

Évaluation de la condition physique: aptitude aérobie.

Jeannot AKAKPO
CESA

Jeannot AKAKPO

Tests d'évaluations indirectes de VO2max

Repose sur :

- Linéarité de l'augmentation de VO2 par rapport à l'intensité d'exercice (jusqu'au max)
- Linéarité de l'augmentation de Fc par rapport à l'intensité d'exercice (jusqu'au max)

Conséquences :

- On peut évaluer indirectement VO2 à partir de Fc
- On peut évaluer indirectement VO2max à partir de quelques valeurs recueillies lors d'exercice à des intensités sous-maximales.

Jeannot AKAKPO

Test de Ruffier

- Ce test s'adresse à un public débutants.
- Le test Ruffier-Dickson est un des test les plus utilisés.

Il se déroule en 3 temps :

- Prendre son rythme cardiaque au repos (P0) ou P1
- Réaliser 30 flexion des genoux, bras tendus devant au rythme d'une flexion toutes les 1,5 seconde, pendant 45 secondes pour un sujet adulte (entre 18 et 65 ans).
- Prendre le rythme cardiaque (P1) P2
- Prend le rythme cardiaque (P2) ou P3 après 1 minute de repos.

Jeannot AKAKPO

Test de Ruffier

Indice de Ruffier

P1 = Fc repos; P2 = Fc 30 flexions (en 45''); P3 = FC recup 1'

$I = [P1 + P2 + P3 - 200] / 10$

I = 0 → coeur exceptionnel
 0 < I < 5 → coeur robuste entraîné
 5 < I < 10 → coeur banal
 10 < I < 15 → coeur faible
 15 < I < 20 → dangerosité faible

Jeannot AKAKPO

Test de Ruffier

Indice de Ruffier-Dickson

$I = [(P2 - 70) + 2 * (P3 - P1)] / 10$

I < 0 → excellent
 0 < I < 2 → très bon
 2 < I < 4 → bon
 4 < I < 6 → moyen
 6 < I < 8 → faible
 8 < I < 10 → très faible
 I > 10 → médiocre

Jeannot AKAKPO

2) Le Step test de Dill ou Havard Step test

- Utilisé pour des débutants
- Matériel: tabouret de hauteur de 45 cm et un chrono.
- Monter et descendre toutes les 2s pendant 5min.
 - Le rythme moyen est de 30 montés-descentes par minute (150 en 5min)
 - *Adaptations:* : 22,5 montées de marche/min. Marche de 33 cm pour femmes et 40 cm pour Hommes
- Relever la fréquence cardiaque toute les minutes pendant 3 minutes.
- Indice e forme =

$$I = \frac{100 \times t \text{ (en secondes)}}{P1 + P2 + P3}$$
- | | |
|---|---|
| Hommes
I > 90 : excellent
80 < I < 90 : bon
65 < I < 80 : moyen
55 < I < 65 : faible
I < 55 : mauvais | Femmes
I > 86 : excellent
76 < I < 86 : bon
61 < I < 75 : moyen
50 < I < 60 : faible
Jeannot AKAKPO : mauvais |
|---|---|

Jeannot AKAKPO

3) Test de Sjostrand

- Sur un vélo pendant des phases de 5 minutes, avec augmentation de l'effort par palier de 50 Watts.
- Réaliser 3 paliers successifs de 5 min.
- Mesurer Fc de repos
- Mesurer Fc max après chaque palier de 5 min.
- Lier les trois points par une courbe.



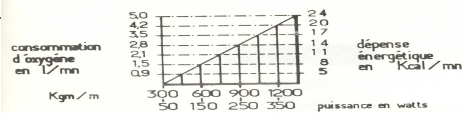
Jeannot AKAKPO

Test de Sjostrand

- Exercice sur ergocycle
- 3 paliers de 5 min à 50, 100 et 150 watts
 - Fc relevée à la fin de chaque palier
 - Tracer la relation Fc vs Puissance
 - Calculer la PMA théorique en utilisant la relation et la Fcmax théorique (220-âge)
- Calculer VO2max à partir de 1 watt = 10,3 ml/min de VO2
- Calcul par extrapolation

