



# Coup de chaleur d'exercice (CCE): Doit-il être exploré?

MC C. Saby

Hôpital d'Instruction des Armées  
Laveran Marseille



# Généralités

## **CCE ou Exertional heat stroke:**

- Effort intense et prolongé
- Hyperthermie  $\geq 40^{\circ}\text{C}$  (en général)
- Désordres neurologiques (altération de la conscience)
- Rhabdomyolyse
- Sujet jeune, sans antécédent

Nombre de cas recensés dans l'armée française:

1989 – 1995 200

2002 – 2004 318

Incidence = 33 / 100 000 - 80 à 100 cas / an

Mortalité:

France 1989 – 1995 2,5 %

2002 – 2006 0

USA 1980 – 2002 0,7 %

Israël 5 %

# Généralités

## **GROUPES D'ETUDE DES HYPERTHERMIES DE MARSEILLE:**

- 376 patients militaires victimes de CCE explorés du 01/01/1990 au 31/03/2003
- 180 entre 2004 et 2006
- âge moyen 25 ans [18 – 55]

# Facteurs favorisants

- Tenue +++ → tenue de combat > 80%
- Effort: Marche commando, marche course > 70 %
- Température extérieure moyenne 21,8 °C - > 20°C → 40 %
- Hygrométrie > 75%
- Déshydratation, jeûn, dette de sommeil
- Infections
- Médicamenteux
  - Traitement limitant les mécanismes de thermorégulation
  - Guronsan® (caféine)
- Alcool, drogues rarement (sous évaluation?)
- Liés à l'effort:
  - Excès d'activité ou surmotivation
  - Manque d'entraînement
  - Intolérance à l'effort

**RECIDIVE = 12 %**

# Clinique

Signes neurologiques		Fréquence %
<b>Troubles de conscience = constant</b>	PC	83,5
	Altération, obnubilation	12
	Coma	4,5
Troubles du comportement: Inadapté, confusion, DTS, Agitation, agressivité, délire		15,7
Convulsions		3
Rares (1 cas): AIT, diplopie, ataxie déficit moteur d'un MS		

- Température moyenne = 40,3°C [38 - 43]
- Rhabdomyolyse
  - Manifestations cliniques
  - CK 7355 UI/L [500-350 M]
  - Myoglobine 1034 UI/L [50-21700]
- Déshydratation constante
  - Tachycardie
  - Collapsus d'intensité variable
  - Etat de choc → 3 patients
- Hyperlactatémie constante (9,2 +/- 2,1 mmol/L)
- Hypoglycémie 1,6%

# Complications

- Hépatiques 51,7%
  - cytolyse constante
  - cholestase 3 patients (0,9%)
  - IHC rares 5 patients (1,5%)  
→ 4/5 avec facteur V < 30%
- Insuffisance rénale 32,5% (dialyse = 1 cas)
- Hémostase
  - chute modérée TP 4,3%
  - thrombopénie rarement
  - CIVD 11,5%

# Physiopathologie du CCE

**CCE** = Facteurs favorisants  
Mécanismes physiopathologiques complexes

## Mécanismes physiopathologiques

- Anomalies de la thermorégulation
- Effet direct de la chaleur
  - Hyperthermie cellulaire
- Dysfonction du système nerveux central
- Implication du système immuno-inflammatoire
  - La sphère hépatosplanchnique
  - Le monoxyde d'azote
- Dysfonctionnement musculaire

