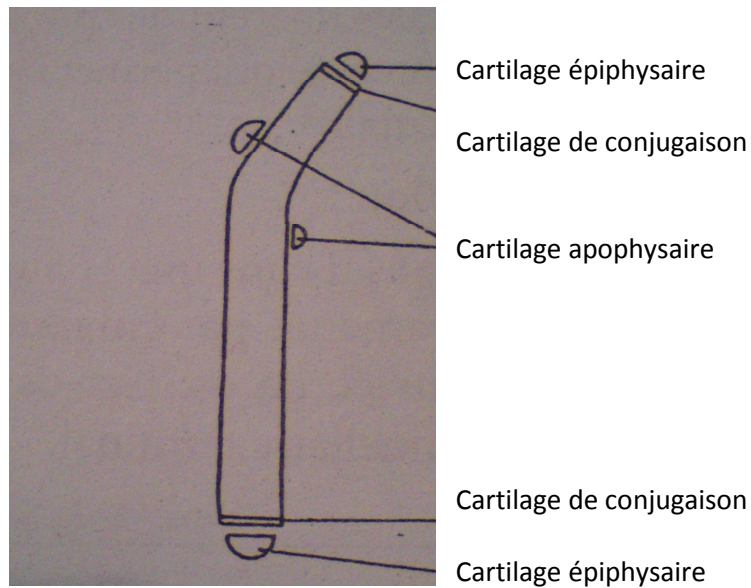


Figure 8. les 6 cartilages de croissance du fémur

Ceci est le mécanisme d'ossification enchondrale. Les os plats et le périoste se développent avec une ossification membraneuse qui voit la formation du tissu osseux à partir d'un tissu mésenchymateux mais sans intermédiaire (pas de cartilage de conjugaison).

On comprend facilement que pour les os longs et les vertèbres, l'atteinte de ces zones spécifiques à l'enfant peut être particulièrement problématique car elle entraîne des anomalies de croissance de l'os.

Signalons aussi que tous les cartilages de croissance n'ont pas le même potentiel de développement osseux. On sait par exemple qu'au niveau de l'humérus, l'extrémité supérieure est responsable de 80% de la croissance en longueur contre 20% seulement pour l'extrémité inférieure.

Plusieurs méthodes existent pour évaluer l'âge osseux de l'individu. Les principales sont la comparaison d'une radiographie de poignet avec l'atlas de Greulich et Pyle ou celui de Sempé et Pavia ou encore l'étude d'une radiographie de coude par la méthode de Sauvegrain, Nahum et Bronstein. Il existe également les stades d'ossification des crêtes iliaques par la méthode radiographique décrite par Risser (figure 9) qui permet de déterminer le stade de maturation osseuse.

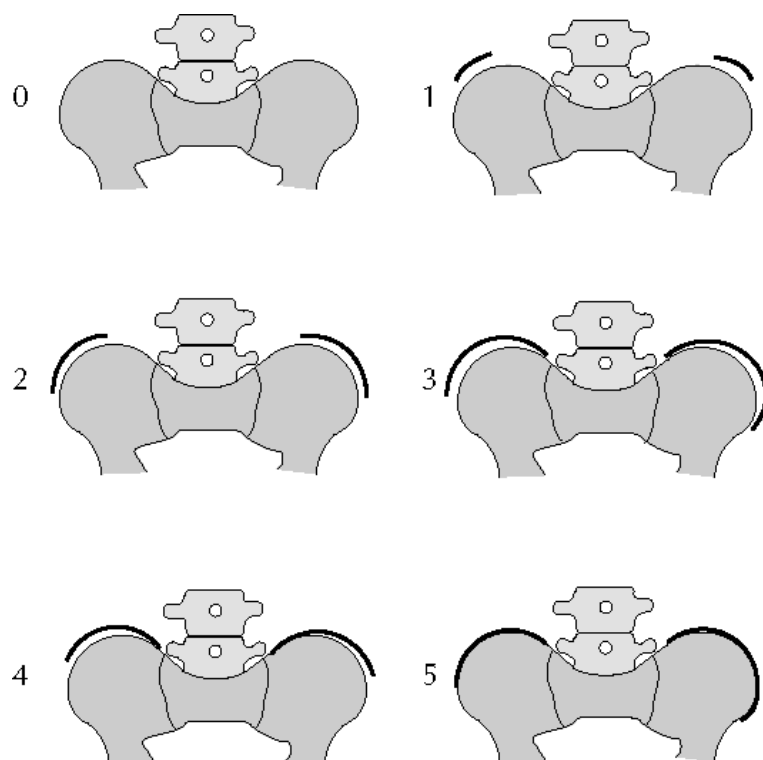


Figure 9. Classification de la maturation osseuse en fonction du degré de développement du noyau d'ossification des crêtes iliaques en 6 stades (0 à 5) selon Risser.

L'enfance et l'adolescence sont donc les périodes essentielles de minéralisation du squelette. On sait que cette croissance osseuse est maximale entre 11 et 14 ans chez la fille et entre 13 et 17 ans chez le garçon (121, 122) et 90% de la masse osseuse est ainsi obtenue à 20 ans.

Cette croissance est déterminée de manière génétique pour une part évaluée entre 60 et 80% (123) mais est également influencée par des facteurs environnementaux parmi lesquels on retrouve les apports nutritionnels (en particulier en calcium et vitamine D) qui interviennent surtout en cas de carence puisque l'excès ne semble pas provoquer de croissance plus importante (124). Le facteur environnemental dont l'influence semble la plus grande est la pratique d'exercice physique (125) et plus particulièrement celle avec impact au sol. On a ainsi prouvé une augmentation plus importante de la densité minérale osseuse chez les gymnastes prépubères par rapport à des nageurs du même âge (123, 125).

Ces spécificités ostéoarticulaires établies, nous pouvons maintenant étudier les pathologies rencontrées chez les jeunes joueurs de tennis et donc à rechercher lors de l'examen de suivi médical obligatoire.

- 2) Fractures

Fréquentes chez l'enfant lors des activités sportives, les fractures de l'enfant peuvent se présenter sous le même aspect que celles de l'adulte mais le plus souvent, du fait d'un périoste plus épais et résistant associé à une plus grande malléabilité de l'os, les plus jeunes vont présenter des fractures spécifiques (figure10):

- Tassement en « motte de beurre » qui atteint l'extrémité de la diaphyse des os longs (radius, tibia, et fémur le plus souvent)
- Fracture en « bois vert » ou simple incurvation de l'os quand la cinétique du traumatisme est moins importante.
- Fissure sous-périostée

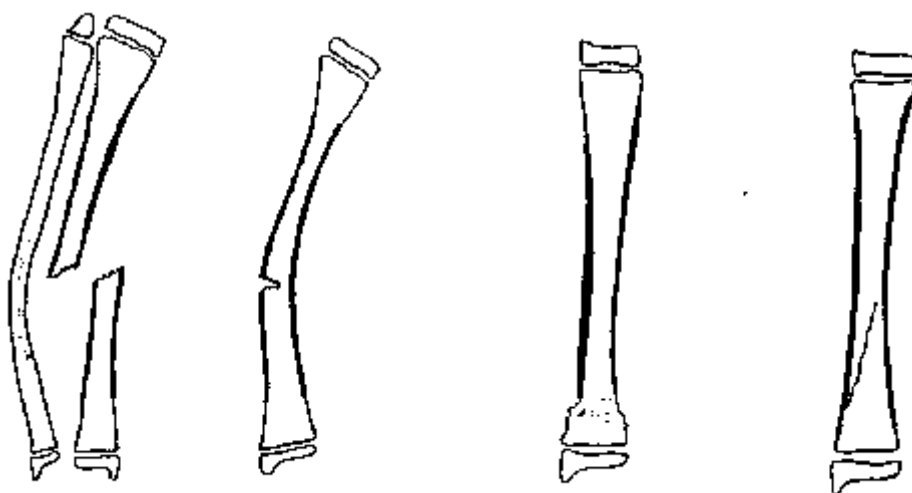


Figure 10. Représentation de différents types de fractures de l'enfant avec: a. Fracture du tibia déplacée (semblable à celle de l'adulte) associée à une incurvation traumatique du péroné équivalent fracture ; b. Fracture en bois vert du 1/3 médian ; c. Fracture en motte de beurre de l'extrémité distale ; d. Fissure sous-périostée ou fracture en cheveu sur la dernière.

Le diagnostic n'est pas toujours facile pour ces fractures peu déplacées, sans traits de fracture nets. Il est donc important de savoir répéter les examens radiographiques en cas de persistance des douleurs et de multiplier les incidences des clichés. Notons que chez l'enfant les délais de consolidation sont plus rapides et que le traitement est dans la grande majorité des cas orthopédique. Du fait de sa grande activité spontanée, la rééducation n'est souvent pas utile chez les plus jeunes après immobilisation mais une surveillance prolongée reste importante pour dépister une anomalie de croissance osseuse (inégalité de longueur surtout).

Ces accidents restent exceptionnels dans le cadre du tennis qui n'est pas un sport de contact et où la cinétique des chutes est le plus souvent insuffisante pour provoquer de telles lésions.

A) Fractures de fatigue

Comme chez l'adulte, leur physiopathologie est attribuée à des microtraumatismes répétés. Chez l'enfant, l'introduction d'un deuxième sport, l'augmentation du volume d'entraînement et des compétitions en sont les principaux facteurs favorisants.

Elles surviennent exceptionnellement avant l'âge de 5 ans mais sont fréquentes entre 10 et 13 ans.

Le tennis ne fait pas partie des principales disciplines pourvoyeuses qui sont plutôt l'athlétisme, le football, la danse et la gymnastique. On en rencontre toutefois chez les jeunes qui présentent une pratique intensive.

Quatre localisations sont le plus souvent rencontrées : les **os de la jambe**, la **branche ischio-pubienne** de l'os iliaque, les **métatarsiens** (avec une atteinte préférentielle des 2^{ème} et 3^{ème}) et la **rotule**, fréquemment atteinte chez les jeunes sauteurs en hauteur.

Il va être important dépister une fracture de fatigue lors de l'examen clinique car les traumatismes aigus sont souvent passés inaperçus. On recherchera alors une douleur mécanique d'installation progressive et insidieuse, à tel point que le sportif peut même omettre de la signaler lorsqu'on l'interroge au repos quand la douleur est absente.

Les principaux signes d'appel sont un syndrome douloureux chronique, une fatigabilité anormale, des douleurs à l'exercice et calmées par le repos, une éventuelle boiterie d'esquive et surtout une révélation de cette douleur à la palpation précise et appuyée de la zone atteinte.

En cas de suspicion de fracture de fatigue, il est important de réaliser des clichés radiographiques de la zone évoquée à la recherche d'une fissure ou de signes de reconstruction tels que l'apposition périostée ou la densification du trait de fracture (figure 11 et 12). Ces anomalies n'apparaissant pas initialement, il est important de répéter ces examens quelques jours plus tard si nécessaire. On peut également faire réaliser une échographie ou une scintigraphie osseuse pour confirmer plus rapidement le diagnostic (figure 13). Un examen scannographique ou IRM est rarement utile dans cette indication.

Le traitement curatif de telles lésions repose sur le repos sportif, la consolidation se faisant spontanément en quelques semaines. On peut y associer une immobilisation partielle ou relative à visée antalgique. Il faut retenir que le traitement le plus important est préventif avec une augmentation toujours très progressive de la charge d'entraînement, le port de chaussures et l'utilisation de matériel adaptées et une diététique correcte, en particulier pour les apports calciques et l'hydratation.

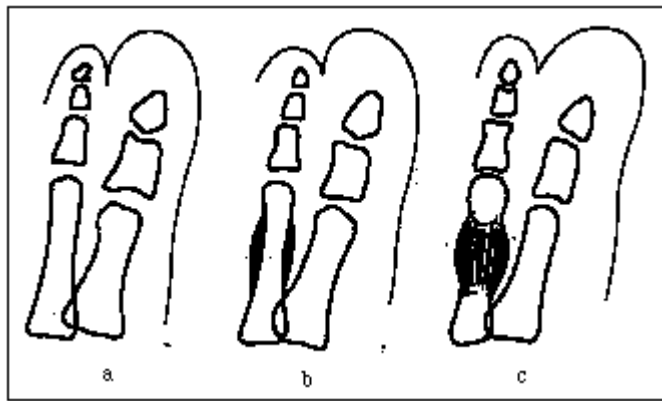


Figure 11. Schéma d'évolution radiographique d'une fracture de fatigue du 2^{ème} métatarsien. a. stade initial. b. apposition périostée. c. cal osseux



Figure 12. radiographie d'une fracture de fatigue avec apposition périostée du 2^{ème} métatarsien chez un adulte.

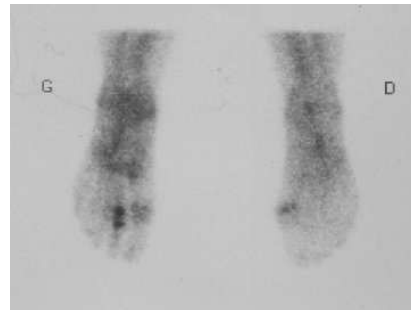


Figure 13. fracture de fatigue du deuxième métatarsien G en scintigraphie.

B) Décollements épiphysaires

Il s'agit de fractures qui atteignent le cartilage de croissance. Pour cette raison, leur pronostic peut être mauvais par mise en jeu du potentiel de croissance future de l'os. Le risque principal est l'épiphysiodèse (stérilisation partielle ou totale du cartilage de croissance) qui apparaît en cas de destruction de ce cartilage. Celle-ci aboutit à des déformations (varus, valgus, flessum, recurvatum) ou à des inégalités de longueur par arrêt de croissance.

Plusieurs sortes de décollements épiphysaires ont été décrits, c'est la classification de Salter et Harris qui est la plus utilisée en pratique courante. Elle distingue cinq types (figure 14) du meilleur au plus mauvais pronostic:

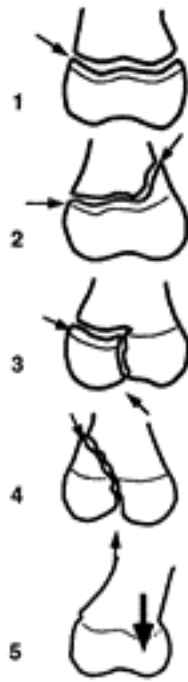


Figure 14. Classification de Salter et Harris des fractures métaphyso-épiphysaires en 5 types.

- Type 1 : C'est un décollement épiphysaire pur, sans fracture. Il est lié au fait que les ligaments sont plus solides que le cartilage de conjugaison, c'est donc lui qui cède lors du traumatisme. Le diagnostic est parfois difficile mais le pronostic est globalement bon.
- Type 2 : Il s'agit d'un décollement épiphysaire associé à une fracture d'un fragment métaphysaire, avec ou sans déplacement. Ce type est le plus fréquent de l'ensemble des fractures épiphysio-métaphysaires, (3/4 des cas), il est largement prédominant au-delà de l'âge de 4 ans. Les complications à long terme par épiphysiodèse partielle ou totale sont très rares.
- Type 3 : Il s'agit d'une fracture de l'épiphysie avec décollement du noyau fracturé. Le déplacement est habituellement peu important. Elle survient en fin de maturation osseuse, chez l'adolescent, peu avant la fusion du cartilage.
- Type 4 : Il s'agit d'une fracture orientée verticalement qui traverse la ligne de cartilage de croissance et détache un fragment métaphysaire solidaire d'un fragment épiphysaire. Sa fréquence est évaluée à 10% à 12% de l'ensemble des lésions épiphysio-métaphysaires. Dans ce type de lésions, le risque d'épiphysiodèse est important.
- Type 5 : Il correspond à une impaction du noyau épiphysaire dans la métaphysie avec écrasement du cartilage de croissance. Cette lésion est très rare (1%) et son diagnostic n'est le plus souvent évoqué que rétrospectivement devant le développement d'une épiphysiodèse et d'une anomalie de croissance de l'os concerné (inégalité de longueur des membres inférieurs dans les suites d'un traumatisme au genou par exemple) car les clichés initiaux paraissent le plus souvent normaux. Le pronostic est le plus péjoratif avec un risque majeur de séquelles.

Dans chaque cas, le traitement est la réduction dont la modalité (orthopédique ou chirurgicale) doit se discuter au cas par cas. Ces fractures consolident rapidement en 4-6 semaines (potentiel propre à l'enfant) et nécessitent donc en général une immobilisation plâtrée d'une durée équivalente après réduction.

- 3) Arrachements apophysaires

Les apophyses peuvent être comparées à des promontoires osseux sur lesquels viennent se fixer des tendons de muscles striés puissants, en englobant l'éminence osseuse. Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 1 de ce chapitre, les apophyses sont séparées de la diaphyse par du cartilage de croissance qui va de nouveau constituer une zone de faiblesse en cas de contraction brutale et intense du muscle. En effet, étant moins résistant que le muscle ou le tendon, c'est l'apophyse qui va subir un arrachement en regard de son cartilage.

Ce type de pathologie est essentiellement rencontré chez l'adolescent de 12 à 15 ans, plus souvent chez le garçon, dans des disciplines avec de nombreux sauts, contraction brèves et intenses, changements de direction rapides telles que le football, la gymnastique ou le basketball. On en rencontre peu dans le tennis.

Le tableau clinique est un équivalent à celui du claquage musculaire avec au moment du traumatisme, une douleur intense associée à une impotence relative.

Les principaux sites atteints sont :

- Les épines iliaques antéro-supérieures avec l'insertion des muscles couturier et fascia latta, mais aussi inférieures et antéro-inférieures où s'insère le tendon direct du muscle droit antérieur du quadriceps fémoral,
- L'apophyse ischiatique où s'insèrent les muscles ischio-jambiers (long biceps, semi-tendineux et semi-membraneux),
- Le petit trochanter qui sert de point d'ancrage au muscle psoas
- La tubérosité tibiale antérieure sur laquelle s'arrime l'imposant tendon rotulien issu du muscle quadriceps fémoral

Quelle que soit l'apophyse touchée, la clinique est semblable avec une mobilisation passive le plus souvent conservée et indolore, un point exquis douloureux sur la zone atteinte avec irradiation le long du muscle responsable de la désinsertion. On note souvent, également, une attitude antalgique en position de relâchement du muscle concerné.

Les images radiographiques confirment facilement le diagnostic avec un aspect de copeau (l'apophyse) se projetant à distance de son os d'attache initiale.

Le traitement est rarement chirurgical et le pronostic est bon lorsque le diagnostic est établi précocement, associé au repos complet dans les premiers jours. C'est ensuite en fonction de la douleur que la mobilisation est progressivement autorisée, en général au bout de deux semaines. La reprise sportive doit être progressive à partir du troisième mois.

- 4) Ostéochondroses

Longtemps appelées ostéochondrites, apophysites ou épiphysites de croissance, on les désigne aujourd'hui par le terme d'ostéochondrose, défini par la souffrance symptomatique d'un centre d'ossification enchondrale (décrit dans le paragraphe 1), encore immature, apophyse ou épiphyse et contemporaine de modifications radiologiques. Concernant l'imagerie, il est important de réaliser des clichés comparatifs de manière systématique qui aident à l'interprétation.

L'âge de survenue est essentiel pour le diagnostic puisqu'il doit se situer entre l'apparition et la soudure du noyau d'ossification incriminé (le plus souvent entre 10 et 15 ans chez le garçon et un peu plus tôt chez la fille).

Les facteurs favorisants sont multiples : endocriniens, ethniques, alimentaires, vasculaires mais surtout la répétition des tractions tendineuses sur l'apophyse concernée. Il s'agit donc d'une pathologie chronique liée essentiellement à la répétition de microtraumatismes.

La clinique est souvent suffisante au diagnostic avec l'association de :

- Douleur variable qui survient durant ou après l'activité sportive mais jamais la nuit,
- Localisation très précise indiquée par l'enfant en regard de l'apophyse,
- Douleur déclenchée immédiatement par la pression de cette zone et par contraction contrariée du muscle qui s'insère sur le centre d'ossification,
- Chez un enfant avec un âge compatible.

Voyons maintenant les ostéochondroses les plus fréquemment rencontrées qui portent souvent le nom du premier auteur qui les a décrites :

A) Ostéochondroses apophysaires :

- **Maladie d'Osgood-Schlatter** avec une atteinte de l'apophyse qui constitue la Tubérosité Tibiale Antérieure (TTA) sur laquelle s'insère le tendon rotulien, ultime relais de l'appareil extenseur du genou constitué par le puissant muscle quadriceps. C'est la plus fréquente des ostéochondroses chez l'ensemble des jeunes sportifs. On la rencontre plus souvent chez le garçon (trois garçons atteints pour une fille) et à l'adolescence entre 11 et 14 ans car le centre d'ossification apparaît tardivement vers l'âge de 8 ans pour se souder 10 à 12 ans plus tard. Dans $\frac{1}{4}$ des cas, la douleur est bilatérale. Elle se situe en regard de la TTA et est reproduite par pression de la zone ou contraction contre résistance du quadriceps.

Les signes radiologiques, bien vus sur le cliché de profil, sont principalement une infiltration oedémateuse du tissu sous-cutané de part et d'autre du tendon ou une fragmentation du cartilage de croissance, rarement des arrachements ou nécrose de la TTA. Le pronostic est bon avec une guérison obtenue le plus souvent par simple repos mais l'évolution peut être longue, jusqu'à 2 ou 3 ans. Il peut parfois exister des séquelles esthétiques avec une TTA proéminente mais sans retentissement fonctionnel.

- **Maladie de Sinding-Larsen** avec une atteinte de la pointe de la patella à l'insertion proximale du tendon rotulien. Elle est beaucoup moins fréquente que la précédente mais est également de bon pronostic avec mise au repos.
- **Maladie de Sever** qui est, avec la première décrite, la plus fréquente des ostéochondroses chez les jeunes joueurs de tennis. Elle touche l'apophyse postérieure du calcaneum qui sert d'insertion au triceps sural. L'âge de survenue est plus précoce, chez des enfants de 7 à 9 ans, car le noyau d'ossification apparaît vers 6-7 ans pour se souder définitivement vers 17 ans. L'enfant va se plaindre d'une douleur mécanique au niveau du talon, majorée par la pression et la contraction du muscle du mollet. Les signes radiologiques sont classiques avec des fragmentations du noyau mais ils ne suffisent pas au diagnostic car souvent présents. Il faut que le tableau clinique soit compatible. L'évolution est en général moins longue, sur quelques mois, et la guérison est obtenue sans séquelle après observation d'une période de repos, associée éventuellement au port de semelles orthopédiques adaptées. Il peut également être intéressant de changer de modèle de chaussure de sport pour favoriser des matériaux plus souples et amortissant au niveau du talon.

B) Ostéochondroses épiphysaires :

- **Ostéochondrose des têtes métatarsiennes** qui survient entre 10 et 12 ans et plus souvent chez la fille. Elle touche principalement le 2^{ème} métatarsien (maladie de Freiberg). Comme pour la maladie d'Osgood-Schlatter, l'évolution peut se faire sur plusieurs années mais le pronostic est bon. Outre le repos, le traitement peut consister en une immobilisation à visée antalgique en cas de douleur importante et la prescription d'orthèse plantaire avec appui rétrocapital.
- **Ostéochondrose des condyles fémoraux** qu'il convient de citer bien que plus rare que les précédentes car elle se révèle chez l'enfant de 11 à 14 ans avec des gonalgies moins précises, pouvant orienter à tort vers des pathologies méniscales ou rotuliennes. La radiographie permet facilement le diagnostic si l'on prend soin de demander un cliché de face de l'échancrure intercondylienne, en plus des incidences habituelles face et profil du genou. Cette pathologie concerne le plus souvent le condyle interne et en cas de doute, un scanner pourra aider au diagnostic. L'évolution est bonne par la suite en respectant le repos sportif selon la douleur.
- **Maladie de Renander** ou Ostéochondrose des sésamoïdes de l'hallux qui survient obligatoirement avant 13-14 ans, au-delà il s'agira de pathologies semblables à celles de l'adulte car ces os surnuméraires sont matures rapidement. Cette atteinte est peu fréquente dans le tennis et plus classique chez les danseuses ou les gymnastes. Le traitement repose sur les mêmes principes que pour l'atteinte des condyles fémoraux. La chirurgie, rarement proposée dans les autres indications est plus fréquemment pratiquée ici avec une sésamoïdectomie qui implique au moins 3 mois de repos sans pratique sportive suivis d'une rééducation intensive.

