

Données de l'exploration fonctionnelle respiratoire chez des sportifs congolais bantous âgés de 20 à 40 ans : étude princeps.

Functional respiratory screening Data in Bantu sportsmen aged 20 to 40 years: preliminary study

Massamba A*, Litoto PL**, Bouyena E**,
Massamba ES*, Moulongo J*, Packa TB*,
Mboussa J***, Kayembe NJM****.

Correspondance

Massamba Alphonse
Tél. : (+242) 05 325 54 50
E-mail : mboya53@gmail.com

Summary

Context. Regular intensive physical activity plays a key role in improving cardiorespiratory performance. Spirometric reference values in sportsmen are not yet established in Congo-Brazzaville.

Objective: To evaluate the impact of intensive physical exercise on functional respiratory data in Congolese population aged 20 to 40 years.

Methods: Comparison of spirometric and plethysmographic data from 508 sportsmen and sportswomen, aged 20 to 40 years and 605 subjects not having regular physical activity. Multivariate analysis by statistical regression and correlations were used to assess the differences.

Results: Lung volumes (VC, FVC, RV, VEMS) and parameters related to pulmonary hyperinflation (TLC, FRC, IC, IC/TLC ratio) were quite similar in both groups. Otherwise, flow expiratory rates (MEF_{50%}, MEF_{25%}) were significantly higher in trained subjects ranging from about 13.8 to 40%. Respiratory volumes were correlated to both, the height and the age while correlation of the flow rates was found only with the age of the subjects

Conclusion. The results obtained, even not representative of all the population could nevertheless be used in sport medicine and cardiorespiratory revalidation in our milieu

Keys words: Ventilatory data; plethysmography; spirometry; athletes; Brazzaville

* Laboratoire de Physiologie de l'Effort et de Biomécanique, ISEPS, Université Marien NGOUABI, Brazzaville

** Direction de la Recherche, Institut National de la Jeunesse et des Sports, Brazzaville

*** Service de Pneumologie, CHU de Brazzaville

**** Service de Pneumologie, Cliniques Universitaires de Kinshasa.

Résumé

Contexte. L'intensité et la régularité d'une activité physique sont déterminantes pour l'amélioration des capacités cardiorespiratoires. Les normes spirométriques de référence, nécessaires pour une évaluation efficiente des performances chez des sportifs, ne sont pas disponibles au Congo-Brazzaville.

Objectif. Evaluer l'impact de l'activité physique intense sur les volumes et débits respiratoires dans une population congolaise de 20 à 40 ans.

Méthodes : Comparaison des données spirométriques et pléthysmographiques de 508 sportifs de haut niveau des deux sexes, âgés de 20 à 40 ans à celles de 605 sujets sédentaires. Les tests de régression en analyse multivariée et de corrélation ont été utilisés.

Résultats. Les volumes respiratoires (CV, CVF, VR, VEMS) de même que les indices témoignant d'une distension dynamique pulmonaire (CPT, CRF, CI, CI/CPT) étaient comparables à ceux des sédentaires ; tout en montrant néanmoins chez les sportifs, une nette supériorité dans le sexe masculin. Les sportifs avaient également des débits respiratoires (DEM_{50%}, DEM_{25%}) supérieurs à ceux des sédentaires, de l'ordre de 13,8 à 40,0%, sans distinction de genre. Les volumes respiratoires étaient manifestement corrélés avec l'âge et la taille des sujets, alors que les débits (DEM_{50%}, DEM_{25%}) ne l'étaient qu'avec l'âge.

Conclusion. Les données obtenues dans cette étude, quoique non facilement extrapolables à toute la population, devraient néanmoins constituer une banque d'informations utiles en médecine du sport et de revalidation dans notre milieu.

Mots clés : Données ventilatoires, pléthysmographie, spirométrie, sportif, Brazzaville

Introduction

Si la technique de la spirométrie est largement utilisée en médecine du sport depuis longtemps déjà, celle mesurant simultanément le débit ventilatoire en fonction du volume pulmonaire maximal mobilisable lors d'un mouvement forcé l'est beaucoup moins (1, 2).

Et pourtant le concept de courbes débit-volume (DV) est déjà ancien, puisque introduit par Fry et Hyatt dès 1960 (3). De nos jours, les courbes DV s'avèrent extrêmement intéressantes, en particulier pour estimer l'aptitude à la pratique de certains sports (4) ou pour évaluer la capacité de ventilation chez les athlètes (5, 6). En ce qui concerne ces derniers, les courbes DV ont montré leur supériorité sur les méthodes plus classiques comme la spirométrie (7, 8). En effet, ces auteurs ont mis en évidence un type spécial de ventilation caractérisé par l'apparition dans les courbes DV d'un plateau autour du $DEM_{75\%}$, et des débits expiratoires de pointe (DEP) très élevés, pouvant atteindre 15 l BTPS.