**GRAVITE**

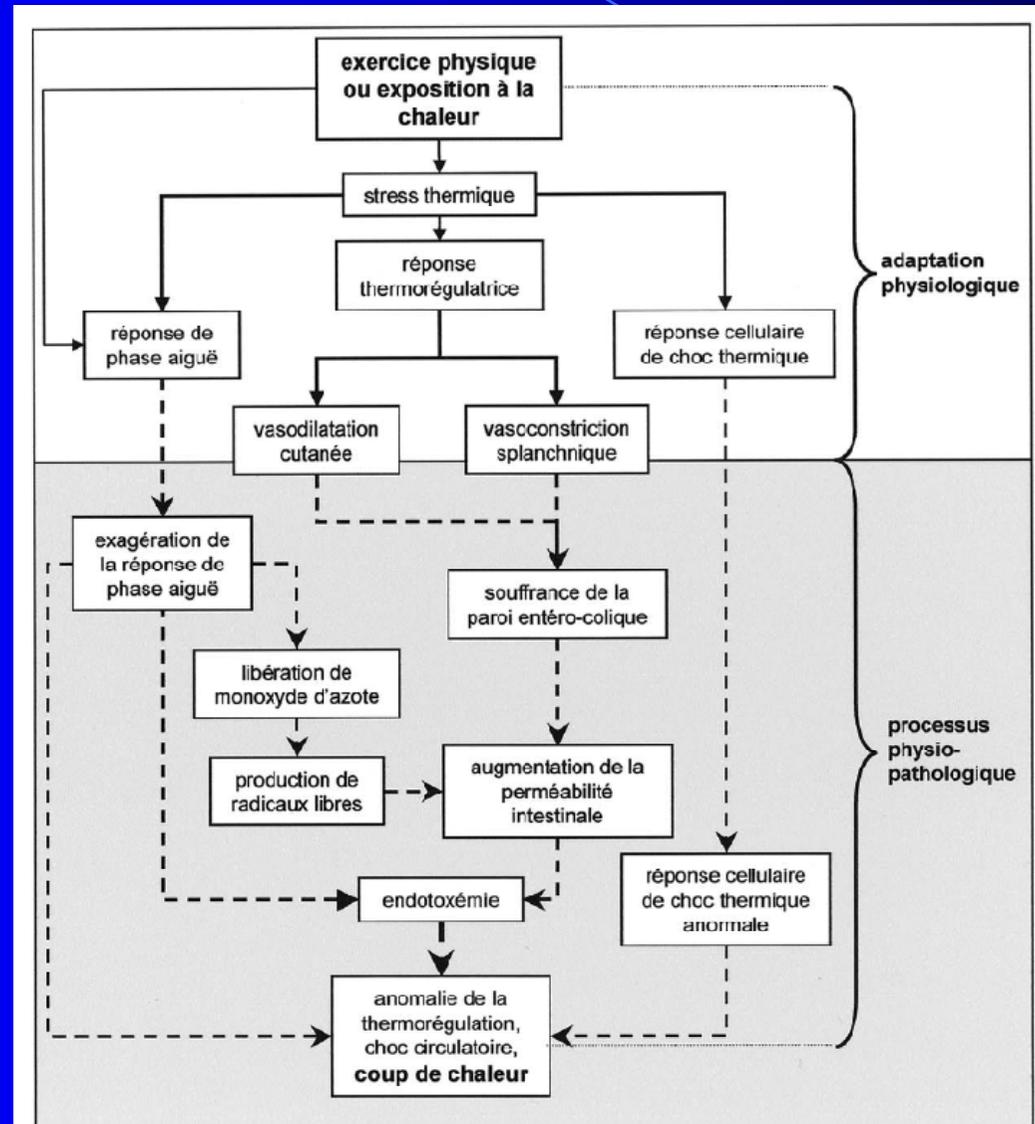
↓  
**ATTEINTE DE  
PLUSIEURS  
ORGANES**