Jeannot AKAKPO

1.30.4 a



Cal/mn	activités physiques équivalentes
24	ski de fond, de compétition, course, nage (hommes)
20	ski de fond, de compétition, course (16 Km/h), nage (f.)
17	montée d'escalier avec une charge de 14 Kg, course (13 Km/h)
14	course (11 Km/h), nage en crawl (50 m/mn), travail physique extrêmement dur
11	course (9 Km/h), marche (8 Km/h), bicyclette (21 Km/h), montée d'escalier, manutention de charges, travail manuel dur
8	marche (7 Km/h), travail manuel à la ferme, à la mine, jardinage, pelage
5	marche (5 Km/h), travail industriel léger, travail ménager

TRAVAIL A LA BICYCLETTE ERGOMETRIQUE ET ACTIVITES PHYSIQUES EQUIVALENTES
d'après ASTRAND et RODAHL

Jeannot AKAKPO

Test d'Astrand et Rytming

- **Exercice de 6 min** sur ergocycle à intensité amenant à $F_c \sim 150$ à 170 bpm
- 1) Utilisation d'une équation
- Protocole:
 - Echauffement – début du test
 - Augmentation constante de la charge
 - 30 à 50 watts chez l'homme - départ 120 w
 - 20 à 25 Watts chez la femme - départ 60w
 - La durée du palier est de 2 minutes pour obtenir une fréquence cardiaque stable.
 - Modification de la charge, si F_c cible non atteinte (140-160 bpm) à la fin de 3ème min
 - F_c stable dans les 2 dernières minutes ($\Delta < 5$ bpm)
- **$VO_2max = (13,5 \times PMA + 100) / poids$**

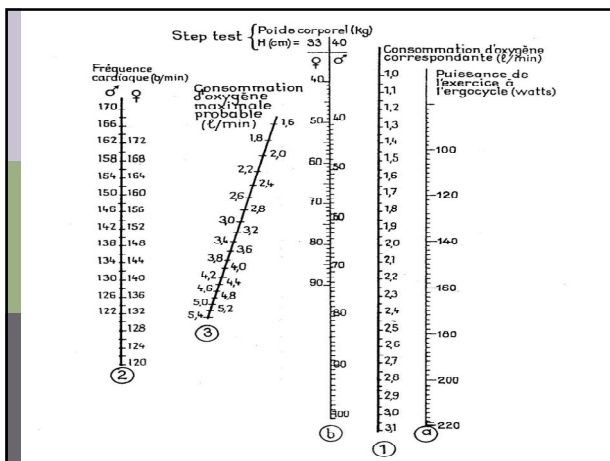
Jeannot AKAKPO

Test d'Astrand et Rytming

Utilisation d'un Nomogramme pour calculer VO_2max

- Protocole
 - force de freinage : variable selon l'âge, le sexe, le poids et le niveau de capacité de travail aérobie :
 - 2 watts/kg pour les hommes,
 - 1.5 watts/kg pour les femmes, et réajustée le cas échéant au début de l'épreuve,
 - fréquence de pédalage : au moins 60 ± 10 rpm,
 - nombre de paliers: palier unique,
 - durée du palier : 4 à 6 minutes.
- **$\% VO_2max = 0.77 \times FC - 48.6$**
- VO_2max est estimée à partir de la réponse de la FC au test

Jeannot AKAKPO



Nomogramme d'Astrand et Rytming

- Il permet d'estimer VO2max à partir d'une fréquence cardiaque d'exercice sous-maximal. Ici est posée l'hypothèse d'un rendement énergétique constant.
- **Utilisation:**
 - Tirer un trait horizontal soit par la puissance développée sur ergocycle (**échelle a**), soit par le poids du sujet si un test de montée de marche ou *step-test* est utilisé (**échelle b**).
 - Lire sur l'échelle 1, la valeur de VO2 correspondant à l'exercice effectué
 - Tirer une droite passant par la valeur de l'**échelle 1** et par la valeur de Fc relevée au cours de l'exercice (**échelle 2**).
 - Cette droite coupe l'**échelle 3** sur la valeur estimée de VO2max.
 - **Step-test** : 22,5 montées de marche/min. Marche de 33 cm pour femmes et 40 cm pour Hommes.

