



LES EXPLORATIONS D'EFFORT DU SPORTIF DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE

AVEC ATELIER VO₂ max + ISOCINÉTISME

CMATSSZA
Centre de Médecine et de Traumatologie du Sport d'Ajaccio

Formation Eduprat
Ajaccio, samedi 27 juin 2020

Gilles TESTOU et Florian RENUCCI



LES TESTS D'EFFORT CARDIO-RESPIRATOIRES

RECHERCHE DU FACTEUR LIMITANT ET CIBLES POUR ENTRAINEMENTS

CNAT SZA

Centre de Médecine et de Traumatologie du Sport d'Ajaccio

Gilles TESTOU

TESTS D'EFFORT CARDIO-RESPIRATOIRE

BILAN DE LA DYSPNEE D'EFFORT ET DES INTOLERANCES A L'EXERCICE BILAN MÉDICO-PHYSIOLOGIQUE DU SPORTIF

Face à un patient présentant une symptomatologie d'effort, qu'attendre d'une épreuve d'effort en plus de la recherche d'anomalies rythmiques ou ischémiques ?

Que dire à un sportif qui s'interroge sur ses fréquences cardiaques cibles, sur sa capacité à l'exercice et sur les moyens d'améliorer sa performance ?

DYSPNEE D'EFFORT CHEZ LE SPORTIF

1. Le transport de l'exercice à l'effort
 2. L'épreuve fonctionnelle d'exercice (EFX): protocole et paramètres mesurés
 3. L'interprétation de l'épreuve d'exercice musculaire
 4. La réponse ventilatoire
 5. La réponse cardiologique
 6. La réponse périphérique
 7. Les applications
-

LE TRANSPORT DE L'OXYGENE A L'EFFORT

- Une notion qui revient souvent, la consommation maximale d'oxygène: **VO2 max**

La consommation d'oxygène augmente à l'effort par besoins accrus au niveau des muscles squelettiques actifs.

Le VO2 augmente linéairement avec l'intensité de l'exercice jusqu'à un niveau d'effort appelé puissance maximale aérobie (PMA) ou VMA à partir duquel le VO2 ne peut plus augmenter malgré l'incrémentation de la puissance. Le VO2 max est ainsi atteint.

- **Le sédentaire est limité par ses muscles**
 - **Le sujet actif est limité par son cœur**
 - **Le sportif de haut niveau d'entraînement est limité par ses poumons**
-

LE TRANSPORT DE L'OXYGENE A L'EFFORT

ADAPTATION RESPIRATOIRE:

VE (volume expiré) = $FR \times VT$ (volume courant)

Jusqu'à 65% VO_{2max} , VE augmente par adaptations du VT , au delà par augmentation de la FR .

ADAPTATION CARDIO-VASCULAIRE:

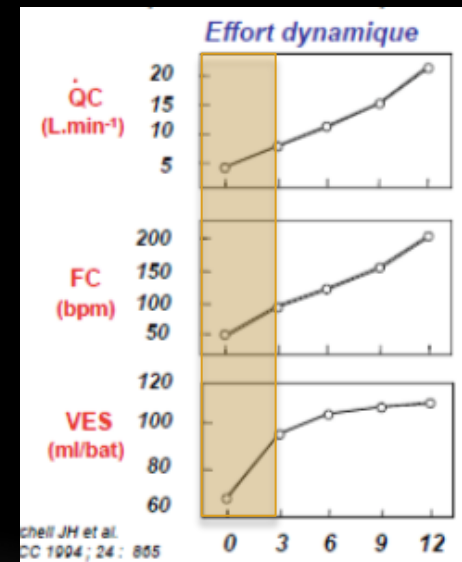
Objectifs = apport d' O_2 aux muscles, maintien perfusion efficace aux organes, limitation de la chaleur corporelle.

$Q_c = F_c \times VES$, adaptations centrales, périphériques

Entraînement = adaptation du VES avant la FC

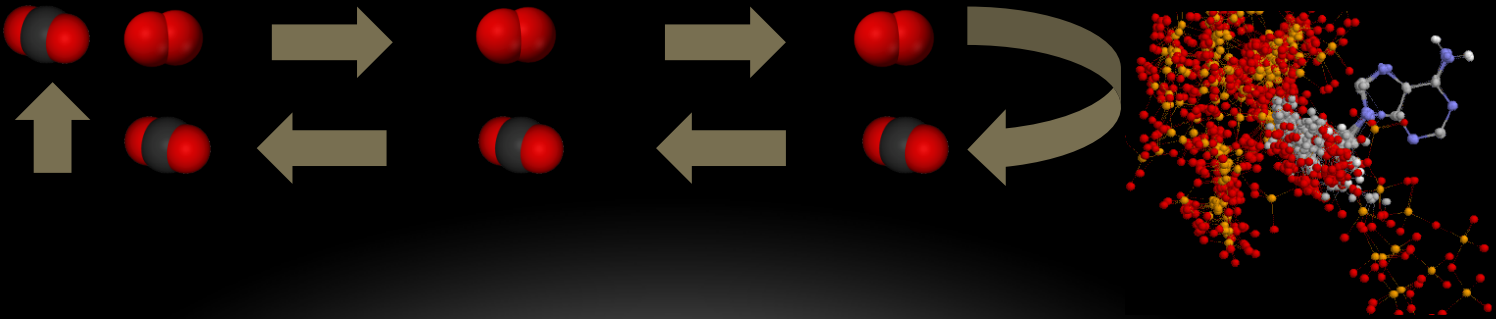
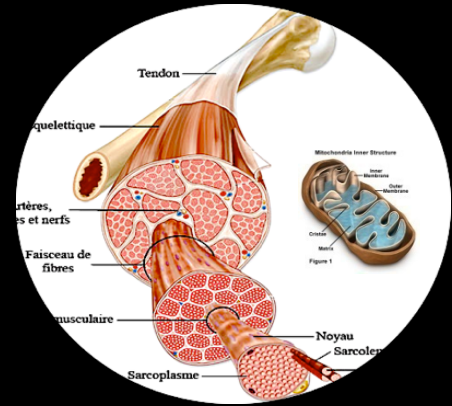
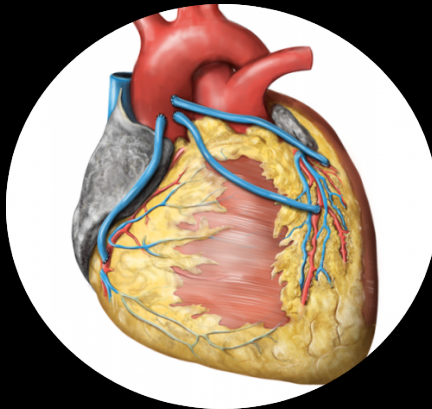
ADAPTATION MUSCULAIRE:

Fonction de l'entraînement, adaptations mitochondries





$$VE = VT \times FR$$



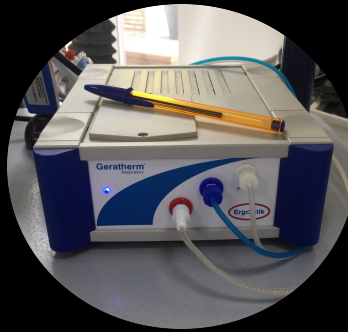
Limitations à l'exercice
 Etiologie non abordée = anémie (↙ transport O₂)

VO₂ max = approche globale
 G + L + P + O₂ → Energie + CO₂ + H₂O

LE TRANSPORT DE L'OXYGENE A L'EFFORT

Intérêt de mesurer O₂ et CO₂ pendant un exercice à charge croissante

Objectif = recherche du maillon faible



Matériel: ergomètre (vélo prioritaire, tapis), ECG d'effort, défibrillateur, O₂, système de mesure de la ventilation et des échanges gazeux (cycle à cycle)

Cœur ?

Poumons ?

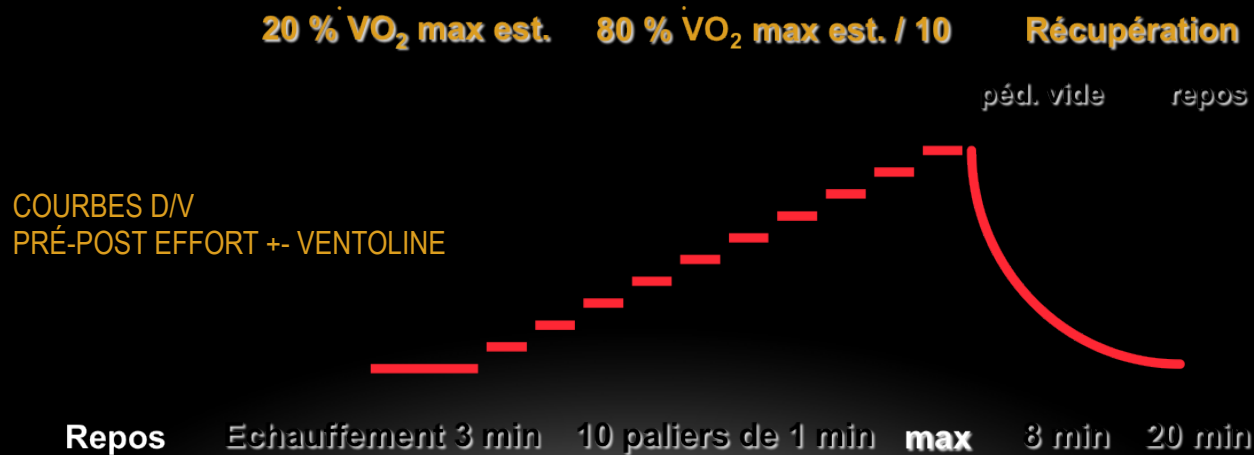
Muscles ?

PROTOCOLE ET PARAMETRES MESURÉS

Vélo. Protocole sport / pathologie: EE maximale à charge croissante, durée 8 à 12', paliers 1'

Echauffement 20% W est, incrémentation 80% W est / 10'

Récupération 2' active à 20% W est, puis 3' passive



PROTOCOLE ET PARAMETRES MESURÉS

Tapis. Protocole chez le sportif (course, sports collectifs...):

EE maximale à charge croissante, durée 8 à 12', paliers 1'

Echauffement marche 6 km/h, puis 7 km/h

Incrémentation de 1 km toutes les minutes jusqu'au palier maximal possible

Surveillance coordination, risque de chute

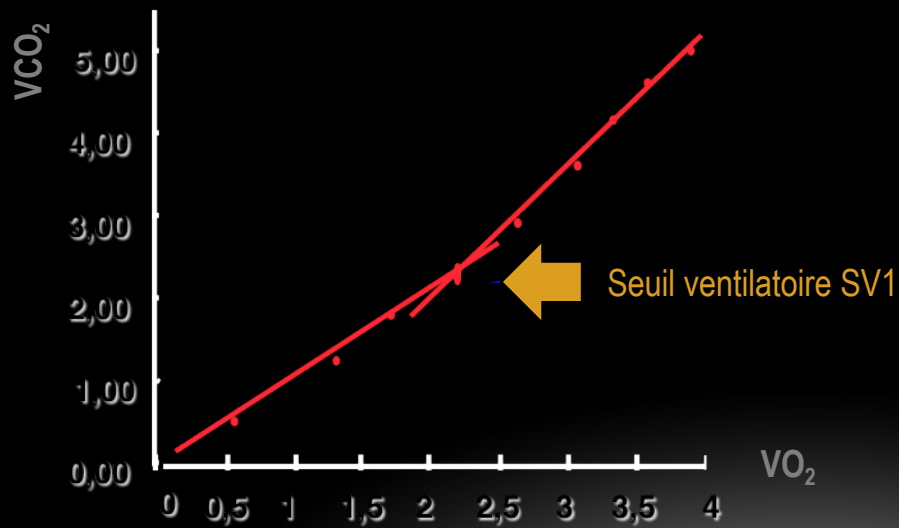


ECG SUR TAPIS A HAUTE VITESSE



PROTOCOLE ET PARAMETRES MESURÉS

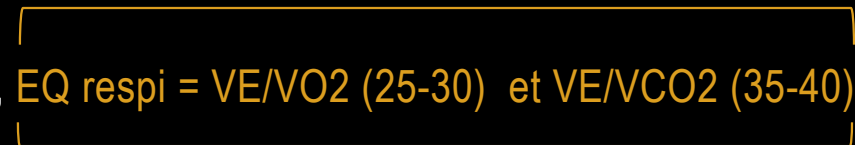
- Critères d'arrêt: ESV polymorphes, FA si absente au repos, BAV 2 ou 3, modifications type ischémiques, chute TA s...
- Paramètres mesurés: VO_2 , échanges respiratoires, dyspnée, réserve ventilatoire, pouls d'O₂, seuil ventilatoire, gazométrie ou saturation O₂...



