Holorachis et aptitude initiale au parachutisme militaire : Étude de 619 radiographies pan-rachidiennes réalisées en vue de la détermination de l'aptitude initiale au parachutisme militaire en école d'officiers.

D. Vallette d'Osia-Hitier, J.-B. Hitier, T. Dhalluin, L. Aigle

Résumé

Introduction : la radiographie pan-rachidienne réalisée de manière systématique pour l'aptitude au parachutisme militaire (saut à ouverture automatique) fait découvrir des anomalies du rachis. Objectifs : décrire les anomalies découvertes, évaluer la fréquence de l'inaptitude au saut à ouverture automatique et de l'inaptitude à servir qui en découlent. Matériel et méthode : nous avons étudié les radiographies enregistrées dans le logiciel unique médico-militaire à Coëtquidan de 2012 à 2016 et rattachées à un certificat d'aptitude au saut à ouverture automatique. Résultats : 619 sujets ont été inclus ; 2,42 % sont inaptes au saut à ouverture automatique pour un critère radiographique, aucun n'est inapte à servir. La scoliose d'angle de Cobb >15° est la principale cause d'inaptitude au saut à ouverture automatique. Elle touche 11,36 % des femmes (avec un sexe ratio de 5 :1). Un bilan complémentaire a été réalisé pour 12 sujets. Conclusion : la radiographie pan-rachidienne a peu d'impact sur l'aptitude au saut à ouverture automatique. De valeur médicolégale, elle ne devrait appuyer l'examen clinique que dans un second temps. L'extension de l'aptitude au saut à ouverture automatique devrait être discutée pour les scolioses dont l'angle de Cobb est ≤20°.

Mots-clés : Aptitude médicale. Parachutisme militaire. Rachis. Radiographie.

Abstract

FULL-SPINE RADIOGRAPH AND MILITARY PARACHUTING FITNESS: REVIEW OF 619 FULL-SPINE X-RAYS PERFORMED FOR THE DETERMINATION OF MILITARY PARACHUTING INITIAL FITNESS IN OFFICERS' SCHOOL.

Introduction: The full-spine radiograph systematically performed for military parachuting (static-line) fitness reveals abnormalities on the spine. Objective: Describe the abnormalities discovered, assess the frequency of resulting unfitness for static-line and unfitness for serving. Methods: We studied the radiographs recorded in the medical-military software in Coëtquidan from 2012 to 2016 linked to a certificate of fitness for static-line. Results: 619 subjects were included. Two point forty two percent were unfit for static-line based on X-ray standards, none were unfit to serve. The scoliosis with Cobb angle >15° is the main cause of unfitness for static-line. It affects 11.36% of the women (with sex ratio 5:1). An additional further examination was performed for 12 subjects. Conclusion: The full-spine radiograph has limited impact on the fitness for static-line. Constituting forensic validity, it should only subsequently support the clinical examination. The extension of the fitness for static-line would be debated for scoliosis with Cobb angle ≤20°.

Keywords: Medical fitness. Military static-line jumps. Radiographs. Spine.

Introduction

La formation au parachutisme militaire est une composante essentielle de la formation militaire dispensée aux écoles de Saint-Cyr Coëtquidan. Elle permet aux élèves officiers de mieux connaître leurs limites et de disposer des compétences nécessaires pour participer à des actions aéroportées, mais

D. VALLETTE d'OSIA-HITIER, médecin du travail. Association médicale interentreprises – Paris. J.-B. HITIER, médecin principal, praticien confirmé. T. DHALLUIN, médecin de santé publique. L. AIGLE, médecin en chef, professeur agrégé de l'École du Val-de-Grâce.

Correspondance : Madame le médecin D. VALLETTE d'OSIA-HITIER, 30 bis rue Chaligny – 75012 Paris.

E-mail : dvdosia@gmail.com

seuls quelques-uns choisissent ensuite une carrière parachutiste.

Le brevet militaire de parachutiste qui est systématiquement proposé aux élèves concerne le Saut à ouverture automatique (SOA) avec un Ensemble de parachutage individuel (EPI), qui sera progressivement remplacé par l'ensemble de parachutage du combattant (EPC). Il se prépare à l'École des troupes aéroportées (ETAP) à Pau et est obtenu après une instruction de 37 heures et six sauts, dont un avec une gaine et un de nuit.

Lorsqu'il sort de l'avion, le parachutiste est propulsé à la vitesse de l'avion (>200 km/h) et décrit une courbe parabolique, le temps que la sangle d'ouverture automatique permette le déploiement de la voilure. En trois secondes, il parcourt une distance d'environ 50 m et sa vitesse passe d'environ 200 km/h à 18 km/h. Il subit une décélération de l'ordre de 4 G (1). La position du parachutiste à l'ouverture du parachute doit être tête hyper fléchie, menton amené contre le sternum, membres supérieurs fléchis au contact du thorax, membres inférieurs accolés semi-fléchis, tous les muscles contractés au maximum. Le choc à l'ouverture s'applique de bas en haut, à partir de la sangle fessière du parachute, dans un plan frontal passant par l'extrémité du coccyx, la charnière lombo-sacrée et coupant le rachis au niveau de la charnière cervico-dorsale. À l'approche du sol, le parachutiste doit adopter une position de sécurité, pieds joints parallèles au sol, genoux serrés légèrement fléchis et déverrouillés, hanches légèrement fléchies, dos rond, coudes rentrés serrés le long du corps. L'atterrissage se termine théoriquement par un « roulé-boulé », destiné à amortir la chute. Le choc s'applique de bas en haut, à partir des chevilles, et remonte jusqu'au rachis dorsal, avec une force proportionnelle au carré de la vitesse du vent et au poids du sujet, de 3,2 G pour un vent de 5 m/s au sol (1, 2).