Jeannot AKAKPO

Test de marche de 6 min

- Mesure de la distance la plus grande possible que peut parcourir un sujet sur une surface plane et en 6 minutes.
- Estimation de la distance total:
- Homme : $[7,57 \times \text{taille (cm)}] - [1,76 \times \text{poids (kg)}] - [5,02 \times \text{âge}] - 309 \text{ m}$.
 - limite inférieure = distance théorique - 153 m.
- Femme : $[2,11 \times \text{taille (cm)}] - [2,29 \times \text{poids (kg)}] - [5,78 \times \text{âge}] + 667 \text{ m}$.
 - limite inférieure = distance théorique - 139 m
- Pas adapté à un public peu entraîné ou entraîné.

Jeannot AKAKPO

Test de marche de Rockport

- Test de 1,6 km, il se fait uniquement en marchant
- Il s'agit de chronométrer le temps pour marcher 1,6 km
- Estimer VO2 à partir des équations:
- Femmes = $139,168 - (0,33 \times \text{âge}) - (0,077 \times \text{pdc}) - (3,265 \times \text{temps de marche}) - (0,156 \times \text{fc})$
- Hommes = femmes + 6,31

Jeannot AKAKPO

Test de marche Eurofit

- Idem à Rockport, mais il est plus long 2 km.

Estimer VO₂ à partir des équations:

- $VO_2 = 162,2 - 2,98 * \text{temps de marche (secondes)} - 0,11 * FC - 0,14 * \text{âge} - 0,39 * BMI$

Jeannot AKAKPO

Test de Cooper.

- Parcourir la plus grande distance possible en 12 min sur piste balisée tout les 100m
- Calcul de VO₂max à partir du tableau de normes ou d'équations prédictives :
- $VO_{2max} (mL/min/kg) = (22,351 X \text{ distance(km)}) - 11,288$
- $Sédentaires = 0,022 X \text{ distance(m)} - 10,39$
- $Sportifs = 0,011 X \text{ distance(m)} + 21,90$



Jeannot AKAKPO

Test de Cooper

- Estimation de la VO₂max :

$$VO_{2max} (mL/min/kg) = (D \text{ (en m)} \times 20,2) - 5,41$$

$$VO_{2max} (mL/min/kg) = 22,351 \times D \text{ (en km)} - 11,288$$

$$VO_{2max} (mL/min/kg) = Y - 133 \times 0,17 + 33$$

Y = nombre de mètres par minute

- Estimation de la VMA :

$$VMA (km/h) = VO_{2max} (mL/min/kg) / 3,5$$

Jeannot AKAKPO

Test de Cooper.

Tests maximaux : Test de Cooper

Forme physique	Distance en mètres					
	13-19 ans	20-29 ans	30-39 ans	40-49 ans	50-59 ans	>60 ans
Très mauvaise	<2100	<1950	<1900	<1850	<1800	<1650
	<1600	<1550	<1500	<1400	<1350	<1350
Mauvaise	<2200	<2100	<2100	<2000	<1850	<1650
	<1900	<1800	<1700	<1600	<1500	<1400
Moyenne	<2500	<2400	<2350	<2250	<2100	<1950
	<2100	<1950	<1900	<1800	<1700	<1600
Bonne	<2750	<2650	<2500	<2500	<2300	<2150
	<2300	<2150	<2100	<2000	<1900	<1750
Très bonne	<3000	<2850	<2700	<2650	<2500	<2500
	<2450	<2350	<2250	<2100	<2100	<1900
Excellent	>3000	>2850	>2750	>2650	>2550	>2500
	>2450	>2350	>2250	>2150	>2100	>1900

Homme Jeannot AKAKPO Femme

Autres tests de mesure de VO2

En cardiologie au laboratoire ou sur le terrain.