PROTOCOLE ET PARAMETRES MESURÉS

- VO₂
- Echanges respiratoires: QR = VCO₂/VO₂, EQ respi = VE/VO₂ (25-30) et VE/VCO₂ (35-40)
- Seuil ventilatoire (SV)
- Pouls d'O₂: VO₂/FC
- Gazométrie ou Sa O₂
- Réserve ventilatoire (RV) $RV = \frac{\text{ventilation maximale min} - \text{ventilation max effort}}{\text{ventilation max min}} \times 100$
- Dyspnée: échelle de Borg modifiée, EVA

Objective et quantifie la dyspnée



Nombre de litres ventilés nécessaires pour prélever 1 litre d'O₂ ou éliminer 1 litre de CO₂

$$RV = \frac{\text{ventilation maximale min} - \text{ventilation max effort}}{\text{ventilation max min}} \times 100$$

VEMS x 35



Pas de dyspnée → Asphyxie

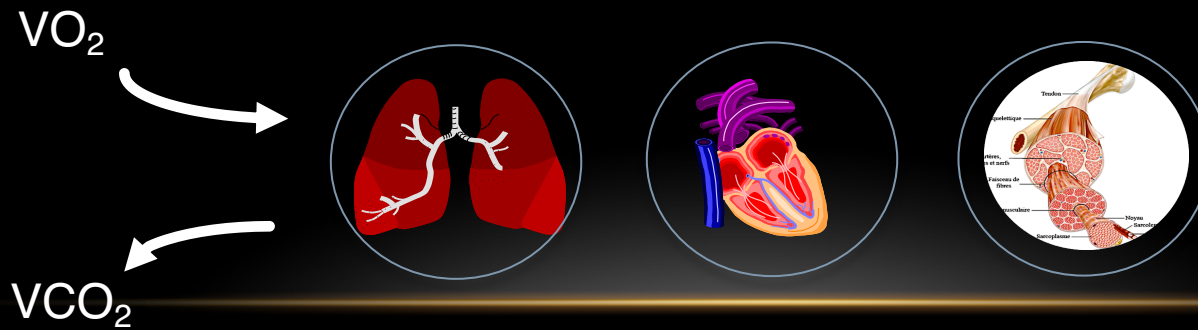
PROTOCOLE ET PARAMETRES MESURÉS

- Evaluation de la tolérance à l'effort: VO2 max, P max, VE/VO2, Dyspnée
- Intolérance d'origine pulmonaire: réserve ventilatoire diminuée (<30%), réserve chronotrope augmentée, hypoxémie induite par l'exercice
- Intolérance d'origine cardiologique: réserve ventilatoire augmentée, plafonnement pouls O2
- Intolérance d'origine musculaire: seuil ventilatoire (SV1) précoce < 40% VO2 max théo, réserve ventilatoire normale, pas de réserve chronotrope
- Bilan pré-opératoire: VO2 10 ml/min/kg ≤ risque / bénéfice ≤ 15 ml/min/kg
implique test maximal !
Valeur pronostique

Critère de maximalité / validité du test: $8,3 < VO2 / watt < 12,3$ et $QR > 1,10$

INTERPRETATION DES EFX

Intolérance exercice	$VO_2 \text{ max} \searrow$ 85% modérée	$VO_2 \text{ max} \searrow$ 60% sévère	VE/VO_2 et $VE/VCO_2 \nearrow$	Dyspnée \nearrow EVA	
----------------------	--	---	-------------------------------------	------------------------------	--

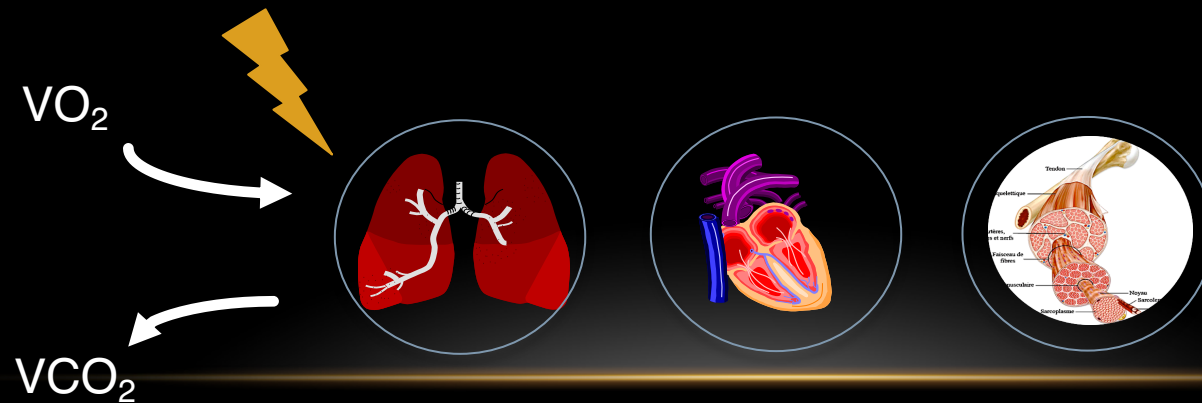


LA RÉPONSE VENTILATOIRE: LIMITATION PULMONAIRE

Intolérance exercice	VO ₂ max ↘ 85% modérée	VO ₂ max ↘ 60% sévère	VE/VO ₂ et VE/VCO ₂ ↗	Dyspnée ↗ EVA	
Limitation pulmonaire	↘ RV Rés ventilatoire	↗ RC Rés chronot	↘ VT Vol courant	↗ FR Fréq respi	

Avec ou sans trouble de l'échangeur pulmonaire: diminution PaO₂ + 10mmHg ou de la SaO₂ + 4%
(shunt, emphysème, PID...)

Asthme induit par l'exercice: diminution 12% VEMS en post-effort (conditions d'exercice)



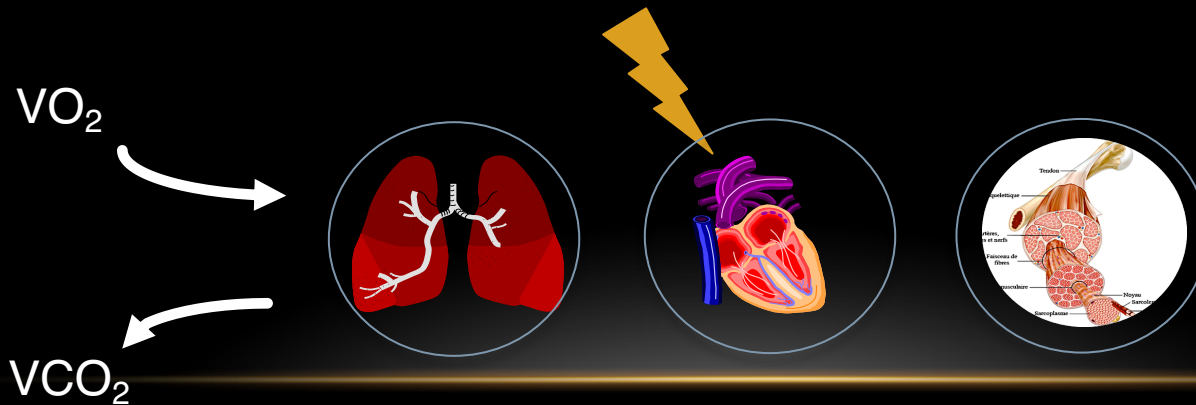
LA RÉPONSE CARDIOLOGIQUE

LIMITATION **CARDIOLOGIQUE**

Intolérance exercice	VO ₂ max ↘ 85% modérée	VO ₂ max ↘ 60% sévère	VE/VO ₂ et VE/VCO ₂ ↗	Dyspnée ↗ EVA	
Limitation pulmonaire	↘ RV	↗ RC	↘ VT	↗ FR	
Limitation cardiologique	↗ RV	↗ RC	VO ₂ /FC = ou ↘		

Epreuve d'effort = non démaquillée

Béta-bloquants = facteur limitant par insuffisance chronotrope

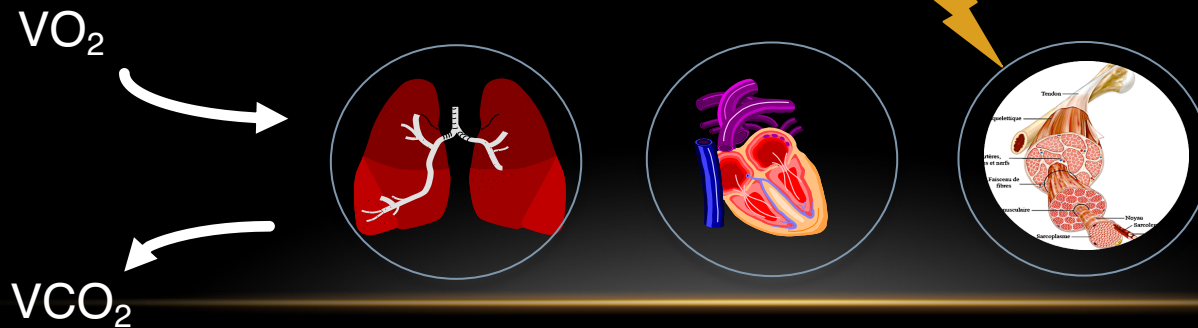


Evaluation réserve chronotrope = $FC_{max} - FC_{repos} / FC_{max\ théo} - FC_{repos}$. $R < 0,8$ = insuffisance chronotrope

LA REPONSE PERIPHERIQUE

LIMITATION MUSCULAIRE

Intolérance exercice	VO2 max \downarrow 85% modérée	VO2 max \downarrow 60% sévère	VE/VO2 et VE/VCO2 \uparrow	Dyspnée \uparrow EVA	
Limitation pulmonaire	\downarrow RV	\uparrow RC	\downarrow VT	\uparrow FR	
Limitation cardiologique	\uparrow RV	\uparrow RC	VO2/FC = ou \downarrow		
Limitation musculaire	VO2 max normal ou \downarrow	SV < 40% VO2 max T	RV normale	\downarrow RC	\downarrow EQ/W Equiv Watt



LA REPONSE PERIPHERIQUE

LIMITATION MUSCULAIRE

Intolérance exercice	VO ₂ max ↘ 85% modérée	VO ₂ max ↘ 60% sévère	VE/VO ₂ et VE/VCO ₂ ↗	Dyspnée ↗ EVA	
Limitation pulmonaire	↘ RV	↗ RC	↘ VT	↗ FR	
Limitation cardiologique	↗ RV	↗ RC	VO ₂ /FC = ou ↘		
Limitation musculaire	VO ₂ max normal ou ↘	SV < 40% VO ₂ max T	RV normale	↘ RC	↘ EQ/W Équiv Watt

Biologie ↗ La/Pyr et βOH/AA et/ou ↗ myoglobinurie et/ou ↘ myoglobinémie

SV = corrélée à la capacité d'oxydation mitochondriale

$$\text{Equivalent Watt} = \frac{\text{VO}_2 (\text{Puissance X}) - \text{VO}_2 (\text{Repos})}{\text{Puissance X}}$$