Les études des accidents de saut en parachute militaire (tous parachutes inclus) menées en France depuis 2000 rapportent une incidence variant, selon la définition d'accident, de 12,6 à 67,8 pour 10 000 sauts (3, 4). L'ETAP a le plus faible taux d'incidence des accidents de saut des unités parachutistes de l'armée de Terre (3). Le SOA est plus à risque de blessure que le saut à ouverture commandée retardée (SOCR) (3, 4). Le rachis est le deuxième siège de blessure au décours d'un SOA, après les membres inférieurs et avant les membres supérieurs (4), avec une incidence des blessures du rachis de 21,8 pour 10 000 SOA, et de 1,9 pour 10 000 SOA pour les fractures du rachis. Les fractures rachidiennes concernent essentiellement le rachis lombaire, principalement L1, et secondairement la partie basse du rachis thoracique, principalement D12 (3). La majorité des blessures rachidiennes survient lors de l'atterrissage (90 %), le reste survenant lors du choc à l'ouverture (2, 3).

Teyssandier décrivait quatre mécanismes de lésion rachidienne (2) :

– la pression verticale de bas en haut, essentiellement à l'atterrissage, surtout en cas de déventement ou de refus de sol, est responsable de fractures et atteintes discales, préférentiellement entre T11 et L5 ;

– l'hyperflexion de la colonne vertébrale explique des fractures et certaines atteintes disco-ligamentaires à l'atterrissage, préférentiellement en T12 et L1, et au niveau de la colonne cervicale en cas d'atterrissage arrière (et historiquement à l'ouverture) ;

– l'hyperextension de la colonne vertébrale peut causer des lésions cervicales par projection violente de la tête en arrière ;

– le choc direct sur le rachis peut entraîner des lésions, si une protubérance du sol se trouve à l'endroit où le parachutiste va rouler en fin d'atterrissage.

L'association de la pression verticale et de l'hyper flexion est la plus souvent en cause.

Une étude des radiographies du rachis chez 74 instructeurs parachutistes militaires israéliens suggère que le parachutisme militaire expose à une dégénérescence prématurée des disques intervertébraux, en particulier au niveau lombaire (1), et à la spondylolyse (1, 5). Cependant, ces résultats ont été remis en cause par d'autres études (6, 7). Une étude menée chez 39 parachutistes opérés du rachis montre que plus de la moitié des lésions rachidiennes dont ils souffraient n'étaient pas directement imputables à un accident de saut, mais survenaient sur un mode chronique, le saut en parachute semblant être un cofacteur déclenchant (8).

Les critères d'aptitude médicale au SOA sont établis pour assurer la prévention des lésions rachidiennes, en évitant d'exposer au SOA les candidats présentant un facteur de risque de lésion rachidienne accidentelle ou d'usure prématurée du rachis à plus long terme.

Un « profil médical » (SIGYCOP) est réalisé lors de la visite d'incorporation des candidats à l'engagement. L'examen du rachis, répertorié sous le sigle G, n'inclut pas d'imagerie de manière systématique. Pour la population de notre étude, l'aptitude médicale à servir est déterminée en se référant à l'instruction ministérielle n° 812 relative aux normes médicales d'aptitude applicables au personnel militaire de l'armée de Terre (IM 812).

La détermination de l'aptitude médicale initiale au SOA relève de l'instruction ministérielle n° 700 relative à l'aptitude médicale à la pratique du parachutisme militaire (IM 700). Elle s'appuie sur des critères morphologiques, un examen clinique général et un examen radiologique du rachis en orthostatisme de face et de profil (couramment appelé holorachis).

À l'examen du rachis, sont éliminatoires à l'expertise initiale :

– les séquelles de traumatismes graves ayant entraîné une instabilité rachidienne ou nécessité une chirurgie réparatrice ;

– la répétition fréquente d'épisodes douloureux aigus du rachis ou l'existence de rachialgies chroniques ;

– les lésions osseuses fragilisantes du rachis et du bassin ;

– les radiculalgies par conflit disco-radiculaire opérées ;

– les troubles statiques rachidiens importants :

- scoliose vraie avec rotation des corps vertébraux (avec un angle de scoliose supérieur à 15°),

- hypercyphose dorsale d'angle supérieur à 50°,

- spondylolyses avec spondylolisthésis de types II et III (plus d'un tiers de la longueur du plateau sacré sur le cliché de profil),
- blocs vertébraux congénitaux ou acquis de deux vertèbres et plus avec retentissement sur la statique et/ou avec modifications morphologiques des corps vertébraux (hémivertèbre, hémicorps).

De la présence à l'holorachis de dysmorphie vertébrale entraînant un classement G>2 découle simultanément une inaptitude à servir comme officier des armes et au SOA (tab. I).

Tableau I. Profil médical minimal d'aptitude.

Aptitude minimale	S	I	G	Y	C	O	P
Officier des armes	2	2	2	5	4	3	0
SOA	2	1	2	3	3	2	2

L'holorachis réalisé en vue de la détermination d'une aptitude initiale au parachutisme militaire peut faire découvrir des anomalies a priori asymptomatiques. Ces découvertes, fortuites, entraînent parfois la réalisation d'une imagerie complémentaire, et éventuellement la sollicitation d'un avis spécialisé (neurochirurgical, rhumatologique). En outre, certaines anomalies remettent en cause a posteriori l'aptitude à servir.