↓  
**DMV**

**MORTALITE = 10%**  
**Militaire < 1%**

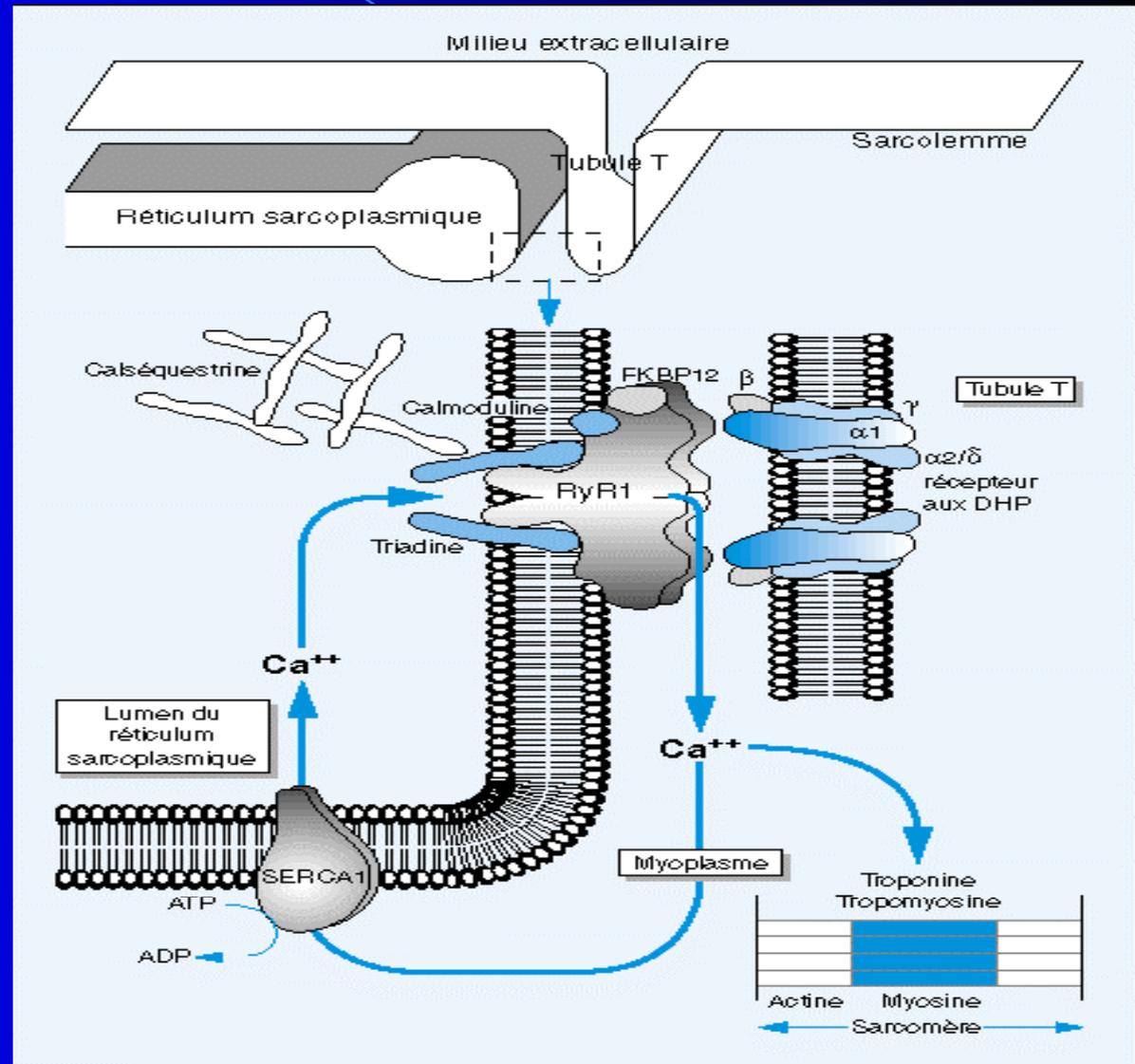
**PREVENTION - REFROIDISSEMENT**

# Hypothèses physiopathologiques



# Bases physiopathologiques

Structures mises en jeu dans le mécanisme d'excitation-contraction  
(Monnier, 2000)