- **Maladie de Kohler-Mouchet** qui affecte l'os scaphoïde tarsien chez l'enfant âgé de 6 à 9 ans. Le noyau d'ossification de cet os apparaît tôt en comparaison des os longs décrits précédemment, vers l'âge de 2 ans en moyenne mais présente une ossification plus tardive que les os qui l'entourent, raison de son atteinte. La radiographie est typique avec un scaphoïde condensé et aplati. Le traitement est le repos assorti du port d'une botte plâtrée ou d'une résine pour 6 à 8 semaines en cas de symptomatologie importante. Cette attitude réduit l'évolution globale de la maladie de quelques mois.

Qu'il s'agisse des apophyses ou des épiphyses, les ostéochondroses sont des affections fréquentes chez l'enfant sportif mais de bon pronostic malgré une évolution le plus souvent longue. Les atteintes des membres supérieurs sont exceptionnelles, citons seulement la maladie de Panner qui touche le condyle huméral.

- 5) Autres pathologies traumatologiques spécifiques

Nous allons dans ce paragraphe, évoquer les principales autres pathologies traumatologiques les plus fréquemment rencontrées chez les jeunes joueurs de tennis et qu'il faut savoir rechercher lors de l'examen clinique du suivi médical.

A) Lésions musculaires

Chez l'enfant ou le jeune adolescent, de telles lésions sont très rares car le muscle est beaucoup plus résistant que le cartilage de croissance sur lequel il s'insère par l'intermédiaire du tendon. La jonction muscle-tendon-cartilage de conjugaison est le maillon faible de la chaîne traumatique. C'est donc une lésion de cette zone et en particulier du cartilage qu'il faut chercher en cas de traumatisme aigu pouvant évoquer un claquage ou une atteinte du muscle. Il est toutefois possible de rencontrer chez le jeune sportif des lésions musculaires de faible gravité de type élévation ou contracture, de la même manière que chez l'adulte.

B) Lésions ligamentaires

Pour les mêmes raisons, les lésions ligamentaires sont exceptionnelles chez le jeune sportif. Dans le tennis, on retrouve toutefois fréquemment des entorses du Ligament Latéral Externe (LLE) de la cheville, même chez les plus jeunes. Devant un tableau clinique évocateur, il faudra tout de même bien examiner l'extrémité inférieure de la fibula à la recherche d'une lésion de son cartilage de conjugaison.

C) Lésions tendineuses

Au tennis, les tendinites des membres inférieurs sont exceptionnelles car ce sont le plus souvent les cartilages de croissances qui sont touchés, que ce soit au niveau du genou ou du bassin. Chez l'enfant on rencontre essentiellement des tendinites en regard de trois articulations du membre supérieur :

Tout d'abord au niveau de l'épaule avec une atteinte préférentielle du tendon du muscle sus-épineux, encore faible pour des efforts déjà importants, notamment

durant les gestes techniques du service et du revers. On rencontre au niveau de l'épaule, encore plus souvent, des lésions neurologiques microtraumatiques dont nous parlerons dans le prochain paragraphe mais aussi des problèmes de conflit antéro-interne ou postéro-supérieur surtout. Leur étiologie reste mal définie mais semble associer des insuffisances des muscles de la coiffe et des fixateurs de la scapula, avec des technopathies telles qu'un mauvais geste de service ou une raquette trop lourde au niveau du tamis (126-128). On peut ainsi voir des tableaux cliniques de synovite d'épaule avec une douleur associée à un épanchement et des limitations d'amplitudes modérées, souvent intriquées entre elles.

La rééducation ciblée des muscles concernés, débutée après obtention de l'arrêt des douleurs par les classiques méthodes antalgiques (glaçage, médicaments, physiothérapie), permettent la guérison en quelques semaines.

Ensuite au niveau du coude avec la classique épicondylite ou tennis elbow qui touche les tendons des muscles extenseurs et supinateurs du poignet s'insérant sur l'épicondyle latéral (les court et long extenseurs radiaux du carpe, l'extenseur ulnaire du carpe et le faisceau superficiel du muscle supinateur). Cette pathologie est moins fréquente chez l'enfant que chez l'adulte. Elle est déclenchée par la réalisation du revers et les facteurs favorisants sont multiples (129) :

- Mauvaise réalisation du geste avec une participation insuffisante de l'épaule, surtout en fin de mouvement qui oblige le coude à une surcompensation néfaste. Le revers à une main est plus particulièrement pourvoyeur de cette pathologie (130) ainsi que des impacts de balle mal centrés sur le tamis, qui augmentent les vibrations transmises, responsables de l'atteinte tendineuse (131, 132).
- Jeu avec des balles trop lourdes (humides) ou d'usure variée et le fait d'affronter un adversaire plus puissant, ce qui peut se rencontrer chez le jeune trop surclassé.
- Changement de surface de jeu, notamment en passant de manière trop brutale, d'une surface lente (terre battue) à une surface plus rapide.
- Problème de raquette : on sait qu'un élargissement du tamis vers le manche permet une meilleure tolérance des impacts excentrés et une diminution des vibrations (131, 133), donc une diminution du risque d'épicondylalgie. Il est également établi qu'une tension trop élevée de cordage, un poids de raquette trop important, une raquette trop longue, un équilibre de raquette trop « en tête » ou un diamètre du manche non adapté sont des facteurs de risque de survenue d'épicondylite.

On rencontre également chez l'enfant, l'atteinte des tendons s'insérant sur l'épicondyle médial ou épitrochlée, à la même fréquence que le tennis elbow. Elle concerne les muscles pronateurs et fléchisseurs du poignet qui sont utilisés dans le coup droit et le service. Les étiologies sont superposables avec celles décrites ci-dessus.

Enfin au niveau du poignet qui peut être le siège d'une tendinite à l'insertion distale du muscle court extenseur ulnaire du carpe. Mais il faudra également éliminer une pathologie de croissance ou une atteinte ligamentaire dont le traitement par repos et rééducation peut s'avérer plus long. Sur cette articulation, signalons également la présence fréquente de kystes synoviaux, bénins mais dont la présence, associée à une douleur, impose le repos et la prise d'antalgiques ou d'anti-inflammatoires.

D) Pathologies rachidiennes

Trois entités sont principalement rencontrées chez le jeune joueur de tennis, la scoliose, la maladie de Scheuermann et lyse isthmique.

La scoliose est une pathologie fréquente chez l'enfant dans la population générale puisqu'elle touche 2 à 3 % d'entre eux et principalement les filles. Les études sont controversées concernant le tennis puisque certains la retrouve plus fréquemment dans ce sport (13% pour Hellström (134)) ce qui peut paraître logique étant donné le caractère asymétrique de cette discipline et d'autres, plus nombreux, retrouvent une prévalence identique à la population générale.

Il s'agit d'une pathologie de la statique vertébrale dans les trois plans de l'espace qu'il est important de dépister à l'examen clinique car elle n'est pas nécessairement douloureuse mais de pronostic potentiellement sévère si elle n'est pas traitée. On examinera l'enfant debout de dos, en palpant les épineuses vertébrales puis en utilisant un fil à plomb placé en regard de la vertèbre cervicale C7 et qui doit tomber en regard du pli fessier. On pourra également rechercher une asymétrie du triangle de la taille. On observera les courbures lors de la flexion antérieure du tronc et de la remontée, à la recherche d'une gibbosité (figure 15). On pourra également rechercher la présence d'une cyphose associée.

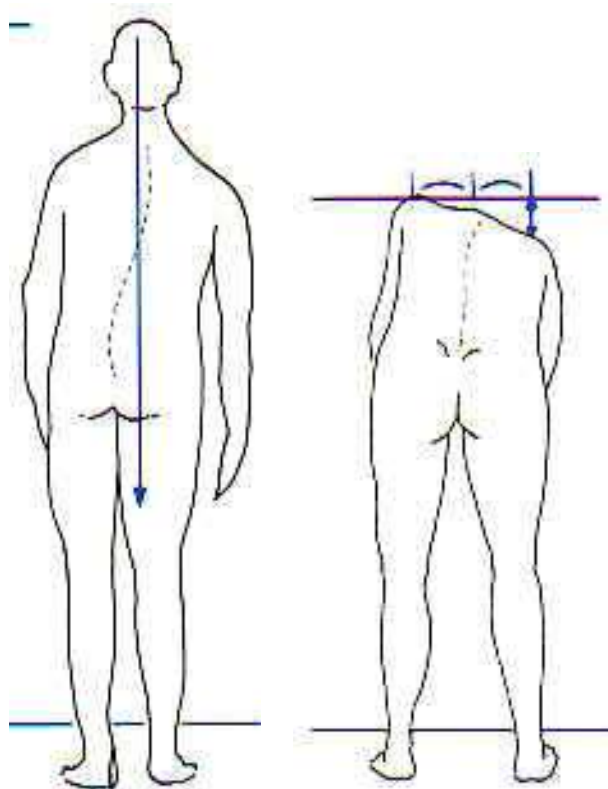


Figure 15. représentation clinique d'une scoliose avec à gauche le fil à plomb en C7 décalé du pli fessier et à droite une gibbosité thoracique gauche lors de la flexion antérieure du tronc

Il est important de dépister une fausse attitude scoliotique par inégalité de longueur des membres inférieurs, une raideur de hanche ou une mauvaise position assise qui constituent des « attitudes scoliotiques » et qui n'évoluent pas en scoliose vraie.

En cas de suspicion clinique, l'examen radiographique est indispensable avec réalisation d'un télé-rachis sous deux incidences perpendiculaires (face et profil) debout et couchée (dans cette dernière position, les attitudes scoliotiques se corrigent à la différence des scolioses vraies) ainsi que d'un bassin de face, debout. On pourra quantifier la sévérité de la pathologie par la mesure des angles. Si l'angle est inférieur à 20°, on surveillera l'enfant régulièrement. S'il est supérieur à 30°, le traitement orthopédique par confection d'un corset ou plus rarement chirurgical, est indispensable. Entre les deux, la décision se fait au cas par cas. On y associe dans tous les cas de la rééducation. Il faut savoir que la scoliose évolue et se constitue principalement dans les deux premières années de vie puis entre l'âge de 6 ans et la fin de la croissance. Il est donc important de la dépister le plus tôt possible pour pouvoir freiner son évolution.

En effet, une scoliose importante a un retentissement psychologique mais aussi fonctionnel avec des douleurs rhumatismales et une diminution de la capacité respiratoire par l'apparition d'un syndrome restrictif.

En cas d'atteinte peu importante, la pratique sportive peut être poursuivie mais en cas de pathologie plus sévère, certains sports, dont le tennis, sont contre-indiqués car susceptibles de l'aggraver.

La maladie de Scheuermann est une ostéochondrose comme nous les avons décrites précédemment et qui concerne les cartilages de croissance des vertèbres. Elle est très fréquente chez les adolescents mais encore plus chez les joueurs de tennis où sa prévalence atteint 20%. Bien qu'elle laisse parfois des séquelles cliniques (cyphose surtout), cette affection reste le plus souvent bénigne et ne nécessite qu'une rééducation simple avec correction de la cyphose, renforcement musculaire et travail de la souplesse dorsale.

Les signes radiologiques sont évocateurs avec un aspect cunéiforme des vertèbres, des irrégularités du plateau vertébral ou la présence de hernie de Schmorl (figure 16), entre autres. L'étiologie la plus démontrée est la répétition de microtraumatismes.

En cas d'atteinte, la pratique sportive n'est pas contre-indiquée mais il peut être judicieux de proposer une modification des gestes techniques, en particulier du service au tennis.

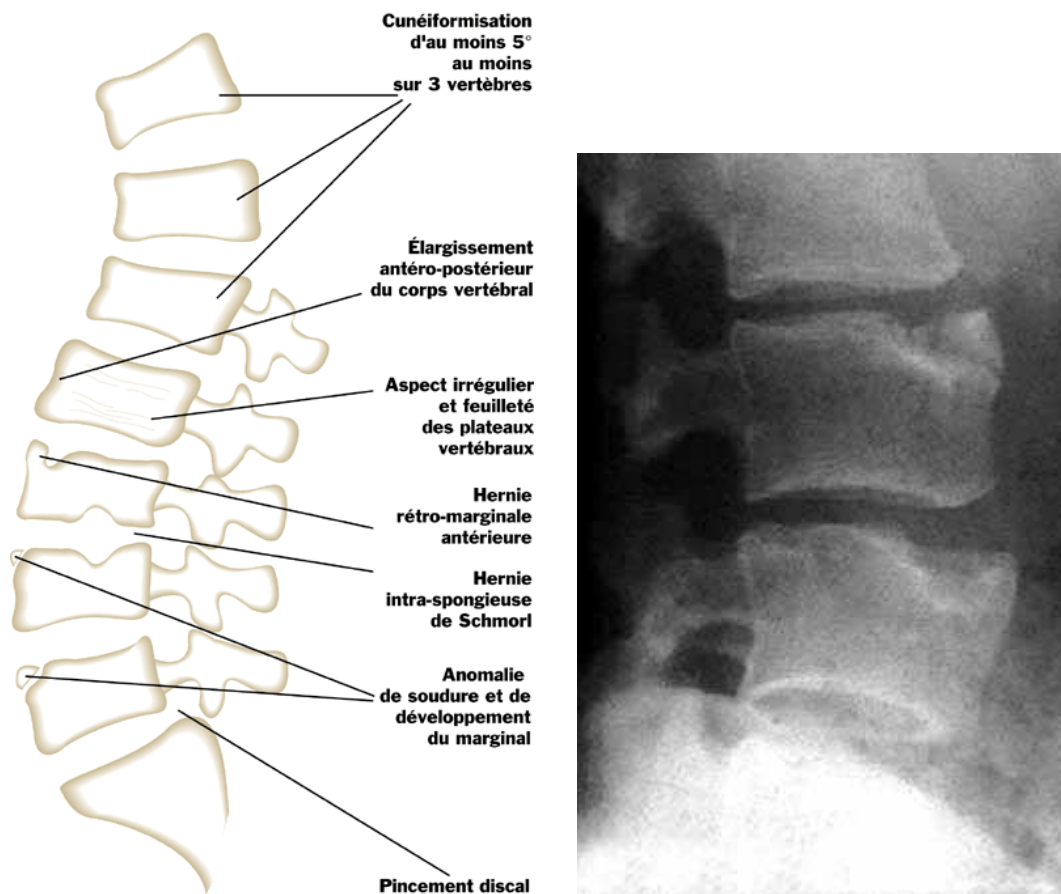


Figure 16. A gauche : schéma représentant les différentes anomalies radiologiques rencontrées dans la maladie de Scheuermann (issu de l'article « spécificités de l'enfant et de l'adolescent » sur le site www.msport.net). A droite : une radiographie de vertèbres lombaires avec des signes de maladie de Scheuermann. En L4, une anomalie de soudure du coin antérosupérieur et en L5 une hernie antérieure.

La lyse isthmique se rencontre dans 5 à 6% de la population tout venant mais est incontestablement favorisée par la pratique du tennis puisque 14% des jeunes joueurs en sont porteurs (135). C'est chez les gymnastes, les plongeurs, les sauteurs en hauteur ou encore les adeptes de la lutte que la prévalence est la plus élevée et supérieure à 30%. Toutes ces disciplines ont en commun de solliciter le rachis lombaire en hyperlordose, à l'origine de l'atteinte de l'isthme vertébral. La dernière vertèbre lombaire est atteinte dans 90% des cas. Cette pathologie touche les deux sexes de manière équivalente, avec deux pics de survenue : un vers l'âge de 6 ans puis l'autre pendant la puberté entre 10 et 15 ans.

Au tennis, le geste du service, par l'hyperlordose associée à une rotation exagérée qu'il implique, est le plus délétère (136). Le coup droit également mais à un moindre degré.

Cette spondylolyse peut être considérée comme une fracture de l'isthme vertébral équivalente à une fracture de fatigue car c'est la répétition de microtraumatismes qui la provoque. L'accident aigu sur vertèbre saine est rare.

La clinique est très variable associant des signes parmi les suivants :

- Syndrome rachidien avec raideur et douleur
- Sciatalgie tronquée ou fessalgie avec un examen neurologique normal
- Douleur centrée sur la charnière lombo-sacrée ou parfois projetée sur l'articulation sacro-iliaque.
- Apparition insidieuse progressive avec parfois épisode aigu surajouté.

Dans un premier temps, la réalisation de radiographies des vertèbres lombaires est indispensable avec des clichés de face qui peuvent permettre de soupçonner la lyse, juste en dessous des « yeux » de la vertèbre où se projette l'isthme. Le cliché de profil peut mettre en évidence une condensation ou une solution de continuité de l'isthme, témoin du remaniement de la zone, il peut également montrer un spondylolisthésis, glissement vers l'avant du corps vertébral par rapport à la vertèbre adjacente (figure 17), conséquence de la lyse et que l'on classe en 3 stades selon le décalage des 2 corps :

- Stade I : décalage $< 1/3$ de la longueur
- Stade II : décalage compris entre $1/3$ et $2/3$ de la longueur
- Stade III : décalage $> 2/3$ de la longueur, le cas le plus sévère.

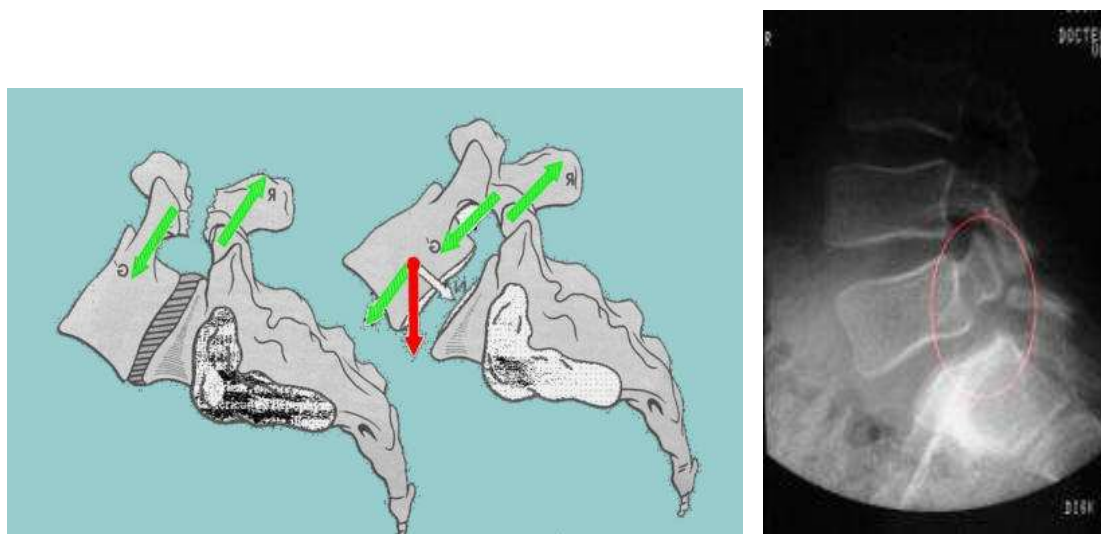


Figure 17. lyse isthmique et spondylolisthésis de L5 représentés schématiquement à gauche et en radiographie de profil à droite avec un spondylolisthésis stade I.

Cette classification est un indice de gravité qui conditionne la thérapeutique. Enfin, on réalise des clichés de trois-quart sur lesquels on distingue le mieux la fracture (figure 18).

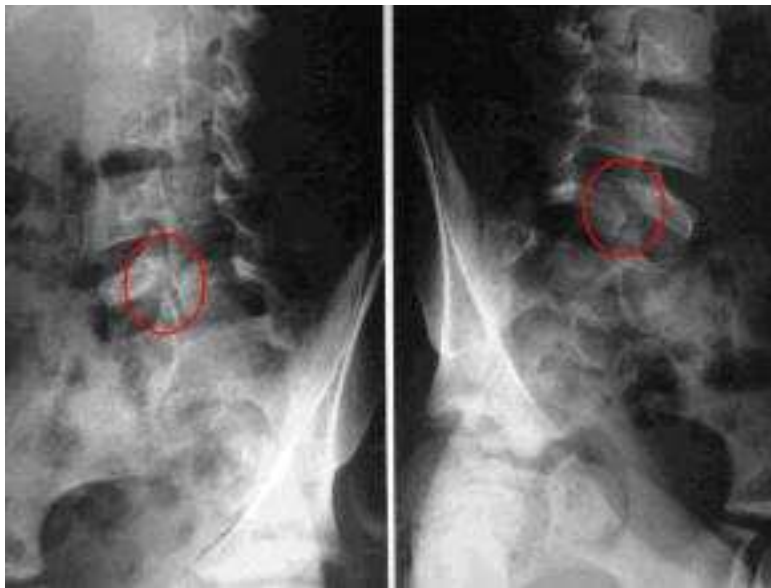


Figure 18. Lyse isthmique de L5 sur clichés de trois-quart (au niveau du « cou du petit chien » décrit par Lachapelle)

On peut également s'aider d'une scintigraphie osseuse qui permet de dater la lyse, la fixation sera d'autant plus importante que la lyse récente. Exceptionnellement, on aura recours au scanner ou à l'IRM pour confirmer le diagnostic ou éliminer une autre pathologie.

Le traitement est basé sur le repos prolongé (de un à trois mois) associé au port d'un lombostat à visée antalgique, si nécessaire. La rééducation est controversée dans cette indication. Le traitement chirurgical reste exceptionnel en cas de listhésis majeur. Dans tous les cas, la surveillance médicale et radiologique de l'évolution est primordiale.

Le pronostic est globalement bon mais des atteintes importantes peuvent entraîner une contre-indication à la pratique intensive du tennis et ainsi stopper une carrière, voire à la pratique du tennis au sens large car elle peuvent provoquer des séquelles neurologiques et rhumatismales majeures.

Cardiologie

Le sport est bénéfique à l'organisme en général et à la fonction cardiaque en particulier, toutes les études le prouvent et montrent une amélioration de l'espérance de vie chez les sportifs au sens large par rapport aux sédentaires. Toutefois, dans le cadre de la pratique intensive du sport, comme nous en parlons dans le cadre du chapitre sur les explorations cardiaques du suivi médical du sportif de haut niveau, la mort subite inopinée existe, fait peur, et puise son origine dans une pathologie cardiaque sous jacente dans la majorité des cas.

Plus les sujets sont jeunes plus l'incidence de la MSI est faible (inférieure à 1/100 000 sujets) mais elle existe toujours. Le tennis n'est pas parmi les sports les plus à risque. La XXVI^{ème} conférence de Bethesda (137) le classe ainsi dans la catégorie IC (figure 19) qui correspond à une demande modérée du travail cardiovasculaire.