LA REPONSE PERIPHERIQUE

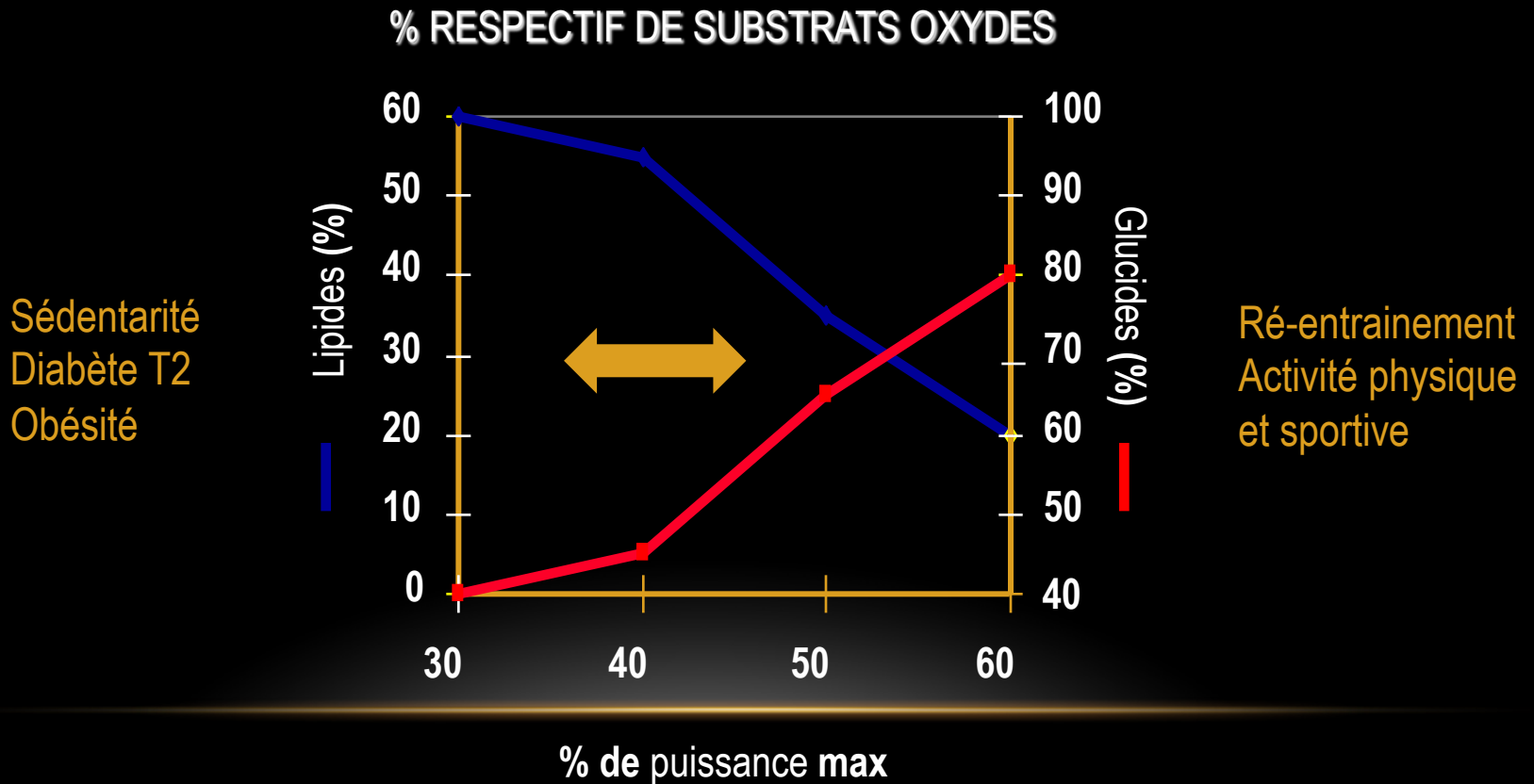
LE POINT SUR LES LIMITATIONS MUSCULAIRES

- Limitation musculaire, **principales étiologies**: myopathies génétiques et/ou héréditaires, déconditionnement, maladies chroniques (type BPCO, IC, DT2, obésité), hypocholestérolémiantes
 - Limitation musculaire, **données cliniques** : variables, crampes, myalgies, fatigue, dyspnée d'effort
 - Limitation musculaire, **biologie**: augmentation enzymes musculaires, myoglobulinurie induite par l'exercice
-

LA REPONSE PERIPHERIQUE

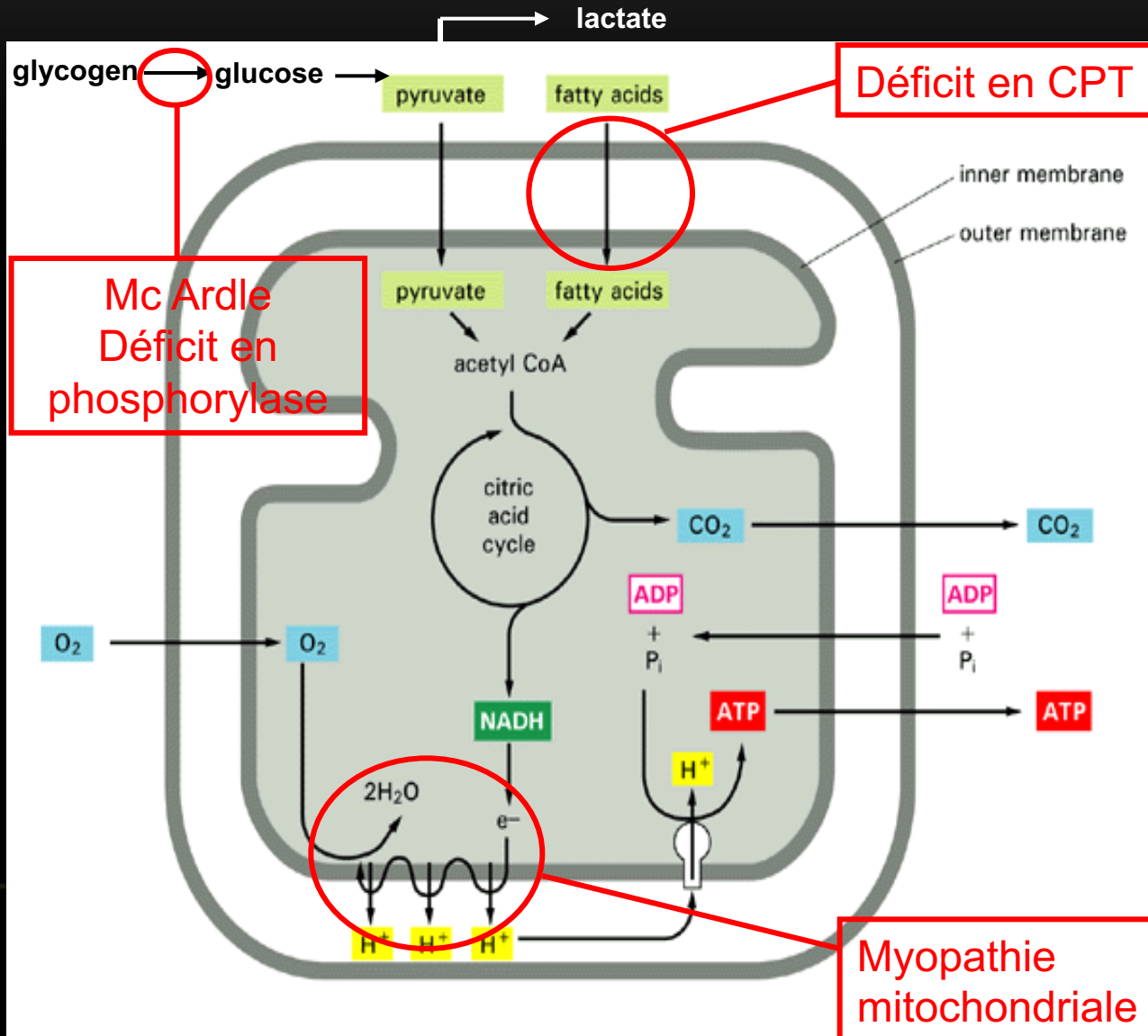
LE POINT SUR LES LIMITATIONS MUSCULAIRES

Calorimétrie d'effort = évaluation de la gluco-dépendance



LA REPONSE PERIPHERIQUE

LE POINT SUR LES LIMITATIONS MUSCULAIRES



LA REPONSE PERIPHERIQUE

LE POINT SUR LES LIMITATIONS MUSCULAIRES

Epreuve maximale à charge croissante

- $\nless VO_2\text{max}$ (70% théorique)
- FCmax atteinte
- $R < 1$
- Absence d'élévation de la lactatémie
- Seuil ventilatoire sans seuil lactique

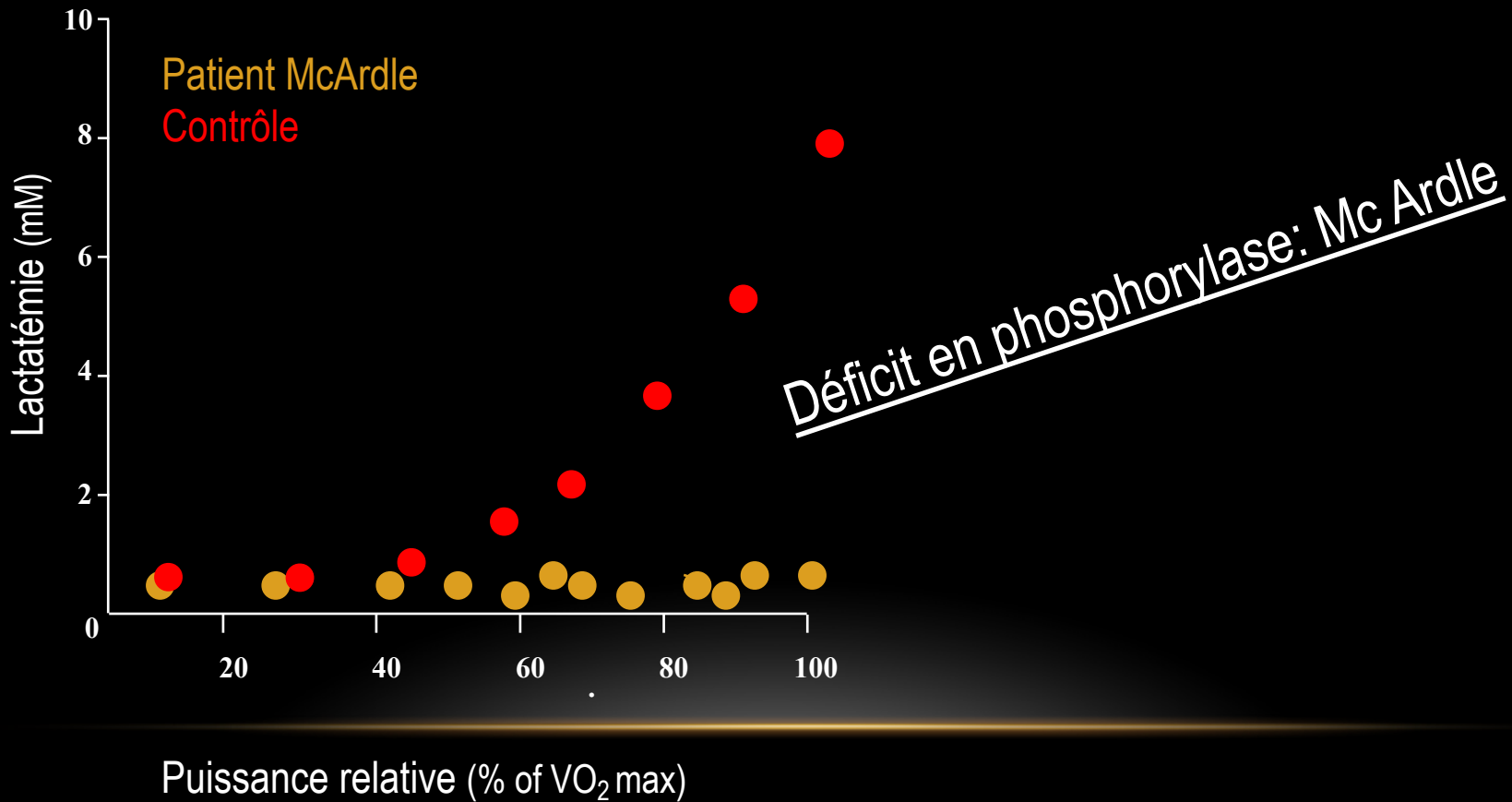
Calorimétrie d'effort

- Absence d'utilisation du glucose

EXEMPLE
Déficit en phosphorylase: Mc Ardle

LA REPONSE PERIPHERIQUE

LE POINT SUR LES LIMITATIONS MUSCULAIRES



LA REPONSE PERIPHERIQUE

LE POINT SUR LES LIMITATIONS MUSCULAIRES

- ✓ Démembrement de la limitation musculaire à l'effort (symptomatologie musculaire + dyspnée)
Réalisation d'une épreuve d'effort type EFX, selon résultats (**quantification + orientation étiologique**), biopsie musculaire.
Collaboration avec équipe Pr Jacques Mercier – Jean-Frédéric Brun à Montpellier.