Bien que ce phénomène apparaisse surtout chez les sportifs adultes de haut niveau (9), il a été aussi observé chez des sportifs de 20 à 30 ans d'âge pratiquant des sports à un haut niveau, comme le football et le cyclisme (10). Hargberg et al. (11), plus récemment, l'ont aussi noté chez des handballeurs français, élèves de lycées Sports-Etudes âgés de 16 à 20 ans. Par contre, pour cette dernière discipline, ce plateau se situe en moyenne entre $DEM_{40\%}$ et $DEM_{50\%}$, alors que ce plateau selon la majorité des auteurs apparaît (dans 95% des cas) chez des sportifs professionnels ayant un $DEM_{50\%}$ supérieur à 5 l.s^{-1} , des DEP très importants (10 à 15 l) et qu'il coïncide souvent avec une forme physique exceptionnelle (11, 12). De tels débits ne sont jamais ou très exceptionnellement observés dans une population sédentaire, surtout lorsqu'il s'agit de non sportifs.

La carence d'informations dans ce domaine dans notre pays et en Afrique Subsaharienne justifie la présente étude, vue la mutation actuelle vers la professionnalisation du sport en Afrique en général, et plus particulièrement, la période de préparation des cinquantièmes Jeux Africains à Brazzaville. L'objectif est de déterminer les normes spirométriques dans une population des sujets de 20 à 40 ans et d'évaluer l'impact d'une activité physique intense sur ces paramètres.

Matériel et méthodes

Sujets

De décembre 2012 à décembre 2013, 624 sportifs ont été examinés de manière prospective en consultation de médecine du sport au Centre Médico-Sportif de Brazzaville (CMSB), Congo. Ce centre est la principale structure étatique de suivi, de contrôle et de soins primaires des sportifs engagés dans les différents tournois et compétitions au niveau national ou international. Parmi ces sportifs, 508 (81,1%) sujets ont été retenus en préparation des 50 ans des Jeux Africains de Brazzaville. Il s'agissait de 371 (73%) hommes (H) et 127 (27%) femmes (F). Les sujets, travailleurs dans les entreprises étatiques ou privées, bénéficiaient dans ce contexte d'une autorisation d'absence. Quant aux sans emplois, ils étaient soumis à répondre aux appels de leurs fédérations. Les entraînements se déroulaient de 15 heures à 18 heures, voire 19 heures, de lundi à vendredi. Leur nombre d'années de pratique variait de 5 à 27 ans. Les critères de non inclusion se résumaient à un âge inférieur à 20 ans ou supérieur à 40 ans, une appartenance parentale à un groupe ethnique congolais autre que bantou, une consommation tabagique avérée après interrogatoire et un état de santé jugé pathologique après examen cliniques/ paracliniques et explorations fonctionnelles (électrocardiographie, ergospirométrie). Les sujets atteints d'affections ORL légères au moment de l'étude ou présentant certains signes d'anxiété durant les épreuves fonctionnelles ont été également exclus, ainsi que ceux dont les explorations spirométriques montraient un rapport VEMS/CVF inférieur à 70%. De plus, un volume d'entraînement sportif inférieur à 15 heures/semaine constituait un autre critère d'exclusion, en regard du volume d'entraînement hebdo-madaire (15 à 17 heures/semaine) adopté par les entraîneurs des fédérations concernées. D'ailleurs, il est admis que la pratique régulière d'une activité sportive

pendant un minimum de 8 à 10 heures par semaine est qualifiée d'entraînement intensif (13). Tous les sujets étaient donc des sportifs

amateurs. Le tableau 1 rapporte les caractéristiques biométriques des populations étudiées et le type de sports pratiqués.

Tableau 1 : Caractéristiques biométriques des sujets sportifs et activités sportives pratiquées

<i>Données biométriques</i>	Hommes (N =324)		Femmes (N =215)	
	X ± ET	Etendue	X ± ET	Etendue
Age (ans)	25,1 ± 3,4	19 – 40	23,5 ± 2,3	19 – 31
Taille (m)	1,75 ± 2,80	1,71 – 1,85	1,66 ± 0,54	1,58 – 1,76
Poids (kg)	72,4 ± 3,8	64 – 89	57,1 ± 2,3	54 – 68
IMC (kg/m ²)	22,6 ± 1,9	19,4 - 24,7	21,7 ± 1,6	19,5 – 24,4
<i>Sports pratiqués</i>	N(%)		N(%)	
Football	138(42,6)		61(28,6)	
Handball	75(23,1)		85(34,9)	
Basketball	60(18,5)		48(22,3)	
Marathon	51(15,8)		21(14,2)	

IMC : indice de masse corporelle ; ET : écart-type

Ces sportifs ont été comparés à 605 sujets sédentaires (374 hommes et 231 femmes) de nationalité congolaise et d'origine ethnique bantoue de la République du Congo. Leurs âges, tailles et poids étaient : âge moyen, 24,8 ans (H) et 23,6 ans (F) ; taille moyenne, 1,74 m (H) et 1,66 m (F) ; poids moyen, 71,9 kg (H) et 57,4 kg (F). Ces derniers sujets étaient sélectionnés sur base de leur histoire médicale et leurs activités de la vie courante. Aucun n'avait présenté des antécédents d'affections pulmonaires au cours des 6 mois précédents, ni des anomalies thoraciques et du rachis. L'étude avait au préalable été acceptée par le comité d'éthique de la Société Médicale du Congo et approuvée par le Comité Olympique et Sportif Congolais (CNOSC). Tous les sujets, informés du but et du déroulement de l'étude, ont signé un consentement éclairé. En cas de découverte d'un déficit ventilatoire méconnu, le sujet était adressé à un spécialiste de santé respiratoire.

