



Effet d'un programme d'activité physique adaptée sur la performance cardiorespiratoire des militaires de la Garnison de Kinshasa : une étude randomisée contrôlée

Effect of an adapted physical activity program on the cardiorespiratory performance of soldiers of the Kinshasa Garrison: a randomized controlled study

Gilbert Kurhenga Kabanda^{1,2}, Aliocha Natuhoyila Nkodila¹, Nicaise Ngasa Kiana^{2,3}, Gustave Masudi Mundu², Felix Espoir Batena Beya², Rawell Masey Mety², Nathan Bimbi Buila¹, Benjamin Longo-Mbenza¹, Jean-Marie Ntumba Kayembe⁴, Jean-René M'Buyamba-Kabangu¹

Correspondance

JR M'Buyamba-Kabangu MD, PhD
Unité d'Hypertension / Cardiologie
Département de Médecine interne
Cliniques universitaires de Kinshasa
BP 811
Kinshasa XI
RD Congo
Tél: +243819944232
Courriel: jerembu@yahoo.fr

Summary

Context and objectives. The health services of the army are essential in promoting the physical condition for operational troops. The present study aimed to evaluate the impact of adapted physical activity (APA) on VO₂max level and cardiorespiratory performance of soldiers. *Methods.* An Open, parallel, randomized controlled trial, was carried out at CECVK (Camp Lt-Colonel Kokolo, Kinshasa) from June 2016 to October 2017 in 226 sedentary soldiers assigned for 8 weeks to APA (n=119) or control (n=107). Randomization used permuted blocks of four consecutive participants. Primary endpoint: Baseline-adjusted between group difference in VO₂max and cardio-respiratory performance. *Results.* In 122 participants (Control 42; active 80) who fully adhered to the protocol, VO₂max at the end of follow-up increased from 31.4 (95% CI: 27.7-37.5) to 34.7 (30.3-37.5) ml/min/kg (control group) and from 25.8 (23.1-30.9) to 47.5 (42.4-51.1) ml/min/kg (active group); between group difference: 18.4 (15.9-18.9) ml/min/kg. Compared to the control group, VO₂max in the active group was significantly improved in all categories of participants at the end of follow-up. The rate of good performance increased from 14.3 to 23.8% (p=0.069) in the control group, from 25.3 to 71.0% (p<0.001) in the active group; between group difference: 36.1(24.8 -39.6) %. The probability of achieving good performance was greater for subjects <50 years (RRA: 2.04 [95% CI]; p=0.046), non-diabetics (1.94 [1.49-2.79]; p=0.031), without subclinical atherosclerosis (1.67[1.27-2.68];

Résumé

Contexte & objectifs. Les services de santé des armées sont essentiels dans la promotion de la condition physique des troupes pour leur opérationnalité. La présente étude avait pour objectif d'évaluer l'impact d'une activité physique adaptée (APA) sur la VO₂max et la performance cardiorespiratoire des militaires. *Méthodes.* C'était un essai randomisé contrôlé, ouvert et parallèle, réalisé au CECVK (Camp Lt-Colonel Kokolo, Kinshasa) de juin 2016 à octobre 2017 chez 226 militaires sédentaires assignés pendant 8 semaines à l'APA (n=119) ou au groupe contrôle (n=107). La randomisation a utilisé des blocs permutés de quatre participants consécutifs. Critère principal de jugement : Différence de VO₂max et de performance cardiorespiratoire entre les deux groupes d'étude à la fin du suivi, ajustée aux valeurs initiales. *Résultats.* Chez 122 participants (Contrôle 42 ; actif 80) ayant adhéré pleinement au protocole, la VO₂max à la fin du suivi est passée de 31,4 (IC à 95% : 27,7-37,5) à 34,7(30,3-37,5)ml/min/kg (groupe contrôle), de 25,8(23,1-30,9) à 47,5(42,4-51,1) ml/min/kg (groupe actif); différence entre les groupes: 18,4 (15,9-18,9) ml/min/kg. A la fin du suivi, la VO₂max était significativement améliorée dans toutes les catégories préspecifiées du groupe actif par rapport au groupe témoin. Le taux de bonne performance est passé de 14,3 à 23,8% (p=0,069) dans le groupe contrôle, de 25,3 à 71,0% (p<0,001) dans le groupe actif ; différence entre les groupes : 36,1(24,8 -39,6) %. La probabilité d'atteindre une bonne performance était plus grande pour les sujets <50ans (RRA :2,04 [IC à 95%]; p=0,046), les non diabétiques



p=0.039) and those allocated to APA (3.43[1.96-4.98]; p<0.001). VO₂max and BP changes were negatively correlated. *Conclusion.* By improving the cardio-respiratory performance of sedentary soldiers, the APA strengthened their physical condition.

Keywords: VO₂max, Physical training, sedentary soldiers, DR Congo

Received: June 19th, 2024

Accepted: September 30th, 2024

<https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v18i1.2>

1. Service de Cardiologie, Département de Médecine interne, Cliniques universitaires de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo
2. Centre d'Explorations Cardiovasculaires, Camp Lieutenant-Colonel Kokolo, Kinshasa, RD Congo
3. Département de Médecine de Familles et Soins de Santé Primaires, Université Protestante du Congo, Kinshasa, DR Congo
4. Service de Pneumologie, Département de Médecine interne, Cliniques universitaires de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo.

Introduction

L'opérationnalité d'un militaire d'active dépend grandement de sa bonne condition physique dont l'endurance cardio-respiratoire est le principal paramètre. Le rôle du service de santé des armées est essentiel dans son développement et sa sauvegarde, dans le dépistage des problèmes sanitaires et dans la détermination de l'aptitude à servir (1-2). L'aptitude d'un militaire à servir, plus précisément en campagne, implique donc une bonne performance cardiorespiratoire, déterminée ici par la mesure du volume maximal d'oxygène consommé par minute (VO₂max) (2) bien que d'autres approches existent à cet égard. Le VO₂max est la mesure la plus connue dans l'évaluation de l'endurance cardiorespiratoire tant dans la population générale que chez les militaires. Il est défini comme étant le plus haut taux d'oxygène que le corps peut consommer et utiliser ou bien l'oxygène qu'un individu peut utiliser durant un exercice physique d'intensité élevée (3-4). Ainsi, plus l'intensité de l'exercice augmente plus la fréquence cardiaque (FC) et l'utilisation d'oxygène seront importantes (4-5). Le VO₂max est aussi un excellent marqueur de bonne santé. La consommation maximale d'oxygène est reconnue comme le meilleur estimateur de la morbidité, c'est-à-dire de l'espérance de vie sans incapacité

(1,94 [1,49-2,79]; p=0,031), sans athérosclérose sub-clinique (1,67 [1,27-2,68]; p=0,039) et soumis à l'activité physique (3,43 [1,96-4,98]; p<0,001). Les variations de PA et de VO₂max étaient négativement corrélées. *Conclusion.* En améliorant la performance cardio-respiratoire des militaires sédentaires, l'APA a affermi leur condition physique.

Mots-clés : VO₂max, entraînement physique, soldats sédentaires, RD Congo

Reçu le 19 juin 2024

Accepté le 30 septembre 2024

<https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v18i1.2>

(5). L'évaluation du VO₂max permet d'obtenir une mesure objective de l'activité physique par comparaison à des niveaux d'activité physique souvent rapportés.