Biospie musculaire: confirmation atteinte musculaire

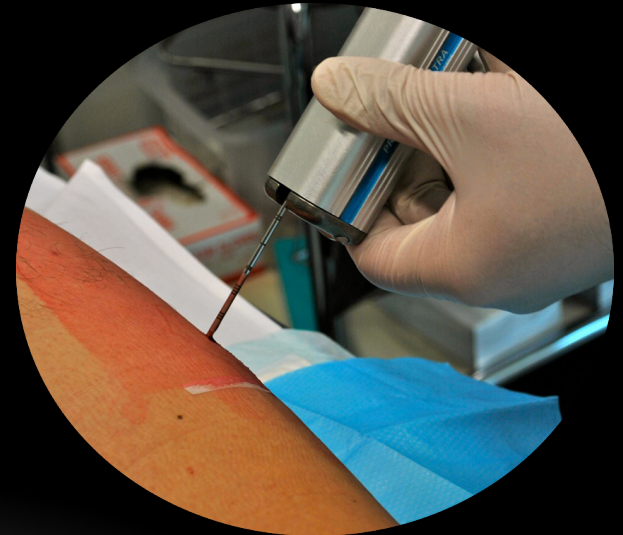
Histologie

Enzymologie

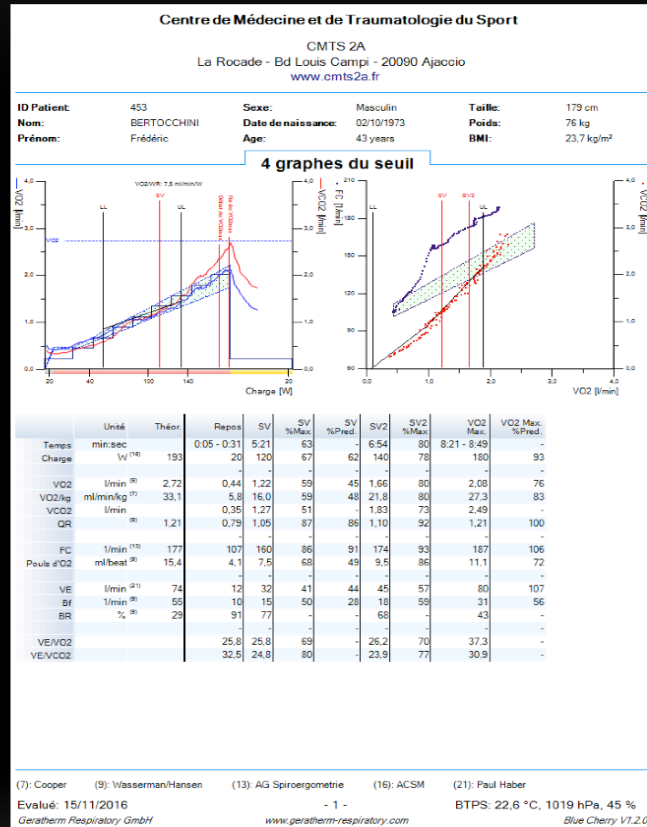
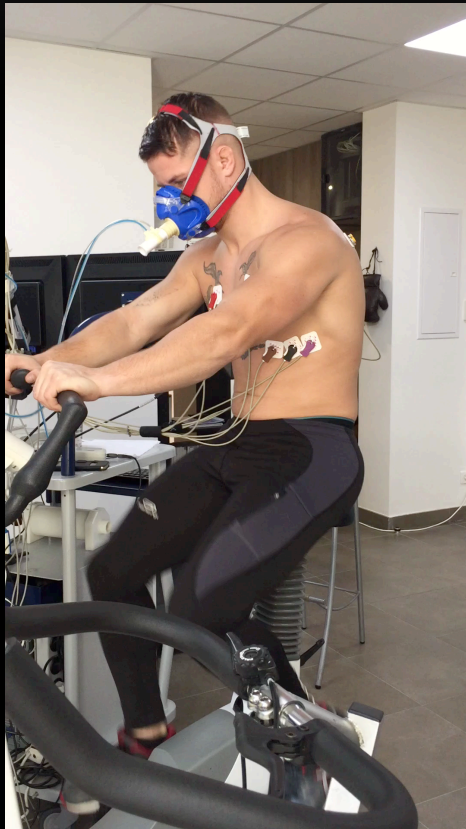
Exploration de la fonction mitochondriale par oxygraphie

Objectif = poser un diagnostic

Solutions ?



LES APPLICATIONS DES EFX COMPTE RENDU D'EXAMEN



Les résultats d'une EFX
Est-ce compréhensible ?

L'essentiel à retenir,
quelle est l'origine de la
limitation:
Cœur, poumon ou
muscle

LES APPLICATIONS DES EFX

COMPTE RENDU D'EXAMEN: CAS CLINIQUE

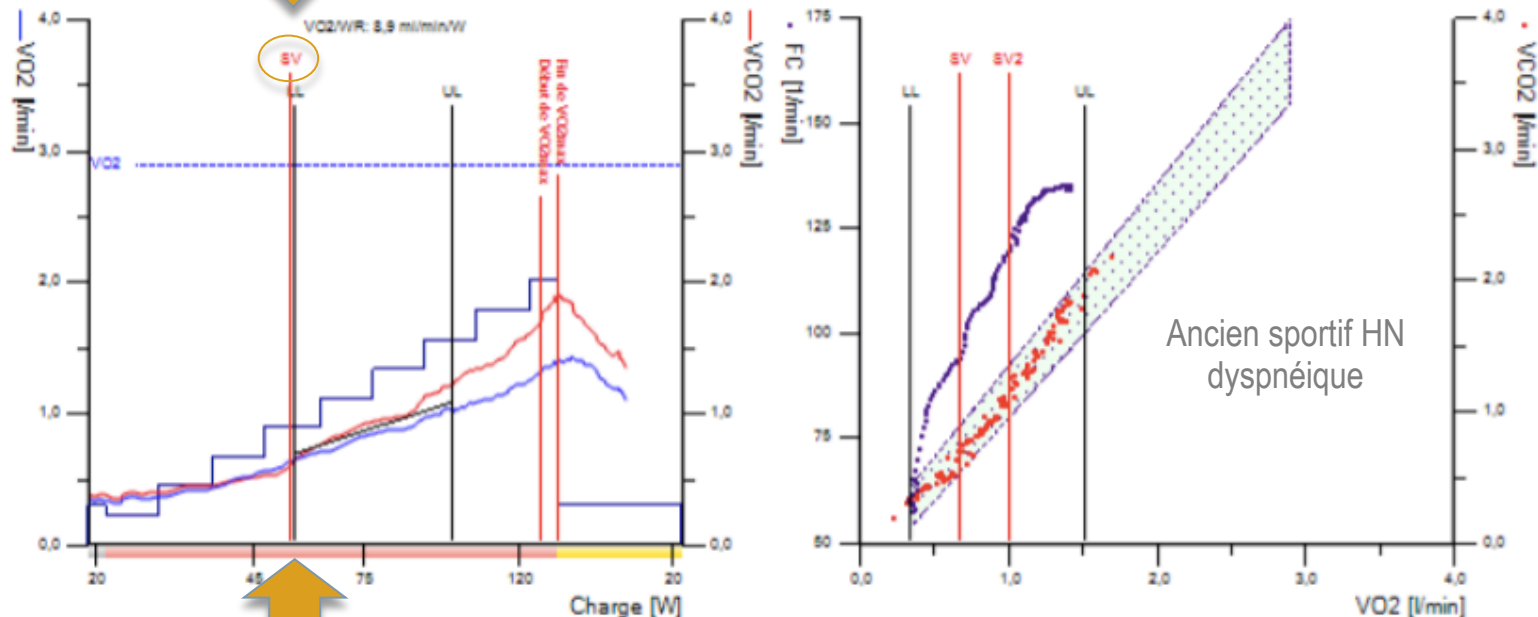
CMTS 2A

La Rocade - Bd Louis Campi - 20090 Ajaccio

www.cmts2a.fr

ID Patient:	421	Sexe:	Masculin	Taille:	181 cm
Nom:	Seuil ventilatoire	Date de naissance:	31/05/1971	Poids:	85 kg
Prénom:		Age:	45 years	BMI:	25,9 kg/m ²

4 graphes du seuil



LES APPLICATIONS DES EFX CAS CLINIQUE

VO2 max
Réserve ventilatoire
Quotient respiratoire
Réserve chronotrope
Seuil ventilatoire
Equivalents respiratoires

	Unité	Théor.	Repos	SV	SV %Max	SV %Pred.	SV2	SV2 %Max	VO2 Max	VO2 Max. %Pred.
Temps	min:sec		0:02 - 0:24	3:27	44	-	5:59	72	8:12 - 8:28	-
Charge	W ⁽¹⁶⁾	194	20	60	44	31	90	67	135	70
			-	-	-	-	-	-	-	-
VO2	l/min ⁽⁸⁾	2,89	0,34	0,67	49	23	1,00	73	1,37	47
VO2/kg	ml/min/kg ⁽⁷⁾	32,3	4,0	7,9	49	24	11,7	73	16,1	50
VCO2	l/min		0,38	0,69	37	-	1,16	63	1,85	-
QR	⁽⁹⁾	1,21	1,12	1,00	75	82	1,19	89	1,34	110
			-	-	-	-	-	-	-	-
FC	l/min ⁽¹³⁾	175	59	96	71	55	121	89	135	77
<u>Pouls d'O2</u>	ml/beat ⁽⁸⁾	16,5	5,7	6,9	68	42	8,3	83	10,1	61
			-	-	-	-	-	-	-	-
VE	l/min ⁽²¹⁾	74	18	25	28	34	43	48	90	121
Bf	l/min ⁽⁸⁾	55	11	9	29	16	16	54	31	56
BR	% ⁽⁸⁾	29	86	81	-	-	66	-	30	-
			-	-	-	-	-	-	-	-
VE/VO2			49,1	36,0	58	-	41,7	67	62,3	-
VE/VCO2			43,7	35,8	77	-	35,1	75	46,7	-

LES APPLICATIONS DES EFX

- Orientations thérapeutiques
- Prescription du ré-entraînement à l'effort
- Un principe connu depuis bien longtemps...

Hippocrate (460-377 av. J.C.): prescription de l'APS = équilibre « entre la force que l'on dépense et celle que l'on absorbe ». 3^{ème} phtisie: régime (poireaux, vin, marche 1^{er} mois 20 stades (1 = 180m) par jour, puis 10 stades de plus chaque mois... 150 stades. Si le patient suit le traitement, il est guéri.