Increasing Static Component 	III. High (>50% MVC)	Bobsledding/Luge*†, Field events (throwing), Gymnastics*†, Martial arts*, Sailing, Sport climbing, Water skiing*†, Weight lifting*†, Windsurfing*†	Body building*†, Downhill skiing*†, Skateboarding*†, Snowboarding*†, Wrestling*	Boxing*, Canoeing/Kayaking, Cycling*†, Decathlon, Rowing, Speed-skating*†, Triathlon*†
	II. Moderate (20-50% MVC)	Archery, Auto racing*†, Diving*†, Equestrian*†, Motorcycling*†	American football*, Field events (jumping), Figure skating*, Rodeoing*†, Rugby*, Running (sprint), Surfing*†, Synchronized swimming†	Basketball*, Ice hockey*, Cross-country skiing (skating technique), Lacrosse*, Running (middle distance), Swimming, Team handball
	I. Low (<20% MVC)	Billiards, Bowling, Cricket, Curling, Golf, Riflery	Baseball/Softball*, Fencing, Table tennis, Volleyball	Badminton, Cross-country skiing (classic technique), Field hockey*, Orienteering, Race walking, Racquetball/Squash, Running (long distance), Soccer*, Tennis
		A. Low (<40% Max O ₂)	B. Moderate (40-70% Max O ₂)	C. High (>70% Max O ₂)
		Increasing Dynamic Component		

Figure 19. tableau de classification des sports selon l'importance du travail cardiovasculaire d'après la XXVI^{ème} conférence de Bethesda. Il est établi en fonction de l'intensité de la composante statique et de la composante dynamique de chaque discipline. Les disciplines où l'activité cardiaque est la plus intense sont en rouge et les plus faibles en vert, celles en orange, jaune et bleu sont intermédiaires.

Nous avons déjà évoqué les grandes pathologies cardiaques à rechercher chez le sportif, applicables au sujet jeune. Toutefois nous notons quelques spécificités de l'enfant sur le plan électrocardiographique :

- Plus l'enfant est jeune, plus la fréquence cardiaque de repos (FCR) est rapide (en moyenne 100 bpm à 6 ans et 85 bpm à 13 ans par exemple),
- Il existe une prépondérance droite physiologique avec une grande onde R en V1 et des ondes T négatives de V1 à V3 jusqu'à l'adolescence,
- Des ondes R très amples en V5-V6 chez l'adolescent longiligne, sans hypertrophie ventriculaire gauche.

On sait également que chez l'enfant :

- la FCR n'est pas influencée par l'entraînement,
- le coup de frein vagal classique à l'arrêt brutal d'un exercice physique est plus important que chez l'adulte, occasionnant plus facilement un malaise,
- le débit cardiaque est inférieur à celui du sujet post-pubère et l'augmentation de la Fréquence Cardiaque (FC) ne compense pas totalement le volume d'éjection systolique plus faible. C'est l'augmentation du débit sanguin dans les muscles en activité, associée à une meilleure extraction de l'O₂ qui compense cette relative insuffisance du débit cardiaque.

Le tennis n'est donc pas parmi les disciplines qui sollicitent le plus le myocarde. Les caractéristiques de « cœur d'athlète » physiologique sont donc moins observées que dans des sports d'endurance comme le cyclisme, le marathon ou l'aviron. Ainsi, l'expérience de la FFT (129) n'a révélé chez les 59 garçons ayant joué la Coupe Davis ou classés dans les 100 meilleurs mondiaux que 6 d'entre eux avec une Fréquence Cardiaque de Repos (FCR) < 50 bpm et 1 seul avec un Bloc de Branche Incomplet Droit (BBID) qui sont pourtant des caractéristiques fréquentes chez les sportifs endurants. Le constat est le même dans la population des joueuses.

Nous allons dans ce paragraphe revenir sur deux points importants concernant l'influence du sport intensif sur le développement de l'enfant. Nous reviendrons tout d'abord sur les effets constatés sur la croissance staturo-pondérale puis sur la période charnière qu'est la puberté.

- 1) Croissance staturo-pondérale

A) croissance normale de l'enfant

La croissance staturo-pondérale est discontinue durant les deux premières décennies. Dans la première année de vie, elle est plus importante qu'à n'importe quelle période ultérieure. Le poids de naissance triple à 1 an tandis que la taille est multipliée par 1,5. Puis elle diminue progressivement avec une croissance staturale, de l'ordre de 6 cm/an, pour de nouveau s'accélérer lors de la période charnière de la puberté avec un gain de taille de 8 à 10 cm/an en moyenne (figure 20).

L'évolution du poids est un peu différente, comme le reflète la courbe d'évolution de la corpulence (Indice de Masse Corporelle = poids en kg / (taille en m²)) qui augmente dans la première année de vie et à partir de l'âge de 7 ans, signifiant une croissance pondérale supérieure à la croissance staturale tandis qu'elle diminue entre ces deux périodes où le gain de taille est supérieur au gain de poids. On étudie la croissance d'un enfant en comparant l'évolution de son poids, de sa taille et de sa corpulence par rapport à des courbes de référence comme celles de Sempé et Pédrón.

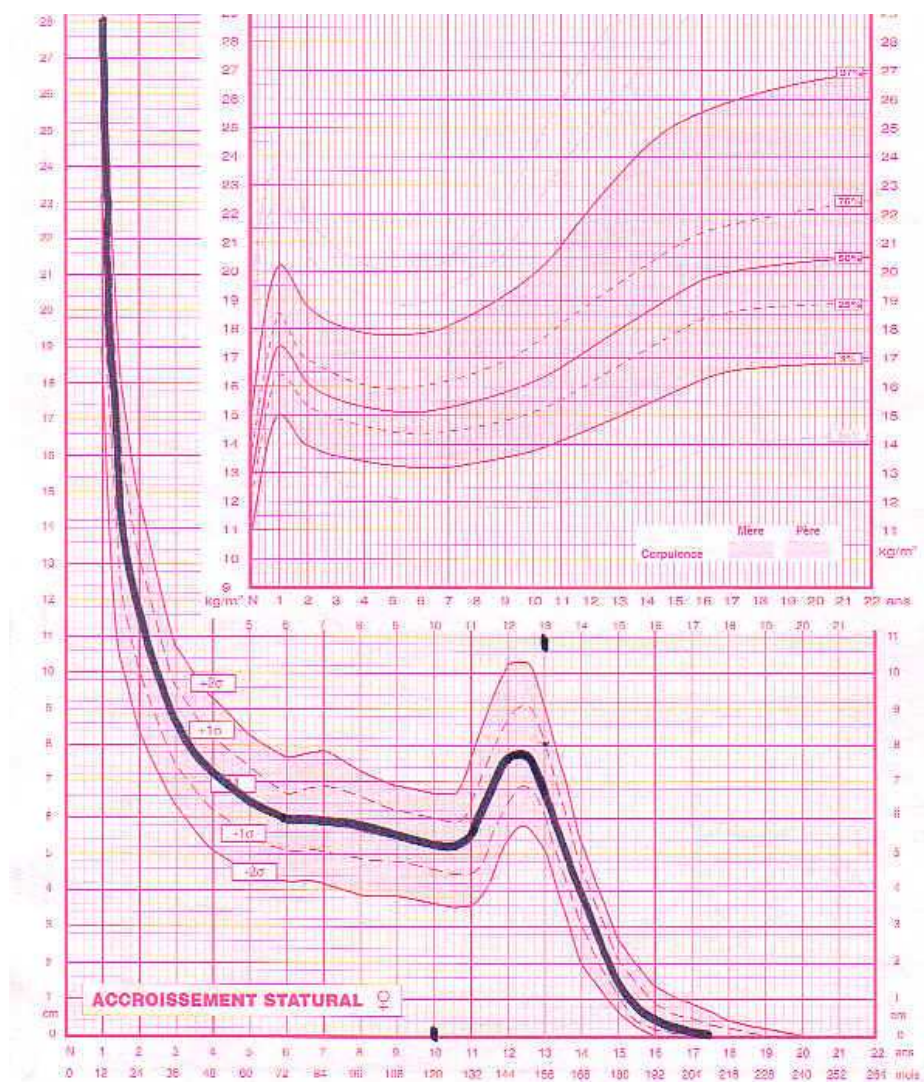


Figure 20. Courbe d'accroissement statural des filles de la naissance à l'âge de 20 ans en parallèle de l'évolution de la corpulence (IMC).

Les principaux facteurs déterminants de la croissance sont :

- L'alimentation. C'est le facteur extrinsèque le plus important. Il est évident que pour lui assurer une bonne croissance, il faut proposer à l'enfant une alimentation équilibrée et en quantité suffisante, comme nous l'avons décrite précédemment.
- Le contexte psychoaffectif. Il a été démontré qu'un mauvais entourage affectif peut entraîner à lui seul une petite taille, c'est le nanisme psycho-social.
- La génétique. La part transmise par les parents et par l'ethnie d'appartenance est indéniable, dans la détermination de la croissance de l'enfant. Pour prédire la taille adulte d'un enfant en fonction de celle de ses parents, Tanner avait ainsi validé la formule: $\text{taille (en cm)} = ((\text{taille père} + \text{taille mère}) / 2) \pm 6,5$.
- L'hormone de croissance ou Growth Hormone (GH) qui agit sur la croissance de l'ensemble de l'organisme. Elle est synthétisée en permanence, stockée et sécrétée par intermittence par les cellules somatotropes de l'antéhypophyse. La sécrétion de la GH est pulsatile sous l'influence de la GH-RH (stimulateur) et de la somatostatine (inhibitrice), deux hormones synthétisées au niveau de

l'hypothalamus. Cette pulsatilité est génétiquement déterminée. La GH est également sous l'influence d'autres hormones que nous citons ci-dessous. Elle est également utilisée en thérapeutique chez des enfants de petite taille par déficit de production.

- Les hormones thyroïdiennes T3 et T4 synthétisées par la glande thyroïde sous le contrôle de la TSH hypophysaire, elle-même influencée par la TRH hypothalamique. Leur action principale se situe au niveau du cartilage de croissance où elles permettent l'apparition des points d'ossification épiphysaires et agissent en synergie avec la GH pour la croissance osseuse. Elles favorisent également la synthèse et la sécrétion de la GH au niveau du lobe antérieur de l'hypophyse.
- Les hormones sexuelles androgènes et oestrogènes sont des stéroïdes naturels. Les androgènes (testostérone surtout) sont fabriqués essentiellement aux niveaux testiculaire et surrénalien. Plus présents chez le garçon, ils accélèrent la croissance et la maturation osseuse et nécessitent la présence de GH pour fonctionner. Un excès androgénique (pathologique ou apport iatrogène) va donc entraîner une puberté précoce mais aussi une taille adulte inférieure à celle attendu par soudure prématurée des éléments osseux.
Les œstrogènes (œstradiol principalement) sont synthétisés à partir des androgènes sous l'action de l'aromatase présente au niveau ovarien et des cellules adipeuses. Plus présentes chez la fille, ces hormones ont une action biphasique en stimulant la croissance à doses faibles mais en l'inhibant à doses plus importantes.
Androgènes et œstrogènes sont responsables par leur augmentation physiologique du déclenchement du pic de croissance pubertaire.
- Les somatomédines (IGF) sont synthétisées dans de nombreux organes et agissent conjointement à l'insuline sur la croissance cellulaire, sous l'influence de la GH.
- L'insuline synthétisée au niveau du pancréas, en plus de son rôle dans la régulation du métabolisme glucidique, stimule la croissance au niveau cellulaire en synergie avec les IGF. Elle est de plus nécessaire au bon fonctionnement de la GH.
- Le cortisol, autre stéroïde synthétisé au niveau des glandes surrénales, agit de manière biphasique comme les œstrogènes. Ainsi, des taux sanguins élevés de cette hormone (hypercorticisme, iatrogène) entraînent des retards de croissance en diminuant la sécrétion de GH, en inhibant son action et en agissant directement comme inhibiteur de croissance sur les cartilages.

B) Influence du sport

L'activité physique est nécessaire à la croissance car :

- elle stimule la sécrétion de GH par l'intermédiaire des hormones sexuelles durant la puberté et indépendamment avant cette période,
- les contractions musculaires sont des stimulateurs mécaniques de croissance.

Le bénéfice de la pratique du sport intensif est moins évident. Il n'est pas démontré que de telles pratiques augmentent la croissance attendue de l'enfant. Mais de nombreux auteurs ont tenté de prouver l'effet contraire, néfaste, d'un excès de sport sur la croissance des jeunes athlètes (138). La population la plus étudiée sur ce sujet concerne les gymnastes (139), à qui l'on impose très jeune une charge de travail

physique importante, associée à des régimes stricts et qui présentent souvent une petite taille (140) par rapport aux autres disciplines. Les résultats d'études sont controversés (141). Plusieurs grosses études ont toutefois démontré (142-144), et c'est le consensus actuel, que la pratique intensive du sport peut retarder le pic de croissance pubertaire mais n'entraîne pas de diminution significative de la taille adulte finale. En ce qui concerne le poids par contre, il semble évident qu'il est inférieur à celui d'une population témoin, que ce soit en période pré ou post-pubertaire (142, 145). La pratique sportive n'est pas forcément en cause puisqu'on ne constate pas ces différences chez les nageuses par exemple (143), il semble que ce soit plutôt le régime alimentaire qui soit responsable de cette réduction pondérale. En ce qui concerne le tennis, peu d'études ont été réalisées mais la pratique intensive ne semble pas influencer sur la croissance de manière évidente (129).

- 2) Puberté

A) puberté normale

Trois ans avant la puberté gonadique, la plus communément nommée puberté, survient la puberté surrénalienne ou adrénarche, vers l'âge de 7 ans. Son mécanisme de déclenchement n'est pas encore clairement identifié mais se caractérise dans les deux sexes par une sécrétion androgénique surrénalienne qui peut se traduire cliniquement par l'apparition d'un duvet au niveau pubien ou de la face. Il semble que cette puberté contribue indirectement à la mise en route de la puberté gonadique, par son action de maturation somatique.

Celle-ci survient en moyenne à l'âge de 11 ans chez la fille et 12 ans chez le garçon, avec des âges extrêmes de ± 3 ans dans les deux sexes (± 2 Déviations Standards (DS)) et un mécanisme de régulation complexe.

En période prépubertaire, l'activité sécrétoire des gonadostimulines FSH et LH de l'hypophyse est faible, entraînant une faible production constante des hormones gonadiques stéroïdiennes (testostérone et œstradiol surtout respectivement chez le garçon et la fille). Au moment de la puberté, un changement de seuil de sensibilité des récepteurs hypothalamo-hypophysaires aux hormones stéroïdiennes survient. Sous l'effet de la sécrétion pulsatile de plus en plus importante de la LH-RH hypothalamique, on note une augmentation de sécrétion de LH et FSH hypophysaires et donc des hormones sexuelles qui induisent les changements somatiques.

La puberté évolue ainsi sur trois à quatre ans en moyenne et se caractérise cliniquement par le développement des organes génitaux, de la pilosité pubienne, une augmentation du volume des seins chez la fille. Ces trois critères sont utilisés pour classer la puberté en 5 stades selon la méthode décrite par Tanner en 1962 (146) :

La pilosité pubienne (garçon et fille)

- P1 Absence de pilosité.
- P2 Quelques poils longs sur le pubis.
- P3 Pilosité pubienne au-dessus de la symphyse.
- P4 Pilosité pubienne fournie.
- P5 La pilosité s'étend à la racine de la cuisse et s'allonge vers l'ombilic chez le garçon.

Le développement mammaire

- S1 Absence de développement mammaire.
- S2 Petit bourgeon mammaire avec élargissement de l'aréole.
- S3 La glande mammaire dépasse la surface de l'aréole
- S4 Développement maximum du sein (apparition d'un sillon sous mammaire). Saillie de l'aréole et du mamelon sur la glande.
- S5 Aspect adulte. Disparition de la saillie de l'aréole.

Le développement des organes génitaux externes du garçon

- G1 Testicules et verge de taille infantile.
- G2 Augmentation du volume testiculaire de 4 à 6 ml (L 25 à 30 mm)
- G3 Continuation de l'accroissement testiculaire de 6 à 12 ml (L 30-40 mm)
Accroissement de la verge.
- G4 Accroissement testiculaire de 12 à 16 ml (L 40-50 mm) et de la verge
- G5 Morphologie adulte.

Il existe d'autres modifications plus variables dans leur chronologie et intensité :

- chez le garçon : pilosité axillaire, souvent vers le stade 4, pilosité faciale plus tardive, mue de la voix, modification de la musculature, gynécomastie transitoire au stade 3 (1/3 des garçons)
- chez la fille : changement d'axe de la vulve passant de vertical à horizontal, développement des petites lèvres puis des grandes et du clitoris, pilosité axillaire au stade 4 et apparition des règles en moyenne 2 ans après le début de la puberté avec des cycles irréguliers et anovulatoires initialement.

B) Influence du sport

De même que pour la croissance staturo-pondérale, la question de l'influence d'une pratique sportive intensive sur le déroulement de la puberté se pose depuis de nombreuses années. C'est de nouveau sur la population des gymnastes que le plus d'études ont été publiées à ce sujet. Le constat actuel est le suivant : il existe en effet un véritable retard à l'âge de début de cette période dans cette catégorie de sportifs, mesuré par l'âge des ménarches (143, 147) mais elle se déroule toutefois en entier et à l'âge adulte, on ne constate plus de différence entre les sportives et les autres, en dehors des cas d'anorexie mentale.

Plusieurs causes sont évoquées pour expliquer ce phénomène :

- la charge d'entraînement. Lorsqu'elle dépasse 15 à 18h/semaine (148),
- la sélection des athlètes en fonction des caractéristiques physiques des parents qui ont eux-mêmes souvent présentés une puberté tardive (148, 149)
- des perturbations endocriniennes induites par des régimes stricts hypocaloriques et pauvres en lipides, par le stress et par la charge d'entraînement (150)

Le rôle de l'alimentation dans ce phénomène est encore discuté. Car s'il est évident qu'il existe un lien entre l'insuffisance de masse grasse et les troubles pubertaires (151, 152), il est difficile d'attribuer un rôle précis à l'alimentation, à la quantité d'activité physique ou à la part transmise génétiquement à ce phénomène observé chez les sportifs intensifs. Ce retard de développement semble finalement multifactoriel (139) et sans conséquence finale à l'âge adulte.

En ce qui concerne les joueurs de tennis, peu d'études spécifiques sont disponibles mais il semble que le léger décalage pubertaire parfois constaté dans certaines publications n'est pas significativement différent des non pratiquants (147).

Nous allons reprendre dans ce paragraphe les différentes filières énergétiques utilisées par l'organisme pour fournir l'énergie (ATP) pendant un exercice. Nous les avons détaillées dans le chapitre sur l'EE maximale pour l'adulte ou le jeune adulte, voyons maintenant les spécificités de l'enfant.

- 1) Le métabolisme anaérobie alactique

Système de fourniture d'ATP sans utilisation d'O₂ et qui utilise la phosphocréatine (PC) présente dans le muscle selon l'équation :



Les réserves sont limitées chez l'enfant comme chez l'adulte et permettent de fournir de l'énergie pour quelques secondes seulement d'effort intense et bref.

- 2) Le métabolisme anaérobie lactique

L'enfant est clairement moins apte que l'adulte à utiliser ce métabolisme du fait d'une moindre présence de l'enzyme Phospho Fructo Kinase (PFK) nécessaire à la dégradation du glucose dans cette voie. C'est Eriksson qui avait pu le démontrer en 1973 par la réalisation de biopsies musculaires (153). Ceci explique les faibles concentrations de lactates que l'on observe chez l'enfant en fin d'EE max (rarement au-delà de 9 mmol/l avant 11 ans comme dans l'étude de Godfrey (154)).

De plus ce métabolisme nécessite l'utilisation du glycogène dont les réserves intramusculaires sont plus faibles chez l'enfant, assorti du fait que les enzymes de la glycolyse anaérobie ont un moindre potentiel.

Un travail spécifique de cette voie peut permettre d'en augmenter les capacités chez l'enfant mais de manière peu importante par rapport à l'augmentation nécessaire de la charge de travail. Les auteurs s'accordent donc à dire qu'un entraînement spécifique de cette voie n'est donc pas à envisager chez l'enfant prépubère.

- 3) Le métabolisme aérobie

Ce métabolisme qui permet de poursuivre un exercice physique avec une intensité modérée pendant plusieurs heures en utilisant les glucides et les lipides est « optimisé » chez l'enfant. En effet, le potentiel des enzymes de la glycolyse aérobie est meilleur, la mise en route de ce système est plus rapide (155) (en une à deux minutes contre quatre à cinq chez l'adulte).

On constate toutefois que rapporté au poids, les performances aérobies de l'enfant restent inférieures à celles de l'adulte. Ceci est lié à une moins bonne économie de course car pour une vitesse donnée, l'énergie dépensée par unité de poids est plus grande chez les plus jeunes. Cette « économie » progresse avec l'âge par une maîtrise des gestes, plus efficaces, et une meilleure coordination.

Cette différence peut également s'expliquer par le fait que la dépense énergétique de repos de l'enfant est supérieure pour deux raisons principales :

- Le rapport surface/masse corporelle est supérieur ce qui entraîne des échanges thermiques plus importants chez les plus jeunes
- La croissance de l'organisme nécessite un surplus de dépense énergétique.

La $\dot{V}O_2\text{max}$ (en l/min) augmente en valeur absolue, de manière continue et régulière, durant la croissance. Cette augmentation est parallèle entre filles et garçons, la courbe des garçons étant légèrement plus haute. A la puberté, les écarts se creusent, tandis qu'elle augmente encore chez le garçon jusqu'à 18 ans, elle commence à diminuer dès l'âge de 15 ans chez la fille (156).

La $\dot{V}O_2\text{max}$ corrélée au poids (ml/min/kg) est stable chez le garçon de 5 à 18 ans (aux alentours de 50 ml/min/kg chez le sujet non entraîné) puis diminue progressivement tandis la courbe des filles s'infléchit dès l'âge de 10 ans, au début de la puberté, probablement en rapport avec l'augmentation de la masse grasse, la moindre augmentation du volume musculaire et la carence relative en fer par rapport aux jeunes hommes (42).

Les deux autres spécificités du métabolisme aérobie de l'enfant concerne le pic de $\dot{V}O_2\text{max}$ et le seuil de transition aérobie-anaérobie.

Depuis les premiers calculs et mesures de $\dot{V}O_2\text{max}$ chez l'enfant, des auteurs comme Astrand en 1952 qui fut le premier, ont constaté la fréquence importante (50% en moyenne) d'absence de plateau en fin d'EE_{max}, malgré un épuisement qui semble réel (157, 158). Initialement attribué à une moindre capacité anaérobie ou à un manque de motivation (159), après comparaison des groupes avec plateau et des groupes sans plateau (160) qui retrouvent les mêmes valeurs ventilatoires, reflet du métabolisme en fin d'effort, on considère aujourd'hui comme physiologique cette absence de plateau sans en avoir une explication formelle. On parle donc pour l'enfant de **pic de $\dot{V}O_2$** à la place du plateau décrit chez l'adulte.

Concernant le seuil de transition, il est globalement plus élevé chez l'enfant puisque chez les individus non entraînés, la $\dot{V}O_2$ du seuil survient vers 50 à 55% de $\dot{V}O_2\text{max}$ chez l'adulte et à plus de 60% chez les plus jeunes avec une augmentation de la $\dot{V}O_2$ seuil moins importante que la $\dot{V}O_2\text{max}$ durant la croissance (161, 162). Il n'existe pas de bouleversement du métabolisme oxydatif avec la puberté, avec des valeurs de consommation d'oxygène qui augmentent toujours de la même manière et qui semblent corrélées à l'évolution du poids, de la taille et de la masse grasse. Notons que l'entraînement en endurance permet d'augmenter les capacités de l'enfant de la même manière que chez l'adulte.