De plus, une faible condition cardiorespiratoire (VO₂max bas) a été identifiée comme un important facteur de risque de mortalité toutes causes confondues (6), et parfois même qualifiée de plus puissant prédicteur de mortalité cardiovasculaire (7). Il est cependant surprenant que la mesure de VO₂max a été peu, voire très rarement, intégrée aux stratégies actuelles d'intervention préventive dans les armées tout comme dans la population générale. A ce sujet, l'American Heart Association a publié récemment une déclaration scientifique qui souligne que la condition cardiorespiratoire exprimée par le VO₂max est sous-exploitée dans le contexte de la prévention des maladies cardiovasculaires et qu'elle devrait être mesurée régulièrement pour contribuer à l'estimation du risque cardiovasculaire, au même titre que d'autres signes vitaux de la santé (8-11). Un pont important reste donc à construire entre la théorie et la pratique clinique en lien avec l'évaluation de la condition cardiorespiratoire par la mesure de VO₂max. C'est pourquoi le Centre d'Exploration Cardiovasculaire du Camp Lieutenant-Colonel



Kokolo (CECVK) a entrepris, au sein des Forces Armées de la République Démocratique du Congo (FARDC), cette toute première étude déterminant l'effet d'un programme d'entraînement physique d'endurance sur la VO₂ max des militaires sédentaires de la Garnison de Kinshasa avec comme objectif d'évaluer l'impact de ce programme sur la performance cardiorespiratoire de ces militaires.

Méthodes

Type d'étude

La présente étude est un essai randomisé contrôlé, ouvert avec suivi des deux bras parallèles.

Cadre et période de l'étude

L'étude a été réalisée au Centre d'explorations Cardiovasculaires (CECVK) du Camp Colonel Kokolo à Kinshasa sur la période allant de juin 2016 à octobre 2017.

Participants et critères d'inclusion

Les sujets éligibles étaient des militaires sédentaires, avec statut de soldats d'active, résidant à Kinshasa et dont l'âge était compris entre 20 et 75 ans. Ont été exclus les sujets porteurs de maladies graves telles que les insuffisances rénale, hépatique, respiratoire ou cardiaque chronique, ou les néoplasies au stade terminal et de la grossesse pour les femmes. Tous les militaires hypertendus avaient été auparavant soumis à 4 semaines d'une bithérapie antihypertensive avant la randomisation.

La série de 226 militaires enrôlés était répartie au hasard soit au groupe actif (n=119), soit au groupe contrôle (n=107) en utilisant des blocs permutés de quatre soldats consécutifs pour cette randomisation.

Conception de l'étude

Le groupe actif était soumis à un programme d'activité physique adaptée (APA) durant 8 semaines pendant lesquelles le groupe contrôle était maintenu au repos. L'APA encadrée par une équipe de médecine physique consistait en trois séances hebdomadaires de 50 minutes d'une marche rapide sur terrain plat provoquant l'augmentation de la fréquence cardiaque et une transpiration. Certains participants s'exerçaient les jours impairs, d'autres les jours pairs. Le

groupe témoin au repos s'adonnait à une partie de cartes en position assise au bord du terrain où le groupe actif s'entraînait, pendant la même période.

Critères de jugement

Le critère de jugement principal était la différence entre les deux groupes d'étude (ajustée aux valeurs initiales) pour le VO₂max et le taux de bonne performance cardiorespiratoire à la fin de la période de suivi. Le critère de jugement secondaire était la baisse de la pression artérielle. Le protocole n'était pas contraignant. Le sujet pouvait à tout moment quitter librement l'étude de sorte que seulement une cohorte de 122 militaires (80 du groupe actif, 42 du groupe contrôle) avait accompli les 8 semaines de suivi et était disponible pour la réévaluation. Les motifs invoqués pour quitter l'étude sont repris à la figure 1.

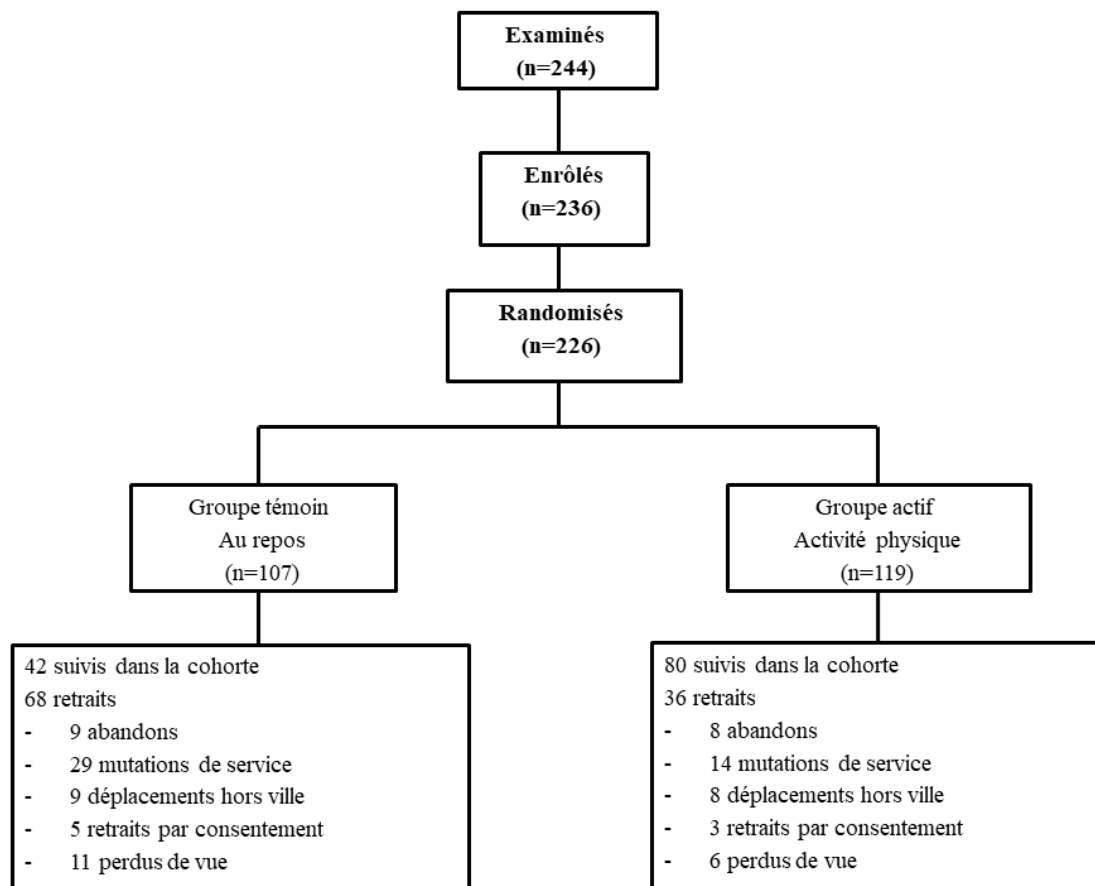


Figure 1. Diagramme de flux des participants

Procédures de collecte des données

Les participants avaient au recrutement subi une évaluation clinique et paraclinique comprenant des mesures cardiorespiratoires. La collecte des données à l'aide d'une fiche préétablie s'est faite au recrutement et après 8 semaines de suivi. Les paramètres sociodémographiques d'intérêt ont été recueillis par voie d'interrogatoire et portaient sur le sexe, l'âge et le grade militaire. L'examen clinique et paraclinique ont été réalisés pour obtenir les données anthropométriques, biochimiques et hémodynamiques. Le poids a été mesuré à l'aide d'une balance SECA modèle 762 1019004 ; la taille à l'aide d'une toise de marque ML modèle HEIGHT 200 cm. Un mètre ruban a servi à mesurer le tour de taille (TT) et le tour de hanches (TH). La pression artérielle (PA) systolique (PAS) et diastolique (PAD) a été obtenue à l'aide d'un tensiomètre électronique de marque OMRON modèle M3. Trois mesures en position assise espacées d'une minute ont été réalisées, le militaire ayant observé un repos de cinq minutes avant la première mesure. La moyenne de trois mesures a été utilisée dans les analyses. La mesure du VO₂ max a été réalisée sur