LES APPLICATIONS DES EFX

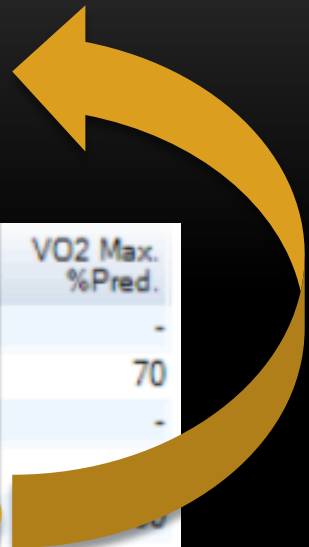
Réentraînement à l'exercice avec objectifs ciblés:

Prescription médicale: fréquences cardiaques ciblées, durée, fréquence, intensité, modes d'exercices

- Pas obligatoirement d'amélioration de la pathologie mais amélioration des chaînes de transport et d'utilisation de l'O₂ + règles HD
- Modification de la typologie musculaire (fibres de type 1 ++)
- Séances continues: bon compromis tolérance / efficacité = SV1 (premier seuil)
- Séances en interval-training
- Renforcement musculaire (avec W excentrique, à faible coût énergétique)

LES APPLICATIONS DES EFX CAS CLINIQUE

22 ml/min/kg après traitement
médical et ré-entraînement ciblé
(6 semaines)



	Unité	Théor.	Repos	SV	SV %Max	SV %Pred.	SV2	SV2 %Max	VO2 Max.	VO2 Max. %Pred.
Temps	min:sec		0:02 - 0:24	3:27	44	-	5:59	72	8:12 - 8:28	-
Charge	W ⁽¹⁶⁾	194	20	60	44	31	90	67	135	70
			-	-	-	-	-	-	-	-
VO2	l/min ⁽⁸⁾	2,89	0,34	0,67	49	23	1,00	73	1,37	-
VO2/kg	ml/min/kg ⁽⁷⁾	32,3	4,0	7,9	49	24	11,7	73	16,1	-
VCO2	l/min		0,38	0,69	37	-	1,16	63	1,85	-
QR	⁽⁹⁾	1,21	1,12	1,00	75	82	1,19	89	1,34	110
			-	-	-	-	-	-	-	-
FC	l/min ⁽¹³⁾	175	59	96	71	55	121	89	135	77
Pouls d'O2	ml/beat ⁽⁸⁾	16,5	5,7	6,9	68	42	8,3	83	10,1	61
			-	-	-	-	-	-	-	-
VE	l/min ⁽²¹⁾	74	18	25	28	34	43	48	90	121
Bf	l/min ⁽⁸⁾	55	11	9	29	16	16	54	31	56
BR	% ⁽⁸⁾	29	86	81	-	-	66	-	30	-
			-	-	-	-	-	-	-	-
VE/VO2			49,1	36,0	58	-	41,7	67	62,3	-
VE/VCO2			43,7	35,8	77	-	35,1	75	46,7	-

LES APPLICATIONS DES EFX CAS CLINIQUE

CMTS 2A

La Rocade - Bd Louis Campi - 20090 Ajaccio

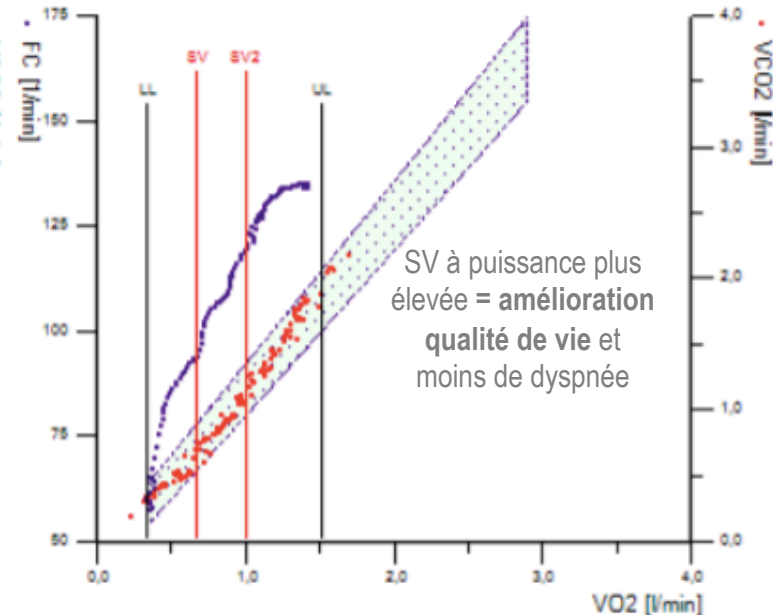
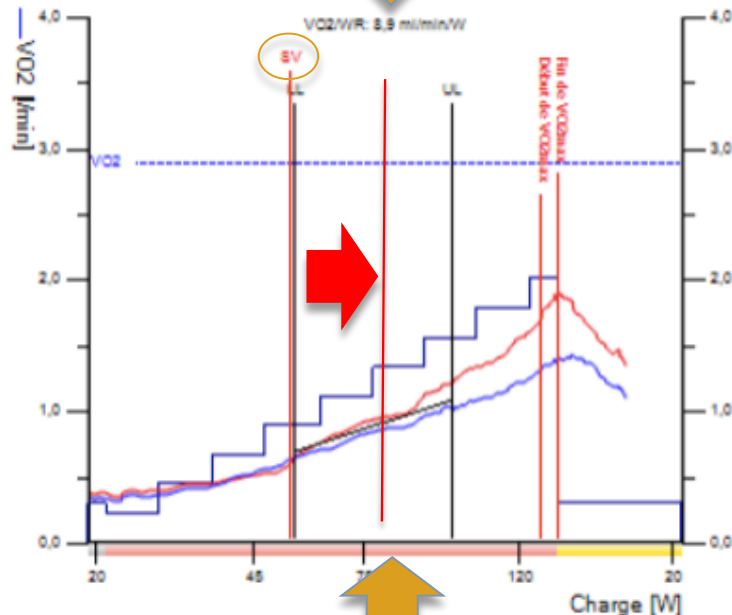
www.cmts2a.fr

Seuil ventilatoire
après traitement médical
et ré-entraînement
(6 semaines)

Sexe: Masculin
Date de naissance: 31/05/1971
Age: 45 years

Taille: 181 cm
Poids: 85 kg
BMI: 25,9 kg/m²

4 graphes du seuil



LES APPLICATIONS DES EFX CHEZ LE SPORTIF

Il n' a pas obligatoirement de corrélation entre le $VO_2\text{max}$ et la performance chez le sportif (contrairement au sujet sédentaire).

Ce qui est important chez le sportif c'est de mesurer l'économie de course, le pourcentage de $VO_2\text{max}$ au seuil et de caractériser la balance glucide-lipidique à l'effort.

L'ensemble des applications à l'entraînement va résulter de l'identification de SV1 et SV2.

La capacité aérobie peut se définir comme la capacité à utiliser le potentiel aérobie. Car il ne suffit pas d'avoir un excellent $VO_2\text{max}$ pour avoir un haut niveau de performances aérobies.

L'entraînement devra comporter des séances orientées vers le développement de cette aptitude, par une alternance de travail aérobie et d'exercices de puissance (fractionné long).

LES APPLICATIONS DES EFX CHEZ LE SPORTIF

Même si le $VO_2\text{max}$ reste peu ou pas modifiée au cours de la saison, ce qui compte c'est être capable pour un même VO_2 de développer des puissances ou une vitesse supérieures.

L'entraînement cherchera à décaler le plateau d'endurance précédemment décrit (donc le SV_2) vers la droite, c'est-à-dire vers des puissances supérieures. Pour la même adaptation énergétique, l'effort produit sera alors supérieur.

D'autres indicateurs pourront également témoigner d'une amélioration, telle que des FC inférieures pour un niveau de puissance identique. La fraction d'utilisation de l' O_2 pourra également être modifiée.

La répétition de ces tests au cours d'une saison sportive montre en général ce type de progression. Un $VO_2\text{max}$ identique n'exclut pas une amélioration du niveau de performance.



LES ÉVALUATIONS ISOCINÉTIQUES DU SPORTIF

CMATSSZA
Centre de Médecine et de Traumatologie du Sport d'Ajaccio

Ajaccio 2020

Gilles TESTOU – Florian RENUCCI

LES ÉVALUATIONS ISOCINÉTIQUES DU SPORTIF

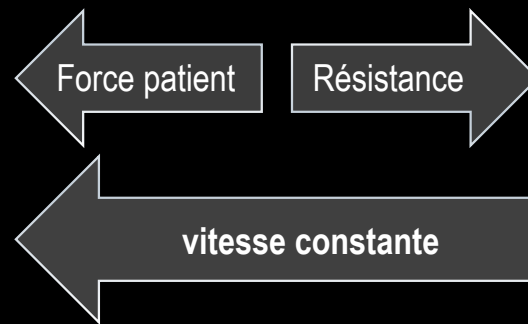
DES EXERCICES ANALYTIQUES AUX APPLICATIONS PRATIQUES



1. LE CONCEPT ISOCINÉTIQUE

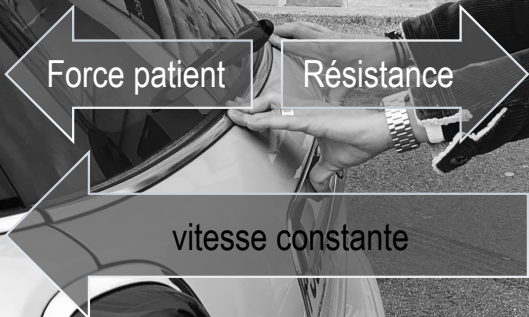
- **ISOCINÉTISME = MOUVEMENT A VITESSE CONSTANTE**

Vitesse constante sur l'ensemble de la course



- **RÉSISTANCE AUTO-ADAPTÉE:**
Adaptation de la résistance en tout point du mouvement

VOITURE = DYNAMOMÈTRE



SPORTIF 😊

Force = Résistance
Si auto-adaptation de la résistance
exercice dynamique isocinétique

Exercices en isocinétisme: adaptation de la résistance en tout point du mouvement afin qu'elle soit égale à la force développée par le sujet

1. LE CONCEPT ISOCINÉTIQUE

- Evaluation de la force maximale

A différentes vitesses (en degrés/sec)

A différents angles

Répétitions de 1 à l'infini

En concentrique ou excentrique

Choix en fonction du geste sportif

Evaluation musculaire fonctionnelle

- Objectifs

▶ Quantitatif = recherche d'un déficit

▶ Qualitatif = recherche d'un défaut de contraction angulaire

▶ Mixte = calcul de ratios

1. LE CONCEPT ISOCINÉTIQUE

SPORTIF SAIN (Prévention des blessures, suivi longitudinal, optimisation de la performance)

SPORTIF BLESSÉ (Rééducation, réathlétisation avant RTP)

Repères

Comparaison bilatérale, examen antérieur, ago / antagonistes, population cible

AVANTAGES

Test bilatéral, reproductible, sécurisé (W excentrique !)