L'objectif principal de cette étude est de décrire les anomalies mises en évidence sur les holorachis réalisés dans le cadre de la détermination de l'aptitude au SOA chez les officiers des armes, et d'évaluer la fréquence de ceux qui motivent une inaptitude au SOA et de ceux qui remettent en cause l'aptitude à servir. L'objectif secondaire est d'évaluer la fréquence de réalisation d'un examen complémentaire et de sollicitation d'un avis spécialisé pour déterminer l'aptitude au SOA.

Matériel et méthode

Il s'agit d'une étude épidémiologique transversale descriptive monocentrique, menée aux écoles militaires de Saint-Cyr Coëtquidan.

Population d'étude

Les sujets éligibles étaient tous les candidats au brevet militaire de parachutiste dont l'holorachis, réalisé pour la détermination de l'aptitude initiale au parachutisme militaire, était enregistré dans le Logiciel unique médico-militaire (LUMM) au Centre médical des armées (CMA) de Coëtquidan entre 2012 et 2016 : les élèves de l'École spéciale militaire (ESM de Saint-Cyr), de l'École militaire interarmes (EMIA), du Centre international de formation (CIF), les Élèves de l'école polytechnique (EOX), les Élèves officiers sous contrat (EOSC), ainsi que les Élèves officiers de Gendarmerie (EGND) et les cadres. Étaient exclus les candidats pour lesquels aucun avis d'aptitude au parachutisme n'était retrouvé dans le dossier médical. L'étude a été autorisée par le CMA de Coëtquidan.

Recueil des données

Les comptes rendus des holorachis réalisés pour la détermination de l'aptitude au SOA sont adressés par le radiologue au CMA de Coëtquidan et enregistrés dans les dossiers médicaux. Nous avons extrait du LUMM et analysé ceux qui étaient enregistrés au CMA de Coëtquidan depuis la numérisation des dossiers dans le LUMM, en août 2012, et jusqu'en novembre 2016. Les informations recueillies concernaient l'âge du patient au moment de l'examen, les critères radiologiques d'inaptitude au parachutisme militaire explicitement cités dans l'IM 700, les dysmorphies vertébrales radiologiques entraînant un classement G>2 dans le profil médical d'aptitude, la présence d'un spina bifida.

Pour chaque candidat inclus ont ensuite été extraits du dossier médical du LUMM :

– les caractéristiques générales, comportant le sexe, l'IMC, la formation (ESM, EMIA, OSC, CIF, cadre, OX, GND) ;

– le certificat médico-administratif d'aptitude initiale au parachutisme militaire 620-4/1 ;

– un éventuel examen complémentaire ou avis spécialisé, nécessaire à la détermination de l'aptitude initiale au parachutisme militaire.

L'accès aux dossiers médicaux au format papier a permis de compléter les informations manquantes aux dossiers informatisés.

Analyse statistique

Les logiciels Epi Info version 7.2 et XLSTAT 2017 ont été utilisés pour effectuer les tests statistiques, avec les tests de Fisher et ANOVA. Les résultats ont été considérés significatifs pour $p<0,05$.

Résultats

Caractéristiques de la population

Parmi les 643 cas éligibles, 24 présentaient un holorachis sans avis d'aptitude au SOA associé. Finalement 619 cas ont été inclus. Leurs principales caractéristiques sont détaillées dans le tableau II. L'IMC n'a pu être relevé dans le dossier médical que pour 334 cas. Les élèves de l'ESM, du CIF et les EOX sont significativement plus jeunes que les élèves de l'EMIA, les EOSC et les EGND. Les cadres sont significativement plus âgés que tous les élèves ($p<0,05$).

Caractéristiques des avis d'aptitude au SOA

La répartition des avis d'aptitude dans chaque formation est détaillée dans le tableau III. Les formations ont été regroupées sur le critère de la catégorie d'âge afin de procurer plus de puissance à l'étude (le « groupe ESM » comprenant les élèves de l'ESM, du CIF et les EOX d'une part, le « groupe EMIA » comprenant les élèves de l'EMIA, les EOSC, EGND et cadres d'autre part), sans révéler de différence significative de la répartition des avis d'aptitude ($p>0,05$).

Tableau II. Caractéristiques biométriques selon la formation suivie.

	Effectif	Âge moyen	Hommes		Femmes		IMC moyen
		(ans)	nombre	%	nombre	%	(kg.m^{-2})
ESM	434	21.5	403	(92,8)	31	(7,14)	22,78
EMIA	147	26.2	136	(92,52)	11	(7,48)	23,31
CIF	18	20.7	18	(100)	0	-	24,12
EOSC	12	26.4	10	(83,33)	2	(16,67)	22,64
Cadre	5	33.8	5	(100)	0	-	24,09
EOX	2	20.5	2	(100)	0	-	-
EGND	1	25.3	1	(100)	0	-	-
Total	619	22.8	575	(92,89)	44	(7,11)	23,03
p = Test		2,00^{e-16} ANOVA	0,623 Fisher				0,031 ANOVA

Tableau III. Répartition des avis d'aptitude selon la formation de rattachement.

Formation	Aptitude SOA		Inaptitude SOA Critère holorachis		Inaptitude SOA Autre que rachis		Total Fisher
	nombre	%	nombre	%	nombre	%	p = 0,378
ESM	398	91,71	11	2,53	25	5,76	434
EMIA	132	89,80	4	2,72	11	7,48	147
CIF	14	77,78	0	-	4	22,22	18
EOSC	10	83,33	0	-	2	16,67	12
Cadre	5	100	0	-	0	-	5
EOX	2	100	0	-	0	-	2
EGND	1	100	0	-	0	-	1
Fisher *p* = 0,378							
Groupe ESM	414	91,19	11	2,42	29	6,39	454
Groupe EMIA	148	89,70	4	2,42	13	7,89	165
Fisher *p* = 0,792							
Total	562	90,79	15	2,42	42	6,79	619

Nous avons comparé les avis d'aptitude selon les caractéristiques biométriques dans le tableau IV. L'holorachis appuie 6,5 fois plus d'inaptitudes au SOA chez les femmes que chez les hommes, toutes pour une scoliose vraie d'angle de Cobb supérieur à 15°.