tapis roulant de marque JKEXER dans une salle où la température était maintenue constante à 18°C. Le sujet glissait jusqu'à épuisement pour obtenir le VO₂max à une allure de 60 rotations par minute ce qui induisait une fréquence cardiaque comprise entre 120 et 170 battements par minute. Le test durait entre 4 et 5 minutes. L'examineur prenait la fréquence cardiaque du sujet toutes les 15 secondes. Les différentes fréquences cardiaques permettent d'obtenir la puissance maximale aérobie qui permettra d'obtenir le VO₂max. Le test de terrain permet de faire un calcul approximatif du VO₂max à l'aide de l'équation :

$$VO_2\max = 42,5 + (16,6x (VO_2)) - (0,12x (\text{poids})) - (0,12x (FC)) - (0,24x (\text{âge})).$$

Avec le poids en Kg, l'âge en années, la fréquence cardiaque (FC) de la dernière série en battements par minute (4, 12). La mesure de VO₂max a été ainsi obtenue avant et après le suivi de 8 semaines.

Définitions opérationnelles

L'obésité centrale était définie par un tour de taille (TT) ≥94 cm chez l'homme et ≥80 cm chez la femme (13). Le facteur de risque morbide (RTH) était obtenu en faisant le rapport de tour de taille



(cm) sur tour de hanche (cm). Les zones à risque pour la santé d'après le groupe d'âge et de sexe étant représentées par les valeurs suivantes : TT/TH $\geq 0,90$ pour les hommes et $\geq 0,85$ pour les femmes (13) L'HTA était définie sur base d'un ou plusieurs critères suivants : (1) antécédent d'HTA ; (2) PAS ≥ 140 mmHg et/ou une PAD ≥ 90 mmHg associée ou non à un traitement antihypertenseur (14). L'athérosclérose subclinique était une pression pulsée >60 mmHg (13). Le diabète sucré était défini sur base d'un ou plusieurs des critères ci-après : (1) antécédent de diabète sucré ; (2) glycémie plasmatique à jeun à 2 reprises $\geq 7,0$ mmol/L (126 mg/dL) ou glycémie casuelle $\geq 11,1$ mmol/L (200 mg/dL) (15). Le risque cardio-métabolique (RCM) était défini par le rapport TT/ Taille $\geq 0,5$ (13). L'obésité a été définie par un IMC ≥ 30 kg/m² (16). Le surpoids a été défini par un IMC ≥ 25 kg/m² et <30 kg/m² (16). La bonne performance cardiorespiratoire consistait en valeurs de VO₂max supérieures à 45 mL/minutes/Kg (homme) et à 35 mL/min/Kg (femme) (4-5, 12). L'effet de l'APA est évalué par la différence au terme de 8 semaines de suivi entre la variation de VO₂max dans le groupe actif et la variation dans le groupe au repos. Cette évaluation n'a été possible que pour la cohorte des soldats ayant des données au recrutement et à la fin du suivi.

Analyses des données

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS for Windows version 22. La moyenne et l'écart-type ont été calculés pour les données quantitatives à distribution gaussienne et la médiane (EIQ=Espace interquartile) pour les données à distribution non gaussienne. Le Khi-2 de Pearson ou le test exact de Fisher selon le cas ont été utilisés pour comparer les proportions. Les tests t de Student et U de Mann Whitney ont été effectués pour comparer respectivement, les moyennes et les médianes. L'analyse de variance (ANOVA) à une entrée avec test de Scheffé a été utilisée pour comparaisons multiples. Les prédicteurs de la bonne performance cardiorespiratoire ont été recherchés par le risque proportionnel de Cox par la méthode de pas à pas (backward). Les variables significatives en analyse bivariée ($p < 0,05$) ont été introduites dans le modèle final. Les RR et leur intervalle de confiance à 95% ont été calculés pour évaluer cette prédiction. Pour tous les tests utilisés, le seuil de signification statistique était de $p < 0,05$.

Considérations éthiques

L'enrôlement des participants dans nos travaux était assujéti à leur consentement éclairé, verbal ou par écrit. Toutes les procédures d'analyse et de publication des données ont strictement observé les règles de confidentialité. De plus, le sujet était libre à tout moment de mettre fin à sa participation à l'étude.

Résultats

1. Caractéristiques des participants

Les caractéristiques initiales des participants au recrutement apparaissent au tableau 1 pour l'effectif des soldats randomisés, pour ceux qui ont quitté l'étude (retraits) et pour ceux ayant adhéré rigoureusement au protocole du suivi (cohorte). Les retraits et les participants dans la cohorte présentaient au recrutement des caractéristiques similaires à celles de l'ensemble de l'effectif randomisé hormis la proportion des hypertendus légèrement plus faible parmi les abandons. La proportion des femmes était plutôt marginale dans l'effectif de l'étude.



Tableau 1. Caractéristiques générales de la population d'étude au recrutement

Variables	Tous les enrôlés n=229	Retraits n=107	Cohorte n=122	p
	Moyenne et écart type de la variable			
Age, ans	52,9±8.9	53,5±8.6	52,5±9.2	0.380
PAS, mmHg	132,9±17.9	133,2±11.7	132,7±21.8	0.823
PAD, mmHg	82,9±10.9	83,1±7.5	82,8±13.2	0.814
PAM, mmHg	99,6±12.7	99,8±8.2	99,4±15.6	0.811
PP, mmHg	50,0±10.3	50,1±8.1	49,9±11.9	0.890
FC, Batt/min	76,7±11.4	76,2±10.2	77,1±12.4	0.538
IMC, Kg/m ²	25,0±5.2	24,3±4.2	25,5±5.9	0.093
TT, cm	88,2±14.0	87,1±16.2	89,0±11.9	0.311
TH, cm	96,4±9.8	95,1±9.0	97,5±10.2	0.072
TT/TH	0,91±0.11	0,91±0.13	0,91±0.08	0.985
TT/T	0,52±0.08	0,52±0.09	0,53±0.08	0.337
Glycémie, mg/dl	95,5±26.1	92,4±20.1	98,2±30.1	0.101
VO2Max, ml/min/kg*	31,1 (27,7-34,3)	34,3 (27,7-37,6)	28,2 (25,5-31,8)	0.180

Fréquence (proportion) des militaires ayant la caractéristique

Age (ans)				0,526
<50	82(36,3)	38(36,5)	44(36,1)	
≥50	144(63,7)	66(63,5)	78(63,9)	
Sexe				0,523
Féminin	10(4,4)	5(4,8)	5(4,1)	
Masculin	216(95,6)	99(95,2)	117(95,9)	
Grade				0,153
Officiers	121(53,5)	60(57,7)	61(50,0)	
subalternes				
Officiers	105(46,5)	44(42,3)	61(50,0)	
supérieurs				
HTA	131(58,0)	53(51,0)	78(63,9)	0,033
Obésité/surpoids	99(43,8)	43(41,3)	56(45,9)	0,290
Obésité abdominale	66(29,2)	25(24,0)	41(33,6)	0,076
RCM	137(60,6)	59(56,7)	78(63,9)	0,166
Risque morbide	119(52,7)	51(49,0)	68(55,7)	0,192
ATS	32(14,2)	12(11,5)	20(16,4)	0,198
DS	15(6,6)	5(4,8)	10(8,2)	0,227

HTA =hypertension artérielle ; RCM= risque cardiométabolique ; ATS= athérosclérose subclinique ; DS diabète sucré. * médiane (IQR).