Méthodes

Dès l'arrivée à l'unité d'explorations fonctionnelles du CMSB, la taille et la masse corporelle étaient mesurées avec une toise murale (model 220, Secca[®], Hambourg, Allemagne) et une balance calibrée (TBF543,

Tanita[®], Tokyo, Japon). Par la suite, une pléthysmographie (Body-box 55000, Medisoft, Belgique) permettant de mesurer les volumes non mobilisables (capacité pulmonaire totale (CPT), volume résiduel (VR)) a été réalisée pour chaque sujet, conformément aux recommandations de l'American Thoracic Society (ATS) et de l'European Respiratory Society (ERS) (14). Ces mesures ont été suivies de celles de la capacité vitale lente (CV), de la capacité inspiratoire (CI), du volume expiratoire maximum seconde (VEMS), du débit expiratoire de pointe (DEP) et des autres débits ventilatoires (DEM_{50%} et DEM_{25%}). La CI, le VEMS, la CVF et le DEP ont été mesurés à l'aide d'un spiromètre portable (Spiro BT 100, Medical Electronic Construction, Bruxelles, Belgique) après éducation du sujet. Après obtention de 4 à 6 volumes de fin d'expiration successifs stables, le sujet était invité à inspirer jusqu'à capacité pulmonaire totale, puis à respirer normalement. Les mesures étaient répétées pour obtenir une variabilité de 5% maximum sur deux mesures consécutives, et la plus grande valeur était celle enregistrée (7).

En ce qui concerne les données de la courbe DV, elles se focalisaient sur le débit expiratoire

maximal lorsque 50% de la CVF reste à expirer (DEM_{50%}) et le débit expiratoire maximal lorsque 25% de la CVF reste à expirer (DEM_{25%}). Ces débits ont été évalués au cours d'une épreuve musculaire sur ergocycle Ergoline 600S, selon une technique parfaitement connue et standardisée (15). Les sujets respiraient à travers une valve de faible résistance (espace mort de 90 ml) et des tuyaux de gros diamètre (3,5 cm). Les débits étaient mesurés à l'aide d'un pneumo-tachographe type n° 3 Fleish (Godard, Stahan, Hollande), répondant aux critères de l'ATS/ ERS (14). Il était placé sur le circuit inspiratoire et connecté à un capteur de pression (MP45, Validyne, Engineering Corp., California, USA), afin d'éviter les problèmes liés à la vapeur d'eau.

Variables étudiées

Elles comprenaient principalement : le sexe, l'âge (A), la taille (T), le VEMS, la CVF, la CV, la CPT, la CI, le VR, le DEP, les rapports VEMS/CVF, VEMS/CV et CI/CPT, le DEM_{50%}, le DEM_{25%} et le VO₂ max.

Analyse statistique

Effectuée sur les logiciels Stata (version 11.0, Statsoft, USA) et Mathcad (version 6.0, Computing Research Co, Stanford, USA), l'analyse statistique a fait appel aux tests de Kolmogorov-Smirnov (vérification de la normalité des distributions des données entre hommes et femmes), au test t de Student (comparaison des données entre hommes et femmes, sportifs et sédentaires) et au test de comparaison de deux pourcentages (16). Par ailleurs, une analyse multivariée a été également effectuée en utilisant la méthode de régression PLS (Partial Least Square) (17, 18). L'adoption de cette technique statistique a permis d'établir pour chaque sexe des modèles d'équation de corrélations des volumes pulmonaires et des débits d'abord avec l'âge seul, puis avec l'âge et la taille, après détermination des coefficients r de corrélation. Les différences entre données sont considérées comme statistiquement significatives lorsque la valeur critique d'incertitude p est inférieure à 0,05.

Résultats

Données descriptives

Les données pléthysmographiques et spirométriques des sujets sont consignées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques pléthysmographiques et spirométriques des sujets

	Hommes (N =324)	Femmes (N =215)	p
VEMS (l)	4,57 ± 0,68	3,36 ± 0,51	0,043
CV (l)	5,30 ± 0,75	4,04 ± 0,57	0,039
CVF (l)	5,62 ± 0,60	4,85 ± 0,42	0,047
CPT(l)	6,99 ± 0,93	5,32 ± 0,71	0,035
CRF(l)	3,44 ± 0,60	2,64 ± 0,52	0,048
CI(l)	3,93 ± 0,05	2,71 ± 0,53	0,041
VR(l)	1,69 ± 0,38	1,25 ± 0,31	0,045
VEMS/CV(%)	86 ± 7	83 ± 4	0,056
VEMS/CVF(%)	81 ± 4	69 ± 2	0,023
CI/CPT(%)	56 ± 0,02	51 ± 3	0,045
VO ₂ max (ml/kg/min)	71,4 ± 1,3	66,2 ± 0,5	0,028