Anomalies des holorachis

À la lecture des comptes rendus des holorachis, les anomalies suivantes, susceptibles d'entraîner un avis d'inaptitude initiale au SOA, voire de remettre en cause l'aptitude à servir, sont relevées :

– 17 scolioses vraies d'angle de Cobb supérieur à 15° ;
– 3 hypercyphoses dorsales d'angle supérieur à 50° ;
– 2 blocs vertébraux de deux vertèbres avec retentissement sur la statique ;
– 1 hémivertèbre ;
– 11 spondylolyses avec un spondylolisthésis de type I ;
– 9 spina bifida ;
– 2 arthroses (une cervicarthrose et une discarthrose dorsale moyenne débutante) ;
– 1 canal lombaire étroit.

Aucune spondylolyse avec un spondylolisthésis de type II ou III n'est relevée. Par ailleurs 64 scolioses d'angle de Cobb compris entre 10° et 15° sont signalées. Parmi les scolioses d'angle de Cobb supérieur à 15°, 14 ont un angle de Cobb inférieur à 20°. Les 3 hypercyphoses dorsales d'angle supérieur à 50° sont à 51° et 52°.

La réalisation de l'holorachis révèle 44 anomalies, a priori asymptomatiques, remettant en cause l'aptitude à servir chez 41 sujets selon l'arrêté du 20 décembre 2012 :

– les scolioses vraies d'angle de Cobb entre 15° et 30° (classement G=2 à G=4) ;
– les hypercyphoses dorsales (classement G=2 à G=6) ;
– l'hémivertèbre (classement G=3 à G=6) ;

Tableau IV. Répartition des avis d'aptitude selon les caractéristiques biométriques.

	Âge	Homme		Femme		IMC
	(ans)	nombre	%	nombre	%	($kg.m^{-2}$)
Aptitude SOA	22,7	527	91,65	35	79,55	22,9
Inaptitude SOA critère holorachis	22,8	10	1,74	5	11,36	23,5
Inaptitude SOA critère autre	23,1	38	6,61	4	9,09	24,3
Test *p* =	ANOVA 0,587	Fisher 0,002				ANOVA 0,004

– les spondylolyses avec un spondylolisthésis de type I (classement G=2 à G=4) ;
– les spina bifida (classement G=1, ou G=6 si associée à un méningocèle) ;
– les arthroses, discarthrose et cervicarthrose (classement G=3 à G=5) ;
– le canal lombaire étroit (classement G=3 à G=5).

Finalement aucun avis d'inaptitude à servir n'a été émis dans notre étude.

Au total 24 candidats, regroupant 26 anomalies, présentent au moins un critère d'inaptitude au SOA selon l'IM 700 sur l'holorachis (3,88 %), deux holorachis montrant simultanément deux critères : l'un montre une hypercyphose dorsale supérieure à 50° associée à une scoliose d'angle de Cobb supérieur à 15°, et l'autre une hémivertèbre associée à une scoliose d'angle de Cobb supérieur à 15° (fig. 1).

La comparaison des caractéristiques biométriques pour chaque anomalie sur l'holorachis (tab. V) montre une fréquence des scolioses significativement plus importante chez les femmes que chez les hommes (5,4:1 pour les scolioses d'angle de Cobb supérieur à 15°, 2,1:1 pour l'ensemble des scolioses vraies) ($p<0,05$).

Bilans complémentaires

Le maintien de l'aptitude à servir après la découverte d'une anomalie sur l'holorachis a requis un bilan complémentaire pour 8 sujets : pour 5 cas de spina bifida, le cas d'hémivertèbre associé à une scoliose d'angle de Cobb supérieur à 15°, le cas de cervicarthrose, et le cas de canal lombaire étroit asymptomatique.

La détermination de l'aptitude au SOA a également nécessité un bilan complémentaire pour 3 candidats : pour 2 cas de scoliose d'angle de Cobb supérieur à 15° et un cas de spondylolyse avec un spondylolisthésis de type I.

La découverte fortuite d'une opacité ovalaire de tonalité calcique se projetant dans les parties molles sur un holorachis a entraîné la réalisation d'une échographie abdominale.

Au total, pour 12 candidats ont été réalisés 6 scanners rachidiens, une IRM rachidienne, une échographie abdominale, 2 secondes radiographies rachidiennes, et sollicités 6 avis d'un neurochirurgien militaire, et un avis d'un rhumatologue militaire. Seul le candidat présentant une hémivertèbre n'a pu conserver le classement G=2 ni obtenir l'aptitude initiale au SOA à l'issue de ce bilan.