1. Evolution de VO₂max et de la PA au cours du suivi

Le tableau 2 résume l'évolution de VO₂max et de la PA des participants du recrutement à la fin du suivi et compare les deux groupes d'étude.



Tableau 2. Variation de VO₂max et de PA chez les militaires au cours de suivi

	Groupe témoin n=42	Groupe actif n=80	Différence entre groupes	
			(95% CI)	P
VO₂max				
Recrutement	31,4 (27,7-37,5)	25,8 (23,1-30,9)	-5,6 (-6,2; +1,2)	0,747
Fin de suivi	34,7 (30,3-37,5)	47,5 (42,4-51,1)	12,8 (10,3; 13,7)	0,009
ΔVO ₂ max	3,3 (2,0 -3,45)	21,7 (18,3-22,6.)	18,4 (15,9; 18,9)	<0,001
PAS (mmHg)				
Recrutement	132,9±24,9	132,6±20,2	-0,3 (-1,6; 1,2)	0,897
Fin de suivi	118,4±11,2	114,6±9,3	-3,8 (-8,4; -1,6)	0,013
ΔSBP	-14,6±2,9	-18,9±2,1	-4,3 (-7,2; -1,8)	<0,001
PAD (mmHg)				
Recrutement	83,9±15,9	82,2±11,5	-1,7 (-3,6; 0,8)	0,787
Fin de suivi	67,3±8,7	64,1±6,4	-3,2 (-7,1; 1,4)	0,021
ΔDBP	-16,6±2,2	-18,2±3,6	-2,0 (-5,9; -1,9)	<0,001

Au recrutement les valeurs de VO₂max sont similaires dans les deux groupes. A la fin du suivi on note une augmentation de 3,3 (IC à 95% : 2,0-3,45) ml/min/kg (p=0,012) dans le groupe témoin et de 21,7 (18,3-22,6) ml/min/kg (p=0,007) dans le groupe actif. La différence entre les deux groupes s'élève à 18,4 (15,9-18,9) ml/min/kg. La PAS et la PAD étaient aussi similaires dans les deux groupes au recrutement. A la fin du suivi un abaissement de PAS de -14,6 ±2,9 mmHg dans le groupe témoin et de -18,9±2,1 mmHg dans le groupe actif a engendré une différence entre les

deux groupes de -4,3 (IC à 95%: -7,2; -1,8) mmHg. Pour la PAD un abaissement respectif de -16,6±2,2 mmHg et de -18,2±3,6 mmHg a résulté en une différence entre les deux groupes de -2,0 (-5,9; -1,9) mmHg.

La figure 2 illustre une corrélation négative entre ΔVO₂max et ΔSBP (r=0,379, p=0,006) et entre ΔVO₂max et ΔPAD (r=0,302, p=0,048) suggérant que l'amélioration de VO₂max était associée à une réduction significative de la PA systolique et diastolique.

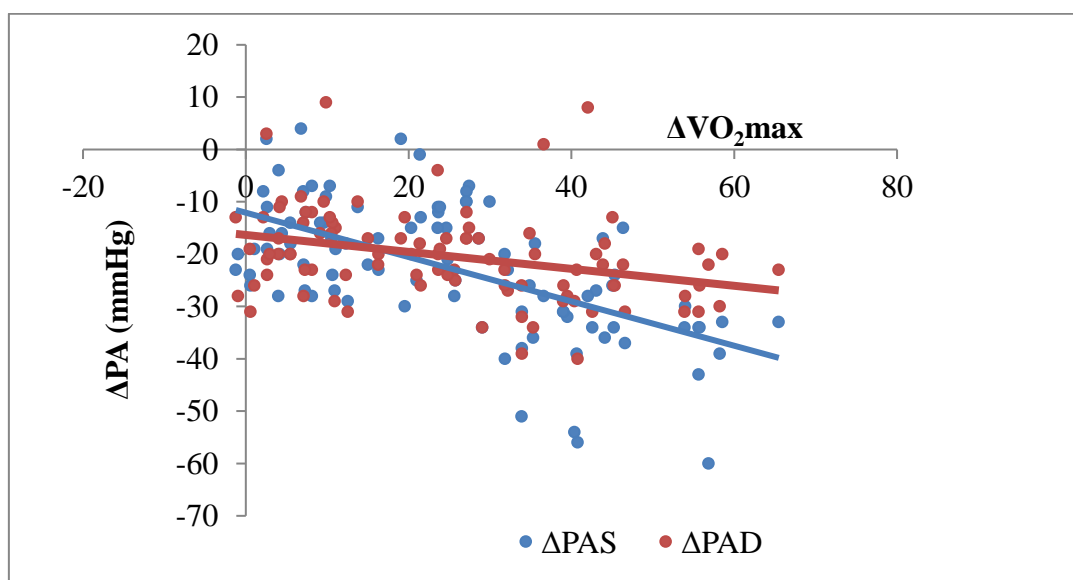


Figure 2. Corrélation entre ΔVO₂max et ΔPAS, ΔPAD. La corrélation entre le ΔVO₂max et ΔPAS (r=0,379; p=0,006); ΔVO₂max et ΔPAD (r=0,302; p=0,048) est négative et statistiquement significative.



2. *Evolution de VO₂max dans diverses catégories des participants*

La valeur de VO₂max au recrutement et à la fin du suivi apparait au tableau 3 pour les diverses catégories des participants dans les deux groupes d'étude. Dans le groupe témoin, on observe à la fin du suivi une augmentation significative de VO₂max pour tous les grades militaires, les hypertendus, les non diabétiques, les non obèses, les participants avec obésité centrale, ceux sans

risque cardio-métabolique, et ceux avec ou non l'athérosclérose sub-clinique. Une diminution significative de VO₂max est observée chez les diabétiques, la variation n'étant pas significative dans les catégories restantes. Dans le groupe actif on note une augmentation significative de VO₂max à la fin du suivi dans tous les sous-groupes des participants de sorte que la différence entre le groupe témoin et le groupe actif était partout significative.



Tableau 3. Evolution de VO₂max dans les sous-groupes prédéfinis au cours du suivi