Abréviations : VEMS, volume expiratoire maximum seconde ; CV, capacité vitale lente ; fonctionnelle ; CI, capacité inspiratoire ; VR, volume résiduel ; VEMS/CVF, rapport de Tiffeneau ; VO₂ max, consommation maximale d'oxygène

Les données ventilatoires enregistrées se sont révélées significativement supérieures chez les hommes comparativement aux femmes, à l'exception des rapports VEMS/CV et CI/CT (absence de différence significative). Les écarts étaient de +34% pour le VEMS, +31,2% pour la CV, +15,9% pour la CVF, +31,6% pour la CPT, +30,3% pour la CRF, +45% pour la CI, +35,2% pour la VR, +13,7% pour le rapport VEMS/CVF et +7,8 ml/kg/mn pour le VO₂ max. Selon le sport pratiqué, les valeurs supérieures étaient relevées chez les marathoniens, avec des moyennes situées autour de 4,91 l pour le VEMS, 6,22 l pour la CV, 5,84 l pour la CVF, 8,13 l pour la CPT, 4,32 l pour la CRF, 4,17 l pour la CI, 2,25 l pour la VR, 80% pour le rapport VEMS/CVF et 75,1 ml/kg/mn pour le VO₂ max. Les footballeurs occupaient le second rang : 4,87 l pour le VEMS, 6,15 l pour la CV, 5,73 l pour la CVF,

7,7 l pour la CPT, 4,15 l pour la CRF, 4,09 l pour la CI, 1,91 l pour la VR, 86% pour le rapport VEMS/CVF et 63 ml/kg/mn pour le VO₂ max. Au dernier rang, figurait le basketball : 4,21 l pour le VEMS, 4,73 l pour la CV, 5,12 l pour la CVF, 6,18 l pour la CPT, 2,96 l pour la CRF, 3,92 l pour la CI, 1,46 l pour la VR, 78% pour le rapport VEMS/CVF et 73 ml/kg/mn pour le VO₂ max.

En ce qui concerne les données de la courbe D-V (tableau 3), des différences significatives étaient observées entre hommes et femmes. Les valeurs les plus élevées étaient retrouvées chez les hommes : 10,3 ± 0,51 l pour le DEP (soit un écart de 26% ; p=0,038), 5,97 ± 1,07 l.s⁻¹ pour le DEM_{50%} (soit un écart de +26,7% ; p=0,041) et 2,67 ± 0,70 l.s⁻¹ pour le DEM_{25%} (+9,9% ; p=0,046). La supériorité des débits chez les marathoniens et les footballeurs étaient une fois de plus retrouvée.

Tableau 3 : Relations entre débits et âge

Variable	Equation de régression	Valeur de r	Moyenne ± ET	Etendue
<i>DEP</i> (l)				
Hommes	-0,021A+12,531	-0,11	10,03 ± 0,51 ^a	9,20 – 12,47
Femmes	-0,014A+10,507	-0,14	7,97 ± 1,36	6,43 – 9,18
<i>DEM_{50%}</i> (l.s ⁻¹)				
Hommes	-0,041A+6,806	0,40	5,97 ± 1,07 ^a	3,53 – 8,42
Femmes	-0,047A+5,701	0,59	4,71 ± 0,05	3,19 – 6,75
<i>DEM_{25%}</i> (l.s ⁻¹)				
Hommes	-0,034A+3,372	0,58	2,67 ± 0,10 ^a	1,28 – 4,03
Femmes	-0,029A+2,661	0,44	2,43 ± 0,08	0,96 – 3,92

Abréviations : DEP, débit expiratoire de pointe ; DEM_{50%}, débit expiratoire maximal lorsque 50% de la CVF reste à expirer ; DEM_{25%}, débit expiratoire maximal lorsque 25% de la CVF reste à expirer ; ET, écart-type ; (a), différence significative en faveur des hommes sportifs

Corrélations avec l'âge

L'analyse statistique a montré que la CV, le VEMS et DEM_{25%} diminuaient avec l'âge selon

la même loi, entre -0,03A et -0,020A pour les hommes et les femmes (tableaux 3 et 4).

Tableau 4 : Relations entre volumes pulmonaires avec l'âge et la taille et valeurs extrêmes des données

Variable (y)	Equation de régression	Valeur de r	Etendue de y
<i>VEMS</i> (l)			
Hommes	-8,818+5,189T-0,027A	0,80	2,75 – 6,13
Femmes	-2,742+4,083T-0,029A	0,77	1,58 – 4,75
<i>CVF</i> (l)			
Hommes	-8,179+7,96T-0,031A	0,76	3,51 – 6,07
Femmes	-4,708+5,518T-0,030A	0,78	3,84 – 5,49
<i>CRF</i> (l)			
Hommes	-7,322+6,054T-0,010A	0,62	2,78 – 5,02
Femmes	-5,019+4,315T-0,017A	0,58	2,14 – 3,60
<i>CPT</i> (l)			
Hommes	-10,862+10,135T-0,006A	0,72	4,73 – 7,95
Femmes	-7,401+7,612T-0,010A	0,70	3,26 – 6,22
<i>VR</i> (l)			
Hommes	-3,122+2,44T-0,016A	0,50	1,32 – 3,46
Femmes	-2,677+2,022T-0,029A	0,53	0,98 – 2,37