Feedback du niveau de performance pour le patient et le praticien

LIMITES

Amplitudes articulaires, temps de latence pour arriver en isocinétisme, différent de la réalité fonctionnelle de geste sportifs complexes et rapides

2. LE TRAVAIL EXCENTRIQUE

W EXCENTRIQUE ISOCINÉTIQUE:

Evaluation = Concentrique **ET/OU** Excentrique

Concentrique avant les séries excentriques

Excentrique: apprentissage, échauffement (+++)

Comparaison entraînements exclusivement Co ou Exc: progression des perf Exc > Co
(meilleur recrutement des unités motrices)

W EXCENTRIQUE = + RENTABLE

2. LE TRAVAIL EXCENTRIQUE

CALCUL DE L'EQUILIBRE AGONISTES / ANTAGONISTES:

- Intérêt à connaître en prévention primaire et secondaire
- Le rapport M max antago exc / M max ago co

Ratio fonctionnel ou mixte =

$$\frac{30^\circ/\text{sec IJ exc}}{240^\circ/\text{sec Q co}}$$

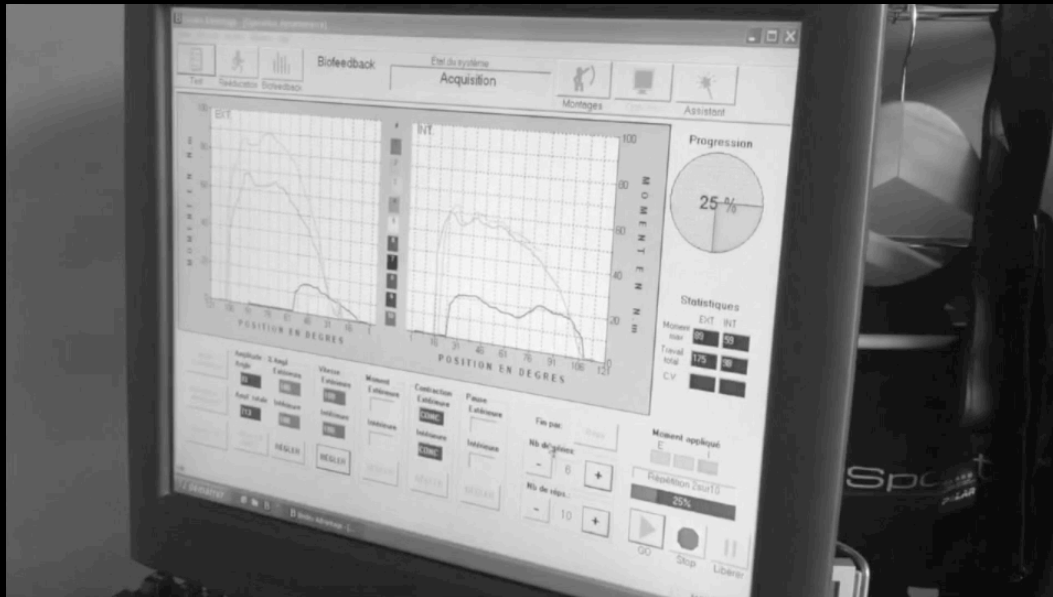


Risque de lésions IJ

2. LE TRAVAIL EXCENTRIQUE

D.O.M.S (DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS), ACCIDENTS MUSCULO-APONEVROTQUES, TENDINOPATHIES (type appareil extenseur)

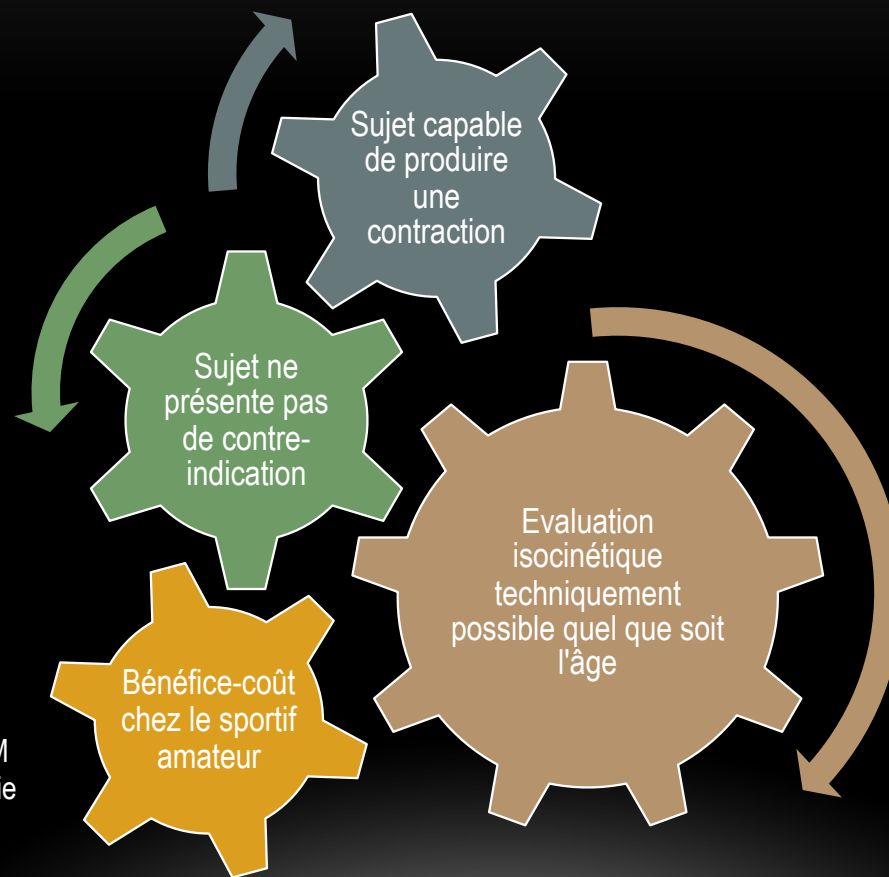
induits par les exercices excentriques (douleurs + diminution de force)
traités par le renforcement excentrique



Intérêt d'évaluer la force excentrique
Intérêt de renforcer en isocinétisme

Dosage des exercices, avantages du feedback

3. LES MAUVAISES ET BONNES INDICATIONS



Remboursement CPAM en post-ligamentoplastie

3. LES MAUVAISES ET BONNES INDICATIONS

CONTRE-INDICATIONS ABSOLUES	CONTRE-INDICATIONS RELATIVES
Limitation importante des amplitudes	Douleur mécanique importante
Lésion instable (os, tendon, ligament, muscle)	Grossesse
Situation cardio-vasculaire instable	Epanchement artriculaire

INDICATIONS SPORTIF SAIN	INDICATIONS SPORTIF BLESSÉ
Suivi longitudinal prévention / performance	Quantifier un déficit musculaire
Bilan Médico-sportif Professionnel	Recherche bon équilibre musculaire
Expertise	Critère pour le RTP

3. LES MAUVAISES ET BONNES INDICATIONS

QUADRICEPS / ISCHIO-JAMBIERS	EPAULES
Accident musculaire	Epaule douloureuse instable
Genou instable opéré ou non	Instabilité avérée opérée ou non
Conflit fémoro-patellaire	Pathologie de la coiffe

CHEVILLES	RACHIS
Instabilité	Lombalgie chronique

INDICATIONS LOCALISATIONS

4. LA MÉTHODOLOGIE

- REPRODUCTIBILITÉ = Protocole rigoureux pour un **test maximal standardisé**
- CONDITIONS DU SPORTIF
- ECHAUFFEMENT (général, spécifique, apprentissage)
- INSTALLATION DU SUJET
Confort, physiologie, axes, limites articulaires
- CHOIX DES EXERCICES DEMANDÉS
Mode de contraction, vitesses, séries, répétitions, récupération

ENCOURAGEMENTS CONSTANTS !
FEEDBACK

4. LA METHODOLOGIE

Vitesses: 1 lente co + 1 rapide co + 1 lente exc

Répétitions: 3 à vitesse lente + 6 à vitesse rapide

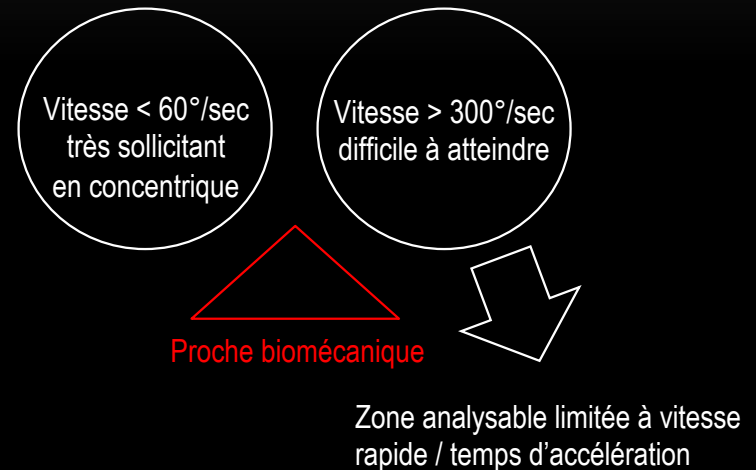
Si trop de répétitions perf altérée lors des séries suivantes, intéressant si évaluation fatigue

Maximalité de l'évaluation:

Critères subjectifs (visuels)

Critères objectifs cohérence relation force – vitesse (diminution force co avec augmentation vitesse), diminution Mom max lors des dernières rep, force exc > force co, variance

CHOIX DU PROTOCOLE



4. LA MÉTHODOLOGIE

Test maximal
Motivation pour être reproductible
mais **motivation reproductible**



4. LA MÉTHODOLOGIE

- Vitesse rapide Co
240°/s pour le genou, 180°/s pour cheville et épaule
- Vitesse lente Co
60°/s (force augmente en co lorsque vitesse diminue)
- Vitesse lente Exc
30°/s ou 60°/s



4. LA MÉTHODOLOGIE

Dynamomètre identique	Rigueur et constance = indispensables			
Conditions du sujet	Efforts préalables	Echauffement	Période d'essai	1 ^{er} sain / dominant
Installation	<u>Position</u>	<u>Stabilisation</u>	Axe rotation	
Réglages	Correction gravité	Choix vitesse	Nb séries / rep	Durée récup
L'exercice	Maximal	Encouragements	Feedback	

Sangle, appui, contre-appui, poignées

Position proche physiologie articulaire= confort, indolance, confiance





5. LES PARAMÈTRES MESURÉS

CONFIRMATION D'UN TEST INTERPÉTABLE

MAXIMALITÉ - VARIANCE

RATIO AGO / ANTAGONISTES

TOLÉRANCE CLINIQUE

ANALYSE DES COURBES

MOMENT DE FORCE MAXIMALE

Evaluation générale
 Séance: 09/06/2016 15:33:38
 Côté testé: Aucun
 Clinicien: dr testou
 Correspondant:
 Articulatio: Genou
 Diagnostic:

Nom: Vincent MARCHETTI
 Code: Mar
 N°(e) le: 04071997 (ds/M/yyyy)
 Taille (cm): 181
 Poids (kg): 70.0
 Sexe: Masculin

Filtre: Isocinétiq
 Protocole: Isocinétiq Bilatéral
 Mouvement: Extension

Evaluation compréhensive
 Séance: 09/06/2016 15:33:38
 Côté testé: Aucun
 Clinicien: dr testou
 Correspondant:
 Articulatio: Genou
 Diagnostic:

Nom: Vincent MARCHETTI
 Code: Mar
 N°(e) le: 04071997 (ds/M/yyyy)
 Taille (cm): 181
 Poids (kg): 70.0
 Sexe: Masculin

Filtre: Isocinétiq
 Protocole: Isocinétiq Bilatéral
 Mouvement: Extension/Flexion
 Mode: Passif
 Contraction: Exo/Exc
 Gravité: 24 N.m à 10 degrés

Evaluation compréhensive
 Séance: 09/06/2016 15:33:38
 Côté testé: Aucun
 Clinicien: dr testou
 Correspondant:
 Articulatio: Genou
 Diagnostic:

Nom: Vincent MARCHETTI
 Code: Mar
 N°(e) le: 04071997 (ds/M/yyyy)
 Taille (cm): 181
 Poids (kg): 70.0
 Sexe: Masculin

Filtre: Isocinétiq
 Protocole: Isocinétiq Bilatéral
 Mouvement: Extension

Evaluation compréhensive
 Séance: 09/06/2016 15:40:10
 Côté testé: Aucun
 Clinicien: dr testou
 Correspondant:
 Articulatio: Genou
 Diagnostic:

Nom: Vincent MARCHETTI
 Code: Mar
 N°(e) le: 04071997 (ds/M/yyyy)
 Taille (cm): 181
 Poids (kg): 70.0
 Sexe: Masculin

Filtre: Passif Bilatéral
 Protocole: Extension/Flexion
 Mode: Passif
 Contraction: Exo/Exc
 Gravité: 16 N.m à 4 degrés

EXTENSION 240 DEGREES

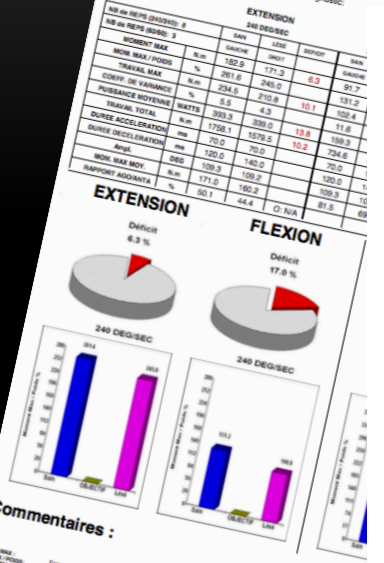
NB de REPS (DROIT) :	max	légt	report	max
MOMENT MAX	N.m	210.7	235.9	-12.0
NOM. MAX / POIDS	%	301.4	337.4	153.5
TEMPS MOM. MAX	ms	710.0	760.0	270.0
ANGLE AU MOMENT MAX	DEG	77.0	64.0	25.0
MOMENT A 30.0 DEG	N.m	130.7	134.0	-11.0
MOMENT A 0-18 SEC	N.m	165.8	169.1	-2.0
COEFF. DE VARIANCE	%	4.1	6.7	9.4
TRAVAIL MAX	N.m	286.3	304.1	-6.2
N°REP. AU TRAVAIL MAX	#	3	3	1
TRAVAIL / POIDS	%	409.5	435.0	182.3
TRAVAIL TOTAL	N.m	831.6	836.7	-0.6
TRAVAIL 1er TIERS	N.m	282.5	278.5	128.9
TRAVAIL 2ème TIERS	N.m	284.6	296.5	111.9
FATIGUE AU TRAVAIL	%	-0.8	-6.4	13.1
PUISSANCE MOYENNE	WATTS	148.6	148.6	0.1
DUREE ACCELERATION	ms	50.0	40.0	80.0
DUREE DECELERATION	ms	110.0	170.0	200.0
Ampli	DEG	110.3	110.4	110.3
MOM. MAX MOY.	N.m	205.5	219.0	98.5
RAPPORT ADANTA	%	50.9	43.4	0: 61.0

EXTENSION 60 DEGREES

NB de REPS: Droit 3	max	légt	report	max
MOMENT MAX	N.m	210.7	235.9	-12.0
NOM. MAX / POIDS	%	301.4	337.4	153.5
TEMPS MOM. MAX	ms	710.0	760.0	270.0
ANGLE AU MOMENT MAX	DEG	77.0	64.0	25.0
MOMENT A 30.0 DEG	N.m	130.7	134.0	-11.0
MOMENT A 0-18 SEC	N.m	165.8	169.1	-2.0
COEFF. DE VARIANCE	%	4.1	6.7	9.4
TRAVAIL MAX	N.m	286.3	304.1	-6.2
N°REP. AU TRAVAIL MAX	#	3	3	1
TRAVAIL / POIDS	%	409.5	435.0	182.3
TRAVAIL TOTAL	N.m	831.6	836.7	-0.6
TRAVAIL 1er TIERS	N.m	282.5	278.5	128.9
TRAVAIL 2ème TIERS	N.m	284.6	296.5	111.9
FATIGUE AU TRAVAIL	%	-0.8	-6.4	13.1
PUISSANCE MOYENNE	WATTS	148.6	148.6	0.1
DUREE ACCELERATION	ms	50.0	40.0	80.0
DUREE DECELERATION	ms	110.0	170.0	200.0
Ampli	DEG	110.3	110.4	110.3
MOM. MAX MOY.	N.m	205.5	219.0	98.5
RAPPORT ADANTA	%	50.9	43.4	0: 61.0

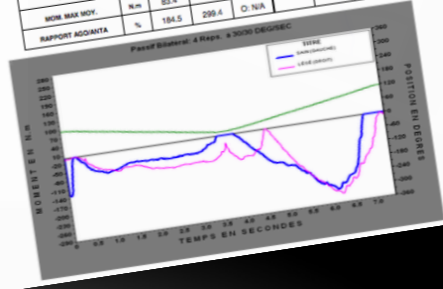
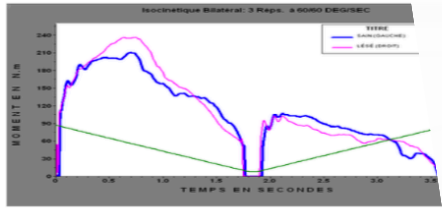
EXTENSION 30 DEGREES

NB de REPS: Droit 4	max	légt	report	max
MOMENT MAX	N.m	131.9	88.9	243.4
NOM. MAX / POIDS	%	188.7	134.3	348.1
TEMPS MOM. MAX	ms	60.0	2670.0	81.0
ANGLE AU MOMENT MAX	DEG	115.0	40.0	67.8
MOMENT A 30.0 DEG	N.m	67.7	81.4	0.0
MOMENT A 0-18 SEC	N.m	15.6	0.8	5.6
COEFF. DE VARIANCE	%	39.5	27.3	30.5
TRAVAIL MAX	N.m	93.1	121.4	217.6
N°REP. AU TRAVAIL MAX	#	3	2	2
TRAVAIL / POIDS	%	133.1	173.7	311.2
TRAVAIL TOTAL	N.m	301.7	398.0	843.0
TRAVAIL 1er TIERS	N.m	101.6	93.8	237.3
TRAVAIL 2ème TIERS	N.m	97.2	117.1	306.1
FATIGUE AU TRAVAIL	%	4.3	24.8	-29.0
PUISSANCE MOYENNE	WATTS	32.4	26.4	56.3
DUREE ACCELERATION	ms	430.0	460.0	2590.0
DUREE DECELERATION	ms	130.0	140.0	430.0
Ampli	DEG	100.2	107.9	100.2
MOM. MAX MOY.	N.m	83.4	70.5	253.1
RAPPORT ADANTA	%	184.5	239.1	0: N/A



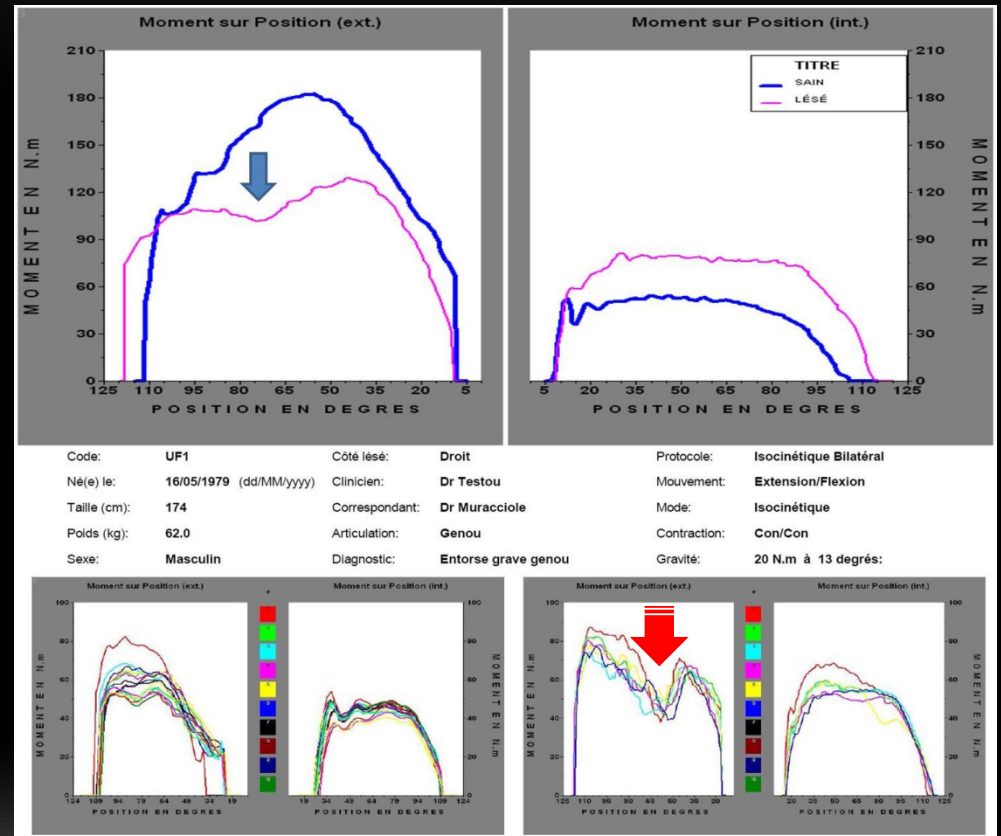
Commentaires :

Prévenir les blessures liées à l'usage de cet appareil. Vérifier l'état de l'appareil avant utilisation.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez une blessure ou si vous avez des douleurs.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de santé ou si vous êtes enceinte.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de circulation sanguine ou si vous avez des problèmes de pression artérielle.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de vision ou si vous avez des problèmes d'audition.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de coordination motrice ou si vous avez des problèmes de concentration.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité cutanée ou si vous avez des problèmes de température corporelle.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux vibrations ou si vous avez des problèmes de sensibilité aux ondes électromagnétiques.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux champs électromagnétiques.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements ionisants.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements non ionisants.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements ultraviolets.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements infrarouges.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements micro-ondes.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements radiofréquences.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à haute fréquence.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à basse fréquence.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à très basse fréquence.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à ultra basse fréquence.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à fréquence nulle.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à fréquence négative.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à fréquence positive.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à fréquence complexe.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à fréquence variable.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à fréquence constante.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à fréquence aléatoire.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à fréquence déterminée.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à fréquence indéterminée.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à fréquence inconnue.
 Ne pas utiliser cet appareil si vous avez des problèmes de sensibilité aux rayonnements à fréquence inconnue.