Sous-groupe	Groupe contrôle (ml/min/kg)			Groupe actif (ml/min/kg)			Différence entre les deux groupes % (IC à 95%)
	Au recrutement	A la fin	Δ (IC à 95%)	Au recrutement	A la fin	Δ (IC à 95%)	
Grade							
Subalternes	28,1(26,6-34,7)	33,8(28,1-36,3)	5,7(2,4-13,8)	23,2(21,1-26,6)	31,6(23,2-38,0)	8,4(5,7-11,4)	2,7(1,7-4,3)
Supérieurs	34,3(22,7-39,5)	37,7(26,4-48,0)	3,4(2,9-9,7)	30,3(23,1-39,6)	50,6(43,0-54,5)	20,3(17,6-23,5)	16,9(13,3-19,7)
HTA							
Oui	27,9(22,7-37,5)	30,6(26,3-36,9)	2,7 (1,5-4,3)	23,3(20,8-29,6)	37,9(31,4-41,4)	14,6(10,2-17,6)	11,9(8,6-15,6)
Non	35,9(31,3-41,1)	36,5(28,5-46,3)	0,6 (0,2-1,2)	28,0(24,4-39,6)	53,7(46,6-64,5)	25,7(22,1-29,7)	25,1(22,9-29,6)
Obésité							
Oui	31,4(25,6-38,2)	31,4(29,7-37,0)	0,0	25,8(22,8-34,1)	42,5(36,3-49,8)	16,7(14,3-19,2)	16,7(11,6-20,3)
Non	31,6(25,2-37,9)	38,7(28,5-48,1)	7,1(4,3-11,6)	24,9(21,1-34,5)	58,1(52,8-64,5)	33,2(28,4-38,1)	26,1(20,5-30,1)
DS							
Oui	38,2(23,4-39,2)	32,2(30,3-39,5)	-6,0(-11,2; -2,1)	22,6(18,2-25,9)	39,3(51,4-69,8)	16,7(11,7-19,7)	22,7(18,9-27,4)
Non	29,4(27,6-37,4)	34,7(28,5-40,9)	5,3(2,5-11,3)	27,8(23,2-34,3)	57,9(52,4-61,4)	30,1(24,1-33,6)	24,8(19,3-28,3)
Obésité centrale							
Oui	29,4(22,7-37,4)	39,4(34,5-60,7)	10,0(6,2-13,4)	25,9(20,8-40,8)	41,6(38,6-53,5)	15,7(10,3-19,7)	5,7(2,8-7,6)
Non	33,0 (27,9-38,7)	29,5 (22,0-38,0)	-3,5 (-8,6; 0,3)	25,6 (22,5-31,0)	57,9(52,7-61,4)	32,3(26,5-39,6)	35,8(31,3-40,7)
RCM							
Oui	31,4(27,6-37,7)	31,2(28,9-36,8)	-0,2(-0,7; 0,4)	25,8(22,6-35,5)	36,1(26,3-41,6)	10,3(7,1-14,5)	10,5(8,9-12,6)
Non	31,6(22,1-39,2)	38,9(32,0-41,6)	7,3(5,6-8,8)	24,9(21,1-34,6)	58,1(52,7-62,9)	33,2(26,8-39,4)	25,9(21,5-29,1)
ATS							
Oui	29,6(25,2-33,9)	30,1(26,7-37,6)	0,6 (0,4-0,8)	23,7(21,2-31,6)	36,5(50,2-40,5)	12,8(11,8-14,9)	12,2(10,2-15,3)
Non	33,1(28,1-38,0)	37,7(30,2-48,9)	4,6(2,9-6,3)	26,2(23,2-32,5)	56,8(50,9-69,8)	30,6(24,6-46,6)	26,0(17,9-41,3)
Risque morbide							
Oui	31,2(22,7-37,3)	33,1(26,4-46,5)	1,9(0,5-3,3)	25,6(22,8,1-36,9)	37,9(26,4-42,4)	12,3(8,8-23,7)	10,4(5,1-21,5)
Non	34,5(28,0-48,7)	35,8(30,7-40,9)	1,3(0,4-2,5)	27,8(20,2-34,4)	58,1(51,3-67,9)	30,3(24,3-46,3)	29,0(23,7-44,8)

Les valeurs sont la moyenne et entre parenthèses l'intervalle de confiance (IC) à 95%. HTA= hypertension artérielle ; DS= diabète sucré ; RCM= risque cardiométabolique; ATS= athérosclérose subclinique



1. Performance cardiorespiratoire
a. Evolution de la bonne performance au cours du suivi

La figure 3 illustre au recrutement la similitude de la proportion des participants avec une bonne

performance cardiorespiratoire parmi l'ensemble de l'effectif randomisé, les abandons et les participants ayant adhéré au protocole.

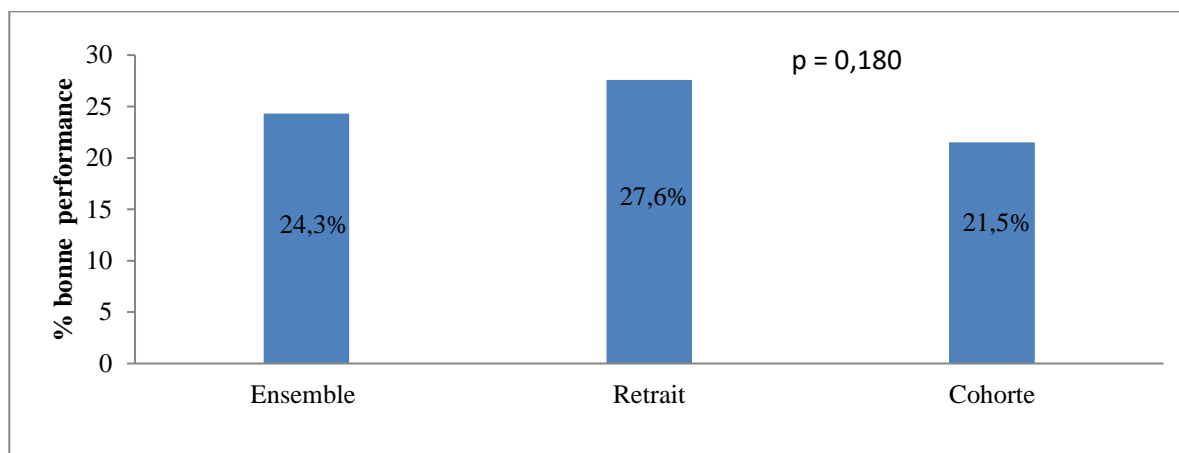


Figure 3. Bonne performance cardiorespiratoire au recrutement pour l'ensemble des participants, tous les retraits et la cohorte.

L'effet du programme d'entraînement physique sur la qualité de la performance cardiorespiratoire est illustré à la figure 4. Au recrutement, la proportion des militaires avec bonne performance était similaire ($p=0,119$) dans le groupe témoin (14,3%) et le groupe actif (25,3%). A la fin du suivi la proportion des participants avec bonne performance cardiorespiratoire a augmenté dans les deux groupes passant à 23,8% dans le groupe témoin soit une amélioration de 9,6% ($p=0,069$) et à 71,0% dans le groupe actif, soit une amélioration de 45,7% ($p<0,001$); la différence entre les deux groupes s'élève à 36,1% ($p<0,001$).

a. Incidence de la bonne performance cardiorespiratoire après le suivi

Au recrutement la performance cardiorespiratoire n'était pas bonne chez 96 militaires, 60 du groupe

actif et 36 du groupe témoin. A la fin du suivi, 41 militaires, 37 du groupe actif et 4 du groupe témoin, ont acquis une bonne performance. L'incidence globale de la bonne performance cardiorespiratoire au terme du suivi était de $41/96 \times 8$ semaines ou $41/768$ personnes-semaines soit 5,35 (IC à 95% : 2,22-8,46) %. L'incidence dans le groupe actif était, de $37/60 \times 8$ semaines ou $37/480$ personnes-semaines soit 7,71 (3,03-12,4) % et de $4/36 \times 8$ semaines ou $4/288$ personnes-semaines soit 1,39 (1,26-4,04) % après 8 semaines de suivi dans le groupe contrôle. Le risque relatif (RR) est de $5,34/1,39=3,84$ (1,81-5,04).