VEMS : volume expiratoire maximum par seconde ; CV : capacité vitale lente ; CRF : capacité résiduelle fonctionnelle ; CPT : capacité pulmonaire totale ; VR : volume résiduel

Tableau 5 : Comparaison des valeurs des valeurs moyennes des débits et volumes ventilatoires entre sportifs et sédentaires

	Hommes			Femmes		
	SPT	SDT	Δ	SPT	SDT	Δ
DEM _{50%} (l.s ⁻¹)	5,97±1,07 ^a	4,63 ± 0,52	+28,7	4,71±0,05 ^b	4,14±0,09	+13,8
DEM _{25%} (l.s ⁻¹)	2,67±0,10 ^c	1,88±0,16	+4,20	2,43±0,08 ^a	1,74±0,23	+40,0
VEMS (l)	4,57±0,68 ^b	3,88±0,52	+17,8	3,36±0,51	3,10±0,27	+8,4
CVF (l)	5,30±0,75	5,36±0,86	+1,1	4,04±0,57	4,10±0,25	+1,5
VR(l)	1,69±0,38	1,76±0,40	+4,1	1,25±0,31	1,33±0,43	+6,4
CRF(l)	3,44±0,60	3,35±0,72	+2,7	2,64±0,52	2,58±0,66	+2,3
VO ₂ max (ml/kg/min)	71,4 ± 1,3	56,4 ± 0,3	+26,6	66,2 ± 0,5	45,7 ± 0,7	+44,8

SPT : sportifs ; SDT : sédentaires ; Δ : différence (en%) entre sportifs et sédentaires ; a, différence significative à p<0,01 ; b, différence significative à p<0,02 ; c, différence significative à p<0,05 ; DEM_{50%} : débit expiratoire maximal lorsque 50% de la CVF reste à expirer ; DEM_{25%} : débit expiratoire maximal lorsque 25% de la CVF reste à expirer ; VEMS : volume expiratoire maximum par seconde ; CV, capacité vitale lente ; VR : volume résiduel ; CRF : capacité résiduelle fonctionnelle ; VO₂ max, :consommation maximale d'oxygène

Par rapport au DEM_{50%} (tableau 3), la décroissance, plus accentuée, s'effectuait selon la loi -0,041A pour les hommes et -0,047A pour les femmes, avec dans tous les cas des coefficients de corrélation relativement élevés (r variant de 0,4 à 0,6). Les autres volumes pulmonaires par contre (CPT, CRF, VR), ainsi que le DEP se trouvaient non corrélés avec l'âge seul.

Corrélations avec l'âge et la taille

L'examen des équations multiparamétriques de références spirométriques (tableau 4) a mis en évidence des corrélations fortes entre tous les volumes pulmonaires (VR, CV, CPT, CRF, VEMS) avec l'âge et la taille ; les coefficients de corrélation se situant en général entre 0,5 et à 0,8 (pour une moyenne de 0,7). Au niveau des débits DEP, DEM_{50%} et DEM_{25%} (tableau 3), les coefficients de corrélation n'étaient pas modifiés avec l'introduction du paramètre taille ; en d'autres termes, pour les populations étudiées, l'âge était suffisant pour décrire les

débits. Par ailleurs, les calculs statistiques ont révélé que le DEP restait non corrélé avec l'âge et la taille. Enfin, le tableau 5 présente une comparaison entre les valeurs moyennes des débits et des volumes entre la population des sportifs et celle des sédentaires. Il apparaît que pour les volumes pulmonaires statiques (CVF, CRF, CPT, VR), les moyennes obtenues pour la population des sportifs étaient comparables à celles relevées chez les sédentaires. En revanche, les volumes pulmonaires dynamiques (VEMS) et surtout des débits ventilatoires (DEP, DEM_{50%} et DEM_{25%}) s'avéraient notablement et significativement plus importants pour les sportifs, surtout de sexe masculin, par rapport aux sédentaires. Enfin, une corrélation du VO₂ max a été retrouvée entre le DEM_{50%} ($r=0,64$; $p<0,01$) et le DEM_{25%} ($r=0,57$; $p<0,02$).

Discussion

La présente étude, consacrée au profil ventilatoire des sportifs congolais, a montré essentiellement que la pratique sportive intense exerce une influence sur la fonction respiratoire. Les principaux résultats concernent notamment : les différences observées entre sportifs et sportives, la relation entre l'âge et les débits ventilatoires, l'existence des corrélations des volumes pulmonaires avec l'âge et la taille, la supériorité des débits ventilatoires mesurés chez les sportifs par rapport aux sédentaires. Il importe toutefois de relever quelques limites de ce travail.