Enfin, signalons que pour la mesure des capacités aérobies d'un athlète, il existe l'EE maximale qui est la méthode de référence de mesure directe avec la réalisation des échanges gazeux mais il existe de nombreuses méthodes de mesures indirectes.

En laboratoire, la méthode indirecte la plus pratiquée et la plus fiable consiste à utiliser un ergomètre de la même manière que pour une EE maximale mais de stopper l'épreuve avant la fin et d'extrapoler les valeurs de $\dot{V}O_2\text{max}$ selon des

courbes connues. La mesure la plus retenue pour évaluer les capacités aérobies d'un athlète lors d'une telle épreuve est la Capacité de Travail à une fréquence cardiaque de 170 bpm (CT170) utilisée par Wahlund en 1948 (163) puis par Astrand et Rhyning qui définirent un normogramme de correspondance en 1954 et qui permet à partir de la mesure de la fréquence cardiaque obtenue après un exercice d'au moins 6 minutes, d'évaluer la consommation maximale d'O₂ (164). En effet il existe une relation linéaire entre la fréquence cardiaque et la puissance développée par le sportif ainsi qu'entre la fréquence cardiaque et la consommation d'O₂ à l'effort qui permet ces extrapolations. La CT170 permet d'estimer la capacité aérobie de l'athlète et de le comparer au reste de la population. Elle représente la puissance que le sportif peut développer à l'état stable pour une fréquence cardiaque égale à 170 bpm.

C'est cette méthode que nous avons utilisée dans l'étude présentée en dernière partie pour les sportifs non inscrit sur les listes de haut niveau et qui évite le risque de la réalisation d'une EE maximale.

Il existe également de nombreuses méthodes de mesures indirectes de la V'O₂max ou de la capacité aérobie sur le terrain utilisables par les entraîneurs mais beaucoup moins fiables. Citons le test de Léger-Boucher qui consiste à réaliser des allers-retours sur une distance de 20 m à une cadence de plus en plus rapide, jusqu'à épuisement (165). Ou encore le test de Cooper qui consiste à courir 12 minutes sur la plus grande distance possible. Ce sont les deux tests de terrain les plus utilisés.

Dans le cadre de la pratique du tennis, c'est le métabolisme aérobie qui est majoritairement utilisé puisque sur des prélèvements sanguins à différents moments d'un match, des dosages de lactates > 4 mmol/l ne s'observent que très rarement, après des échanges supérieurs à 12 coups et le taux redescend rapidement dans les minutes suivantes (166).

De plus, les mesures de V'O₂max chez les joueurs de tennis intensifs retrouvent des caractéristiques endurant puisque les valeurs vont être supérieures à la population moyenne mais en restant inférieurs aux endurants purs tels les marathoniens ou les cyclistes mais on note un seuil à 80% de V'O₂max semblables à ces sportifs (167).

Rappelons tout d'abord les grands principes du développement psychique de l'enfant :

- Avant 7 ans, l'enfant commence à pouvoir jouer en groupe mais avec nécessité de la présence de l'adulte pour faire respecter les règles. La maîtrise de soi est insuffisante et les activités nécessitant une importante concentration sont difficiles à mettre en place du fait d'une relative instabilité de l'humeur. L'enfant « subi » le choix de l'adulte. Il est intéressant de faire pratiquer à l'enfant plusieurs types de loisirs pour faire se développer chez lui les habiletés motrices.
- Entre 7 et 12 ans, les capacités d'apprentissage se développent tout comme le raisonnement logique. Il devient autonome, comprend les règles du jeu et peut les appliquer seul. Il existe toutefois une labilité de l'humeur importante selon les échecs et l'enfant peut cesser rapidement une activité s'il n'est pas encouragé.
- Après 12 ans, le raisonnement logique poursuit sa progression mais les habiletés sont plus difficiles à acquérir. L'autonomie se développe tout comme la force musculaire. C'est le temps, si ce n'est pas déjà fait, de la spécialisation dans un sport avec la compétition si l'enfant en éprouve le désir.

Comme nous l'avons vu dans la quatrième partie sur le suivi médical concernant le bilan psychologique, les sportifs appartenant au SHN sont particulièrement sujets à présenter des troubles du fait de la charge de travail importante imposée, de la compétition, de l'envie voire la nécessité de résultats, de la pression psychologique de l'entourage ou que le sportif s'impose lui-même, de la désocialisation relative que le sport intensif peut entraîner, parfois avec des déscolarisations et des centres d'intérêts extra sportifs limités.

Ainsi même si le sport au sens large est reconnu pour ses bienfaits sur la santé globale, le sport de haut niveau peut faire basculer l'individu dans des contraintes psychologiques difficiles à assumer.

Les études concernant spécifiquement l'anxiété ou le stress dans le cadre du tennis chez des adolescents, bien que peu nombreuses, montrent que cette discipline n'est pas la plus pourvoyeuse de pathologies (168, 169).

Il est toutefois important de rechercher à dépister les difficultés chez ces jeunes à risques, car soumis à des contraintes psychologiques inhabituelles pour l'âge. Plusieurs questionnaires sont à disposition pour offrir une base objective sur laquelle on pourra s'appuyer lors de l'entretien. Citons le questionnaire de la SFMS (170) ou plus récemment le QFES validé pour les jeunes sportifs de 8 à 16 ans dans le diagnostic de surentraînement (171). Il existe également le questionnaire SCAT spécifique au stress (172).

Le tennis est un sport individuel. Pour l'équilibre de l'enfant, il est important de lui faire pratiquer d'autres disciplines dans les premières années pour développer ses habiletés psychomotrices et pour sa socialisation. C'est le rôle des parents que d'offrir le choix et une variété d'activités à son enfant en restant dans un nombre d'heures hebdomadaires raisonnables.

L'influence des parents a été bien étudiée (173, 174). Il semble que la meilleure des conduites soit un équilibre entre encouragements et conseils avec une présence qui s'efface progressivement avec les années. Des parents trop présents ou au contraire absents sont des facteurs d'échec relatif de l'enfant dans sa discipline. Il est également intéressant de noter la différence de perception de l'investissement parental et de l'effet sur l'enfant par les adultes et par le sportif. Pour quantifier ces aspects, le questionnaire PISQ (parental involvement in sport questionnaire) élaboré par Lee en 1997 est recommandé (175).

Le tennis est un sport particulier où le décompte spécifique des points agit sur le psychisme du joueur. Chaque jeu étant indépendant, il existe une perpétuelle remise en question et évolution avec certains points plus importants que d'autres. Cette discipline est l'une des plus difficile à gérer mentalement sur ce plan. On comprend donc l'intérêt d'un bon entourage de l'enfant qui structure sa propre personnalité durant cette période et de la nécessité d'un dépistage précoce des difficultés qu'il pourrait rencontrer.

Il faudra donc être vigilant au nombre d'heures de sport hebdomadaires pratiquées, au degré et au mode d'investissement parental, au ressenti de l'enfant dans le cadre du suivi car il peut avoir des conséquences délétères pour la santé de l'athlète. Rappelons également que les « champions » annoncés à l'âge de 10 ans ou même plus jeune à qui l'on fait subir des charges de travail importantes ne sont qu'exceptionnellement les champions du futur. A cet âge et avant, il faut absolument savoir privilégier la notion de plaisir.

**ETUDE DU SUIVI MEDICAL LONGITUDINAL DE
JOUEURS DE TENNIS LORRAINS
AGES DE 6 A 18 ANS**

Au sein d'une population de jeunes sportifs, l'objectif principal de notre étude est d'extraire les caractéristiques anthropométriques et physiologiques principales afin d'observer leur évolution sur plusieurs années et de mesurer les effets de la pratique intensive du tennis chez des enfants ainsi que de permettre de servir de valeurs de références.

Nous nous intéressons aux meilleurs jeunes joueurs de tennis lorrains âgés de 6 à 18 ans, suivis sur une période d'au moins deux ans et demi. Il existe en effet des études sur les jeunes joueurs de tennis et leurs spécificités (140, 176) mais très peu qui intègrent toutes ces données afin de permettre une vision plus globale du sportif. De plus, nous n'avons pas trouvé d'études du suivi sur plusieurs années de ces paramètres.

Les objectifs secondaires sont d'évaluer les conséquences globales d'une pratique sportive intensive chez ces jeunes athlètes mais aussi de tenter de mettre en évidence des critères physiques ou physiologiques liés à l'accession au sport de haut niveau dans le domaine du tennis.

Comme nous l'avons vu dans les deux premières parties de ce travail, les sportifs inscrits sur les listes du SHN ont donc l'obligation de subir un suivi médical, qualifié de longitudinal car il comprend des examens répétés permettant d'observer son évolution.

En plus des données médicales et physiologiques qu'il apporte sur l'athlète dont nous avons précisé l'intérêt, ce suivi constitue une base de données intéressante pour étudier une population spécifique. C'est cette base que nous avons utilisé pour réaliser ce travail

- 1) Matériels et méthodes

A) Population

29 joueurs de tennis âgés de 6 à 18 ans ont été étudiés. 16 filles et 13 garçons. La proportion est inversée par rapport à l'ensemble des licenciés lorrains de moins de 18 ans parmi lesquels les garçons sont presque deux fois plus nombreux que les filles.

Sur la période allant de 2001 à 2009, nous avons sélectionné tous les joueurs qui ont été suivis au moins deux années consécutives, avec un minimum de 5 consultations réalisées dans le cadre soit du suivi médical proposé par la ligue lorraine de tennis pour les boursiers sélectionnés en fonction de leur bon niveau tennistique par le DTR, soit dans le cadre du suivi médical obligatoire pour ceux qui étaient inscrits sur les listes nationales du SHN. Parmi les 29 individus, 15 ont gardé le statut de boursiers durant tout leur suivi et 14 ont obtenu le statut de sportif espoir, soit dès le départ soit en cours de suivi. Quel que soit leur statut, chaque joueur devait donc se rendre deux fois par saison à cette consultation de suivi.

Il s'agit des meilleurs joueurs régionaux qui pratiquent le tennis sur un plan national au moins. Sur la saison 2008-2009, ils étaient ainsi 46 joueurs âgés de 6 à 18 ans à être sélectionnés par le DTR et à pouvoir bénéficier d'une bourse sur un total de plus de 17000 licenciés, les boursiers représentent donc moins de 0,3% des licenciés lorrains.

Le plus jeune d'entre eux a été suivi dès l'âge de 6,8 ans jusqu'à l'âge de 12,1 ans avec 6 consultations réalisées. Le suivi le plus court concerne un jeune suivi de l'âge de 9 ans à 11 ans et demi. Il a subi 5 consultations, c'est le seul individu à avoir été suivi moins de trois années. Le suivi le plus long concerne une joueuse vue la première fois à l'âge de 10,1 ans et la dernière à 18,1 ans soit 8 ans de suivi et 16 évaluations médicales.

B) Protocole

Il s'agit d'un travail rétrospectif sur les dossiers médicaux des joueurs de tennis lorrains, tous suivis par le même médecin dans les mêmes locaux du service d'EFR et d'aptitude à l'exercice du CHU de Nancy. La sélection des dossiers s'est faite sur la durée de suivi. Tous les individus sélectionnés ont subi au minimum 5 examens médicaux sur une durée minimale de 2 ans et demi entre 2001 et 2009. Le recueil est exhaustif, tous les individus répondant à ces critères ont été inclus. Le traitement des données est ensuite fait de manière totalement anonyme. Nous avons pu ainsi recueillir pour chaque individu toutes les valeurs anthropométriques, les données sur les blessures survenues, les mesures cardiovasculaires et physiologiques et étudier l'évolution de ces paramètres sur plusieurs années en comparaison avec l'évolution de la charge de travail, du niveau scolaire et sportif.

C) Données de l'entretien

Dans tous les dossiers, pour chaque consultation, nous nous sommes intéressés aux données suivantes, obtenues systématiquement lors de l'entretien avec le sportif, le plus souvent accompagné de ses parents ce qui évite les oublis :

- Niveau scolaire
- Classement tennistique
- Survenue de blessures ou douleurs depuis la dernière venue
- Survenue d'autres pathologies ou problèmes de santé depuis la dernière venue
- Nombre d'heures d'entraînement hebdomadaire en différenciant les heures de tennis et les heures de physique.
- Pour les filles, la présence ou non de cycles menstruels et leur périodicité

D) Mesures anthropométriques

Les mesures suivantes ont été relevées à chaque consultation par le même médecin avec la même méthodologie:

- Poids en kg
- Taille en cm
- Calcul de l'IMC
- Pour les espoirs, estimation de la masse grasse par la méthode des plis cutanés avec mesure des plis bicipital, tricipital, sous-scapulaire et supra-iliaque.
- Stade pubertaire selon la classification de Tanner (146). Nous avons regroupé les stades P2 et P3 en un seul portant à 4 le nombre total de catégories pubertaires.

E) Paramètres cardio-vasculaires

A chaque consultation, nous avons pu consulter les données suivantes :

- Tension artérielle au repos
- FCR
- ECG 12 dérivations.

F) Mesures ventilatoires et épreuve d'effort

Le VEMS, la CVF et le rapport de Tiffeneau de la boucle débit-volume ont été mesurés ainsi que les paramètres des épreuves d'effort. Les sportifs espoirs ont bénéficié d'une EEmax lors de leur première inscription sur les listes ministérielles. Pour ces jeunes, nous avons donc pu étudier les mesures habituelles des capacités aérobies : la V'O₂max, le moment de survenue du seuil ventilatoire 2, exprimé en pourcentage de la V'O₂max, la Puissance Maximale Aérobie (PMA), la Puissance au seuil (Pseuil), la Ventilation maximale (V'E_{max}), la Réserve Ventilatoire (RV), la FCM ainsi que la FC au seuil (FCseuil) et la FC après 5 minutes de récupération (FCrécup). Cette EE est réalisée sur un ergomètre Lode Excalibur avec une mesure des échanges gazeux grâce à un appareil Vmax ENCORE 29C fabriqué par Viasys. Il s'agit d'une EE triangulaire avec une puissance initiale imposée et une incrémentation selon un protocole de rampes de la même puissance toutes les minutes. Cette puissance est choisie pour que la durée de l'exercice soit comprise entre 8 et 12 minutes selon les recommandations de la SFMS.

En dehors de cette EEmax, chaque sujet de l'étude a bénéficié à chaque consultation d'une EE sous maximale avec estimation des capacités aérobies par mesure de la CT170 et de la P80. Le même ergomètre est utilisé pour ces épreuves sous-maximales ainsi que le même type de protocole de rampes qui est stoppé à la fin du palier lors duquel la FC devient supérieure à 170 bpm.

G) Analyse statistique

La saisie des données a été réalisée à l'aide du logiciel Excel.

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SAS, version 9.1, au service d'Épidémiologie et Evaluation Cliniques du CHU de Nancy.

Elle a comporté :

- une description des caractéristiques des joueurs de tennis inclus dans l'étude. Cette description s'est faite en 3 parties :
 1. Description des données recueillies lors de la première consultation : caractéristiques sociodémographiques des joueurs, description de leur pratique du tennis (niveau, intensité), caractéristiques anthropométriques du patient et résultats des EFR. Nous n'avons pas conservé ces valeurs dans nos résultats. Les âges d'entrée dans le suivi étant trop différents d'un individu à l'autre et donc non comparables.
 2. Ces données ont ensuite été décrites pour toute la durée du suivi, par classe d'âge des joueurs. Les classes d'âge ont été élaborées ainsi : [6-8[, [8-10[, [10-12[, [12-14[, [14-16[, [16-18[. Lorsqu'un joueur a été vu plusieurs fois dans la même catégorie d'âge, la moyenne de valeurs des variables quantitatives le concernant a été retenue.
 3. Pour le sous-groupe des joueurs ayant accédé au haut niveau, description des données recueillies lors de la première consultation du suivi médical obligatoire, en particulier les résultats de l'EEmax. Ces données ont été

décrites pour tous les joueurs de haut niveau, puis de façon séparée pour les filles et garçons.

Pour cette partie descriptive, les variables quantitatives ont été exprimées par leur moyenne et leur écart-type, les variables qualitatives ont été exprimées par leur effectif.

- Une analyse bivariée a permis de comparer les joueurs selon qu'ils ont accédé au haut niveau ou qu'ils se sont maintenus au niveau ligue. Cette comparaison a été restreinte aux 2 classes d'âge précédant l'éventuel changement de niveau soit les classes d'âge [8-10[et [10-12[. Elle a porté sur les caractéristiques sociodémographiques des joueurs, leur pratique du tennis, les valeurs anthropométriques et les résultats des EFR. En l'absence de distribution normale des variables et des faibles effectifs, les moyennes des variables quantitatives ont été comparées à l'aide du test de Mann et Whitney et les distributions des variables qualitatives ont été comparées à l'aide du test exact de Fischer.

Le seuil de signification (p) retenu était de 5 %.

- 2) Résultats

A) Caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques de la population

Ces 29 jeunes joueurs se composent de 16 filles et 13 garçons parmi lesquels on trouve les 2 seuls gauchers du groupe. Le suivi s'étend en moyenne sur une période de $4,2 \pm 1,4$ ans.

L'âge des jeunes est variable dans cette étude, le plus jeune étant suivi de 6,8 à 12,1 ans, il est le seul à avoir été vu à un âge inférieur à 7 ans, et le plus vieux de 10,9 à 18,1 ans. Nous avons donc décidé d'analyser les résultats par classe d'âge en regroupant les données des consultations des joueurs vus :

- entre 6 et 8 ans, ils sont 6,
- entre 8 et 10 ans, ils sont 22,
- entre 10 et 12 ans, ils sont 28,
- entre 12 et 14 ans, ils sont 17,
- entre 14 et 16 ans, ils sont 11,
- entre 16 et 18 ans, ils sont 6.

Ainsi, pour reprendre l'exemple de l'individu suivi de 10,9 à 18 ans, il a donc été vu dans quatre catégories d'âge différentes : [10-12[, [12-14[, [14-16[et [16-18[.

Les données concernant **le poids** (en kg), **la taille** (en cm), **l'IMC** de l'ensemble des individus sont exposées dans les tableaux 1, 2 et 3 puis dans les tableaux 4, 5, 6, 7, 8 et 9 en fonction du sexe :

Age	[6-8[			[8-10[		
Variable	Poids	Taille	IMC	Poids	Taille	IMC
Moyenne	28,1	133,1	15,9	31,0	137,7	16,3
Ecart-type	3,6	2,7	2,1	4,1	4,6	1,8
Minimum	23,0	130,0	13,3	23,5	130,0	13,2
Maximum	33,0	137,0	18,7	39,0	146,3	19,9

Tableau 1. Données anthropométriques des 6-8 et des 8-10 ans.

Age	[10-12[			[12-14[		
Variable	Poids	Taille	IMC	Poids	Taille	IMC
Moyenne	36,7	147,0	16,9	43,2	156,5	17,6
Ecart-type	5,0	5,4	1,9	6,3	7,8	1,7
Minimum	27,8	136,3	13,6	32,0	141,0	14,4
Maximum	46,7	162,2	20,3	56,0	170,0	20,6

Tableau 2. Données anthropométriques des 10-12 et des 12-14 ans.

Age	[14-16[			[16-18[		
Variable	Poids	Taille	IMC	Poids	Taille	IMC
Moyenne	54,9	168,7	19,2	60,9	171,3	20,7
Ecart-type	6,1	4,2	1,7	5,6	3,5	1,4
Minimum	45,7	162,3	16,9	52,0	167,0	18,6
Maximum	65,0	178,0	22,4	67,9	176,0	22,3

Tableau 3. Données anthropométriques des 14-16 et des 16-18 ans.

Age	poids		[6-8] taille		IMC	
	Filles	Garçons	Filles	Garçons	Filles	Garçons
Effectifs	2	4	2	4	2	4
Moyenne	26,2	29,1	132,2	133,5	14,9	16,4
Ecart-type	4,5	3,3	3,1	2,9	1,9	2,3
Minimum	23	25	130	130	13,6	13,3
Maximum	29,3	33	134,3	137	16,3	18,7

Tableau 4. Données anthropométriques des 6-8 ans en fonction du sexe.

Age	poids		[8-10] taille		IMC	
	Filles	Garçons	Filles	Garçons	Filles	Garçons
Effectifs	12	10	12	10	12	10
Moyenne	29,2	33,3	137,4	137,9	15,4	17,4
Ecart-type	3,3	3,9	4,5	4,9	1,5	1,6
Minimum	23,5	28	132,5	130	13,2	14,4
Maximum	35,3	39	146,3	144,1	18	19,9

Tableau 5. Données anthropométriques des 8-10 ans en fonction du sexe.

Age	poids		[10-12] taille		IMC	
	Filles	Garçons	Filles	Garçons	Filles	Garçons
Effectifs	15	13	15	13	15	13
Moyenne	35,1	38,5	147,2	146,8	16,2	17,8
Ecart-type	4,9	4,7	5,9	5	1,8	1,7
Minimum	27,8	32,3	138,7	136,3	13,6	14,8
Maximum	46,6	46,7	162,2	154	19,3	20,3

Tableau 6. Données anthropométriques des 10-12 ans en fonction du sexe.

Age	poids		[12-14] taille		IMC	
	Filles	Garçons	Filles	Garçons	Filles	Garçons
Effectifs	13	4	13	4	13	4
Moyenne	43,6	42,1	157,6	152,7	17,5	17,9
Ecart-type	6,4	6,7	7,3	9,2	1,9	1,4
Minimum	32	36	146	141	14,4	16
Maximum	56	49,1	170	163	20,6	19,2

Tableau 7. Données anthropométriques des 12-14 ans en fonction du sexe.

Age	poids		[14-16] taille		IMC	
	Filles	Garçons	Filles	Garçons	Filles	Garçons
Effectifs	8	3	8	3	8	3
Moyenne	53,3	59	167,6	171,6	19	20
Ecart-type	5,4	7,2	3,4	5,7	1,7	1,6
Minimum	45,7	51	162,3	167,2	16,9	18,2
Maximum	62,7	65	172	178	22,4	21,2

Tableau 8. Données anthropométriques des 14-16 ans en fonction du sexe.

Age	poids		[16-18[taille		IMC	
	Filles	Garçons	Filles	Garçons	Filles	Garçons
Effectifs	5	1	5	1	5	1
Moyenne	60,4	63	170,4	176	20,8	20,3
Ecart-type	6,2		2,9		1,5	
Minimum	52	63	167	176	18,6	20,3
Maximum	67,9	63	174,8	176	22,3	20,3

Tableau 9. Données anthropométriques des 16-18 ans en fonction du sexe.

En comparant les moyennes de poids et taille obtenues aux courbes de croissance de Sempé, on se rend compte que dans la catégorie des 6-8 ans (moyenne d'âge = $7,7 \pm 0,2$ ans), nos jeunes joueurs de tennis sont à + 2 DS par rapport au poids et à la taille et cet écart diminue progressivement pour être à + 1 DS chez les 14-16 ans (moyenne d'âge = $14,8 \pm 0,3$ ans). Cet écart est le même dans les deux sexes.

Dans l'ensemble, le poids et la taille des individus de notre étude sont toujours supérieurs à la normale d'au moins une déviation standard.

Concernant **la puberté**, nous avons pu noter le passage du stade 1 au stade 2 que nous avons identifié comme le début de la puberté. Parmi les 29 sportifs étudiés, seuls 17 d'entre eux soit 59% d'entre eux ont connu cet événement pendant leur suivi, 14 filles et 3 garçons. Les autres sont sortis trop jeunes du suivi ou, s'ils le subissent encore actuellement, n'ont pas encore démarré leur puberté.