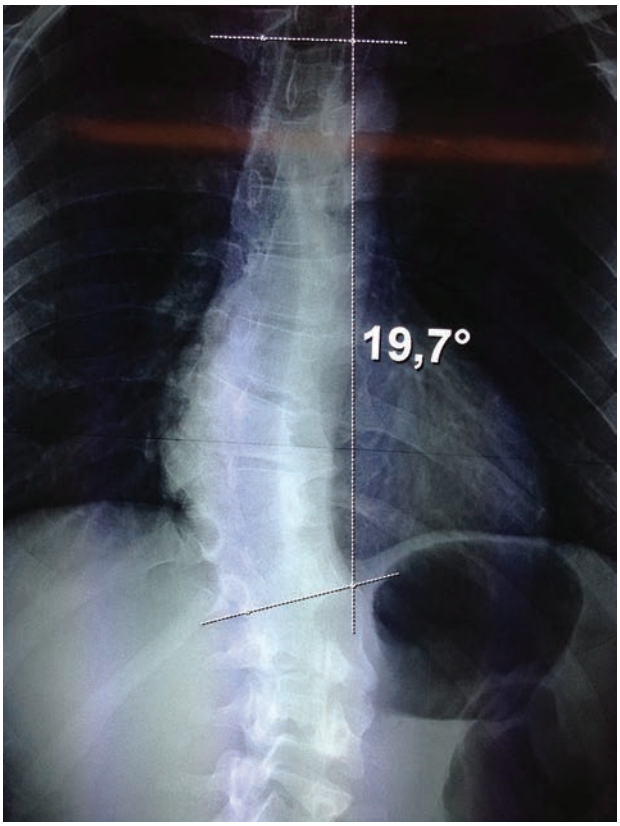


Figure 1. Radiographie du rachis dorsolombaire avec scoliose prononcée.

Détermination de l'aptitude au SOA

Le tableau VI rapporte la répartition des avis d'aptitude selon les résultats des holorachis.

Parmi les 15 avis d'inaptitude au SOA s'appuyant sur les résultats de l'holorachis, 12 sont associés à des critères d'inaptitude spécifiés dans le texte de l'IM 700, et 3 sont liés à une décision du médecin signataire de l'avis d'aptitude, en désaccord avec l'IM 700. Cependant 10 cas d'anomalie spécifiée dans l'IM 700 ne sont pas suivis d'un avis d'inaptitude au SOA. Deux de ces 10 cas sont des scolioses dont l'angle de Cobb est abaissé à 15° après la réalisation d'un bilan complémentaire, permettant ainsi l'aptitude au SOA conformément à l'IM 700. Pour 42 candidats l'holorachis ne présente pas d'anomalie, mais un avis d'inaptitude au SOA est émis, pour un critère de l'IM 700 indépendant de l'holorachis.

Tableau V. Répartition des anomalies à l'holorachis selon les caractères biométriques.

Anomalie	Age (ans)		Sexe					IMC (kg.m^{-2})	
	oui	non	Homme		Femme		Fisher	oui	non
			n	%	n	%	*p*=		
Scoliose >15°	22,84	22,70	12	2,09	5	11,36	0,005	22,76	23,06
Hypercyphose >50°	23,47	22,75	2	0,35	1	2,27	0,199	23,99	23,03
Blocs vertébraux, Hémicorps, hémivertèbre	22,33	22,75	3	0,52	0	-	1,000	24,73	23,02
Dysmorphie G>2	22,51	22,77	3	0,52	0	-	1,000	-	23,03
Spina bifida	21,44	22,77	9	1,57	0	-	1,000	22,43	23,04
Spondylolisthésis I	22,09	22,77	9	1,57	2	4,55	0,181	24,04	23,02
Scoliose [10-15[°	23,21	22,70	58	10,06	6	13,64	0,441	22,76	23,06
Toutes scolioses >10°	23,13	22,69	-70	12,17	11	25,0	0,033	22,68	23,07

Tableau VI. Répartition des avis d'aptitude selon les résultats des holorachis.

Anomalies à l'holorachis	Aptitude SOA				Inaptitude SOA				Total
	Accord IM 700		Contre IM 700		Accord IM 700		Contre IM 700		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Scoliose >15°	2	11,76	5	29,41	10	58,82	-		17
Hypercyphose >50°	-		2	66,67	1	33,33	-		3
Blocs vertébraux, Hémicorps, hémivertèbre	-		1	33,33	2	66,67	-		3
Canal lombaire étroit	1	100	-		-		-		1
Discarthrose	-		-		1	100	-		1
Cervicarthrose	1	100	-		-		-		1
Spondylolisthésis I[B]	7	63,64	-		1	9,09	3	27,27	11
Spina bifida	9	100	-		-		-		9
Pas de critère holorachis	534		-		42		-		576
Total des avis[A]	554		8		54		3		619

Discussion

Limites et forces

La principale force de cette étude est d'être réalisée aux écoles militaires de Saint-Cyr Coëtquidan, où tous les officiers des armes de l'armée de Terre sont formés et candidats au brevet militaire de parachutiste. La majorité des aptitudes au SOA des officiers des armes de l'armée de Terre y est donc déterminée, ce qui permet une comparaison avec la population des engagés volontaires.

Cependant un biais de recueil empêche de conclure à une représentativité exacte de la population des élèves officiers des armes de l'armée de Terre : une partie des holorachis n'a pas été numérisée et l'échantillon sélectionné n'a pas été randomisé. De plus les avis d'aptitude pour les officiers sous contrat ne sont pas délivrés au CMA de Saint-Cyr Coëtquidan, ce qui limite l'extrapolation des résultats de notre étude à la population des officiers des armes de l'armée de Terre.

Malgré la grande taille de notre population d'étude, obtenue par une période d'inclusion de 4 ans, l'utilisation du test statistique du Khi^2, plus fiable que le test de Fisher, n'était pas permise, la fréquence des anomalies découvertes à l'holorachis étant trop faible.