- ❑ Maximum de sécurité et minimum d'inconfort
- ❑ Minimiser les facteurs de variations externes de la mesure
- ❑ Surveiller le rythme cardiaque
- ❑ Ergomètre ou terrain adéquat
- ❑ Charge de travail musculaire modifiable à la demande et en rapport avec le statut de la personne (sédentaire, sportifs, patients...)
- ❑ Échauffement - Durée contrôlée
- ❑ Appareillage de mesure des débits ventilatoires et analyseurs d'O₂ et CO₂.

Jeannot AKAKPO

Tests de mesure de VO2max

2 possibilités:

- ❑ Tests d'effort maximaux (continu ou discontinu)
- ❑ Test d'effort sous-maximaux
 - Sur ergomètre
 - Sur le terrain
- ❑ Les différents ergomètres:
 - Vélo,
 - Tapis,
 - Rameur
 - Elliptique....

Jeannot AKAKPO

Les protocoles

- Augmentation progressive et régulière de la charge jusqu'au max.
 - charge croissante, mais avec une très grande variété de modalités ...
 - Charge constante...
- Durée optimale du test entre 6 et 15 min => ~10min d'exercice (hors échauffement)
- Choix d'incrémentation la plus confortable mais suffisante pour atteindre VO2max
- Nécessité de prendre en considération les spécificités individuelles (âge, sexe, niveau d'entraînement...)
- Inclure un échauffement Jeannot AKAKPO

Les protocoles d'effort

2 deux possibilités

- À charge progressive : modalités très diverses.
 - Exemple; vitesse constante à 3.2km/h et augmentation pente de 2% par paliers de 2 min.
- À charge constante (vitesse et pentes fixes).
 - Charges élevées
 - Exemple: 3.2 km/h et 10%

Jeannot AKAKPO

Les différents protocoles:

- Ergomètre à charge (tapis) ou à décharge (vélo...):
- Exemple d'augmentation...
 - 10 W/ 1 min (adapté aux patients très déconditionnés),
 - 20 W/ 2 min,
 - 30 W/ 3 min...Effort débuté à 30 ou 20 W.
- Durée totale de l'effort et VO2 max sont identiques pour des palier de 1 et de 3 minutes.
 - NB: les paliers de 1 minute sont plus sensibles (durée de l'effort, VO2, FC, W).
- Si la progression est plus rapide (20 W/min, 50 W/3 min.):
 - sollicitation cardiaque + importante à visée diagnostique, moins dépendante de l'endurance.

Jeannot AKAKPO

Tests sur le vélo

Exemples de protocoles standards:

- Hommes de 20 ans :
 - 3min à 30 watts (échauffement) + 25 watts/min (tout venant)
 - 3 min à 60 watts + 30 watts/min (sportifs endurance)
- Femmes de 20 ans :
 - 3min à 30 watts (échauffement) + 20 watts/min (tout venant)

Jeannot AKAKPO

Tests sur le tapis

Exemples de protocoles standards:

- Utilisation du protocole Léger & Boucher avec pente de 1% pour simuler la résistance de l'air : possibilité de déterminer une VMA .
- Départ 7 km/h (pente 1 à 3%), augmentation de 1 km/h par palier de 1 min, à 10 km/h, augmentation de la pente de 2% par palier.
- Dépend de la qualité du tapis roulant
- NB: Sollicitation aérobie plus importante

Jeannot AKAKPO

Tests sur le tapis

Exemples de protocoles standards:

- Test d'Astrand
- Test de Bruce
- Test de Naughton
- Test d'Ellestad
- Test de Cornell
- Test de Balke
- Les protocoles standards, comme les protocoles de Bruce ou de Balke, sont des protocoles par paliers progressifs d'une durée de 2 ou 3 minutes.