Sur ces 17 individus, nous obtenons les résultats suivants (tableau 10)

	Effectifs	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Filles	14	11,9	0,8	10,6	13,2
Garçons	3	13,2	0,5	12,7	13,6

Tableau 10. Age de début de la puberté

Concernant **la masse grasse**, seuls les sportifs espoirs ont bénéficié d'une estimation par la méthode des quatre plis cutanés détaillée dans la première partie de ce travail. La mesure chez les 9 filles âgées de $13 \pm 1,7$ ans en moyenne au moment de la mesure est de $18,5 \pm 4,8$ % avec des valeurs extrêmes s'échelonnant de 9 à 24 %. Les 5 garçons, âgés de $12,7 \pm 1,5$ ans présentent $15,4 \pm 9,6$ % de masse grasse en moyenne avec des valeurs allant de 5,5 à 29% et qui incluent un individu en surpoids, le seul de cette étude.

B) Niveau scolaire

La scolarité a été étudiée durant ce suivi et aucun des individus n'a présenté de retard. Ils ont tous progressé sans redoublement dans leurs études, que ce soit à l'école, collège ou lycée.

C) Evolution du classement de tennis

Le classement est complexe au tennis, il est divisé en quatre séries elle-même comprenant plusieurs classement répartis tels que, du moins bon au meilleur :

- La 4ème série avec les classements 40, 30/5, 30/4, 30/3, 30/2 et 30/1,
- La 3ème série : 30, 15/5, 15/4, 15/3, 15/2 et 15/1,
- La 2ème série : 15, 5/6, 4/6, 3/6, 2/6, 1/6, 0, -2/6, -4/6, -15, -30 et Promotion,
- La 1ère série avec les 30 meilleurs joueurs français du n°30 au n°1.

Après chaque match officiel disputé, le résultat est enregistré dans un logiciel de la FFT et des points sont attribués à chaque joueur en fonction du résultat du match, de son classement et du classement de son adversaire. Un nouveau classement est ainsi établi chaque année en fonction des points accumulés. Plus on gagne de matchs, a fortiori contre des joueurs mieux classés, plus on obtient de points, plus on a de chance de « monter » dans le classement.

Le nouveau classement est publié en octobre, correspondant au début de la nouvelle saison sportive et il existe deux classements intermédiaires publiés en février et en juin de chaque année.

Nous avons donc pu observer l'évolution du classement des 29 jeunes de notre étude, les résultats sont présentés séparément pour les deux sexes nous avons mis en parallèle les joueurs espoirs et ceux sélectionnés par la LLT (figures 21 et 22). Sur ces nuages de points, chaque individu correspond à une forme et une couleur de points.

Pour plus de facilités dans la lecture des graphiques, nous avons renommé les niveaux tels qu'à chaque classement corresponde un nombre allant de 1, le moins bon niveau de notre série soit 30/5, à 22, le meilleur soit -30. On obtient donc les correspondances suivantes : 30/4=2, 30/3=3... 30/1=5...15/2=10...15=12... 3/6=15... -4/6=20, -15=21 et -30=22. Notons également que le niveau noté « 0 » correspond aux individus non classés.

On observe ainsi le décalage de niveau qui se fait progressivement entre joueurs de ligue et espoirs pour le même âge. On remarque également que parmi les 8 garçons de ligue, aucun n'a plus de 13 ans. Il est important de signaler à ce sujet que 2 d'entre eux sont encore en cours de suivi et que les 6 autres ne le sont plus, leur niveau n'a pas été jugé suffisant pour continuer à bénéficier des avantages des statuts de boursiers de la LLT ou d'espoir national.

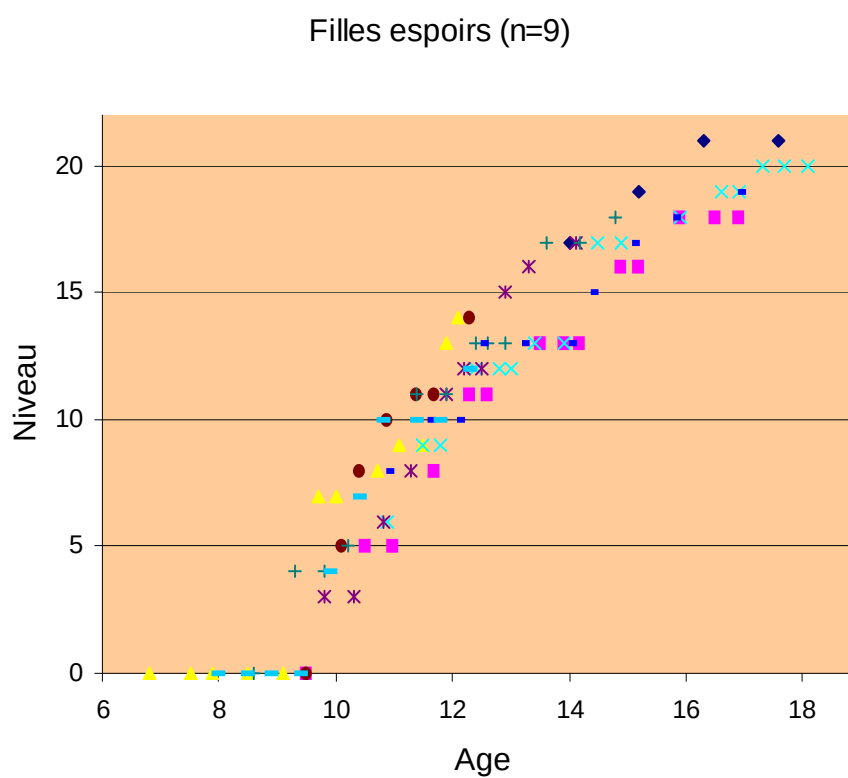
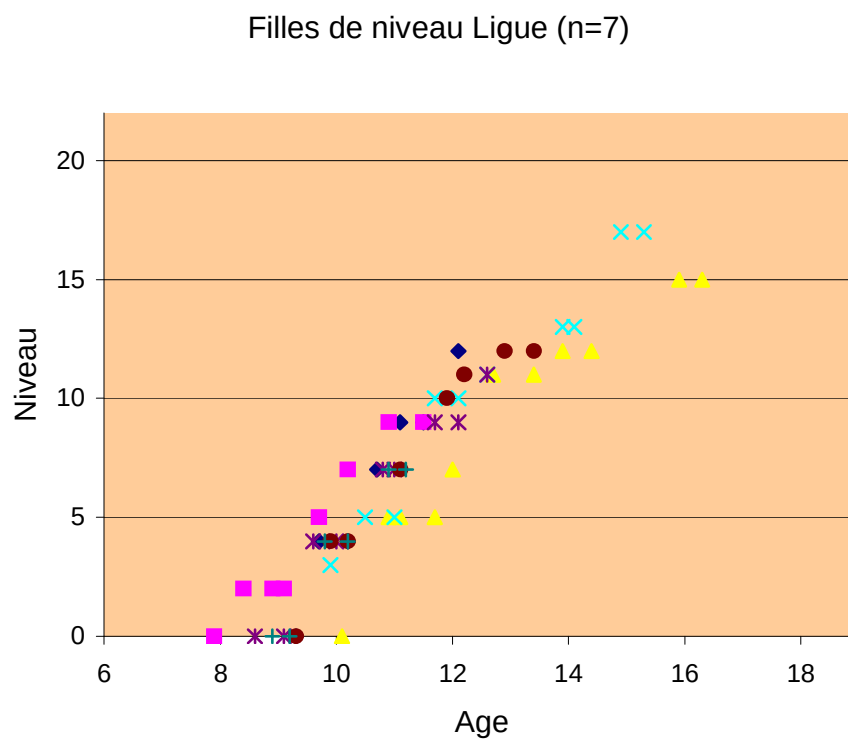


Figure 21. evolution du niveau des joueuses de ligue et des espoirs

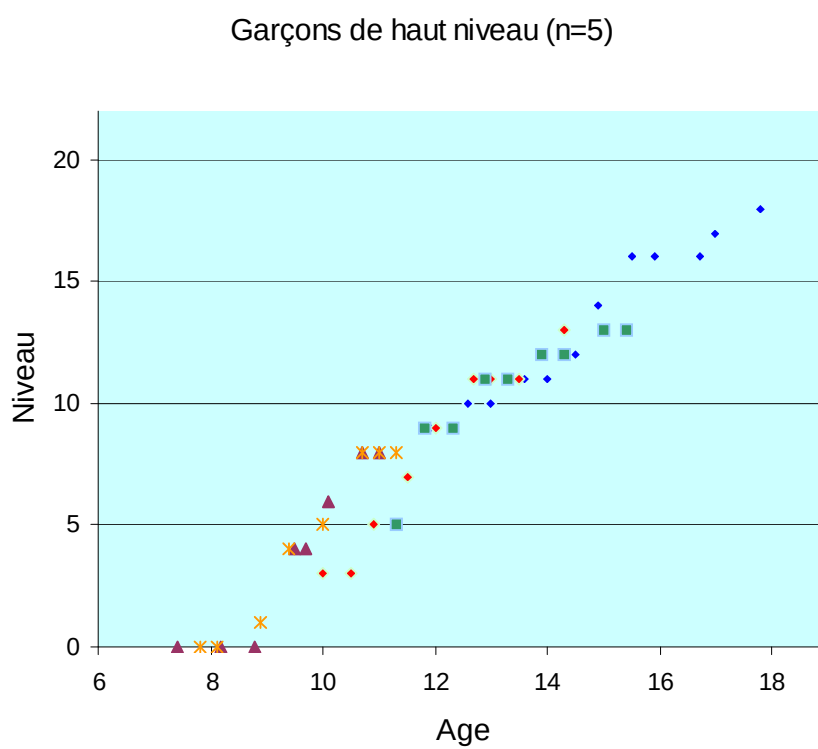
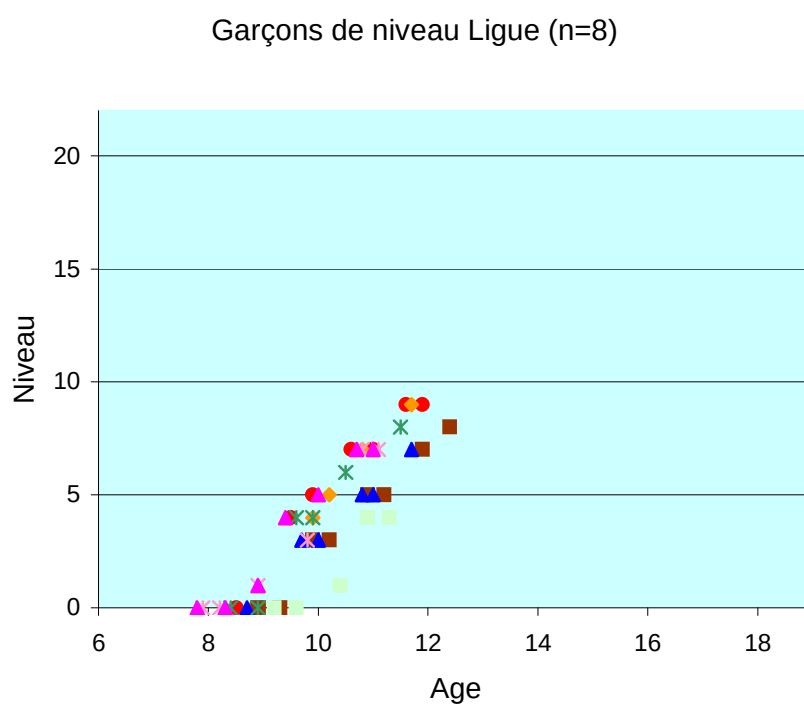


Figure 22. évolution du niveau des joueurs de ligue et des espoirs

D) Charge de travail, pathologies survenues

A chaque consultation lors de l'entretien, le nombre d'heures d'entraînement hebdomadaire est spécifié. Celui-ci ne comprend pas les compétitions (matches par équipes, tournois) qui sont plus difficilement quantifiables. Il inclut par contre les séances de tennis ainsi que les cessions de physique. Ces dernières représentent en moyenne 20% du volume horaire total. Ces résultats sont présentés dans le tableau 11.

Classe d'âge	Effectif	Moyenne du nombre d'heures d'entraînement hebdomadaire	Ecart-type	Minimum	Maximum
[6-8[	6	5,7	2,7	4,0	11,0
[8-10[	22	6,6	1,9	3,7	10,8
[10-12[	28	8,4	2,4	4,0	13,5
[12-14[	17	9,5	4,0	3,5	17,8
[14-16[	11	11,8	4,8	6,0	20,8
[16-18[	6	12,8	7,0	6,0	23,3

Tableau 11. Nombre moyen d'heures d'entraînement par semaine par catégories d'âge

L'entretien relève également les évènements intercurrents entre chaque visite ainsi que l'état de forme du moment. Nous nous sommes intéressés spécifiquement à toutes les blessures, pathologies traumatologiques ou douleurs ostéoarticulaires que les sportifs ont ainsi rencontré durant leur période de suivi. Ces pathologies liées à la pratique sportive ont été classées en plusieurs catégories :

- pathologie de croissance,
- blessure concernant les Membres Supérieurs (MS),
- blessure concernant les Membres Inférieurs (MI),
- pathologie du rachis.

84 blessures d'origine sportive ont ainsi été déterminées se répartissant comme le montre la figure 23.

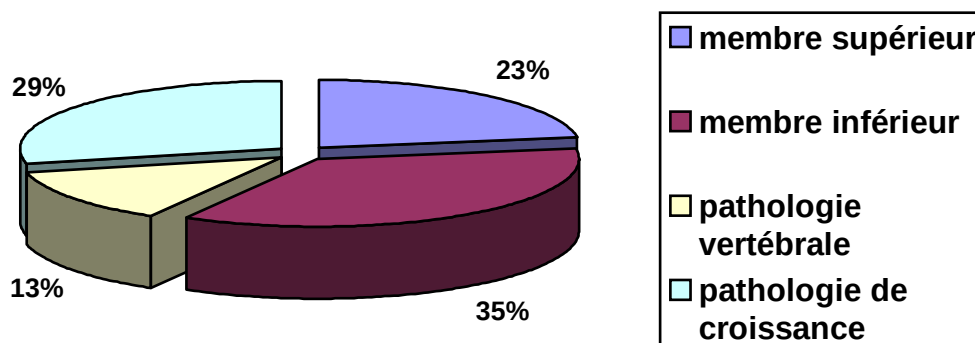


Figure 25 : Répartition des blessures survenues pendant le suivi selon leur localisation

Les pathologies de croissance sont représentées exclusivement par deux types d'affection: la maladie de Sever (42%) et la maladie d'Osgood Schlatter (58%). Les blessures concernant les membres supérieurs sont toutes bénignes, n'ayant pas nécessité d'arrêt sportif supérieur à deux semaines et concerne des souffrances tendineuses ou musculaires qu'il est difficile de bien quantifier car le recueil est rétrospectif et il n'est pas toujours évident de faire spécifier la nature des lésions passées.

Les blessures concernant les membres supérieurs sont sans conséquence majeure pour la plupart, on note toutefois parmi les 30 pathologies recensées 3 cas ayant nécessité plus de deux semaines de repos sportif sans compromettre toutefois l'avenir sportif : 2 entorses du LLE de la cheville et une déchirure musculaire au triceps sural. Nous ferons la même remarque que pour le membre supérieur, la question de la nature précise des lésions n'a pas été approfondie car difficile à obtenir de manière formelle.

Les pathologies vertébrales concernent exclusivement des lombalgies ou des dorsalgies ne nécessitant pas d'arrêt sportif mais des soins de kinésithérapie. La maladie de Scheuermann que l'on pourrait classer dans les pathologies de croissance est certainement responsable, avec l'activité physique intensive, de la plupart de ces douleurs rachidiennes sans gravité.

Ces pathologies ont également été réparties en fonction de la classe d'âge de leur survenue. Ces résultats sont précisés tableaux 12 et 13.

âge	effectif total		blessure MS		blessure MI	
			non	oui	non	oui
[6-8[	6	Effectifs	6		6	
		Proportion (%)	100,0		100,0	
[8-10[	22	Effectifs	20	2	14	8
		Proportion (%)	90,9	9,1	63,6	36,4
[10-12[	28	Effectifs	21	7	16	12
		Proportion (%)	75,0	25,0	57,1	42,9
[12-14[	17	Effectifs	13	4	13	4
		Proportion (%)	76,5	23,5	76,5	23,5
[14-16[	11	Effectifs	7	4	7	4
		Proportion (%)	63,6	36,4	63,6	36,4
[16-18[	6	Effectifs	4	2	4	2
		Proportion (%)	66,7	33,3	66,7	33,3

Tableau 12. Survenue des blessures aux membres supérieurs et inférieurs par classe d'âge

âge	effectif total		pathologie rachis		pathologie de croissance	
			non	oui	non	oui
[6-8[	6	Effectifs	5	1	5	1
		Proportion (%)	83,3	16,7	83,3	16,7
[8-10[	22	Effectifs	20	2	15	7
		Proportion (%)	90,9	9,1	68,2	31,8
[10-12[	28	Effectifs	24	4	20	8
		Proportion (%)	85,7	14,3	71,4	28,6
[12-14[	17	Effectifs	16	1	10	7
		Proportion (%)	94,1	5,9	58,8	41,2
[14-16[	11	Effectifs	10	1	7	1
		Proportion (%)	90,9	9,1	87,5	12,5
[16-18[	6	Effectifs	4	2	2	0
		Proportion (%)	66,7	33,3	100,0	0,0

Tableau 13. Survenue des pathologies du rachis et de croissance par classe d'âge

Nous avons également tenté d'établir un lien entre la charge de travail et la survenue de blessure en comparant par classe d'âge, le nombre d'heure d'entraînement hebdomadaire entre ceux pour lesquels nous n'avons pas recensé de douleur ou d'événement traumatologique et ceux qui en ont vécu au moins une fois. Le test statistique utilisé est le test de Wilcoxon (tableau 14).

âge	Au moins 1 blessure	Jamais de blessure	p*
[6-8[	(n = 2) 4,8	(n = 4) 6,1	1,0000
[8-10[	(n = 13) 7,0	(n = 9) 6,0	0,2683
[10-12[	(n = 21) 8,4	(n = 7) 8,5	0,9162
[12-14[	(n = 14) 10,3	(n = 3) 5,5	0,0534
[14-16[	(n = 9) 12,2	(n = 2) 10,0	0,5688
[16-18[	(n = 4) 16,3	(n = 2) 6,0	0,1561

Tableau 14. Comparaison des nombres moyens d'heures d'entraînement hebdomadaire entre les groupes avec blessure(s) et sans blessure par catégories d'âge.

E) Données des EFR et paramètres cardiaques de repos

Les données de la boucle débit-volume sont mesurées à chaque consultation mais les techniciens réalisant la spirométrie ainsi que l'appareil utilisé sont variables pouvant modérément influencer sur les résultats. On sait également que les manœuvres respiratoires ne sont pas toujours évidentes à réaliser et que les valeurs obtenues chez les plus jeunes sont vraisemblablement moins fiables.

Les paramètres cardiaques mesurés au repos sont la fréquence cardiaque et la tension artérielle. Cette dernière étant toujours strictement normale, nous ne l'avons pas fait apparaître.

Ces résultats sont consignés dans le tableau 15.

Des ECG étaient réalisés annuellement, aucun des joueurs n'a présenté de variations électrographiques significatives durant son suivi. Aucun joueur ne présente d'anomalie significative qui aurait pu justifier d'un bilan plus approfondi. On note toutefois parmi les 29 sportifs 9 qui présentent des anomalies mais qui ne portent pas à conséquences : bloc incomplet droit pour les 9 avec ondes T négatives en V1 et V2 pour 4 d'entre eux.

	classe d'âge	Effectifs	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
FCR	[6-8[	6	80,6	9,2	68,0	95,0
CVF		6	1,7	0,2	1,5	2,2
%CVFth		6	87,1	10,9	77,3	105,0
VEMS		6	1,5	0,2	1,3	2,0
%VEMStH		6	88,8	11,7	78,0	111,0
Tiffeneau		6	86,8	5,3	79,0	95,0
FCR	[8-10[	22	78,0	10,0	59,0	96,5
CVF		22	2,1	0,2	1,7	2,6
%CVFth		22	95,1	10,8	80,3	118,0
VEMS		22	1,8	0,2	1,5	2,4
%VEMStH		22	99,2	11,8	75,0	127,0
Tiffeneau		22	88,8	5,4	76,0	100,0
FCR	[10-12[	28	76,2	8,6	60,0	96,3
CVF		28	2,5	0,3	2,0	3,0
%CVFth		28	92,8	9,4	79,0	119,3
VEMS		28	2,2	0,2	1,8	2,6
%VEMStH		28	97,2	9,0	76,3	114,8
Tiffeneau		28	88,6	4,9	79,3	98,3
FCR	[12-14[	17	73,8	7,6	64,0	90,0
CVF		16	3,0	0,4	2,4	3,8
%CVFth		16	97,1	12,5	78,7	124,5
VEMS		16	2,6	0,3	2,1	3,5
%VEMStH		16	102,1	11,5	84,3	124,0
Tiffeneau		16	88,2	5,3	77,5	95,5
FCR	[14-16[	11	67,5	8,5	55,0	77,2
CVF		11	3,8	0,6	3,0	4,7
%CVFth		11	99,7	12,3	83,7	116,0
VEMS		11	3,4	0,6	2,5	4,5
%VEMStH		11	104,8	14,8	83,5	133,5
Tiffeneau		11	87,7	6,0	73,5	96,5
FCR	[16-18[	6	69,0	4,7	62,5	74,0
CVF		6	4,4	0,6	3,4	5,0
%CVFth		6	109,5	13,5	94,7	124,0
VEMS		6	3,8	0,6	2,9	4,6
%VEMStH		6	112,9	16,6	93,0	135,0
Tiffeneau		6	86,9	6,0	80,7	93,0

Tableau 15 : FCR en bpm et données de la boucle débit-volume (VEMS et CVF en litre et Tiffeneau en pourcentage) en moyenne par classe d'âge et comparé à la valeur théorique attendue (%CVFth=pourcentage de la CVF mesurée par rapport à la CVF théorique, idem pour %VEMStH avec le VEMS).

F) Capacités aérobies

Dans un premier temps, nous avons recueilli tous les paramètres intéressants explicités dans la deuxième partie de ce travail des EE sous maximales réalisées par les 29 sportifs à raison de deux examens par an.

Notons que les plus petits d'entre eux n'ont pas pu la réaliser lorsqu'ils mesuraient moins de 130 ou 135 cm. Il s'agit de la taille minimale requise pour pouvoir réussir à pédaler sur l'ergomètre utilisé. Les valeurs de CT170 et P80 (en Watt/kg) obtenues, reflet de la capacité aérobie des sujets, sont exposés dans le tableau 16.

classe d'âge		Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
[6-8[n=3	P80	3,2	0,3	2,9	3,4
	CT170	3,2	0,3	2,9	3,4
[8-10[n=21	P80	2,6	0,5	1,8	3,7
	CT170	2,8	0,5	2,0	3,7
[10-12[n=28	P80	3,0	0,4	2,2	3,8
	CT170	3,2	0,4	2,4	3,9
[12-14[n=17	P80	3,0	0,3	2,6	3,7
	CT170	3,3	0,3	2,8	3,9
[14-16[n=11	P80	3,1	0,4	2,6	3,8
	CT170	3,5	0,5	3,0	4,5
[16-18[n=6	P80	2,8	0,4	2,1	3,3
	CT170	3,4	0,3	2,9	3,8

Tableau 16 : Valeurs moyennes de P80 et de CT170 (en W/kg) par catégorie d'âge

Ensuite les 14 sportifs espoirs ont subi une EEmaximale dont les principaux résultats sont exposés dans les tableaux 17 (tous) et 18 (différenciation filles/garçons). Notons que, dans le tableau 17, « âge début ligue » correspond à l'âge de début de suivi en ligue de ces jeunes qui sont devenus espoirs.