La première limite tient à la restriction de l'échantillon sportif, se résumant à la population de Brazzaville. Ceci ne permet pas d'inclure des facteurs prédictifs des variables ventilatoires étudiées telles que l'altitude, le niveau socio-économique, le type d'habitat, etc, et donc d'extrapoler les données obtenues à l'ensemble de la population congolaise. Aussi, il aurait fallu intégrer dans ce travail les sportifs de différents départements du pays. La seconde

limite est en rapport avec le mode de présentation des données relevées chez les sportifs. Il conviendrait de séparer les sports selon la filière métabolique sollicitée et de spécifier les tranches d'âge, afin de mieux analyser l'effet de la pratique sportive sur les volumes et débits ventilatoires. La troisième limite est liée à la non prise en compte du DEM_{75%}, un des facteurs déterminants de la spécificité de la ventilation chez les sportifs de haut niveau. Enfin, dans cette étude les hommes sont plus nombreux que les femmes (sportifs et sédentaires). C'est là une autre limite qui peut avoir conduit à biaiser nos résultats. Cependant, ces faiblesses n'affectent pas totalement la puissance de nos observations, première étude en Afrique Centrale (notamment au Congo Brazzaville) et dont les données pourront susciter d'autres études plus élargies en milieu sportif et mieux étoffées.

Nos résultats relatifs à la supériorité des volumes et débits ventilatoires chez les sportifs rejoignent ceux d'autres auteurs (19, 20). Cette observation est probablement liée à la pratique intensive du sport. Elle se comprend bien, surtout pour les débits maximaux (DEP, DEM_{50%}, DEM_{25%}) qui sont directement « efforts dépendants » mais également pour les volumes ventilatoires où l'effet du sport est retrouvé. Par exemple, le VEMS est un déterminant de la distance parcourue dans les épreuves athlétiques de demi-fond et de fond, mais aussi de marche (21). Déjà, la distance de marche chez l'individu sain est liée à l'âge, au sexe et à la taille (22), trois facteurs qui interviennent dans la détermination des volumes ventilatoires. Il n'est donc pas surprenant que leur caractère prédictif soit plus évident chez le sujet sportif. En dehors de l'effet attendu de la supériorité du VEMS chez le sujet entraîné, nous avons également noté que les valeurs moyennes des paramètres témoignant d'une distension pulmonaire comme la CPT, la CRF, la CI ainsi que le rapport CI/CPT sont significativement plus élevés chez les sportifs, en accord avec d'autres

études (23, 24). L'importante amélioration de la ventilation maximale observée dans ce travail chez les marathoniens mérite discussion. La compensation respira-toire dans cette discipline sportive est basée sur l'apport des ions H⁺ dans le sang veineux, laquelle accompagne l'accroissement de la concentration de l'acide lactique (25). En effet, l'acide lactique, acide potentiellement fixé en comparaison à H₂CO₃, déplace le CO₂ en ions HCO₃⁻ ; ce déplacement dépend du niveau de concentration lactique (26). La diminution des concentrations en bicarbonates dépend du niveau de concentration lactique (26). La diminution de concentration en bicarbonates correspondant à une augmentation de la charge de la durée de travail est démontrée par la perte des substances de base. Par conséquent, l'augmentation des ions H⁺ associée à celle des concentrations en lactates est responsable de l'accroissement significatif de la ventilation alvéolaire, via la stimulation du centre respiratoire bulbo-médullaire.

En ce qui concerne le rapport CI/CPT, plusieurs facteurs peuvent expliquer ces différences. Cependant, l'absence d'études de corrélation entre les paramètres témoignant d'une distension pulmonaire et le VO₂ max ne permet pas de tirer des conclusions probantes. Toutefois, l'action des muscles intercostaux contribue à l'augmentation du volume intrathoracique. En effet, la réponse ventilatoire à l'exercice suppose l'augmentation de la fréquence ventilatoire (non objectivée dans ce travail) et aussi du volume d'air mobilisé dans chaque respiration (27). Cela implique beaucoup plus de travail, surtout chez les marathoniens par une intervention plus active de la musculature inspiratoire (muscles intercostaux, muscles escalins et sternocléimastoïdiens). Ces facteurs, en plus de la taille et de la masse musculaire (28), pourraient aussi expliquer les différences retrouvées entre hommes et femmes sportifs. Par ailleurs, l'étude de Bellet et al. (29) portant sur des

footballeurs français de haut niveau (divisions 1 et 2), rapporte une augmentation significative de la CRF (p<0,01) chez les joueurs de division 1 (D1), en liaison avec une diminution significative de la CVF chez ceux de la division 2 (D2) (r =0,67 ; p<0,01). Quant au VO₂ max, l'ensemble des travaux sont concordants et montrent qu'en moyenne lorsqu'il est exprimé en valeur absolue (l/mn), le VO₂ max des sportifs surpasse celui des sportives de 30 à 50% (30). Cette différence est réduite (inférieure à 10%) lorsque les valeurs sont rapportées à la masse maigre, différence attribuée principalement au pourcentage des tissus adipeux (31). Par rapport aux débits ventilatoires, les valeurs enregistrées chez nos sportifs, supérieures à celles des sédentaires, sont à nuancer, même si nos observations rejoignent celles d'autres études (32-34). En effet, si des écarts sont relevés par Bellet et al. (29), entre footballeurs de D1 et D2, en faveur des joueurs de D1 : DEM_{50%}, 5,81±1,03 l.s⁻¹ (D1) versus 5,36±0,41 l.s⁻¹ (D2) ; DEM_{25%}, 2,75±0,23 l.s⁻¹ (D1) contre 2,42±0,68 l.s⁻¹ (D2), certains paramètres peuvent affecter nos résultats, comme la composition corporelle, la force des muscles périphériques, la dysfonction cardiaque induite par la distension pulmonaire et spécifique à chaque discipline sportive. En outre, la mise en œuvre de la régression statistique PLS a montré que les volumes ventilatoires sont fortement corrélés avec l'âge et la taille. Plus proche de chez nous, en République Démocratique du Congo, une étude récente de Kamanga Muamba et al. (35) rapportent au sein d'une population de 1004 sujets sains de la ville de Kinshasa, une influence positive de la taille sur le VEMS et la CVF dans les deux sexes. Par contre, une liaison négative est notée entre l'âge et ces deux variables. La concordance des observations de cette étude et la nôtre peut être associée à l'origine ethnique des populations des deux pays, bantoue dans la majorité des cas, et aux caractéristiques géographiques. Toutefois, de Swinarski et al. (6) rapportent chez les jeunes