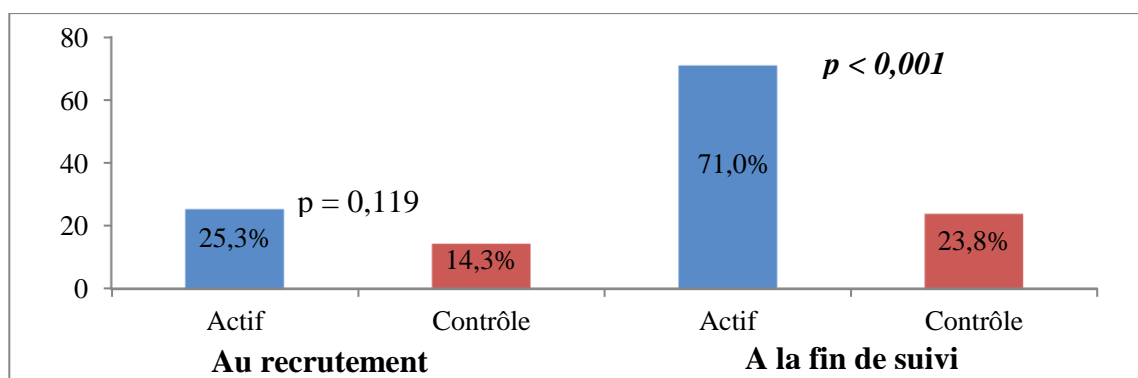


Figure 4. Evolution de la bonne performance cardiorespiratoire du recrutement à la fin du suivi dans le groupe actif et dans le groupe contrôle



1. Prédicteurs de la bonne performance
Pour les participants dont la performance n'était pas bonne à la randomisation, le tableau 4 indique en analyse bivariée que l'âge <50 ans (RR=2,74 ; ICà95% [1,52-3,56]; p<0,001); l'absence du diabète sucré (2,56 [1,13-3,71]; p=0,011), du risque cardio-métabolique (1,52 [1,26-1,87]; p=0,046), d'athérosclérose sub-clinique (2,71 [1,25-4,0] ; p=0,022) et l'activité physique

(3,84 [1,81-5,04]; p<0,001) prédisaient une incidence significative de bonne performance cardiorespiratoire. En analyse multivariée, l'âge <50 ans (RRa 2,04 [1,68-2,59] ; p=0,046), l'absence du diabète sucré (1,94[1,49-2,79]; p=0,031) et d'athérosclérose sub-clinique (1,67 [1,27-2,68] ; p=0,039) ainsi que l'activité physique (3,43[1,96-4,98] ; p<0,001) étaient des prédicteurs indépendants de cette incidence.

Tableau 4. Prédicteurs de l'incidence de la bonne performance chez les militaires en analyse multivariée

Variables	Analyse bivariée		Analyse multivariée	
	p	RR (IC95%)	p	RRa (IC95 %)
Age (ans)				
≥ 50		1		1
< 50	< 0,001	2,74 (1,52-3,56)	0,046	2,04 (1,68-2,59)
Activité physique				
Non		1		1
Oui	< 0,001	3,84 (1,81-5,04)	< 0,001	3,43 (1,96-4,98)
Grade				
Subalterne		1		
Supérieur	0,752	1,07 (0,71-1,60)	-	-
HTA				
Oui		1		
Non	0,562	1,13 (0,75-1,68)	-	-
Surpoids/obésité				
Oui		1		
Non	0,588	1,12 (0,75-1,66)	-	-
Obésité abdominale				
Oui		1		
Non	0,839	1,05 (0,67-1,63)	-	-
RCM				
Oui		1		1
Non	0,046	1,52 (1,26-1,87)	0,249	1,27 (0,84-1,92)
Risque morbide				
Oui		1		
Non	0,691	1,08 (0,73-1,61)	-	-
DS				
Oui		1		1
Non	0,011	2,56 (1,13-3,71)	0,031	1,94 (1,49-2,79)
ATS				
Oui		1		1
Non	0,022	2,71 (1,25-4,0)	0,039	1,67 (1,27-2,68)

Discussion

Un total des 229 militaires sédentaires de la Garnison de Kinshasa, âge moyen 53±9 ans, 95% de sexe masculin, enrôlés dans la présente étude ont été assignés durant 8 semaines à trois séances hebdomadaires soit d'entraînement physique soit de jeu des cartes au repos. Leur performance cardiorespiratoire a été évaluée une fois au recrutement pour l'ensemble des militaires et,

pour ceux ayant accompli les 8 semaines de suivi (la cohorte), une deuxième fois au décours de cette période. Bien qu'il existe d'autres procédés pour l'évaluer, nous avons opté de dériver la bonne performance cardiorespiratoire des participants des mesures de la VO₂max effectuées au début et au terme de l'intervention. Les résultats de la présente étude indiquent qu'à la randomisation, la performance cardiorespiratoire pour l'ensemble



des participants, pour ceux qui se sont retirés de l'étude et pour ceux de la cohorte était similaire. Chez ces derniers, la VO_2max et le taux de bonne performance qui étaient similaires dans le groupe actif et le groupe témoin ont augmenté dans les deux groupes au terme du suivi ; l'augmentation étant plus forte chez les militaires soumis au programme d'entraînement physique. Cet effet bénéfique de l'entraînement s'est avéré significatif pour toutes les catégories pré-définies des participants. Le taux de bonne performance était globalement de 36 % plus élevé dans le groupe actif. De plus, l'incidence d'une bonne performance à la fin du suivi pour ceux qui en étaient dépourvus à la randomisation, s'est avérée 3,8 fois plus importante pour le groupe entraîné. Dans l'analyse multivariée, l'âge plus jeune, l'absence du diabète sucré et d'athérosclérose sub-clinique s'étaient aussi révélés prédicteurs indépendants de cette incidence. Enfin, une corrélation négative était observée à la fin du suivi entre la variation de PA et celle de VO_2max indiquant que l'amélioration de la performance cardiorespiratoire s'accompagnait d'un abaissement de la PA.

Le non implication dans une activité physique régulière de loisir ou de compétition était l'argument fondamental d'éligibilité des participants dont la valeur moyenne de VO_2max au recrutement correspond aux niveaux habituellement rapportés pour des sujets sédentaires. Cette valeur de 31,1(27,7-34,3) ml/min/Kg pour l'ensemble des participants était similaire pour les militaires soumis au programme d'APA et ceux qui étaient maintenus au repos. Au terme de la période de suivi une augmentation de VO_2max a été observée dans les deux groupes d'étude, modeste dans le groupe témoin, plus marquée dans le groupe soumis à l'entraînement physique. L'augmentation de VO_2max était de 3,3 (IC à 95%: 2,0-3,45) ml/min/kg dans le groupe témoin et de 21,7 (18,3-22,6) ml/min/kg dans le groupe actif ; soit une différence significative de 18,4 (15,9-18,9) ml/min/kg entre les deux groupes. Ce résultat rappelle une augmentation de 46% rapportée par V Billat (5). D'autres auteurs ont également observé une augmentation de VO_2max à la suite d'un programme d'exercice physique (17-18). Si, de façon générale, le niveau de VO_2max au recrutement était similaire dans les diverses catégories des militaires enrôlés dans les deux bras de l'étude, les résultats à la fin du suivi indiquaient une amélioration significative et plus marquée dans toutes celles assignées au