La V'O2max est exprimée en ml/min/kg ainsi que la V'O2maxT qui correspond à la V'O2max théorique du sujet. De la même manière, la V'Emax et la V'EmaxT (ventilation maximale obtenue et la théorique) sont exprimées en l/min. Les puissances sont en Watt (W) et les rapports V'O2max/V'O2maxT, FCM/FMT, FCseuil/FCM, Pseuil/PMA et la réserve ventilatoire (RV) sont exprimés en pourcentage.

Variable	Effectifs	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
age debut Ligue	14	9,16	1,90	6,00	13,00
age debut HN	14	12,86	1,39	11,20	15,30
VO2max	14	52,48	9,46	27,00	64,40
VO2maxT	14	46,51	6,91	32,00	54,00
VO2max/VO2maxT	14	1,13	0,18	0,81	1,48
FCM	14	186,14	10,74	164,00	200,00
FCM/FMT	14	0,90	0,05	0,78	0,96
FMT	14	207,43	1,50	205,00	209,00
FCseuil	14	160,86	15,26	134,00	187,00
FCseuil/FCM	14	0,86	0,05	0,77	0,93
FCrecup	14	95,93	13,41	72,00	118,00
FCR	14	74,71	9,43	57,00	90,00
PMA	14	183,57	30,72	135,00	220,00
Pseuil	14	141,07	20,59	105,00	170,00
Pseuil/PMA	14	0,78	0,11	0,60	1,00
VEmax	14	79,89	12,89	57,40	103,00
VEmaxT	14	105,05	21,22	74,70	143,80
RV	14	0,22	0,14	0,06	0,56

Tableau 17 : Principales valeurs de l'épreuve d'effort maximale (EEmax) réalisée par les joueurs accédant au statut de sportif espoir.

Variable	Sexe	Effectifs	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
VO2max	Filles	9	50,76	10,57	27,00	64,40
	Garçons	5	55,58	6,98	43,90	62,50
VO2maxT	Filles	9	43,27	6,26	32,00	52,30
	Garçons	5	52,34	3,22	46,60	54,00
VO2max/VO2maxT	Filles	9	1,17	0,19	0,84	1,48
	Garçons	5	1,07	0,15	0,81	1,20
FCR	Filles	9	77,00	9,15	60,00	90,00
	Garçons	5	70,60	9,40	57,00	83,00
FCM	Filles	9	185,22	9,40	169,00	196,00
	Garçons	5	187,80	13,88	164,00	200,00
FCM/FMT	Filles	9	0,89	0,05	0,81	0,95
	Garçons	5	0,90	0,07	0,78	0,96
FCseuil	Filles	9	158,22	13,25	134,00	180,00
	Garçons	5	165,60	19,01	140,00	187,00
FCseuil/FCM	Filles	9	0,85	0,04	0,77	0,92
	Garçons	5	0,88	0,05	0,81	0,94
FCrecup	Filles	9	98,67	13,75	72,00	118,00
	Garçons	5	91,00	12,63	72,00	103,00
PMA	Filles	9	188,33	27,84	135,00	220,00
	Garçons	5	175,00	37,08	135,00	220,00
Pseuil	Filles	9	139,44	23,24	105,00	170,00
	Garçons	5	144,00	16,73	120,00	160,00
Pseuil/PMA	Filles	9	0,74	0,08	0,60	0,89
	Garçons	5	0,84	0,14	0,64	1,00
VEmax	Filles	9	82,82	12,84	60,00	103,00
	Garçons	5	74,60	12,50	57,40	91,90
VEmaxT	Filles	9	108,26	22,05	84,50	143,80
	Garçons	5	99,27	20,65	74,70	130,30
RV	Filles	9	0,21	0,17	0,06	0,56
	Garçons	5	0,24	0,06	0,17	0,30

Tableau 18 : Comparaison des principales valeurs de l'épreuve d'effort maximale (EEmax) entre celles obtenues par les filles et celles des garçons.

G) Comparaison joueurs Ligue et Espoir

Nous avons enfin voulu étudier, parmi les joueurs avec un âge compris entre 8 et 12 ans, les différences de caractéristiques entre ceux qui sont restés au niveau ligue ou qui sont sortis des suivis et ceux qui sont devenus espoirs.

Ces résultats sont présentés dans les tableaux 19 et 20 respectivement pour les classes d'âge 8-10 ans et 10-12 ans.

	Haut niveau N=8 (36.4%)			Ligue N=14 (63.6%)			p**
	N	moyenne	ET*	N	moyenne	ET*	
sexe							0,2043
Femme	6	75		6	42,9		
Homme	2	25		8	57,1		
delai suivi (an)	8	4,7	1,5	14	3,3	0,8	0,0185
age	8	9,2	0,3	14	9,3	0,3	0,6568
poids (kg)	8	31,1	4,4	14	31	4,1	0,8377
taille (cm)	8	141,3	4,1	14	135,6	3,5	0,0041
IMC	8	15,5	1,7	14	16,8	1,8	0,1014
entraînmt (h)	8	6,8	2,2	14	6,4	1,8	0,8375
FCR (bpm)	8	76,4	9,5	14	78,9	10,5	0,6328
CVF (l)	8	2,1	0,3	14	2,1	0,2	0,7848
CVF/CVFth (%)	8	90,4	12,3	14	97,7	9,3	0,0759
VEMS (l)	8	1,8	0,3	14	1,8	0,2	0,9456
VEMS/VEMSth (%)	8	93,9	14,9	14	102,2	8,8	0,0243
tiffeneau (%)	8	89,7	6,1	14	88,3	5,2	0,4727
P80 (W/kg)	7	2,9	0,4	14	2,5	0,5	0,0524
CT170 (W/kg)	7	3,1	0,3	14	2,6	0,5	0,0524
blesure (tous types confondus)							0,187
aucune	5	62,5		4	28,6		
au moins une	3	37,5		10	71,4		

* écart-type

** Test exact de Fisher pour variables qualitatives, test de Mann et Whitney pour les variables quantitatives

Tableau 19 : Comparaison des paramètres anthropométriques, ventilatoires, cardiaques, des capacités aérobies et de la survenue de blessures entre joueurs de ligue âgés de 8 à 10 ans qui deviendront espoirs et les autres.

		Haut niveau N=13 (46.4%)			Ligue N=15 (53.6%)			p**
		N	moyenne	ET*	N	moyenne	ET*	
sexe								0,4757
	Femme	8	61,5		7	46,7		
	Homme	5	38,5		8	53,3		
delai suivi (an)		13	5	1,5	15	3,5	1,1	0,0037
age		13	11,1	0,4	15	10,9	0,2	0,0796
poids (kg)		13	37,3	5	15	36,1	5,1	0,4893
taille (cm)		13	150,1	5	15	144,4	4,4	0,0027
IMC		13	16,5	1,7	15	17,3	2,1	0,345
entrainmt (h)		13	8,9	2,7	15	8	2	0,3216
FCR (bpm)		13	74,8	8,3	15	77,4	9	0,5339
CVF (l)		13	2,5	0,2	15	2,4	0,3	0,2401
CVF/CVFth (%)		13	90	7,6	15	95,3	10,2	0,1068
VEMS (l)		13	2,2	0,2	15	2,1	0,2	0,1892
VEMS/VEMStH (%)		13	94,5	9,7	15	99,6	7,9	0,2222
tiffeneau (%)		13	88,7	4,2	15	88,5	5,5	0,6783
P80 (W/kg)		13	3,2	0,3	15	2,9	0,4	0,0404
CT170 (W/kg)		13	3,3	0,3	15	3,1	0,4	0,112
blessure (tous types confondus)								0,3955
	aucune	2	15,4		5	33,3		
	au moins une	11	84,6		10	66,7		

* écart-type

** Test exact de Fisher pour variables qualitatives, test de Mann et Whitney pour les variables quantitatives

Tableau 20 : Comparaison des paramètres anthropométriques, ventilatoires, cardiaques, des capacités aérobies et de la survenue de blessures entre joueurs de ligue âgés de 10 à 12 ans qui deviendront espoirs et les autres.

A propos de ces derniers résultats, ajoutons que dans chaque groupe (ligue et futur espoir) figure un gaucher. Il n'existe pas de différence sur l'âge de survenue de la puberté entre joueur de la ligue et futur espoir.

Enfin, le « N » du tableau correspond aux effectifs de chaque groupe.

- 3) Discussion

Avant de discuter ces résultats, explicitons les principaux aspects de cette étude qui nous obligent à une certaine prudence quant à leur interprétation :

Tout d'abord, signalons que le nombre de sujets étudiés est peu important bien que le recueil soit exhaustif. Les résultats sont donc à interpréter avec une certaine retenue et ne peuvent être extrapolés à l'ensemble d'une population. Toutefois, ils représentent un reflet cohérent du suivi médical longitudinal des jeunes joueurs de tennis et ont vocation à servir de bases de données pour l'établissement de référentiels ou pour d'autres études ultérieures.

Ce problème d'effectif s'est trouvé majoré par les écarts d'âge des individus. Certains étant suivis de 6 à 10 ans et d'autres de 12 à 18 ans, comment les comparer ? En choisissant l'option de les regrouper en classe d'âge, nous avons pu cumuler les données, chaque individu figurant dans plusieurs catégories. Malgré tout, pour les âges « extrêmes » de l'étude, le nombre de sujets étudiés reste faible obligeant à une interprétation mesurée (6 individus dans les tranches d'âge 6-8 ans et 16-18 ans).

Ce travail est rétrospectif, posant la question du mode de réalisation des différents examens à chaque consultation qui pourrait entraîner des biais. Ici, ce suivi étant parfaitement codifié et réalisé sur les mêmes appareils, dans les mêmes locaux avec le même médecin, cette source d'éventuelles limites dans l'interprétation est négligeable.

Si l'on s'intéresse aux caractéristiques anthropométriques de cette population, on constate que les jeunes joueurs de tennis sont globalement plus développés que la population générale du même âge. L'écart évolue entre +1 et + 2 DS entre 7 et 17 ans que ce soit par rapport au poids ou la taille, et ce, de manière proportionnelle. Des études avaient déjà identifié cette notion (140, 177) mais il semble que les joueurs étudiés dans ce travail soient particulièrement bien développés. Les garçons de notre étude âgés de 14,8 ans mesurent 171,6 cm en moyenne pour 59 kg tandis que ceux âgés de 14,5 ans de l'étude de Léone en 1998 mesuraient 165,6 cm pour 54,8 kg, ce qui est même inférieur à la valeur moyenne des individus des deux sexes de notre étude.

Malgré ce développement physique important, on constate que l'âge de survenue de la puberté est légèrement supérieur chez ces sportifs avec un âge de 11,9 ans pour les filles (normale à 11 ans) et 13,2 ans pour les garçons (normale à 12 ans). Bien que ces valeurs ne soient pas pathologiques, on peut se poser la question de l'influence de l'activité physique intensive sur ces valeurs puisqu'à ces âges, les sujets s'entraînent en moyenne $9h30 \pm 4h$ par semaine avec un maximum de 17h30 pour un des individus. Nous avons vu les effets de la pratique intensive du sport dans la deuxième partie de ce travail et un retard du déclenchement pubertaire en fait partie. Le tennis a été peu étudié dans ce domaine, à la différence de la gymnastique ou de la danse, notre étude semble montrer qu'une pratique intensive de ce sport peut induire un décalage du déclenchement pubertaire.

En effet, les charges de travail observées dans cette étude sont souvent supérieures à celles recommandées. La catégorie des 8-10 ans avec $6,6 \pm 1,9h$ d'entraînement

hebdomadaire en moyenne, dépasse les 6h maximales conseillées pour les moins de 10 ans (18). Il en est de même pour les 14-16 et les 16-18 ans qui atteignent respectivement 11,8 et 12,8 heures par semaine en moyenne pour une durée recommandée inférieure à 10h. Les valeurs extrêmes peuvent parfois même paraître véritablement dangereuses avec 11h par semaine chez un enfant de 7 ans ou encore 18h d'entraînement hebdomadaire pour une adolescente de 13 ans.

Cette charge excessive d'activité physique intensive se ressent également sur les chiffres de cette étude concernant la survenue de blessures d'origine sportive. 84 blessures recensées pour 29 individus, suivis un peu plus de 4 ans en moyenne, est un chiffre alarmant. Même si ces blessures sont bénignes dans la très grande majorité des cas, elles reflètent l'excès de sollicitations pour des organismes en croissance. 5 individus seulement n'ont pas déclaré de douleur ou de pathologie traumatologique ce qui signifie que plus de 80% des jeunes joueurs en ont souffert. Lorsqu'on étudie le tableau 13 qui compare la quantité d'activités physique entre les groupes « pas de survenue de blessure » (ou « non blessés ») et « au moins une blessure » (ou « blessés ») par catégorie d'âge, bien qu'aucune corrélation significative n'ait pu être établie du fait du nombre restreint de sujets, on constate pour toutes les catégories d'âge supérieures à 12 ans que la charge de travail est bien plus élevée chez les « blessés » que chez les autres. Ainsi chez les 12-14 ans par exemple, les « blessés » s'entraînent en moyenne plus de 10 heures par semaine contre 5h30 chez les « non blessés ».

Cette étude suggère donc que l'excès de charge de travail peut induire un risque accru de survenue de blessure chez les jeunes joueurs de tennis.

En ce qui concerne la fonction cardiaque au repos, cette étude ne retrouve pas d'influence de la pratique du tennis puisque tous les paramètres mesurés sont semblables à ceux de la population moyenne du même âge.

Il en est de même pour les débits et volumes pulmonaires mesurés sur la BDV. Seuls les 16-18 ans présentent une CVF et un VEMS augmenté de 10% par rapport à la norme mais ce résultat est à interpréter avec prudence du fait du faible effectif de ce groupe et de la différence minime observée.

Dans cette étude, la pratique intensive du tennis ne semble pas influencer sur ces facteurs. On sait que dans d'autres disciplines, notamment à forte composante endurante, la FCR est diminuée dès l'adolescence. Par contre, concernant les mesures pulmonaires, la pratique sportive influence peu les valeurs basales mais plutôt les valeurs à l'exercice dans ces mêmes disciplines.

Analysons donc maintenant les résultats des tests à l'exercice de ces sportifs. En ce qui concerne l'évaluation des capacités aérobies par la réalisation d'épreuve d'effort sous maximale, c'est la mesure de la CT170 (qui représente la puissance développée lorsque la fréquence cardiaque en état stable est à 170 bpm) et de la P80, son équivalent qui représente la puissance développée pour une fréquence cardiaque à 80% de la FMT, qui ont été évaluées ici. On remarque que les résultats exprimés en valeurs relatives (par rapport au poids), sont stables dans le temps puisque dans toutes les catégories d'âge, ces valeurs s'échelonnent entre 3 et 3,5 W/kg avec une exception chez les 8-10 ans qui ont des valeurs inférieures. Les

capacités aérobies, naturellement bonnes chez l'enfant comme nous l'avons vu dans la deuxième partie de ce travail, semblent donc garder un bon niveau grâce à la pratique du tennis même en fin de croissance où ces capacités commencent normalement à diminuer.

Ces résultats confirment ceux de la littérature qui montrent une augmentation des capacités aérobies par la pratique du tennis (167) mais de manière moins importante que pour les sports d'endurance purs (cyclisme, course de fond, aviron).

Par contre, les valeurs obtenues dans notre étude semblent bien supérieures aux valeurs habituellement observées. La CT170 dépassent rarement les 2 ou 2,5 W/kg dans les données de la littérature (145, 163, 164) chez les jeunes sportifs. Cet écart est probablement lié à la différence de méthodologie du protocole de l'EE réalisée pour l'obtenir (178).

Ensuite, la mesure directe de la V'O₂max par la réalisation d'une EEmax chez les 14 joueurs espoirs confirme les données ci-dessus puisqu'on constate des valeurs de V'O₂max supérieures de plus de 10% à la valeur maximale théorique dans les deux sexes pour des sportifs âgés de $12,9 \pm 1,4$ ans. De plus on constate également un seuil de transition aérobie tardif, à plus de 80% de la V'O₂max. Ces résultats prouvent les bonnes capacités aérobies que la pratique intensive du tennis génère. D'autres études l'avaient déjà démontré (176). Les valeurs de consommation maximale d'oxygène observée ici, $50,8 \pm 10,5$ et $55,6 \pm 7$ ml/min/kg respectivement chez les filles et les garçons, sont semblables à celles de la littérature ($57 \pm 7,9$ et $54,5 \pm 5,8$ ml/min/kg dans l'étude de Fraisse par exemple) mais restent toutefois inférieures à celles de jeunes cyclistes ou avironneurs.

Enfin, la comparaison de tous ces paramètres entre les jeunes joueurs de ligue qui n'obtiendront pas le statut espoir et les futurs inscrits sur les listes ministérielles dans les catégories 8-10 ans et 10-12 ans exposée dans les tableaux 18 et 19, est intéressante. Elle peut en effet nous orienter sur les qualités qui peuvent permettre de faire la différence.

Deux sont ainsi mises en évidence de manière significative : la taille et la P80. Les individus qui deviendront espoirs sont significativement plus grands que les autres (141cm contre 135 cm chez les 8-10 ans et 150 cm contre 144cm chez les 10-12 ans) pour un poids identique (31kg chez les plus jeunes et 36 ou 37 kg pour les plus âgés). Le fait d'être plus grand semble donc être un facteur favorisant dans le cadre du tennis chez les plus jeunes, cette étude le prouve.

Ensuite, la P80 des futurs espoirs est statistiquement plus importante que celle des autres dans la catégorie des 10-12 ans. Une bonne capacité aérobie favorise donc les bonnes performances au tennis, ce qui est logique puisque ce sport sollicite ce mécanisme de production d'énergie de manière importante comme nous l'avons expliqué précédemment. Les différences de P80 chez les 8-10 ans et de la CT170 dans les deux catégories d'âge vont logiquement dans le même sens.

On ne note par contre pas de différence entre les deux groupes en ce qui concerne les quantités de charge de travail, le nombre de blessures survenues ou les valeurs basales de la boucle débit volume. C'est donc dans les modalités d'entraînement que résident certaines clés de la réussite au tennis en favorisant un peu plus

l'entraînement en endurance pour accroître les capacités aérobies du sportif, par exemple. Des comparaisons de différents types d'entraînement ont déjà été réalisées mais d'interprétations délicates et controversées (179).

- 4) Devenir

Nous nous sommes également intéressés au devenir des 14 jeunes espoirs de notre étude que nous avons contacté par téléphone en février 2010 pour ceux qui ne sont plus suivis depuis plus d'un an.

Sept d'entre eux ont poursuivi ou poursuivent leurs études par correspondance par l'intermédiaire du CNED le Centre National d'Education à Distance et ont donc été déscolarisés pour se consacrer pleinement à leur activité sportive, aucun d'eux n'a redoublé. Parmi ces sept jeunes, quatre sont actuellement pensionnaires de pôles comme nous les avons décrits dans le chapitre consacré au sport de haut niveau. Trois ont conservé leur statut espoir; en particulier une joueuse a obtenu son baccalauréat et vit actuellement du tennis, classée dans les 500 meilleurs mondiaux et les deux derniers sont pensionnaires d'une académie privée de formation de tennis pour atteindre le haut niveau et ont perdu le statut espoir.

Parmi les sept autres qui ont poursuivi une scolarité traditionnelle, quatre ont encore le statut espoir. Un a obtenu son baccalauréat général et est inscrit en IUT mais ses horaires sont incompatibles avec la pratique du tennis de haut niveau et le sport est donc poursuivi à un niveau régional, avec des regrets quant au rêve de devenir professionnel. Un autre a obtenu son baccalauréat et va travailler dans le milieu de la formation du tennis à l'étranger et le dernier est en terminale S, a perdu son statut espoir et envisage de diminuer son activité sportive pour entrer en faculté de médecine.

Globalement donc, sur ces quatorze jeunes, un seulement vit actuellement du tennis dans le circuit professionnel, dix peuvent encore prétendre au même destin et trois ont perdu leur statut de sportif espoir. Dans ces trois derniers, un va vivre du tennis mais en tant qu'initiateur manager à l'étranger et les deux autres diminuent leur activité sportive pour se consacrer à leurs études. Ce bilan est positif dans l'ensemble puisqu'aucun ne se retrouve dans de réelles difficultés mais seulement un jeune sur quatorze semble entrer dans le milieu du tennis professionnel et en vivre, en étant encore toutefois loin des meilleurs mondiaux. Cette donnée est très importante car elle pose la question de l'intérêt du nombre important d'heures d'entraînement et de ses conséquences sur la santé des jeunes pour des résultats rarement au niveau espéré au départ.

– 5) Synthèse

Notre travail met en évidence une relative innocuité de la pratique intensive du tennis chez l'enfant et l'adolescent dans le cadre règlementé du sport de haut niveau. L'échantillon étudié est caractérisé par des capacités physiques supérieures à la moyenne par rapport aux sujets de même âge et le haut niveau d'entraînement n'a pas empêché l'obtention de bons résultats scolaires. Certains facteurs apparaissent plus particulièrement associés à une accession au tennis de haut niveau comme une grande taille et des performances aérobies élevées. Si le premier facteur est constitutionnel et peu modifiable par l'individu lui-même, le second peut grandement être influencé par l'entraînement, en particulier en endurance. Chez les plus jeunes, ce travail en endurance est donc recommandé et à privilégier par rapport au travail physique anaérobie qui cherche quant à lui à augmenter la puissance.

Le suivi médical longitudinal a permis de mettre en lumière le lien important entre niveau élevé d'entraînement et nombre de blessures. La plupart du temps, il s'agit de charges d'entraînement qui dépassent les recommandations habituelles et qui doivent interpeller l'encadrement du sportif. La conscience de l'adulte ne doit-elle pas ici inciter à mesurer et tempérer la pratique sportive pour protéger l'enfant? Inversement, pour atteindre le haut niveau, il est évident qu'il faut faire des sacrifices. L'attitude raisonnable semble être de ne pas les réaliser trop tôt pour laisser à l'enfant l'opportunité de se développer normalement que ce soit physiquement, socialement ou psychologiquement et pour ensuite lui laisser le choix éclairé de la poursuite de l'investissement dans le domaine qu'il aura choisi. Le sport a beaucoup de bienfaits à condition de maîtriser la pratique qu'on en fait.

CONCLUSION

Le sport de haut niveau est une entité maintenant bien définie par une législation de plus en plus importante et qui donne non seulement des droits mais aussi des devoirs. Il comprend les athlètes les plus performants ou prometteurs, de leur génération pour une discipline donnée, et, leur permet de se consacrer sereinement à leur sport dans le but de les amener sur les plus hautes marches des podiums mondiaux. La compétition inhérente au sport de haut niveau entraîne de fait une quête constante des meilleures performances maximales basée sur un entraînement intensif afin de repousser toujours plus loin les limites physiologiques humaines.

Mais il peut aussi être à l'origine de blessures, physiques ou mentales, voire même favoriser des comportements addictifs avec en particulier la consommation de produits dopants. On comprend donc bien la nécessité d'une présence médicale régulière, véritable garde fou, pour tenter de prévenir ces blessures, de les soigner lorsqu'elles surviennent ou encore de veiller aux bonnes pratiques du sport.