5. LES PARAMÈTRES MESURÉS

- EVALUATION QUALITATIVE
- Analyse des courbes à vitesse lente: analyse fonctionnelle pour bilan et suivi efficacité thérapeutique
- NB: amélioration du travail non synonyme d'augmentation du moment max systématiquement



5. LES PARAMÈTRES MESURÉS

- EVALUATION QUANTITATIVE
 - Moment de force maximale (MFM): paramètre le + fiable
 - MFM permet d'obtenir:
 - valeur relative du MFM en Nm/kg
 - asymétrie bilatérale
 - ratios
-

5. LES PARAMÈTRES MESURÉS

- Evaluation de la fatigue Q/IJ
- Pas de méthodologie validée, travaux JL Croisier
- Index de fatigue calculé par le dynamomètre:
Travail 1er tiers (Nm) 3 à 5 premières rep

Travail 3ème tiers (Nm) 3 à 5 dernières rep + 35% répercussion clinique ?
- IJ résistance à la fatigue + faible vs Q (risque lésionnel, études nécessaires)
- Sollicitations CV lors des épreuves de résistance
FC 83% FMT à 20 rep / 87% à 50 rep
- Domaines d'application à définir

SEGMENTS ARTICULAIRES EVALUÉS AUS CMTS 2A



GENOU 85%
RACHIS 0%



EPAULE 10%
CHEVILLE 5%

6. LES APPLICATIONS

1. Evaluation quadriceps – ischio jambiers



Echauffements vélo ou course,
dynamomètre,

Poignées ou sangles (**standardiser!**),
pas de contre-appui contro-latéral,
sangle pelvienne pour limiter
mouvements bassin, sangle fémorale
pour ceux de la hanche, appuis et
contre-appuis en sus-malléolaire,
compensation pesanteur, alignement
centre rotation dynamomètre avec axe
de rotation du genou

Séries excentriques réalisées selon
résultats 1ères séries concentriques et
tolérance

6. LES APPLICATIONS: QUADRICEPS / ISCHIO-JAMBIERS

RÉFÉRENCES EN POST-LIGAMENTOPLASTIE

KJ 4 mois	DIDT 4 mois
Q asymétrie 30 – 35%	Q asymétrie 20 – 25%
IJ idem côté sain	IJ asymétrie 20 – 25%
KJ 6 mois	DIDT 6 mois
Q asymétrie 20 – 25%	Q asymétrie 15 – 20%
IJ idem côté sain	IJ asymétrie 15 – 20%
KJ 48 mois	DIDT 48 mois
Q non déficitaire	Q non déficitaire
IJ non déficitaire	IJ asymétrie 14 – 18%

En pratique, expérience parfois en **pré-op** (valeurs de ref), **4 ½** et **6 à 7 mois** (orientation réeduc et RTP)

6. LES APPLICATIONS: QUADRICEPS / ISCHIO-JAMBIERS

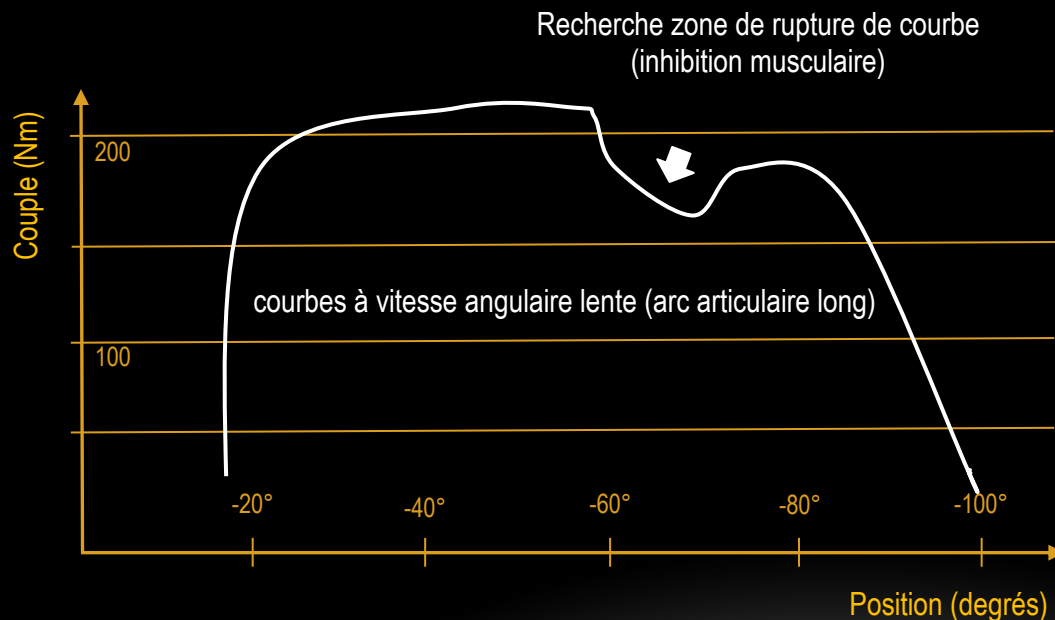
- Les vitesses lentes permettent d'évaluer la force, les vitesses rapides la puissance et l'explosivité
- Déséquilibre significatif si écart bilatéral de + de 15%
- Analyse des rapports:
- Ratio concentrique IJ co/Q co 60°/sec normale attendue: 50 à 60%
- Ratio concentrique IJ co/Q co 240°/sec normale attendue: 65 à 80%
- Ratio fonctionnel de Croisier 1: Rapport IJ exc à 30°/sec - Qco 240°/sec cible à 0,85 -1,0

Non physiologique

6. LES APPLICATIONS: QUADRICEPS / ISCHIO-JAMBIERS

CONFLIT FÉMORO-PATELLAIRE

Désordre biomécanique
+- souffrance ostéocondrale



6. LES APPLICATIONS: QUADRICEPS / ISCHIO-JAMBIERS

LESIONS MUSCULAIRES IJ ITÉRATIVES

Mode de contraction excentrique = lié aux pathologies IJ
% fibres de type II + élevé IJ vs Q = meilleur rendement des IJ aux vitesses élevées (vs Q)

Etude football Pro (Bordeaux) protocoles types utilisés par les clubs Français

Valeur de référence situant le seuil pathologique pour les ratios bilatéraux = 15%

Valeurs de référence des ratios unilatéraux:

- Ratio conventionnel 60° < 0,51 vs Croisier 50 à 60%
- Ratio conventionnel 240° < 0,64 (rendement IJ) vs Croisier 65 à 80%
- Ratio fonctionnel (mixte) < 0,83 vs Croisier 0,85 à 1

6. LES APPLICATIONS

1. Evaluation quadriceps – ischio jambiers
2. Evaluation rotateurs de l'épaule



6. LES APPLICATIONS: ROTATEURS DE L'ÉPAULE

- Complexe articulaire, différents axes, positions et installations multiples possibles
- Si symptomatique: position assise, 45° abduction, plan de l'omoplate (AP 30°)
Protocole sécurisant (appréhension, coiffe et instabilité)
Stabilisation du tronc par sangles, poignée controlatérale
- Si prévention sport armer / lancer: décubitus dorsal
90° abduction (pas exp)
Evaluation sur grandes amplitudes, proche geste technique (risque si instabilité ou conflit)

AXE DYNAMOMÈTRE = AXE HUMÉRUS

Evaluation des rotateurs = seule validée
actuellement mais épaule = complexe articulaire



6. LES APPLICATIONS: ROTATEURS DE L'ÉPAULE





RI : Grand pectoral – grand dorsal – sous scapulaire
RE : Infra-épineux - petit rond - supra-épineux

6. LES APPLICATIONS: ROTATEURS DE L'ÉPAULE

Exemple du volley-ball

Attaque en volley: frappe en cassant le haut du corps +/- rotation du tronc

Geste armer – lancer

Importance de la contraction excentrique (contrôle freinateurs proportionnel des antagonistes)

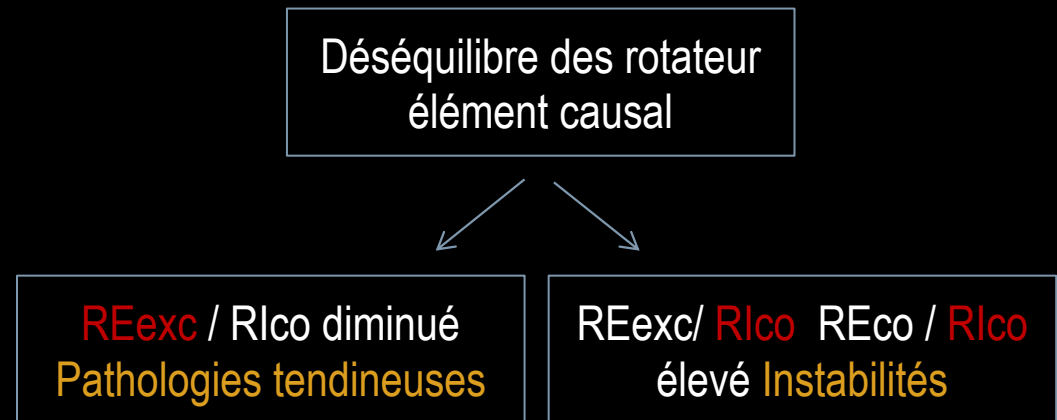


Armer: REco/RIexc
Lancer: RIco/REexc

6. LES APPLICATIONS: ROTATEURS DE L'ÉPAULE

Exemple du volley-ball

La coiffe assure la stabilité active de l'articulation gléno-humérale



- Ratio conventionnel: RE/RI co 60°/s (entre 0,6 et 0,8)
- Ratio fonctionnel (mixte): RE exc / RI co (cible à 1)

6. LES APPLICATIONS: ROTATEURS DE L'ÉPAULE



6. LES APPLICATIONS: ROTATEURS DE L'ÉPAULE

Rôle freinateur du mouvement par les muscles antagonistes variable selon la vitesse du mouvement



Natation

Ratio mixte bas
jusqu'à 0,43

Rôle freinateur limité car
vitesses rotatoires lentes

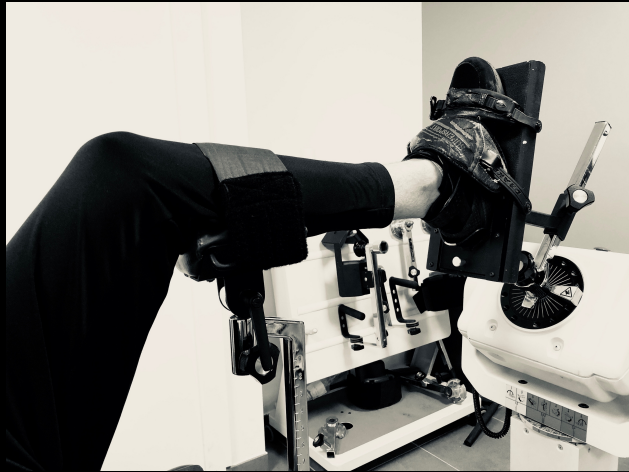
Lancer de Javelo

Rôle freinateur important
pour protéger l'épaule car
vitesses rotatoires très
élevées (jusqu'à 6000°/sec)

Ratio équilibré chez le sportif : intérêt démontré seulement en prévention secondaire

LES APPLICATIONS

1. Evaluation quadriceps – ischio jambiers
2. Evaluation rotateurs de l'épaule
3. Evaluations stabilisateurs de la cheville



6. LES APPLICATIONS: STABILISATEURS DE LA CHEVILLE

- Flexion plantaire / dorsale
- **Inverseurs / éverseurs**
- Echauffement vélo, élastique, dynamomètre
- Position semi-allongée, genou fléchi à 30° environ
- Butée environ 20° inversion / 10° éversion = 30° pour valeurs fiables (intérêt si amplitudes)
- Vitesses angulaires: 180°/sec et 60°/sec (co) 3 à 6 rep
- Evaluation de la résistance à la fatigue: 30 rep (comparaison 1^{er} et dernier 1/3)

6. LES APPLICATIONS: STABILISATEURS DE LA CHEVILLE



LES APPLICATIONS

1. Evaluation quadriceps – ischio jambiers
2. Evaluation rotateurs de l'épaule
3. Evaluations stabilisateurs de la cheville
4. Evaluation rachis (fléchisseurs et extenseurs du rachis, position debout)
Evaluation Aducteurs / adducteurs (allongé en décubitus latéral, hockey / glace)

LES APPLICATIONS

1. Evaluation quadriceps – ischio jambiers
 2. Evaluation rotateurs de l'épaule
 3. Evaluations stabilisateurs de la cheville
 4. Evaluation rachis
 5. Sportif professionnel
-

6. LES APPLICATIONS: SPORTIF PROFESSIONNEL

Référence : test antérieur ou côté sain
RTP: récup 90% compétition

Prévention
Return to play



6. LES APPLICATIONS: SPORTIF PROFESSIONNEL



Bilan médical avant signature de contrat

7. ISOCINÉTISME: L'ESSENTIEL À RETENIR

Démembrement (**clinique**), bilan étiologique, travail de prévention, évaluation efficacité
Bon outil de mesure de la force musculaire
Pas outil idéal pour évaluer la biomécanique
Quelques protocoles codifiés à appliquer pour le suivi (exemple du football)

DES EXERCICES ANALYTIQUES AUX APPLICATIONS PRATIQUES



ATELIER PRATIQUE VO2 MAX ET ISOCINÉTISME