programme d'entraînement physique. L'amélioration enregistrée dans le groupe témoin, quoique significative pour les catégories de grade, les non hypertendus, les non diabétiques, les non obèses, les participants avec obésité centrale, ceux dépourvus de risque cardio-métabolique et ceux ayant ou non l'athérosclérose sub-clinique, était plutôt modeste. Ces modifications de VO_2max ont engendré entre les deux groupes et pour toutes les catégories pré-spécifiées des participants, des différences démontrant un impact positif du programme d'entraînement physique d'endurance proposé. Cet impact conforte la proposition de l'exercice physique comme une intervention préventive des MCV par ses effets positifs sur la VO_2max ainsi que sur plusieurs autres indicateurs de la santé dont la condition cardiorespiratoire (19). Toutefois, la question de savoir ce qui a pu induire une amélioration de VO_2max dans certaines catégories du groupe témoin reste non résolue. Mais nous n'avons pas considéré comme surprenant de constater une diminution de la VO_2max chez les diabétiques maintenus au repos au moment où ceux assignés à l'entraînement physique enregistraient une remarquable et significative amélioration. En accord avec d'autres études, le diabète sucré aurait sur la VO_2max une influence négative par rapport au non diabétique (20-21), influence probablement en relation avec ses complications micro et/ou macro-vasculaires. Celles-ci entravent l'apport de l' O_2 (dépendant de la diffusion de l' O_2 à travers la barrière alvéolo-capillaire, du transport artériel d' O_2 et de la perfusion musculaire) et/ou sa libération au niveau des muscles actifs qui représentent des déterminants majeurs de la VO_2max (22). De plus, des études rapportent que l'insuline augmente l'activité du système nerveux sympathique qui intervient dans la répartition du flux sanguin entre les vaisseaux nutritifs et non nutritifs (23). Les patients diabétiques présentent une insulino-résistance pouvant exacerber la mauvaise répartition du flux sanguin musculaire entre les 2 voies (nutritive et non-nutritive) à la base de la réduction de VO_2max (24-25). La performance cardiorespiratoire des participants était à la randomisation similaire pour l'ensemble des militaires enrôlés, ceux qui ont rigoureusement adhéré au protocole de l'étude et ceux qui, pour une raison ou une autre, ont dû quitter prématurément l'essai. Elle était celle des sujets sédentaires. Pour la cohorte, la performance cardiorespiratoire à la randomisation était



similaire dans le groupe témoin et le groupe actif et ne différait pas significativement dans les sous-groupes pré-spécifiés sur base de l'âge, du grade militaire ou de la présence ou non d'un facteur de risque cardiovasculaire comme l'hypertension, l'obésité centrale ou générale ou encore le diabète sucré.

Au terme des 8 semaines de suivi, le taux de bonne performance cardiorespiratoire s'est, pour l'ensemble des participants randomisés, significativement accru de 36,1% dans le groupe soumis à l'entraînement physique par comparaison au groupe maintenu au repos. Ce bénéfice de l'activité physique est davantage remarquable lorsqu'on évalue dans les deux groupes l'incidence de la bonne performance au terme du suivi parmi les participants qui en étaient dépourvus à la randomisation. L'incidence globale du taux de bonne performance est de 5,35%, soit 1,39% dans le groupe témoin et 7,71 % dans le groupe actif résultant en un risque relatif de 3,84 qui suggère une probabilité d'atteindre une bonne performance presque 4 fois plus grande pour les participants soumis au programme d'entraînement physique par comparaison aux autres. En analyse multivariée, l'âge relativement jeune, l'absence du diabète sucré et d'athérosclérose sub-clinique ont émergé aux cotés de l'activité physique comme des déterminants indépendants de l'incidence d'une bonne performance cardio-respiratoire. La probabilité d'acquisition d'une bonne performance cardio-respiratoire était multipliée par 2 chez les participants de moins de 50 ans. Sans doute pour les raisons épinglées plus haut avec la VO_2max , la présence du diabète sucré (-95%) et d'athérosclérose sub-clinique (-67%) réduisait la probabilité d'atteindre une bonne performance par rapport aux participants exempts de ces conditions. En revanche les militaires assignés à l'entraînement physique exhibaient une probabilité 3,4 supérieure comparativement à ceux maintenus au repos. Pareille évolution de la performance cardiorespiratoire témoigne certainement d'une amélioration de la condition physique des participants du fait du degré d'entraînement physique accompli (20,26). En effet, d'aucuns (27-28) ont considéré le pic de consommation d'oxygène comme un marqueur de substitution fiable de la condition physique. Ce pic de consommation d'oxygène est non seulement plus élevé chez des sujets entraînés, mais il présente une relation inverse avec des facteurs impliqués dans la régulation du système cardiovasculaire comme la rénine (26).

La corrélation négative observée dans le présent travail entre l'amélioration de VO_2max et la réduction de la PA aussi bien systolique que diastolique s'inscrit certainement dans cette ligne. On peut dans le même ordre d'idée supputer que l'amélioration modeste de la performance chez les militaires maintenus au repos pouvait globalement être imputable au traitement antihypertenseur administré à tous les hypertendus de l'étude et qui a résulté en un abaissement de la PA dans ce groupe. Néanmoins, en analyse multivariée, l'hypertension n'a pas démontré à la fin du suivi, une influence significative sur la bonne performance cardiorespiratoire contrairement à d'autres rapports (29).

La présente étude a un mérite, celui d'avoir montré qu'un programme d'entraînement physique pouvait améliorer significativement la condition physique des militaires sédentaires. Pareil acquis vaut son pesant d'or singulièrement parmi les forces armées de la RDC constamment sur le qui-vive du fait des conflits itératifs sur leur territoire. Les facteurs sous-jacents à cette amélioration de la performance n'ont pas été investigués. Cependant, la relation observée entre l'accroissement de VO_2max et la réduction de PA induits par l'entraînement physique suggère que les facteurs ayant concouru à cette action hypotensive pouvaient être invoqués. Il n'y avait que peu de femmes dans cet essai et cela n'a pas permis d'évaluer l'effet sur le genre. De plus, nombreux ont été les participants à se retirer de l'étude et à ne pas subir la seconde évaluation de VO_2max . Il en résulte que seule l'analyse « per-protocole » a été effectuée avec ses éventuels désavantages (30). Toutefois, comme au recrutement les caractéristiques des perdus de vue étaient similaires à celles de l'ensemble des sujets randomisés, cela rassure quant à la possibilité de généraliser les résultats obtenus à l'ensemble des militaires enrôlés dans l'étude.

En conclusion, les résultats de la présente étude montrent la pertinence de l'activité physique adaptée en termes d'accroissement du VO_2max des militaires de la garnison de Kinshasa. Ils indiquent que l'activité physique adaptée en améliorant la performance cardiorespiratoire des militaires auparavant sédentaires affermit leur condition physique que des facteurs comme l'hypertension artérielle, le diabète sucré et l'athérosclérose pouvaient avoir considérablement entamée.



Ce qui était connu

- La sédentarité, l'avance en âge et le diabète sucré sont des facteurs qui altèrent la condition physique des individus.
- Le VO₂max est un excellent marqueur de bonne santé

Ce que la présente étude apporte

- Un programme d'activité physique améliore l'opérationnalité des militaires initialement sédentaires en accroissant leur performance cardiorespiratoire
- L'amélioration de la condition physique est corrélée à la réduction concomitante de la pression artérielle suggérant la possibilité des mécanismes communs
- Le bénéfice de l'activité physique sur la performance cardiorespiratoire est plus marqué chez le diabétique que chez le sujet âgé

Remerciements

Les auteurs remercient chaleureusement tous les soldats qui se sont portés volontaires dans la présente étude et le corps professoral qui a supervisé les sessions de formation. Ils sont redevables au personnel du Centre d'Exploration Cardiovasculaire du Camp Kokolo, et au Haut Commandement Militaire qui a parrainé l'étude.

Conflit d'intérêt

Pas de conflit d'intérêt

Contribution des auteurs

GKK et JRMK ont conçu le protocole, interprété les résultats et rédigé l'article. GKK, MMG, BBFE, KNN, MMR, BBN ont mené l'enquête sur terrain. ANN a construit la base de données et les a analysées ; JMKN, BLM et JRMK ont coordonné l'étude. Tous les auteurs ont examiné le manuscrit et approuvé la version finale et révisée.