Le suivi médical obligatoire décrit dans le code du sport français répond parfaitement à ces premiers objectifs. Des améliorations sont possibles, comme sur le plan des évaluations psychologiques, encore trop souvent rapidement conduites par des praticiens non formés spécifiquement. On pourrait aussi citer la fréquence de certains examens qui pourrait être augmentée dans certains cas ou encore sur la partie reconversion qui offre de plus en plus de solutions mais qui laisse encore quelques athlètes dans la difficulté quand leur carrière sportive s'arrête.

L'étude de ce suivi, comme nous l'avons fait dans notre travail, permet également d'autres points de réflexion comme la possibilité de constituer des bases de données sur des catégories de sportifs bien spécifiques, et éventuellement servir de référence pour des travaux ultérieurs. Elles nous donnent aussi la possibilité d'évaluer les conséquences du sport intensif par la quantification de tous les types de blessures qui surviennent. Nous avons constaté combien elles sont nombreuses dans une discipline qui ne compte pourtant pas parmi les plus traumatogènes.

D'autre part, l'étude de l'évolution des sportifs nous a permis de mettre en avant des critères qui semblent nécessaires pour accéder au sport de haut niveau. Cette observation est intéressante et devrait inciter à poursuivre ce type de travaux qui permettraient d'orienter secondairement les modalités d'entraînement.

Ainsi, les intérêts de ce suivi médical sont multiples mais sa restriction au seul sport de haut niveau est regrettable. En effet, il est imposé uniquement à l'élite du sport français alors qu'il pourrait apporter de nombreux enseignements sur tous les athlètes, de bon niveau, pratiquant également leur discipline de manière intensive. Ils poursuivent eux aussi des objectifs de performances élevées et pourtant ils n'appartiennent pas à ce monde du haut niveau, d'accès très limité. Ces individus sont ainsi soumis à des risques équivalents pour leur santé mais sont peu contrôlés et aucun dispositif n'est prévu pour intervenir avant une éventuelle rupture, physique ou psychologique ou une prise de substances interdites.

Il serait sans doute souhaitable qu'un plus grand nombre d'individus puisse en bénéficier, quitte à évaluer secondairement les bénéfices d'un suivi médical longitudinal plus systématique, élargi à l'ensemble des sportifs.

REFERENCES

- 1** : Ministère de la solidarité de la santé et de la protection sociale. Arrêté du 31 janvier 1991 relatif aux dispenses accordées à certains candidats en vue de la préparation au diplôme d'Etat de masseur-kinésithérapeute. Journal Officiel, n°51 du 28 février 1991, pp. 2916-2923.
- 2** : Bacquaert P. : Histoire de la médecine du sport. Disponible sur : <http://www.irbms.com> (consulté le 17/12/2009).
- 3** : Marey JE. La machine animale, locomotion terrestre et aérienne. Paris : Germer Baillière, 1873, 48p.
- 4** : Demeny G. Mécanisme et éducation des mouvements. Paris : F. Alcan, 1904, 562p.
- 5** : Bert P. La pression barométrique. Réédition. Paris : CNRS, 1985.
- 6** : Harichaux P. Le devoir de mémoire en médecine du sport. Science et Sports, 2003, Vol. 18, n°5, pp. 272-274.
- 7** : Harichaux P, Harichaux M. Droit et médecine du sport. Paris, Masson, 2004, p. 1.
- 8** : International Olympic Committee. Consensus Statement on Periodic Health Evaluation of Elite Athletes, Clinical Journal of Sport Medicine, 2009 , vol. 19, pp. 347-365.
- 9** : Wingfield K, Matheson GO, Meeuwisse WH. Preparticipation evaluation : An evidence-based review. Clinical Journal of Sport Medicine, 2004, vol. 14, pp. 109-22.
- 10** : Dvorak J, Junge A. Preseason medical assessment. In : Marc F. Football medicine manual. Federation Internationale de Football Association. Zurich : 2005, pp. 40-66.
- 11** : Wappes JR. Preparticipation physical evaluation. 3rd edition. Minneapolis : McGraw Hill, 2005, 104p.
- 12** : Ministère de la santé et des solidarités, ministère de l'outre-mer et le ministère de la jeunesse, des sports et de la vie associative. Arrêté du 16 juin 2006 modifiant l'arrêté du 11 février 2004 fixant la nature et la périodicité des examens médicaux prévus aux articles L. 3621-2 et R. 3621-3 du code de la santé publique. Journal Officiel, n°188 du 15 août 2006, pp. 12081 .
- 13** : Sarna S, Sahi T, Koskenvuo M, et al. Increased life expectancy of world class athletes. Medicine and Science in Sports and Exercises, 2000, vol. 25, pp. 237-244.

- 14** : Junge A, Engebretsen L, Alonso JM, et al. Injury surveillance in multisport events : the International Olympic Committee approach. British Journal of Sports Medicine, 2008, vol. 42, pp. 413-421.
- 15** : Drawer S, Fuller CW. Evaluating the level of injury in english professional football using a risk based assessment process. British Journal of Sports Medicine, 2002, vol. 36, pp. 446-451.
- 16** : Caine D, Caine C, Maffulli N. Incidence and distribution of pediatric sport-related injuries. Clinical Journal of Sport Medicine, 2006, vol. 16, pp. 500-513.
- 17** : Laure P, Ihabanne L. Observance du suivi médical obligatoire par les sportifs de haut niveau lorrains. Science et Sports, 2007, vol. 22, pp. 210-215.
- 18** : Paruit M-C. Surveillance clinique, biologique et cardiovasculaire des enfants sportifs de haut niveau, Archives de pédiatrie, 2003, suppl.1, vol. 10, pp. 206-212.
- 19** : Société Française de Médecine du Sport. Fiche médicale. Disponible sur : [http://www.sfms.asso.fr/fr/images_db/\(fiche%20m_351dicale1\).pdf](http://www.sfms.asso.fr/fr/images_db/(fiche%20m_351dicale1).pdf) > (consulté le 15/09/09).
- 20** : Favre-Juvin A. et les membres du groupe surentraînement de la SFMS. Le surentraînement, place de l'interrogatoire dans le diagnostic. Position de consensus de la SFMS. Science et sports, 2005, vol. 20, pp. 314-316.
- 21** : Gould D, Dieffenbach K. Overtraining, underrecovery, and burnout in sport. In Kellman M. Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes. Champaign. Human Kinetics. II: 2002, pp. 25-35.
- 22** : Gould D, Tuffey S, Udrey E, et al. Burnout in competitive junior tennis players. Qualitative analysis. The sport psychologist, 1996, vol. 10, pp. 341-366.
- 23** : Gustafsson H, Kentta G, Hassmén P, et al. Prevalence of burnout in competitive adolescent athletes. The sport psychologist, 2007, vol. 21, pp. 21-37.
- 24** : Coakley J. Burnout among adolescents: a personal failure of a social problem? Sociology of sport journal, 1992, vol. 9, pp. 271-285.
- 25** : Feigley DA. Psychological burnout in high-level athletes. The physician and sports medicine, 1984, vol. 12, pp. 108-119.
- 26** : Lazzer S, Boirie Y, Meyer M, et al. Quelle méthode alternative à l'absorptiométrie biphotonique (DEXA) utiliser pour évaluer la composition corporelle des adolescents en surpoids ou obèses ? Archives de pédiatrie. 2005, vol. 12, n°7, pp. 1094-1101.
- 27** : Jlid C, Pineau JC, Fillard JR , et al. L'estimation de la masse grasse par les méthodes des plis cutanés chez les sportifs de haut niveau est-elle valide ? Biométrie humaine et anthropologie, 2003 , vol. 21, pp. 79-86.

- 28** : Maton F. Méthodes de mesure des plis cutanés chez le sportif. 2008. Disponible sur : <<http://www.irbms.com>> (consulté le 24/10/2009).
- 29** : Heyters C. Validité de l'évaluation de la graisse corporelle totale d'un individu par l'utilisation d'équations anthropométriques existantes. Sciences et Sports, 1987, vol. 2, pp. 109-117.
- 30** : Pacy PJ, Quevedo M, Gibson NR, et al. Body composition measurement in elite heavyweight oarswomen : a comparison of five methods. Journal of sports and medicine in physical fitness, 1995, vol. 35, n°1, pp. 67-74.
- 31** : Stout JR, Housh TJ, Johnson GO, et al. Validity of skinfold equation for estimating body density in youth wrestlers. Medicine and science in sport exercise, 1995, vol. 27, n°9, pp. 1321-1325.
- 32** : Hodgdon JA, Friedl KE, Beckett MB, et al. Use of bioelectrical impedance analysis measurements as predictors of physical performance. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement. American journal of clinical nutrition, 1996, vol. 64, suppl., n°3, pp. 463-468 .
- 33** : Khalid W, Bibi PD. Health-Related Physical Fitness Testing and Interpretation. American college of sport medicine's certification review, 2006, pp. 55-64; 107-110.
- 34** : Peterson MJ, Czerwinski SA, Siervogel RM. Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model. American journal of clinical nutrition, 2003, vol. 77, n°5, pp. 1186-1191.
- 35** : Zahariev A, Bergouignan A, Caloin M, et al. Skinfold thickness versus isotope dilution for body fat assessment during simulated microgravity: results from three bed-rest campaigns in men and women with and without countermeasures. European journal of applied physiology, 2005, vol. 95, n°4, pp. 344-350.
- 36** : Derman W. Profile of medical and injury consultation of team South Africa during the XXVIIIth olympiad, Athens 2004. South african journal of sports medicine, 2008, vol. 20, pp. 72-76.
- 37** : Junge A, Langevoort G, Pipe A, et al. Injuries in team sports tournaments during the 2004 Olympic Games. American journal of sports medicine, 2006, vol. 34, pp. 565-576.
- 38** : Anderson S. Exercice induced asthma. In : Kay A. Allergy and allergic diseases. Oxford : BlackwellScientific, 1997, pp. 621-711.
- 39** : Wilber R, Rundell K, Szmedra L, et al. Incidence of exercice-induced bronchospasmin Olympic winter sport athletes. Medicine and science in sport exercise, 2000, vol. 32, pp. 732-737.
- 40** : Dickinson JW, Whyte GP, McConnel AK, et al. Screening elite winter athletes for exercice induced-asthma : a comparison of three challenge methods. British journal of sports medicine, 2006, vol. 40, pp.179-183.

- 41** : Société de nutrition et de diététique de langue française. Cahier de nutrition et de diététique. 2001, vol.36, suppl., n °1, pp. 14-25.
- 42** : Monod H, Flandrois R, Vandewalle H. Physiologie du sport . 6^{ème} édition. Paris : Masson, 2007, 303p.
- 43** : Guillaume G. Suivi et enquête diététique d'une équipe professionnelle de cyclisme du tour de France. Deuxième conférence nationale médicale inter-fédérale du CNOSF, 25 et 26 novembre 2005, Paris. Disponible sur : <<http://www.franceolympique.com>> (consulté le 15/09/09).
- 44** : Bauche P. Les héros sont fatigués. Sport, narcissisme et dépression. Paris: Payot et Rivages, 2004, 190p.
- 45** : Carrier C. Le champion, sa vie, sa mort, Psychanalyse de l'exploit. Paris: Bayard Centurion, 2002, 550p.
- 46** : Levêque M. : Psychologie de l'athlète. Radiographie d'une carrière de sportif de haut niveau. Paris: Vuibert, 2008, 210p.
- 47** : Lincheneau PM, Franques P, Auriacombe M, et al. Psychopathologie du sport. In : Encyclopédie médico-chirurgicale, n °37. Paris : Elsevier-Masson, 2002, pp. 887-897.
- 48** : Salmi M, Pichard C, Jousselin E. Psychopathologie et sport de haut niveau. Science et Sports, 2010, vol. 25, n °1, pp. 1-10.
- 49** : Sheehan D, Lecrubier Y, Shenan KH, et al. The Mini-International Neuropsychiatric Interview (MINI): The development and validation of a Structured Diagnostic Psychiatric Interview for DSM-IV and ICD-10. Journal of clinical psychiatry, 1998, vol. 59, n °20, pp. 22-33.
- 50** : Filaire E, Rouveix M, Bouget M. Troubles du comportement alimentaire chez le sportif. Science et Sports, 2008, vol. 23, pp. 49-60.
- 51** : Haase AM, Prapavessis H, Owens RG. Perfectionnisme, social physique anxiety and disordered eating: a comparison of male and female elite athletes. Psychology of sports and exercise, 2002, vol. 3, pp. 209-222.
- 52** : Smolak L, Murnen SK, Ruble AE.: Female athletes and eating problems: a Meta analysis. International journal of eating disorders, 2000, vol. 27, pp. 371-380.
- 53** : Sundgot-Borgen J.: Prevalence of eating disorders in elite female athletes. International journal of sport nutrition, 1993, vol. 3, pp. 29-40.
- 54** : Sudi K, Öttl K, Payerl D, et al. Anorexia athletica. Nutrition, 2004, vol. 20, pp. 657-661.

- 55** : Parving RH, Jensen HA, Mogensen CE, et al. Increased urinary albumin excretion rate in benign essential hypertension. *Lancet*, 1974, vol. i, pp. 1190-2.
- 56** : Losito A, Zarnpi L, Fortunati L, et al. Glomerular hyperfiltration and albuminuria in essential hypertension. *Nephron*, 1988, vol. 49, pp. 84-85.
- 57** : Fletcher DJ. Athletic pseudonephritis. *Lancet*, 1977, vol. i, pp. 910-911.
- 58** : Kramer KB, Kernz M, Ress KM, et al. Influence of strenuous exercise on albumin excretion. *Clinical Chemistry*, 1988, vol. 34, pp. 2516-2518.
- 59** : Huttunen NP, Kaar ML, Pietilainen M, et al. Exercise-induced proteinuria in children and adolescents. *Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation*, 1981, vol. 41, pp. 583-587.
- 60** : Campanacci L, Faccini L, Englaro E, et al. Exercise-induced proteinuria. *Contributions to nephrology*. 1981, vol. 26, pp. 31-41.
- 61** : Blacklock NJ. Bladder trauma in the long distance runner: << 10000 meters haematuria >>. *British journal of urology international*, 1977, vol. 49, pp. 129-132.
- 62** : Siegel A J, Hennekens CH, Solomon HS, et al. Exercise related hematuria: findings in a group of marathon runners. *Journal Of the American Medical Association*, 1979, vol. 241, pp. 391-392.
- 63** : Hunding A, Jordal R, Paulev PE. Runner's anemia and iron deficiency. *Acta Medica Scandinavica*, 1981, vol. 209, n °4, pp. 315- 318.
- 64** : Blacklock NJ. Bladder trauma in the long-distance runner: 10 000 meters hematuria. *British journal of urology*, 1977, vol. 49, n °2, pp. 129-132.
- 65** : Casoni I, Borsetto C, Cavicchi A, et al. Reduced hemoglobin concentration and red cell hemoglobinization in Italian marathon and ultramarathon runners. *International journal of sports medicine*, 1985, vol. 6, pp. 176-179.
- 66** : Frederickson LA, Puhl JL, Runyan WS. Effects of training on indices of iron status of young female cross-country runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 1983, vol. 15, pp. 271-276.
- 67** : Puhl JL, Runyan WS. Hematological variations during aerobic training of college women. *Research quarterly of exercise and sport*, 1980, vol. 51, pp. 533-541.
- 68** : Fallon KE. The clinical utility of screening of biochemical parameters in elite athletes: analysis of 100 cases. *British journal of sports medicine*, 2008, vol. 42, pp. 334-337.
- 69** : Péré A, Rivière D, Harant I, et al. Sport et carence en fer. *Science et Sports*, 1991, vol. 6, pp. 1-14.

70 : Wishnitzer R, Berrebi A, Hurwitz N, et al. Decreased cellularity and hemosiderin of the bone marrow in healthy and overtrained competitive distance runners. Physician sports medicine, 1986, vol. 14, pp. 86-100.

71 : Pate RR, Dover EV, Fronsoe M, et al. Effects of exercise training on plasma ferritin in women. Medicine and science in sports and exercise, 1984, vol. 16, pp. 178-179.

72 : Dickson DN, Wilkinson RL, Noakes TD. Effects of ultra-marathon training and racing on hematologic parameters and serum ferritin levels in well-trained athletes. International journal of sports medicine, 1982, vol. 3, pp. 111-117.

73 : Fallon KE. Screening for haematological and iron-related abnormalities in elite athletes – Analysis of 576 cases. Journal of science and medicine and sport, 2008, vol. 11, n °3, pp. 329-336.

74 : Ehn L, Carlmark B, Hoglund S. Iron states in athletes involved in intense physical activity. Medicine and science in sports and exercise, 1980, vol. 12, pp. 61-63.

75 : Converfino VA, Brock P J, Keil JC, et al. Exercise training-induced hypervolemia: role of plasma albumine, renin and vasopressin. Journal of applied physiology, 1980, vol. 48, pp. 665-669.

76 : Bricout VA, Guinot M, Duclos M, et al. Position de consensus: apport des examens biologiques dans le diagnostic de surentraînement. Science et sports, 2006, vol. 21, pp. 319-350.

77 : F. Carré, R. Brion, H. Douard, et al. Recommandations concernant le contenu du bilan cardiovasculaire de la visite de non contre indication à la pratique du sport en compétition entre 12 et 35 ans. Archives des maladies du coeur et des vaisseaux, 2009, vol. 182, pp. 41-46.

78 : Driscoll DJ, Edwards WD. Sudden unexpected death in children and adolescents. Journal of american college cardiology, 1984, vol. 5, suppl, pp. 118-121.

79 : Choquet D, Medelli J, Lesbre JP. Mort subite sur le terrain de sport. In : Monod H, Amoretti R, Rodineau J. Médecine du sport pour le praticien. Lyon: SIMEP, 1993, pp. 169-174.

80 : Ragosta M, Crabtree J, Sturner WK, et al. Death during recreational exercise in the State of Rhode Island. Medicine and science in sports and exercise, 1984, vol. 16, pp. 339-342.

81 : Kennedy HL, Whitlock JA. Sudden death in young persons. An urban study. Journal of american college cardiology, 1984, vol. 3, pp. 485.

82 : Corrado D, Basso C, Schiavon M, et al. Screening for hypertrophic cardiomyopathy in young athletes. New england journal of medicine, 1998, vol. 339, pp. 364-369.

83 : Maron BJ, Gohman TE, Aeppli D. Prevalence of sudden cardiac death during competitive sports activities in Minnesota high school athletes. *Journal of American College Cardiology*. 1998, vol. 32, pp. 1881-1884.

84 : Dupuis JM, Tabib A, Reix P, et al. Mort subite inopinée d'origine cardiaque entre 6 et 18 ans. Données anatomopathologiques. Rôle du sport ? Prévention ? *Archives de pédiatrie*, 2005, vol. 12, pp. 1204-1208.

85 : Maron BJ, Thompson PD, Ackerman MJ, et al. Recommendations and Considerations Related to Preparticipation Screening for Cardiovascular Abnormalities in Competitive Athletes: 2007 Update: A Scientific Statement From the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism: Endorsed by the American College of Cardiology foundation. *Circulation*, 2007, vol. 115, pp. 1643-1655.

86 : Corrado D, Pelliccia A, Bjørnstad HH, et al. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. *European Heart Journal*, 2005, vol. 26, pp. 516-524.

87 : Corrado D, Basso C, Pavei A, et al. Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *Journal of the American Medical Association*, 2006, vol. 296, pp. 1593-1601.

88 : Lhuissier F. L'électrocardiogramme avant délivrance d'un certificat médical de non contre-indication apparente à la pratique sportive : propositions de critères d'interprétation. Thèse de Médecine. Rouen: faculté de médecine de Rouen, 2008.

89 : Papadakis M, Sharma S. Electrocardiographic screening in athletes: the time is now for universal screening. *British Journal of Sports Medicine*, 2009, vol. 43, pp. 663-668.

90 : Corrado D, Pelliccia A, Bjørnstad HH, et al. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *European Heart Journal*, 2009, vol. 30, pp. 1-17.

91 : Corrado D, Biffi A, Basso C, et al. 12-lead ECG in the athlete: physiological versus pathological abnormalities. *British Journal of Sports Medicine*, 2009, vol. 43, pp. 669-676.

92 : Melacini P, Cianfrocca C, Calore C, et al. Marginal overlap between electrocardiographic abnormalities in patients with hypertrophic cardiomyopathy and trained athletes: implications for preparticipation screening. *Circulation*, 2007, pp. 116-125.

93 : Pelliccia A, Maron BJ, Culasso F, et al. Clinical significance of abnormal electrocardiographic patterns in trained athletes. *Circulation*, 2000, vol. 102, pp. 278-284.

94 : Hadarson T, Arnason A, Eliasson GJ, et al. Left bundle branch block: prevalence, incidence, follow-up and outcome. *European heart journal*. 1987, vol. 8, pp. 1075-1079.

95 : Elizari MV, Acunzo RS, Ferreiro M. Hemiblocks revisited. *Circulation*, 2007, vol. 115, pp. 1154-1163.

96 : Wellens HJ, Rodriguez LM, Timmermans C, et al. The asymptomatic patient with the Wolff–Parkinson–White electrocardiogram. *Pacing and clinical of electrophysiology*, 1997, vol. 20, pp. 2082-2086.

97 : Napolitano C, Bloise R, Priori SG. Long QT syndrome and short QT syndrome: how to make correct diagnosis and what about eligibility for sports activity. *Journal of cardiovascular medicine*, 2006, vol.7, pp. 250-256.

98 : Maury P, Extramiana F, Sbragia P, et al. Short QT syndrome. Update on a recent entity. *Archives of cardiovascular disease*, 2008, vol. 101, pp. 779-786.

99 : Antzelevitch C, Brugada P, Borggrefe M, et al. Brugada syndrome: report of the second consensus conference. *Heart rhythm*, 2005, vol. 2, pp. 429-440.

100 : Maron BJ, Thompson PD, Ackerman MJ et al. Recommendations and considerations related to preparticipation screening for cardiovascular abnormalities in competitive athletes: 2007 update. *Circulation*, 2007, vol. 115, pp. 1643-1655.

101 : Lawless CE, Best TM. Electrocardiograms in athletes: interpretation and diagnostic accuracy. *Medicine and science in sports and exercise*, 2008, vol. 40, pp. 787-798.

102 : Pelliccia A, Di Paolo FM, Corrado D et al. Evidence for efficacy of the Italian pre-participation program for identification of hypertrophic cardiomyopathy in competitive athletes. *European heart journal*, 2006, vol. 27, pp. 2196-2200.

103 : Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Stratégies d'interprétation des explorations fonctionnelles respiratoires. *European and respiratory journal*, 2005, vol. 26, pp. 948-968.

104 : Médelli J, Berteau P, Brion R, et al. Les épreuves d'effort en médecine du sport. Conférence de consensus. *Science et sports*, 1998, vol. 13, pp. 174-187.

105 : Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, et al. ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing. *Circulation*, 2002, vol. 106, pp. 1883-1892.

106 : Aguilaniu B, Richard R, Costes F, et al. Méthodologie et Pratique de l'Exploration Fonctionnelle à l'eXercice (EFX). *Revue des maladies respiratoires*, 2007, vol. 24, pp. 111-160.

107 : Rieu M, Miladi J, Ferry A, et al. Epreuves d'effort triangulaires et rectangulaires: étude comparée de la lactatémie. *Science et sports*, 1987, vol. 2, pp. 51-52.