Il s'agit d'une étude transversale descriptive, donc de niveau de preuve C, et présentant inévitablement des biais de sélection :

– quelques-uns des holorachis inclus ont pu être réalisés dans le cadre d'un bilan de scoliose, non en vue d'une aptitude au SOA ;

– seuls les comptes rendus des holorachis étaient numérisés, des informations pouvaient manquer, sans que les radiographies puissent être relues ;

– pour les sujets ayant quitté les écoles militaires de Coëtquidan avant le second semestre 2016, le dossier complet du LUMM n'était plus accessible. Leur date de naissance, sexe, et unité d'affectation étaient visibles, mais leur IMC et la réalisation d'un éventuel bilan complémentaire n'ont pu être relevés ;

– l'IMC relevé dans le dossier LUMM était l'IMC calculé à la dernière visite médicale, et ne correspondait pas obligatoirement à l'IMC retenu lors de la détermination de l'aptitude au SOA.

Anomalies mises en évidence par la réalisation de l'holorachis

La scoliose vraie d'angle de Cobb supérieur à 15° est l'anomalie la plus fréquemment mise en évidence par l'holorachis (2,75 % des holorachis), la découverte d'anomalies correspondant aux autres critères d'inaptitude au SOA est sporadique. Dans notre population, l'incidence de la scoliose vraie est deux fois plus importante chez les femmes que chez les hommes, avec un sexe ratio plus important pour les scolioses vraies d'angle de Cobb supérieur à 15° (5:1), proche de celui des scolioses vraies dans la population générale (8:1) (9).

La population d'étude présente moins d'anomalies rachidiennes à la radiographie que la population générale. L'incidence de la scoliose vraie d'angle de Cobb supérieur à 10° (10,34 %) est 4 à 8 fois moins importante que dans la population générale adulte (10). Celle du spondylolisthésis est de 1,78 %, proche des plus faibles incidences constatées dans la population caucasienne (5).

La composition de notre population d'étude explique ces faibles incidences. Elle est majoritairement masculine, alors que l'incidence de la scoliose est plus importante chez les femmes que chez les hommes (9). De plus, il s'agit de sujets militaires aptes à servir, exempts de pathologie ayant un fort retentissement rachidien ou de rachialgie chronique, et a priori en meilleure condition physique que la population générale. Or les scolioses, les anomalies morphologiques de vertèbre (hémivertèbre, hémicorps, blocs vertébraux), les spondylolisthésis semblent être des facteurs de risque de rachialgie lombaire (11).

La pratique d'une activité sportive semble diminuer le risque de cyphose thoracique en renforçant les muscles érecteur du rachis (12), ce qui expliquerait la faible proportion de cyphoses thoraciques supérieures à 50° dans notre étude.

Influence de l'holorachis sur la détermination de l'aptitude au SOA

La scoliose d'angle de Cobb supérieur à 15° est la première cause d'inaptitude au SOA s'appuyant sur le résultat de l'holorachis (66,67 % des avis d'inaptitude s'appuyant sur l'holorachis).

Dans notre étude 90,79 % des candidats sont aptes au SOA après la réalisation de l'holorachis, 2,42 % sont inaptes au SOA en raison d'un résultat anormal de l'holorachis, et 6,79 % des candidats sont inaptes au SOA pour une raison sans lien avec l'holorachis, mais relevant d'un autre critère de l'IM 700. La proportion d'inaptitudes au SOA pour un résultat anormal à l'holorachis est plus importante chez les femmes que chez les hommes, ce qui semble être lié à la fréquence plus élevée des scolioses vraies d'angle de Cobb supérieur à 15° chez les femmes que chez les hommes.

Nous avons relevé 13 avis d'aptitude qui ne sont pas en cohérence avec l'IM 700.

Dans 10 cas, concernant 41,67 % des candidats présentant un critère d'inaptitude initiale au SOA selon l'IM 700 à l'holorachis, une aptitude au SOA a été émise :

– l'hypercyphose thoracique supérieure à 50° n'est pas prise en compte par les médecins, qui mettent en balance l'augmentation du risque de lésion au SOA, considérée minime pour des hypercyphoses à 51° ou 52°, et le préjudice de l'inaptitude au SOA pour les élèves de Saint-Cyr Coëtquidan. Peu étudiée dans la littérature, l'hypercyphose thoracique dans la pratique du parachutisme semble limiter la tolérance du rachis à l'atterrissage, qui expose à une pression verticale en hyperflexion (2) ;

– à leur demande, certains candidats présentant une scoliose d'angle de Cobb supérieur à 15° ont passé une seconde radiographie rachidienne, qui a montré un angle de Cobb inférieur à 15° et leur a permis d'être aptes au SOA, en accord avec l'IM 700.

Dans 3 cas, concernant 20 % des avis d'inaptitude au SOA s'appuyant sur l'holorachis, l'inaptitude au SOA est liée à une anomalie sur l'holorachis ne relevant pas d'un critère de l'IM 700. Il s'agit de cas de spondylolyse avec un spondylolisthésis de type I. L'analyse de la littérature faite par Garetier en 2011 (5) note un rôle controversé du parachutisme sur le spondylolisthésis, cependant Taillard montrait en 1969 qu'un traumatisme banal pouvait transformer une spondylolyse en spondylolisthésis ou augmenter le glissement (13).

Intérêt de l'holorachis pour la détermination de l'aptitude au SOA

Une étude des holorachis réalisés pour la détermination de l'aptitude au SOA a été menée durant la même période chez des sujets du Centre de formation initiale des militaires (CFIM) de Caylus (14). Cette population, différente de celle de notre étude par ses critères d'aptitude à servir, est complémentaire dans le corps des troupes aéroportées de l'armée de Terre. La comparaison des résultats de nos deux études permet d'observer que, pour l'ensemble de la population candidate au brevet militaire de parachutiste (tab. VII) :

– les résultats de l'holorachis entraînent un faible taux d'inaptitude au SOA (< 3 %) ;

– l'IM 700, qui impose la réalisation de l'holorachis, n'est pas systématiquement suivie pour la détermination de l'aptitude au SOA ;

– l'anomalie le plus souvent mise en évidence, et la première cause d'inaptitude au SOA s'appuyant sur l'holorachis, est la scoliose d'angle de Cobb supérieur à 15°, dont le dépistage doit être clinique, avant d'être radiologique (10).