sportifs de haut niveau que les différents volumes et débits ventilatoires croissent en fonction de la taille selon $e^{2,2x}$ (x = taille en m), alors que pour une population sédentaire cette croissance n'est que de $e^{2,0x}$. Ces observations sont contradictoires aux nôtres et à celles d'autres auteurs où le CVF, le VEMS, et le DEM_{25%}, diminuent avec l'âge, les autres volumes pulmonaires (CPT, CRF, VR) avec l'âge et la taille (36, 37). Cependant, les équations de référence pour le DEP (corrélations avec l'âge seul ou même avec l'âge et la taille) semblent peu fiables. Les coefficients de corrélation obtenus sont en général très faibles (r voisin de 0,2) et non significatifs. Cette situation est bien sûr très différente de celle rencontrée pour une population sédentaire où les différents débits (DEM_{25%}, DEM_{5%}, DEM_{75%}, DEP) sont en général très bien corrélés avec l'âge et la taille (22,9).

Une possible explication à ce constat peut résider dans la forte dépendance de ces débits avec les individus et surtout avec le type de sport pratiqué. On a observé par exemple que les sportifs pratiquant le canoë kayak ou l'aviron ont des débits considérablement plus élevés que ceux pratiquant des sports de montagne (ski alpin), alors que les volumes ventilatoires sont dans tous les cas peu différents (6, 11, 21). En outre, la présence des courbes DV avec plateau, déjà observée chez des sportifs professionnels pratiquant le marathon (32), a été également retrouvée dans ce travail chez les handballeurs (environ 10%). Ce plateau se situe en moyenne entre DEM_{50%} et DEP.

Conclusion

Les différents volumes ventilatoires mesurés au sein de la population sportive étudiée sont équivalents à ceux d'une population sédentaire. Par contre, pour les débits, des différences notables et significatives sont observées entre sportifs et sportives d'une part, sportifs et

sédentaires de l'autre. Il s'agit surtout des hommes pour lesquels ceux-ci sont supérieurs d'environ 15% par rapport à ceux de la population non sportive. Par conséquent, les débits ventilatoires élevés, associés à une forte valeur du VO₂ max au-delà de 60 ml/kg/mn, devraient constituer dans les sports à dominante aérobie, des indicateurs fiables de performance sportive, à l'attention des médecins sportifs et des cadres techniques des fédérations à l'orée du cinquantenaire des Jeux Africains de Brazzaville en 2015.

Références

1. Terreros JL, Duvallet A. La courbe débit-volume comme exploration fonctionnelle respiratoire : intérêt en médecine et biologie du sport. *Med Sport* 1984 ; **58** :81-84
2. Grimaud M. La courbe débit volume. Etude chez les sportifs appartenant à quatre disciplines différentes (aviron, football, plongée, cyclisme). Thèse de doctorat en médecine, Université de Nantes, 1989, 135p
3. Fry DL, Hyatt RE. Pulmonary mechanics. A unified analysis of the relationship between pressure volume and gas flow in the lungs of normal and diseased human subjects. *Am J Med* 1960; **29**: 672-83
4. Medelli J. Les épreuves d'effort en médecine du sport. *Science & Sports* 1998 ; **13** :174-87
5. Carles J, Dessertenne J, Bertholon JF, Teillac A. Modifications respiratoires dans un sport de compétition : l'aviron. *Cinésiologie* 1993 ; **32** : 68-70
6. de Swiniarski P, Etteradossi I, Erk J, Tanche M. Courbes débits-volumes chez des jeunes skieurs de haut niveau âgés de 16 à 20 ans. *STAPS* 1999 ; **49** : 71-83
7. Jensen RL, Crapo RO, Flint AK, Howell HM. Problems in selecting representative reference values for spirometry. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; **165**: A200-4
8. Agganwal AN, Gupta D, Behera D, Jindal SK. Comparison of fixed percentage method and lower confidence limits for defining limits of normality for interpretation of spirometry. *Respir Care* 2006; **51**: 737-43
9. Lapp NL, Amandus HE, Hall R, Morgan WK. Lung volumes and flow rates in black and white athletes. *Thorax* 1994; **49**: 185-8
10. Paoletti P, Pistelli G, Fazzi P, Viegi G, Di Pede F, Giuliano G, et al. Reference values for vital capacity and flow-volume curves from a athlete