108 : Medelli J, Berteau P, Carré F, et al. Position de consensus de la Société Française de Médecine du Sport concernant la directive n°000149 du 3 avril 2001 sur les épreuves d'effort des sportifs de haut niveau. Science et sports, 2002, vol. 17, pp. 48-50.

109 : Sellier P, Monpère C, Broustet JP. Recommandations de la Société française de cardiologie concernant la pratique des épreuves d'effort chez l'adulte en cardiologie. Archives des maladies du coeur et des vaisseaux, 1997, vol. 90, n°1, pp. 77-91.

110 : Pelliccia A, Zipes D, Maron BJ. Guidelines for Competitive Sport Participation. Journal of american college cardiology, 2008, vol. 52, n°24, pp. 1990-1996.

111 : Wasserman K, Koike A. Is the anaerobic threshold truly anaerobic? Chest, 1992, vol. 101, pp. 211-218.

112 : Vallier JM, Bigard AX, Carré F, et al. Détermination des seuils lactiques et ventilatoires. Position de la Société française de médecine du sport. Science et sports, 2000, vol. 15, pp. 133-140.

113 : Tokmakidis SE. Anaerobic threshold in perspective: physiological, methodological and practical implications of the concept. Thèse de médecine. Montréal: université de Montréal, 1990.

114 : Wasserman K, Whipp B J, Koyal SN, et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. Journal of applied physiology, 1967, vol. 35, pp. 236-243.

115 : Wasserman K, Beaver W, Whipp B. Gas Exchange Theory and the Lactic Acidosis (Anaerobic) Threshold. Circulation, 1990, vol. 81, suppl II, n°1, pp. 14-30.

116 : Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. Journal of applied physiology, 1986, vol. 60, pp. 2020-2027.

117 : Ranalli D. Sports dentistry and dental traumatology. Dental traumatology, 2002, vol. 18, pp. 231-236.

118 : Divergent views. Can dental therapy enhance athletic performance? Journal of the american dental association, 1982, vol. 104, pp. 292-298.

119 : Bensahel H. L'enfant et la pratique sportive. Paris: Masson, 1998, 256 p.

120 : Dupuis JM. Médecine du sport de l'enfant et de l'adolescent. Paris: Ellipses, 2001, 176 p.

121 : Kröger H, Kotaniemi A, Kröger L, et al. Development bone mass and bone density of the spine and femoral neck: a prospective study of 65 children and adolescents. Bone and mineral. 1993, vol. 23, pp. 171-182.

122 : Theinv G, Buchs B, Rizzoli R, et al. Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents: evidence for a marked reduction after 16 years of age at the level of lumbar spine and femoral neck in femal subjects. Journal of clinical endocrinology and metabolism, 1992, vol. 75, pp. 1060-1065.

123 : Slemenda CW, Christian JC, Quilliams CJ, et al. Genetic determinants of bone mass in adult women: a reevaluation of the twin model and the potential importance of gene interaction on heritability estimates. Journal of bone and mineral research, 1991, vol. 6, pp. 561-567.

124 : Specker BL. Evidence for an interaction between calcium intake and physical activity on changes in bone mineral density. Journal of bone and mineral research, 1996, vol. 10, pp. 1539-1565.

125 : Slemenda CW, Miller JZ, Hui SL, et al. Role of physical activity in the development of skeletal mass in children. Journal of bone and mineral research, 1991, vol. 6, pp. 1227-1233.

126 : Davindson PA, Elattrache NS, Jobe CM. Rotator Cuff and posterosuperior glenoid labrum injury with increased gleno-humeral motion: a new site of impingement. Journal of shoulder and elbow surgery, 1995, vol. 2, pp. 384-390.

127 : Jobe CM, Sidles J. Evidence for a superior glenoid impingement upon the rotator cuff. Journal of shoulder and elbow surgery, 1993, vol. 2, pp. 19.

128 : Walch G, Liotard JP, Boileau P, et al. Le conflit glénoïdien postéro-supérieur: un autre conflit de l'épaule. Revue de chirurgie orthopédique, 1991, vol. 77, pp. 571-574.

129 : Cousteau JP. Médecine du tennis. 2^{ème} édition. Paris: Masson, 1999, 288 p.

130 : Giangara CE, Conroy B, Jobe FW, et al. Electromyographic and cinematographic analysis of elbow function in tennis players using single and double-handed backhand strokes. American journal of sports medicine, 1993, vol. 21, n °3, pp. 394-399.

131 : Henning EM, Rosenbaum D, Milani TL. Transfert of tennis racket vibrations onto the human forearm. Medicine and science in sport exercise, 1992, vol. 24, n °10, pp. 1134-1140.

132 : Hatze H. The effectiveness of grip bands in reducing racket vibration transfer and slipping. Medicine and science in sport exercise, 1992, vol. 24, n °2, pp. 226-230.

133 : Brody H. La physique de la raquette de tennis. La recherche, 1985, vol. 63, pp. 179-186.

134 : Hellström M, Jacobsson B, Swärd L, et al. Radiologic abnormalities of the thoraco-lumbar spine in athletes. Acta radiologica. 1990, vol. 31, n °2, pp. 127-132.

- 135** : Hoshina H. Spondylolysis in athletes. *Physiological sports medicine*, 1980, vol. 8, pp. 75-77.
- 136** : Cotorro A, Matas R, Massana A, et al. Spondylolysis in young tennis players. *British journal of sports medicine*, 2006, vol. 40, pp. 441-446.
- 137** : Thompson PD, Klocke FJ, Levine BD, et al. 26th Bethesda conference: recommendations for determining eligibility for competition in athletes with cardiovascular abnormalities. Task Force 5: coronary artery disease. *Medicine and science in sports and exercise*. 1994, vol. 26, suppl., n°10, pp. 271-275.
- 138** : Theintz GE, Torresani T, Bishof P, et al. Effects of physical exercise on growth and pubertal development. In: Müller EE, Cocchi D, Locatelli V, et al. *Growth hormone and somatomedins during lifespan*. Berlin: Springer Verlag, 1993, pp. 218-228.
- 139** : Bricout VA. Effets de la gymnastique sportive sur la croissance et la maturation pubertaire des jeunes filles. *Science et sports*, 2003, vol. 18, pp. 65-73.
- 140** : Leone M, Larivière G. Caractéristiques anthropométriques et biomotrices d'adolescents athlètes élités de disciplines sportives différentes. *Science et sports*, 1998, vol. 13, pp. 26-33.
- 141** : Brisson GR, Dulac S, Peronnet F, et al. The onset of menarche a late event in pubertal progression to be affected by physical training. *Canadian journal of applied sport science*, 1982, vol. 2, pp. 61-67.
- 142** : Charpiat A. Suivi médical d'une classe sportive gymnastique à Montpellier. *Actualités sport et médecine*, 1995, vol. 42, pp. 5-10.
- 143** : Georgopoulos N, Markou K, Theodoropoulou A, et al. Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 1999, vol. 8, n°12, pp. 4525-4530.
- 144** : Peltenburg AL, Erich WB, Zonderland ML, et al. A retrospective growth study of female gymnasts and girl swimmers. *International journal of sports medicine*, 1984, vol. 5, pp. 262-267.
- 145** : Bouix O, Brun JF, Fedou C, et al. Exploration de gymnastes adolescents de classe sportive : quel suivi médical pour la croissance et la puberté ? *Sciences et sport*, 1997, vol. 1, n°1, pp. 51-65.
- 146** : Tanner JM. *Growth and adolescence*. Oxford: Blackwell scientific, 1962.
- 147** : Baxter-Jones AD, Helms P, Baines-Preece J, et al. Menarche in intensively trained gymnasts, swimmers and tennis players. *Annals of human biology*, 1994, vol. 2, n°5, pp. 407-415.
- 148** : Dyxon G, Eurman P, Stern BE, et al. Hypothalamic function in amenorrheic runners. *Fertility and sterility*, 1984, vol. 42, pp. 337-383.

149 : Malina RM. Physical activity and training: effects on stature and the adolescent growth spurt. *Medicine and science in sports and exercise*, 1994, vol. 2, n °6, pp. 759-766.

150 : Ryan J. Little girls in pretty boxes: the making and making of elite gymnasts and figure skaters. Revised edition. New-York: Warner, 1996, 243p.

151 : Frish RE, Revelle R. Height and weight at menarche and hypothesis of critical body weights and adolescent events. *Science*, 1970, vol. 169, p. 397-405.

152 : Frish RE, Gotz-Welkbergen AV, McArthur JW, et al. Delayed menarche and amenorrhea of college athletes in relation to age of onset of training. *Journal of the american medical association*, 1981, vol. 246, pp. 1559-1563.

153 : Eriksson BO, Gollnick PD, Saltin B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiological Scandinavica*, 1973, vol. 87, n °4, pp. 485-497.

154 : Godfrey S. Proceedings: The clinical value of exercise tests in children. *British table tennis association review*, 1973, vol. 3, n °4, pp. 75.

155 : Macek M, Vavra J. Cardiopulmonary and metabolic changes during exercise in children 6–14 years old. *Journal of applied physiology*, 1971, vol. 30, pp. 200-204.

156 : Flandrois R, Grandmontagne M, Mayet MH, et al. Maximal oxygen uptake in French children in relation to age, sex and physical training. *Journal de physiologie*, 1982, vol. 78, n °2, pp. 186-194.

157 : Slonim NB, Gillespie DG, Harold WH. Peak oxygen uptake of healthy young men as determined by a treadmill method. *Journal of applied physiology*, 1957, vol. 10, n °3, pp. 401-404.

158 : Massicotte DR, Gauthier R, Markon P. Prediction of VO₂max from the running performance in children aged 10-17 years. *Journal of sports medicine in physical fitness*, 1985, vol. 25, pp.10-17.

159 : Krahenbuhl GS, Skinner JS, Kohrt WM. Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exercise and sport science review*, 1985, vol. 13, pp. 503-538.

160 : Armstrong N, Kirby BJ, McManus AM, et al. Aerobic fitness of prepubescent children. *Annals of hum biology*, 1995, vol. 22, n °5, pp. 427-441.

161 : Prioux J, Ayoub J, Matécki S, et al. Évolution du seuil ventilatoire pendant la croissance. Relations avec les caractéristiques anthropométriques. Étude multilongitudinale. (Définition de valeurs de références). *Science et sports*, 2001, vol. 16, pp. 137-145.

162 : Cooper DM, Weiler-Ravell D, Whipp BJ, et al. Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *Journal of applied physiology*, 1984, vol. 56, pp. 628-634.

163 : Wahlund H. Determination of physical working capacity. *Acta Medical Scandinavica*, 1948, vol. 215, pp. 1-78.

164 : Astrand PO, Ryhming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. *Journal of applied physiology*, 1954, vol. 7, n°2, pp. 218-221.

165 : Pirnay F. Etude physiologique du test de Leger et al. *Science et sports*, 1992, vol. 7, pp. 93-99.

166: Bergeron MF, Maresh CM, Kraemer WJ, et al. Tennis: a physiological profile during match play. *International journal of sports medicine*, 1991, vol. 12, pp. 474-479.

167: Christmass MA, Richmond SE, Cable NT, et al. A metabolic characterization of single tennis. *Sciences and racket sports*, 1994, pp. 3-9.

168: Oxendine JB, Temple U. Emotional arousal and motor performance. *Quest*, 1970, vol. 13, pp. 23-32.

169: Pantelidis D, Chamoux A, Fargeas MA, et al. A 11 ans, le joueur de tennis est-il indifférent au stress de la compétition? *Archives de pédiatrie*, 1997, vol. 4, pp. 237-242.

170: Maso F, Lac G, Brun JF. Analyse et interprétation du questionnaire de la Société française de médecine du sport pour la détection de signes précoces de surentraînement : étude multicentrique. *Science et sports*, 2005, vol. 20, pp. 12-20.

171: Bricout VA, Favre-Juvin A. Élaboration et validation d'un Questionnaire de fatigue chez l'enfant sportif. *Science et sports*, 2006, vol. 21, pp. 351-359.

172: Martens R. Sport competition anxiety test. Champaign, human kinetics, 1977.

173 : Wuerth S, Lee MJ, Alfermann D. Parental involvement and athletes' career in youth sport. *Psychology of sport and exercise*, 2004, vol. 5, pp. 21-33.

174 : Hellstedt JC. The coach/parent/athlete relationship. *The sport psychologist*, 1987, vol. 1, pp. 151-160.

175 : Lee MJ, MacLean S. Sources of parental pressure among age group swimmers. *European journal of physical education*, 1997, vol. 2, pp. 167-177.

176 : Fraisse F, Desnus B, Handschuh R, et al. La consommation maximale d'oxygène des sportifs de haut niveau de moins de 20 ans. *Science et sports*, 1991, vol. 6, pp. 25-35.

177 : Housh TJ, Thorland WG, Johnson GO, et al. Body build and composition variables as discriminators of sports participation of elite adolescent male athletes. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 1984, vol. 24, pp. 169-173.

178 : Mocellin R, Lindemann H, Rutenfranz J, et al. Determination of $\dot{V}O_{2\max}$ and maximal oxygen uptake in children by different methods. *Acta Paediatrica Scandinavica*, 1971, suppl, vol. 217, pp.13-17.

179 : Girard O, Vaseux D, Millet GP. Comparaison de l'efficacité de trois modalités d'entraînement chez des joueurs de tennis. *Science et sports*, 2005, vol. 20, pp. 45-47.

ANNEXES

ANNEXE 1

PREAMBULE DE LA CHARTE DU SPORT DE HAUT NIVEAU

Le sport de haut niveau joue un rôle social et culturel de première importance. Conformément aux valeurs de l'Olympisme énoncées dans la Charte olympique et aux principes déontologiques du sport, il doit contribuer, par l'exemple, à bâtir un monde pacifique et meilleur, soucieux de préserver la dignité humaine, la compréhension mutuelle, l'esprit de solidarité et le fair-play.

Toute personne bénéficiant d'une reconnaissance par l'Etat de sa qualité de sportif de haut niveau, d'arbitre ou de juge sportif de haut niveau ou exerçant une responsabilité dans l'encadrement technique ou la gestion du sport de haut niveau doit s'efforcer d'observer en toute circonstance un comportement exemplaire, fidèle à son engagement dans la communauté sportive, et de nature à valoriser l'image de son sport et de son pays.

L'Etat et le mouvement sportif sont garants du respect des principes énoncés dans la présente charte. Avec le concours des collectivités territoriales et des entreprises, ils veillent à ce que soient réunis les moyens nécessaires pour soutenir le développement du sport de haut niveau, en vue de favoriser l'accès des sportifs à leur plus haut niveau de performance et à la meilleure expression de leurs capacités sociales et professionnelles.

La commission nationale du sport de haut niveau a établi les dispositions qui suivent, conformément aux règles déontologiques du sport et en application de la loi n°84-610 du 16 juillet 1984 modifiée relative à l'organisation et à la promotion des activités physiques et sportives. Elle peut être saisie de toute difficulté d'interprétation soulevée par l'application de la présente charte.

ANNEXE 2

Arrêté du 11 février 2004 fixant la nature et la périodicité des examens médicaux prévus aux articles L. 3621-2 et R. 3621-3 du code de la santé publique

TITRE Ier : NATURE DES EXAMENS MÉDICAUX PRÉALABLES À L'INSCRIPTION SUR LA LISTE DES SPORTIFS DE HAUT NIVEAU OU SUR LA LISTE DES SPORTIFS ESPOIRS.

Article 1 (abrogé au 30 avril 2008) abrogé par [Arrêté du 28 février 2008](#) :

Pour être inscrits sur la liste des sportifs de haut niveau ou sur la liste des sportifs Espoirs prévues aux articles 2 et 11 du décret du 29 avril 2002 susvisé, les sportifs doivent effectuer les examens suivants :

1. Un examen médical réalisé, selon les recommandations de la Société française de médecine du sport et des autres sociétés savantes concernées, par un médecin diplômé en médecine du sport.
2. Une recherche par bandelette urinaire de protéinurie, glycosurie, hématurie, nitrites.
3. Un électrocardiogramme standardisé de repos avec compte rendu médical.
4. Une échocardiographie transthoracique de repos avec compte rendu médical.
5. Une épreuve d'effort d'intensité maximale (couplée, le cas échéant, à la mesure des échanges gazeux et à des épreuves fonctionnelles respiratoires) réalisée par un médecin, selon des modalités en accord avec les données scientifiques actuelles, en l'absence d'anomalie apparente à l'examen clinique cardio-vasculaire de repos et aux deux examens précédents. Cette épreuve d'effort vise à dépister d'éventuelles anomalies ou inadaptations survenant à l'effort, lesquelles imposeraient alors un avis spécialisé.

Chez les sportifs licenciés ayant un handicap physique ou mental ne permettant pas la réalisation de cette épreuve d'effort dans des conditions habituelles, une adaptation méthodologique est à prévoir.

6. Un examen dentaire certifié par un spécialiste.
7. Un examen par imagerie par résonance magnétique du rachis cervical, dans le but de dépister un canal cervical étroit, pour les disciplines suivantes :
 - football américain ;
 - plongeon de haut vol ;
 - rugby à XV (uniquement pour les postes de première ligne à partir de 16 ans) ;
 - rugby à XIII (uniquement pour les postes de première ligne).

Une information des sportifs est à prévoir lors de l'examen médical quant au risque de développer ou d'aggraver (si préexistant) :

- un canal cervical étroit lors de la pratique des disciplines citées au précédent alinéa;
- des pathologies du rachis lombaire, notamment une lyse isthmique avec ou sans spondylolisthésis lors de la pratique de certaines disciplines.

Les examens ci-dessus doivent être réalisés dans les six mois qui précèdent la première inscription sur la liste des sportifs de haut niveau ou sur la liste des sportifs Espoirs

TITRE II : NATURE ET PÉRIODICITÉ DES EXAMENS DE LA SURVEILLANCE MÉDICALE, COMMUNS À TOUTES LES DISCIPLINES, POUR LES SPORTIFS INSCRITS SUR LA LISTE DES SPORTIFS DE HAUT NIVEAU OU DANS LES FILIÈRES D'ACCÈS AU SPORT DE HAUT NIVEAU.

Article 2 (abrogé au 30 avril 2008) abrogé par [Arrêté du 28 février 2008](#) :

Le contenu des examens permettant la surveillance médicale des sportifs visés à l'article L. 231-6 du code du sport comprend :

1° Deux fois par an :

Un examen médical réalisé par un médecin diplômé en médecine du sport comprenant :

un entretien ;

un examen physique ;

des mesures anthropométriques ;

un bilan diététique, des conseils nutritionnels, aidés si besoin par des avis spécialisés coordonnés par le médecin selon les règles de la profession ;

une recherche par bandelette urinaire de protéinurie, glycosurie, hématurie, nitrites.

2° Une fois par an :

Un examen dentaire certifié par un spécialiste ;

Un examen électrocardiographique standardisé de repos avec compte rendu médical;

Un examen biologique pour les sportifs de plus de quinze ans, mais avec autorisation parentale pour les mineurs, comprenant :

numération-formule sanguine ;

réticulocytes ;

ferritine.

3° Deux fois par an chez les sportifs mineurs et une fois par an chez les sportifs majeurs, un bilan psychologique est réalisé, lors d'un entretien spécifique, par un médecin ou par un psychologue sous responsabilité médicale.

Ce bilan psychologique vise à :

détecter des difficultés psychopathologiques et des facteurs personnels et familiaux de vulnérabilité ou de protection ;

prévenir des difficultés liées à l'activité sportive intensive ;

orienter vers une prise en charge adaptée si besoin.

3° Une fois tous les quatre ans, une épreuve d'effort maximale telle que précisée à l'article 1er.

5° Les candidats à l'inscription sur la liste des sportifs de haut niveau ou sur la liste des sportifs Espoirs qui ont bénéficié de l'échocardiographie alors qu'ils étaient âgés de moins de quinze ans doivent renouveler cet examen entre dix-huit et vingt ans.

Article 3 (abrogé au 30 avril 2008) abrogé par [Arrêté du 28 février 2008](#) :

Les examens prévus une fois par an à l'article 2 ne seront pas réalisés une nouvelle fois chez un même sportif s'ils ont déjà été effectués, la même année, lors du bilan médical prévu à l'article 1er.

*TITRE III : NATURE ET PÉRIODICITÉ DES EXAMENS COMPLÉMENTAIRES
SPÉCIFIQUES À CERTAINES DISCIPLINES SPORTIVES.*

Article 4 (abrogé au 30 avril 2008) abrogé par [Arrêté du 28 février 2008](#) :

Selon les disciplines, les sportifs visés à l'article L. 231-6 du code du sport sont soumis aux examens suivants :

1° Un examen ophtalmologique annuel effectué par un spécialiste pour les disciplines suivantes :

sports mécaniques ;

sports aériens (sauf aéromodélisme) ;

disciplines alpines (ski alpin et acrobatique, snowboard) et ski-alpinisme ;

sports de combats (pieds-poings).

2° Un examen ORL annuel effectué par un spécialiste pour les disciplines suivantes :

sports aériens (sauf aéromodélisme) ;

sports sous-marins.

3° Un examen biologique, trois fois par an, comprenant :

numération-formule sanguine, réticulocytes, ferritine pour les disciplines suivantes :

athlétisme (courses uniquement) ;

aviron ;

biathlon ;

course d'orientation ;

cyclisme ;

natation ;

pentathlon moderne ;

roller skating ;

ski de fond ;

triathlon.

VU

NANCY, le **31 mars 2010**

Le Président de Thèse

Professeur B. CHENUÉL

NANCY, le **1^{er} avril 2010**

Le Doyen de la Faculté de Médecine

Professeur H. COUDANE

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE

NANCY, le **12 avril 2010**

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY 1

Par délégation

Madame C. CAPDEVILLE-ATKISON

RESUME DE THESE

Le Sportif de Haut Niveau est un patient à part dans le sens où son objectif de santé ne se limite pas au classique « état de bien être global » comme le décrit l'OMS mais va être également de repousser les limites physiologiques de son organisme pour pouvoir améliorer ses performances tout en évitant la survenue de blessure. Il est ainsi particulièrement exposé à de nombreux problèmes de santé sur le plan physique et mental. C'est ici que réside l'intérêt du suivi médical obligatoire que doivent subir ces athlètes. Cet ouvrage fait donc une description du monde du Sport de Haut Niveau ainsi que du contenu et des objectifs du suivi médical régulier qu'il impose, allant de l'examen clinique biannuel à l'échocardiographie initiale ou encore à l'épreuve d'effort maximal réalisée tous les quatre ans. Une étude portant sur ces bilans médicaux répétés chez des jeunes joueurs de tennis lorrains suivis pendant plusieurs années vient illustrer ces propos et révèle quelques-unes des conséquences possibles d'une pratique sportive intensive sur des organismes en croissance. La description de ces conséquences potentielles fait elle-même l'objet d'un chapitre spécifique. Cet ouvrage offre donc une vision globale du rôle du Médecin dans le Sport de Haut Niveau, partagé entre le désir d'amélioration des performances que manifeste l'athlète et la gestion des risques que celui-ci fait ainsi courir pour sa santé globale.

TITRE EN ANGLAIS

Description and interest of the longitudinal medical follow-up of elite athletes.

Study on 29 young tennis players from Lorraine.

THESE: MEDECINE GENERALE - ANNEE 2010

MOTS CLES

suivi médical longitudinal, sportif haut niveau, tennis, surentrainement.

KEYWORDS

longitudinal medical follow-up, athletes, tennis, overtraining.

INTITULE ET ADRESSE DE L'U.F.R.

Faculté de Médecine de Nancy

9, Avenue de la Forêt de Haye

54505 Vandoeuvre lès Nancy Cedex