La différence du taux d'avis d'aptitude au SOA après la réalisation de l'holorachis entre nos deux études est attribuable à l'orientation de l'aptitude à servir : aux écoles de Saint-Cyr Coëtquidan, les élèves sont recrutés

Tableau VII. Influence de la réalisation de l'holorachis sur l'aptitude au SOA aux écoles de Saint-Cyr Coëtquidan et au CFIM de Caylus.

	Saint-Cyr Coëtquidan %	CFIM Caylus %
Scoliose >15°	2,8	2,3
Aptitude SOA	90,79	97,5
Dont Aptitude SOA selon IM 700	98,6	98,8
Dont Aptitude SOA désaccord IM 700	1,4	1,2
Inaptitude SOA holorachis	2,42	1,6
Dont Inaptitude pour scoliose >15°	66,7	80
Dont Inaptitude SOA selon IM 700	80	98,5
Dont Inaptitude SOA désaccord IM 700	20	1,5
Détermination d'aptitude en désaccord IM 700	1,8	1,2
Inaptitude SOA autre que holorachis	6,79	0,9

avec une aptitude à servir comme officier des armes et l'aptitude au SOA est précisée au cours de la scolarité. En revanche les stagiaires du CFIM sont recrutés pour occuper un poste en unité parachutiste. Les candidats inaptes au SOA à l'engagement sont orientés vers d'autres unités avant leur arrivée au CFIM, ce qui limite le nombre d'inaptitudes pour un motif indépendant de l'holorachis au CFIM.

La radiographie du rachis entier, demeurant l'examen complémentaire de référence pour le diagnostic et le suivi des scolioses (10, 11), expose le patient à 5 à 25 cGy/m². La technique EOS micro-dose (système d'imagerie corps entier debout) permettrait des images de qualité comparable à celles réalisées par radiologie conventionnelle, avec une réduction considérable de la dose de rayons X reçue par le patient, pour un coût identique (15). L'holorachis entraîne aussi la découverte fortuite d'anomalies. Un bilan complémentaire doit alors être réalisé, en centre militaire, afin de bénéficier de l'avis d'un spécialiste militaire (radiologue, rhumatologue, neurochirurgien) pour l'aptitude au SOA, voire le maintien de l'aptitude à servir. L'exploration de ces anomalies asymptomatiques n'est pas systématique, aucune règle ne s'imposant au médecin du Service de santé des armées.

Au vu de ces éléments, une indication ciblée de l'holorachis, s'appuyant sur un tableau clinique déterminé, en particulier la présence d'une scoliose, aisément dépistable par l'examen physique, serait plus appropriée. Pour les femmes, une vigilance particulière doit être apportée, leur risque de présenter une scoliose d'angle de Cobb supérieur à 15° n'étant pas négligeable (11,36 % des femmes dans notre étude). L'holorachis mérite cependant d'être conservé, tant pour sa valeur médico-légale, que parce qu'il permet de révéler des anomalies asymptomatiques, voire de signes d'intervention chirurgicales, justifiant une inaptitude, certains antécédents étant omis par des candidats (fig. 2, 3).

Concernant la scoliose, aucune étude ne rapporte les effets du parachutisme. L'effet principal semble être



Figure 2. Cicatrice peu visible sur la face antérieure du cou en rapport avec une omission volontaire de chirurgie du rachis cervical. © L. Aigle.

la rachialgie, la scoliose comme le parachutisme étant des facteurs de risque (2, 6, 10). Les normes d'aptitude médicale pour les troupes aéroportées dans l'armée américaine autorisent un angle de Cobb jusqu'à 20° pour les scolioses (16), avec une incidence des atteintes rachidiennes lors d'accidents de saut à l'entraînement proche de celle des troupes aéroportées françaises (105 accidents pour 10 000 sauts déclarés en 2011, avec 11,7 blessures du rachis lombaire pour 10 000 sauts, et



Figure 3. Matériel d'ostéosynthèse visible sur la radiographie du rachis cervical de face. © L. Aigle.

1,7 fractures du rachis lombaire pour 10 000 sauts) (17). Dans notre étude 14 des 17 candidats présentant une scoliose d'angle de Cobb supérieur à 15° seraient aptes au SOA en appliquant de telles normes (7 le sont déjà, en désaccord avec l'IM 700). Dans l'étude menée en parallèle (14), 70 des candidats présentant une scoliose d'angle de Cobb supérieur à 15° seraient aptes (29 le sont déjà). Un suivi de ces parachutistes présentant une scoliose d'angle de Cobb entre 15° et 20° appuierait une modification de l'IM 700 en faveur de l'aptitude au SOA pour les scolioses jusqu'à 20° d'angle de Cobb.

Dans notre étude, la deuxième cause d'inaptitude au SOA s'appuyant sur l'holorachis est la spondylolyse avec spondylolisthésis de type I, bien qu'il ne s'agisse pas d'un critère d'inaptitude selon l'IM 700. En raison du risque de majoration du spondylolisthésis à l'âge adulte, quel que soit son grade initial, Garetier préconise qu'il soit une cause d'inaptitude pour le parachutisme (5). Un suivi des parachutistes présentant un spondylolisthésis de type 1 dépisté à l'holorachis pourrait étayer cette proposition.