Financement

Le centre d'explorations cardiovasculaires du Camp Kokolo appartient à la Direction générale des services de santé des forces armées de la RDC qui a sponsorisé ce travail. Le Sponsor n'a joué aucun rôle dans la conception de l'essai, la collecte des données, la gestion de la base de données, l'analyse statistique ou la rédaction de ce rapport.

Références

1. Levisman JM, Aspry K, Amsterdam EA. Improving the positive predictive value of exercise testing in women for coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2012; **110**: 1619-1622.

2. Aptitude médicale et forces armées. Rapport d'évaluation et de prospection de la fonction santé au sein des armées. 2011.
3. Gonzalez, A. M. 'Acute Anabolic Response and Muscular Adaptation Following Hypertrophy-Style and Strength-Style Resistance Exercise', *Journal of Strength and Conditioning Research* 2016; **30** (10):2959-2964.
4. Costill DL, Wilmore JH et Kenney WL. Physiologie du sport et de l'exercice. De Boeck, 2013.
5. Billat V. *VO₂max à l'épreuve du temps pour une nouvelle vision de l'entraînement*. Edition De Boeck, 2013.
6. Padwal RS, Bienek A, McAlister FA, Campbell NR. Outcomes Research Task Force of the Canadian Hypertension Education Program. Epidemiology of Hypertension in Canada: An Update. *Can J Cardiol* 2016; **32** (5): 687-694.
7. Folsom AR, Yatsuya H, Nettleton JA, Lutsey PL, Cushman M, Rosamond WD for the ARIC Study Investigators. Community prevalence of ideal cardiovascular health, by the American Heart Association definition, and relationship with cardiovascular disease incidence. *J Am Coll Cardiol* 2011; **57** (16): 1690-1696.
8. Ross R, Blair SN, Arena R, Church TS, Després J-P, Franklin BA *et al.* Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: A case for fitness as a clinical vital sign: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2016; **134** (24): e653-e699.
9. Murray CJ, Atkinson C, Bhalla K, Birbeck G, Burstein R, Chou D *et al.* The state of US health, 1990-2010: Burden of diseases, injuries, and risk factors. *JAMA* 2013; **310** (6): 591-608.
10. Huffman MD, Capewell S, Ning H, Shay CM, Ford ES, Lloyd-Jones DM. Cardiovascular health behavior and health factor changes (1988-2008) and projections to 2020: Results from the National Health and Nutrition Examination Surveys. *Circulation*. 2012; **125** (21): 2595-2602.
11. Lee I-M, Shiroma EJ, Lobelo F, Blair SN, Puska P, Katzmarzyk PT, *et al.* Effect of physical inactivity on major non-



- communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*. 2012; **80** (9838): 219-229.
12. Waggener JD, Pujol TJ, Langenfeld ME, Barnes JT, Elder AJS, Elder CL, *et al.* 'A Workload Selection Procedure for the Åstrand-Ryhming Test for Women', *Perceptual and Motor Skills* 2015; **120** (3): 687-699.
 13. Pischon T, Boeing H, Hoffmann K, Bergmann M, Schulze MB, Overvad K, *et al.* General and Abdominal Adiposity and Risk of Death in Europe. *N Engl J Med* 2008; **359** (20), 2105-2120.
 14. 2023 ESH/ESC Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC), and of the European Society of Hypertension (ESH). *J Hypertens* 2023 Dec 1; **41** (12): 1874-2071.
 15. ADA American Diabetes Association. Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care* 2010; **33** (Suppl 1): S62-S69.
 16. Finucane MM, Stevens GA, Cowan MJ, Danaei G, Lin JK, Paciorek CJ *et al.* National, Regional, and Global Trends in Body Mass Index Since 1980: Systematic Analysis of Health Examination Surveys and Epidemiological Studies with 960 Country-Years and 9.1 Million Participants. *Lancet* 2011; **377** (9765): 557-567.
 17. Stoen O, Helgerud J, Stoa EM, Hoff J. L'entraînement en force maximale améliore l'économie de course chez les coureurs de fond. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; **40** (6): 1087-1092.
 18. Ronnestad BR, Hansen EA, Raastad T. Effet de l'entraînement en force lourde sur la section transversale des muscles de la cuisse, les déterminants de la performance et la performance chez les cyclistes bien entraînés. *Eur J Appl Physiol*. 2010; **108** (5): 965-975.
 19. Beck DT, Martin JS, Casey DP, Braith RW. Exercise training reduces peripheral arterial stiffness and myocardial oxygen demand in young pre-hypertensive subjects. *Am J Hypertens* 2013; **26**: 1093-102.
 20. Roche DM, Edmunds S, Cable T, Didi M, Stratton G. Skin microvascular reactivity in children and adolescents with type 1 diabetes in relation to levels of physical activity and aerobic fitness. *Pediatric exercise science* 2008; **20** (4): 426-438.
 21. Laukkanen JA, Rauramaa R, Salonen JT, Kuri S. The predictive value of cardiorespiratory fitness combined with coronary risk evaluation and the risk of cardiovascular and all-cause death. *J Intern Med* 2007; **262** (2) :263-272.
 22. Baldi JC, Cassuto NA, Foxx-Lupo WT, Wheatley CM, Snyder EM. Glycemic status affects cardiopulmonary exercise response in athletes with type I diabetes. *Med Sci Sports Exerc* 2010; **42** (8): 1454-1459.
 23. Niranjana V, McBrayer DG, Ramirez LC, Raskin P, Hsia CC. Glycemic control and cardiopulmonary function in patients with insulin-dependent diabetes mellitus. *Am J Med* 1997; **103** (6): 504-513.
 24. Khan F, Cohen RA, Ruderman NB, Chipkin SR, Coffman JD. Vasodilator responses in the forearm skin of patients with insulin-dependent diabetes mellitus. *Vasc Med Lond Engl*. 1996; **1** (3): 187-193.
 25. Vollenweider P, Randin D, Tappy L, Jequier E, Nicod P, Scherrer U. Impaired insulin-induced sympathetic neural activation and vasodilation in skeletal muscle in obese humans. *J Clin Invest* 1994; **93** (6): 2365-2371.
 26. M'Buyamba-Kabangu JR, Fagard R, & Amery A. Relationship between Plasma renin activity and Physical fitness in normal subjects. *Eur J Appl Physiol* 1985; **53** (1): 304-307.
 27. Astrand PO, Rodahl K. Body dimensions and muscular work. In: Astrand PO, Rodahl K (eds) *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*. McGraw-Hill Book Co, New York, 1977, pp 369-388.
 28. Scheuer J, Tipton MC. Cardiovascular adaptation to physical training. *Ann Rev Physiol* 1977; **39** (March) :221-251 doi.org/10.1146/annurev.ph.39.030177.001253
 29. Danciu SC, Krause SW, Wagner C, Gonzalez J, Brenchley J, Clark C, *et al.* VO₂Max and anaerobic threshold in



hypertension: a tissue Doppler study.
Echocardiography. 2008; **25** (2): 156-
161. doi: 10.1111/j.1540-
8175.2007.00577.x.

30. Tripepi G, Chesnaye NC, Dekker FW,
Zoccali C, Jager KJ. Intention to treat and
per protocol analysis in clinical trials.
Nephrology 2020; **25** (7):513-517.

Voici comment citer cet article : Kabanda GK, Nkodila AN, Kiana NN, Mundu GM, Beya FEB, Mety RM, et al. Effet d'un programme d'activité physique adaptée sur la performance cardiorespiratoire des militaires de la Garnison de Kinshasa : une étude randomisée contrôlée. *Ann Afr Med* 2024; **18** (1): e5749-e5764. <https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v18i1.2>