# Explorations

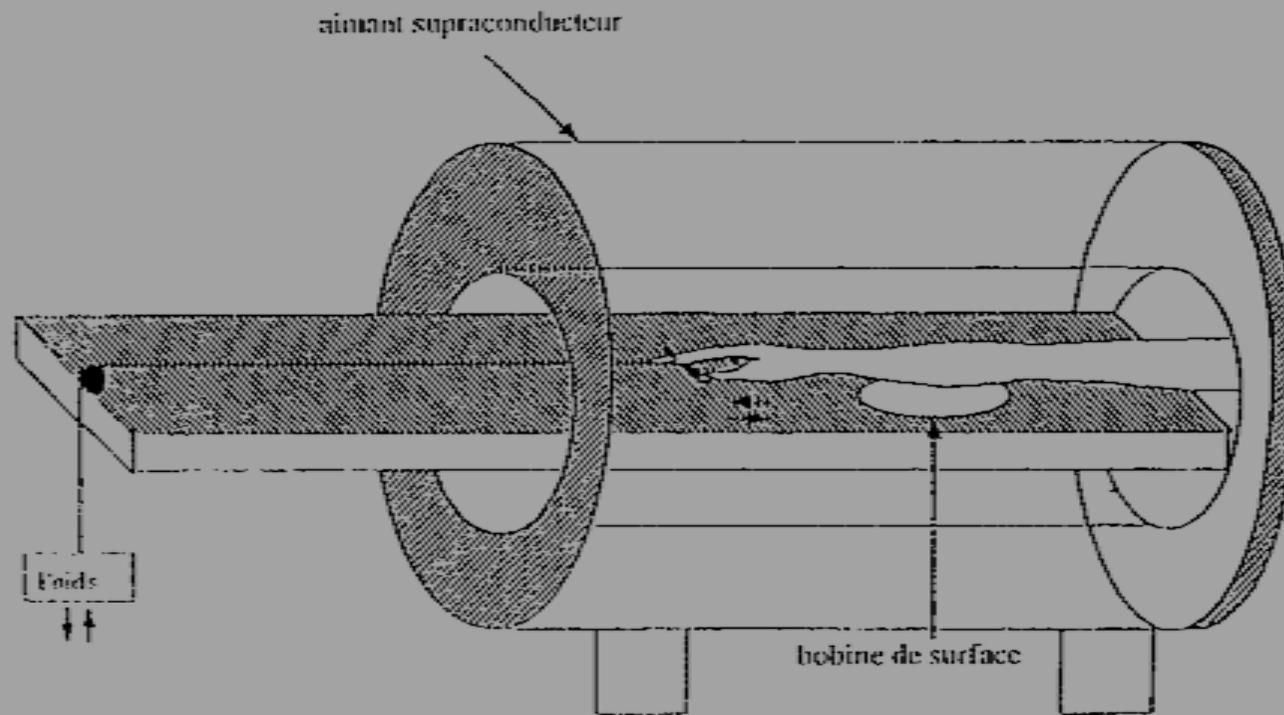
## Spectrométrie de résonance magnétique (SRM) du P-31

Exploration non invasive du métabolisme énergétique musculaire

## Biopsie musculaire (protocole européen)

- Analyses morphologiques
- anomalies de taille, de distribution, aspect
- Analyses histo-enzymologiques
- déficit ou absence d'activité enzymatique
- Tests de contracture (IVCT) :
  - Caféine, Halothane, Ryanodine
  - Résultats → 3 statuts: MHS, MHN, MHEh ou c

# SRM du P-31: le dispositif



Dispositif expérimental permettant l'enregistrement par SRM du P-31 des spectres des muscles fléchisseurs des doigts. Ce dispositif développé au CRMBM à Marseille est installé sur un spectromètre-imageur Bruker Biospec 47/30 doté d'un aimant supraconducteur de 4.7 T et offrant un diamètre utile de 30 cm. La détection des signaux se fait par une bobine de surface (spire) placée au contact de l'avant-bras. L'intensité de l'exercice de flexion est calibrée par le système poulie/poids.