Jeannot AKAKPO

Protocole de Bruce

Durée palier (min)	Vitesse (km/h)	Pente (%)
3	2,7	10
3	4	12
3	5,4	14
3	6,7	16
3	8	18
3	8,8	20
3	9,6	22

Protocole de Naughton

Durée palier (min)	Vitesse (km/h)	Pente (%)
2	1,6	0
2	3,2	0
2	3,2	3,5
2	3,2	7
2	3,2	10,5
2	3,2	14
2	3,2	17,5

Protocole de Balke

Balke	Homme	Femme
Durée palier (min)	1 min	3 min
Vitesse (km/h) constante	5,3	4,8
Pente départ	0	0
Pente augmentation	2% après 1 minute 1% par la suite	1,5% après 3min

Jeannot AKAKPO


Evaluation de la condition physique

- Les tests maximaux triangulaires (avec augmentation progressives de la charge).
 - continu
 - Intermittent

Jeannot AKAKPO

Tests maximaux : Léger-Boucher

- Objectifs : déterminer VMA et estimer VO_{2max}
- Matériel :
 - Piste de 400m
 - Balises tous les 25m
 - Sono ou sifflet
- Principe :
 - Suivre le rythme du bip sonore
 - A chaque bip être à la balise, arrêt après 2 retards consécutifs ou plus de 2m de retard
 - VMA = vitesse au dernier palier complété
 - Vitesse :
 - départ selon le niveau,
 - +1km/h toutes les 2 min
 - Durée : 10 à 25 min



Piste de 200 m
Distance entre 2 plots = 25 m

Jeannot AKAKPO

Tests maximaux : Léger-Boucher

Estimation de la VO_{2max} :

- Adultes (Léger-Boucher, 1980), V en km/h
 $VO_{2max} \text{ (mL/min/kg)} = 14.49 + 2.143 V + 0.0324 V^2$
- Enfants (Léger, 1986)
 $VO_{2max} \text{ (mL/min/kg)} = 22.859 \times V - 0.8664 \times \text{âge} + 0.0667 \times \text{âge} \times V$
- Nouvelle formule (Léger, Mercier 1983)
 $VO_{2max} \text{ (mL/min/kg)} = 3.5 \times V$

Jeannot AKAKPO

Test de Brue,1985

TEST DE COURSE DERRIERE CYCLISTE

- Piste ou route sans pente et sans vent
- Augmentation de la vitesse = $1/2 \text{ km/h}^{-1}$ toutes les 30 s.
- Test validé
- Bonne précision
- Accessibilité difficile (Cycliste expérimenté, peu d'évalués à la fois)

Jeannot AKAKPO

Test VAM-EVAL (Cazorla et Léger ,1993)

TEST PROGRESSIF DE COURSE SUR PISTE VAMEVAL

- Piste multiple de 20 m (minimum 200 m)
- Augmentation de la vitesse = $1/2 \text{ km.h}^{-1}$ à chaque min.
- Validation indirecte (même pente et mêmes principes que ceux du Test de l'Université de Montréal: Léger et Boucher ,1980)

.....
Mais... meilleure précision (augmentation de la vitesse plus fine)
et meilleure accessibilité (intervalles des signaux sonores tous les 20 m)

Jeannot AKAKPO

Test de l'Université de Bordeaux II :

T.U.B.2 (Cazorla,1990)

TEST PROGRESSIF DE COURSE SUR PISTE AVEC ARRÊTS

Piste multiple de 20 m (minimum 200 m) Idem VAM-EVAL

Augmentation de la vitesse à chaque palier de 3 min. = 8, 10, 12, 13, 14, 15,ou : 12,14,16, 17, 18, 19... km/h (Coureurs de demi-fond et de fond)

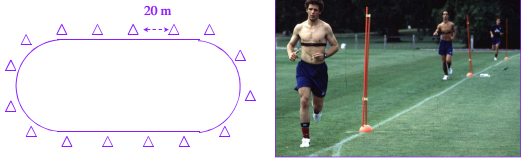
Arrêt d'1 minute entre chaque palier

Validation indirecte avec le VAM-EVAL (pas de différence significative entre les vam et les FC max obtenues avec les deux tests: Hourcade 1997)

Bonne précision

Jeannot AKAKPO

1-TEST VAMEVAL ET...
2-TEST DE L'UNIVERSITE DE BORDEAUX 2 (TUBII)