La modernisation du matériel doit permettre une vitesse d'atterrissage plus lente avec une charge plus lourde, et diminuer le nombre et la gravité des accidents de saut. Le remplacement de l'EPI par l'EPC offre quant à lui l'occasion de réviser les critères d'aptitude au SOA.

Conclusion

L'holorachis appuie un faible taux d'inaptitude au parachutisme militaire aux écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (<3 %). La scoliose d'angle de Cobb supérieur à 15° est la principale anomalie mise en évidence par cet examen et la première cause d'inaptitude au SOA s'appuyant sur l'holorachis. Les autres anomalies correspondant aux critères d'inaptitude sont exceptionnelles. Ces résultats concordent avec ceux de l'étude menée dans la population des engagés volontaires dans les troupes aéroportées de l'armée de Terre.

Malgré ce faible impact de l'holorachis sur l'aptitude au SOA, sa réalisation a révélé des anomalies remettant en cause l'aptitude à servir chez 41 candidats. Bien qu'aucune inaptitude à servir n'ait été prononcée, un bilan complémentaire comprenant une imagerie et parfois l'avis d'un spécialiste militaire, a été nécessaire pour douze d'entre eux. À l'issue de ce bilan, une inaptitude au SOA a été prononcée pour un candidat.

L'indication systématique de l'holorachis ne peut être remise en cause, notamment pour sa valeur médico-légale, mais l'examen clinique attentif doit permettre de mieux cibler les sujets à risque, en particulier par le dépistage d'une scoliose, avec une attention accrue chez les femmes, dont le risque de scoliose est important. La recherche de cicatrice devrait être systématique.

Le remplacement progressif de l'EPI par l'EPC offre l'opportunité de réviser les critères d'aptitude au SOA, et d'envisager l'aptitude pour les scolioses d'angle de Cobb jusqu'à 20°, standard adopté par les troupes aéroportées américaines.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Bar-Dayan Y, Weisbort M, Bar-Dayan Y, et al. Degenerative disease in lombar spine of military parachuting instructor. J R Army Med Corps. 2003 Dec;149(4):260-4.
2. Delahaye RP, Auffret R, Doury P, et al. Physiopathologie et pathologie des affections du rachis en médecine aérospatiale. Advisory group for aerospace research and development. 1981 Apr;250.
3. Mayet A, Bay C, Salivas A, et al. Accidents de parachutisme dans les unités aéroportées de la Région Terre Sud-Ouest 2004-2005. Médecine et Armées. Février 2009;37(1):3-9.
4. Bertrand L, Facione J, Chapus J-J, Lagauche D. Upper Limb Traumatic Accidents among French Paratroopers. A Review of 266 Accidents which Occurred at the Paratrooper School between 2000 and 2007. Médecine et Armées. Avril 2013;41(2):183-9.
5. Garetier M, Chinellato S, Barberot C, et al. Spondylolisthésis par lyse isthmique : revue de la littérature, évaluation radiologique et aptitude. Médecine et Armées. 2011;40 (2):135-42.
6. Murray-Leslie CF, Lintott DJ, Wright V. The spine in sport and veteran military parachutists. Ann Rheum Dis. 1977 Aug;36 (4):332-42.
7. Nemoto O, Kitada A, Naitou S, et al. Comparative clinical and radiographic study of the lumbar spine between parachute infantry soldiers and non-parachute infantry soldiers in Japanese Ground Self-Defense forces. J R Army Med Corps. 2014 Dec;160(4):286-8.
8. Bouvet R, Kerdiles N, Maitrot RC, et al. Rachis et parachutisme. Analyse des mécanismes étiopathogéniques et prévention des lésions rachidiennes survenues lors de la pratique du parachutisme militaire. À propos d'une série de 39 patients opérés. Rachis. 1998;10(1):3-10.
9. Guide affection de longue durée : Scoliose structurale évolutive (dont l'angle est égal ou supérieur à 25°) jusqu'à maturation rachidienne. Haute Autorité de Santé. Février 2008.
10. Marty C. Scoliose évolutive. Le Webzine de la HAS. Dossiers spéciaux. Rhumatologie. 6 décembre 2011. www.has-sante.fr consulté le 3 juin 2017.
11. Steinberg EL, Luger E, Arbel R, et al. A Comparative Roentgenographic Analysis of the Lumbar Spine in Male Army Recruits with and without Lower Back Pain. Clinical Radiology, vol 58, Issue 12, Decembre 2003:985-9.
12. Dastmanesh S, Eskandari E, Shafiee GH. Relationship between physical fitness abilities, trunk range of motion and kyphosis in junior high school students. Middle-East J. Sci. Res. 2013;13(1):79-84.
13. Taillard W. Traumatisme et spondylolisthésis. Acta Orthopaedica Belgica. 1969;35:703-16.
14. Wagnon G, Aigle L, Texier G. Étude à propos de l'aptitude à servir dans les troupes parachutistes dans l'armée française en relation avec la réalisation de l'holorachis. En cours de rédaction.
15. Hui SC, Pialasse J-P, Wong JY, et al. Radiation dose of digital radiography (DR) versus micro-dose x-ray (EOS) on patients with adolescent idiopathic scoliosis: 2016 SOSORT- IRSSD John Sevastic Award Winner in Imaging Research. Scoliosis Spinal Disord. 2016 Dec 29;11:46.
16. Headquarters department of the army, Army regulation 40-501, Medical Services. Standards of medical fitness, Rapid action revision issue date 4 august 2011.
17. Knapik JJ, Steelman R, Grier T. Military parachuting injuries, associated events, and injury risk factors. Aviat Space Environ Med. 2011 Aug;82(8):797-804.