# SRM du P-31: le spectre

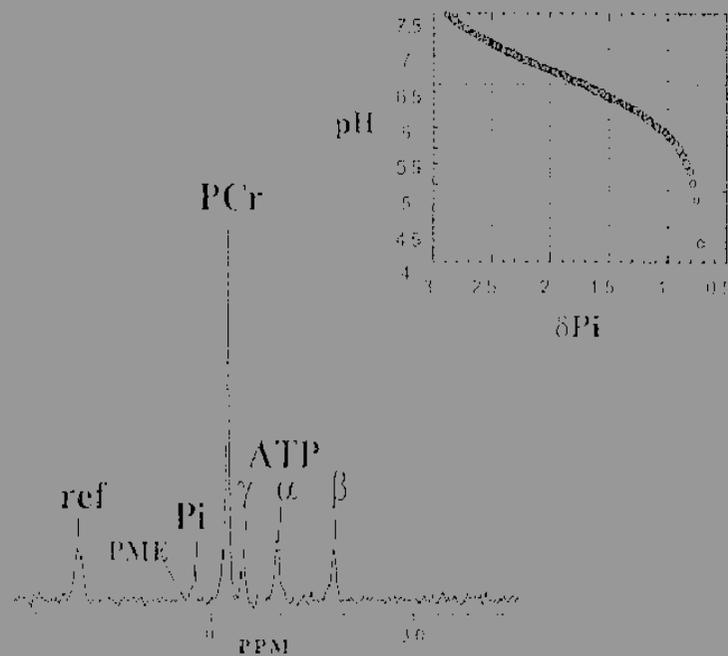
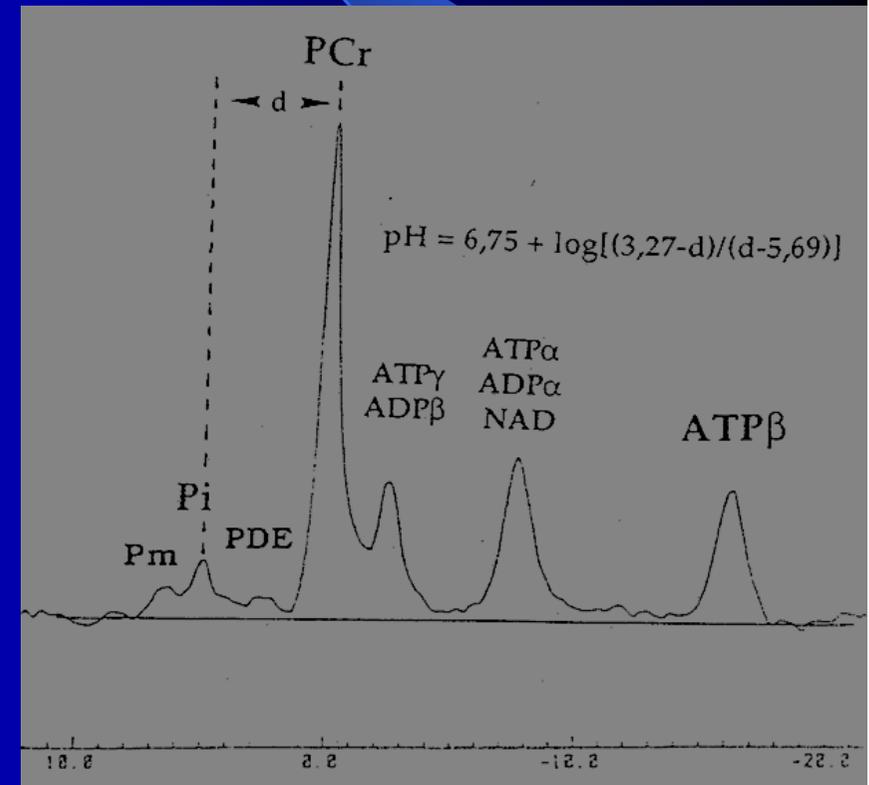


Fig. 1. - Spectre de RMN du phosphore-31 enregistré en 15 secondes sur les muscles fœchisseurs des doigts.

L'attribution des signaux est la suivante : 1) composé de référence (acide phényl phosphonique), 2) phosphomonoesters (PME), 3) phosphate inorganique (Pi), 4) phosphocréatine (PCr), 5, 6, 7, groupement phosphate en position, γ, α et β de l'ATP. L'encart supérieur droit montre le type de courbe de référence utilisée pour déterminer la valeur du pH intramyocytaire à partir de la position du signal de Pi (δPi) par rapport à la phosphocréatine sur l'échelle des fréquences.