- Piste multiple de 20 m
- Bornes placées tous les 20 m
- 1 cassette enregistrée

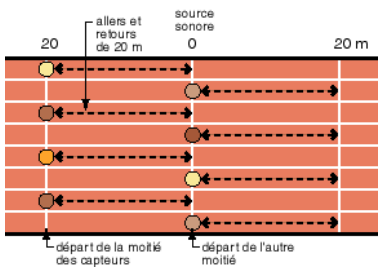
Jeannot AKAKPO

Tests maximaux : VMA navette

- Objectifs : déterminer VMA et estimer VO_{2max}
- Matériel :
 - Terrain de 20m
 - Sono ou sifflet
- Principe :
 - Suivre le rythme du bip sonore
 - Poser le pied derrière la ligne au bip, faire demi-tour
 - VMA = vitesse au dernier palier complété
 - Vitesse :
 - départ à 8km/h,
 - +0.5km/h toutes les 2 min
 - Durée : environ 30' min

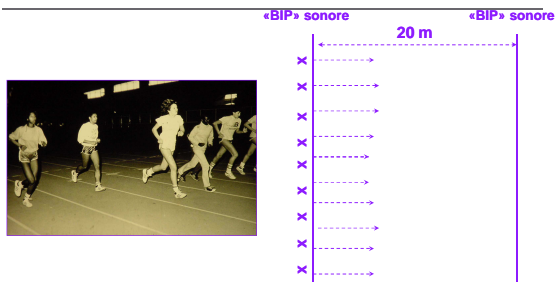
Jeannot AKAKPO

Tests maximaux : VMA navette



Jeannot AKAKPO

Epreuve de course navette de 20 m à paliers de 1 min.
Léger et al.1982



Augmentation de la vitesse de course : un demi km/h à chaque minute au moyen d'une cassette audio préalablement enregistrée.

Tests maximaux : VMA navette

Estimation de la VO_{2max} :

- Adultes, V en km/h
 $VO_{2max} \text{ (mL/min/kg)} = 5.86 V - 19.46$
- Enfants de moins de 18 ans (Léger, 1981)
 $VO_{2max} \text{ (mL/min/kg)} = 31.025 + 3.238 \times V - 3.248 \times \text{âge} + 0.156 \times \text{âge} \times V$

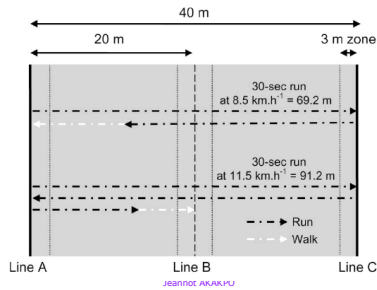
Jeannot AKAKPO

Tests maximaux : Test de Buchheit

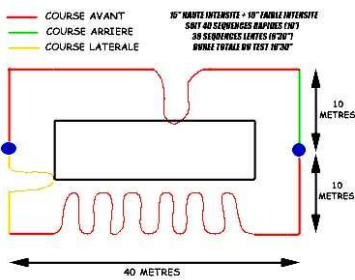
- Objectif : déterminer VMA
- Matériel :
 - Terrain de 40m
 - Sono ou sifflet
- Principe :
 - 30'' course – 15'' récupération passive
 - Suivre le rythme du bip sonore
 - Demi-tour pris en compte (0.7'')
 - VMA = vitesse au dernier palier complété
 - Vitesse :
 - départ à 8km/h,
 - +0.5km/h toutes les 45''
 - Durée : environ 20' min

Jeannot AKAKPO

Tests maximaux : Test de Buchheit

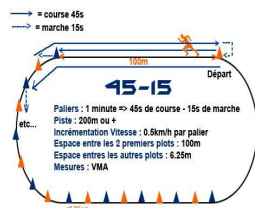


Tests maximaux : test spécifique



Test de Gacon

- ❑ Le 45-15 (Gacon)
- ❑ Objectifs du test : Evaluer la VMA.
- ❑ Matériel et mise en place :
 - ❑ - Une piste de 200m au moins.
 - ❑ - Deux plots placés à 100m l'un de l'autre.
 - ❑ - Les autres plots placés tous les 6.25m (voir schéma).
 - ❑ - Un chronomètre et un sifflet.
 - ❑ - Un tableau d'exploitation des résultats (voir plus bas).



La VMA

Pourquoi évaluer
la vitesse aérobie maximale ?

Jeannot AKAKPO