- population study. *Bull Europ Physiopathol Respir* 1996; **32**: 451-9
11. Hargberg JM, Yerg JE, Seals DR. Pulmonary function in young and adult athletes. *J Appl Physiol* 2008; **85**: 1101-5
 12. Ostrowski S, Barud W. Factors influencing lung function: are the predicted values for spirometry and flow-volume curves reliable enough? *J Physiol Pharmacol* 2006; **57**(Suppl.4): S263-S271
 13. Kachaner J, Mandel C, Auriacombe K. Sport intense et retentissement cardiorespiratoire. *Ann Med Int* 2000 ; **151**(Suppl A) : A60-A67
 14. Pellegrino R, Viegny G, Brusasco V, Crapo RE, Burgos F, Casaburi R, et al. Série du groupe de travail ATS/ERS : « Standardisation des explorations fonctionnelles respiratoires ». Stratégies d'interprétation des explorations fonctionnelles respiratoires. *Rev Mal Respir* 2006 ; **23** : S79-S104
 15. Quanjer PhH (ed.). Standardized lung function testing. *Bull Europ Physiopathol Respir* 1983; **19**(Suppl.5): S1-S95
 16. Donald MR, Kieffeber L. Statistical methods and applications. London : Georges Allen and Unwin, 2007; 247p
 17. Tenenhaus M. La régression PLS, théorie et pratique. Paris : éditions Technip, 1998 ; 253p
 18. Hanafi R, Quannari A. Regression analysis for count data analysis with applications. *Ann Inst Statist Math* 2006 ; **68** : 1585-91
 19. Maltais F, Leblanc P, Jobin J, Bérubé C, Bruneau J, et al. Intensity of training and ventilatory adaptation in athletes. *J Appl Physiol* 1999; **87**: 1997-2006
 20. Bertholon JF, Carles J, Teillac A. Apport de la courbe débit-volume dans la surveillance de l'entraînement des sportifs « kayakistes, cyclistes, judokas ». *Science & Sports* 2011 ; **26** : 32-7
 21. Boni E, Lee YK, Kaminski D, Graba S. Determining ventilatory factors for walking distance during walk training. *N Engl J Med* 2004; **350**: 1005-12
 22. Troosters T, Gosselinck R, Decramer M. Twelve-minute walking distance in healthy adult subjects. *Eur Respir J* 1999; **14**: 270-4
 23. Marin JM, Carrizo SJ, Gascon M, et al. Inspiratory capacity, dynamic hyperinflation and exercise performance in athletes. *Chest* 2009; **136**: 1466-72
 24. Newall C, Stockey RA, Hill SL. Exercise training and inspiratory muscle training in athletes. *Thorax* 2005; **60**: 943-948
 25. Harken AH. Hydrogen ion concentration and oxygen uptake in an isolated canine hindlimb. *J Appl Physiol* 1976; **40**: 1-7
 26. Föhrenbach R, Mader A, Hollmann W. Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training of competition in marathon runners. *Int J Sports Med* 1987; **8**: 11-18
 27. Yan S, Lee JH, Wright EC, Hodgkin JE. Reliability of inspiratory capacity for estimating inspiratory end-expiratory lung volume changes during exercise in sportsmen. *Med Sci Sports Exerc* 2002; **34**: 92-7
 28. Mohamed EI, Maiolo C, Iacopino L, Pepe M, Di Daniele N, De Lorenzo A. The impact of body-weight components on forced spirometry in healthy Italians. *Lung* 2002; **180**: 149-59
 29. Bellet M, Grimby G, Barthélémy L. Spirometric studies in French football players. *Eur J Appl Physiol* 2006; **98**: 497-506
 30. Legros P, Rieux M. L'aptitude physique : étude comparée chez l'homme et la femme. *Science & Sport* 1990 ; **5** : 203-213
 31. Sparling PB. A meta- analysis of studies comparing maximal oxygen uptake in men and women. *Res Quart* 1980; **51**: 542-53
 32. Martin RR, Ghezzi H. Valeurs de référence spirométriques québécoises. *Rev Mal Respir* 1998 ; **15** : 781-8
 33. Hankinson J, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric references values from a sample of the general US population. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; **159**: 179-87
 34. Bougrida M, Ben Saad H, Keireddine Bourahli M, Bougmiza I, Mehdioui H. Equations de référence spirométriques des Algériens âgés de 19 à 73 ans. *Rev Mal Respir* 2008 ; **25** : 577-90
 35. Kamanga-Muamba B, Lusamba L, Nkoy M, Gosslink R, Kayembe JM. Valeurs spirométriques de référence chez les sujets âgés de 18 à 70 ans à Kinshasa/ République Démocratique du Congo. *Ann Afr Med* 2013 ; **6**(3) : 1415-23
 36. Snocks J, Quanjer PhH. Reference values for residual volume, functional residual capacity and total lung capacity. *Eur Respir J* 1995; **8**: 492-506
 37. Davidson R, Robertson JD, Gales C, Maughan RJ. Ventilatory changes associated with marathon running. *Int J Sports Med* 1987 ; **8**(1) : 19-25.