# Explorations

## Spectrométrie de résonance magnétique (SRM) du P-31

Exploration non invasive du métabolisme énergétique musculaire

## Biopsie musculaire (protocole européen)

- Analyses morphologiques
- anomalies de taille, de distribution, aspect
- Analyses histo-enzymologiques
- déficit ou absence d'activité enzymatique

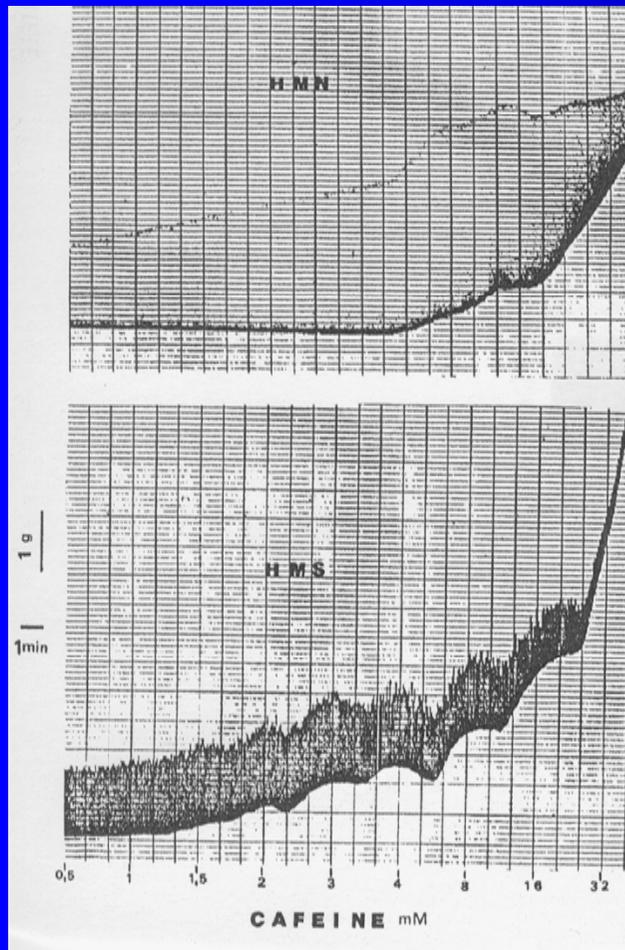
- Tests de contracture (IVCT) :

Caféine, Halothane, Ryanodine

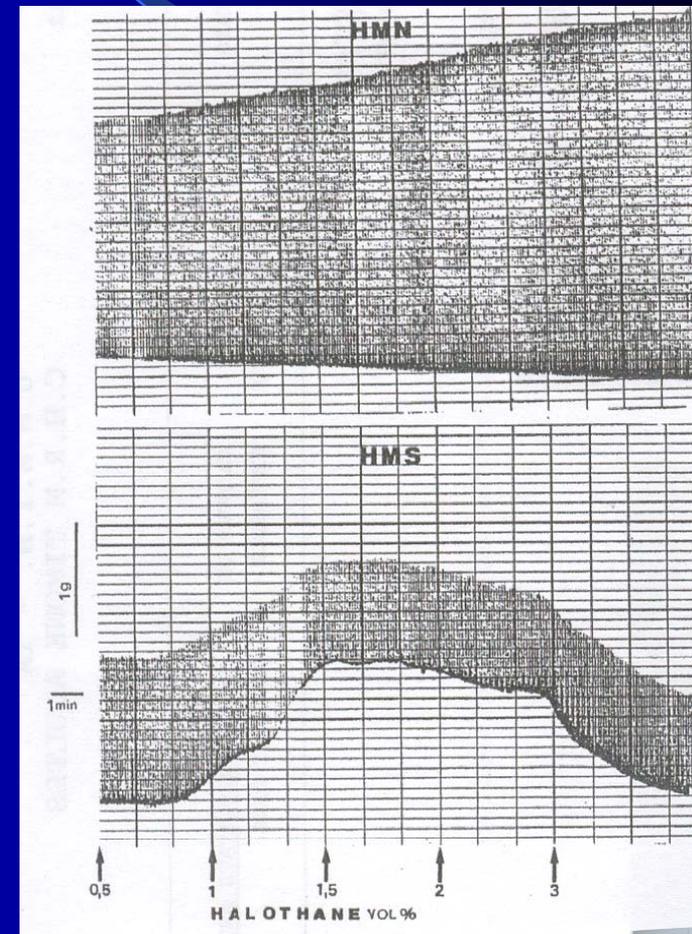
Résultats → 3 statuts: MHS, MHN, MHEh ou c

# Tests de contracture (1)

caféine

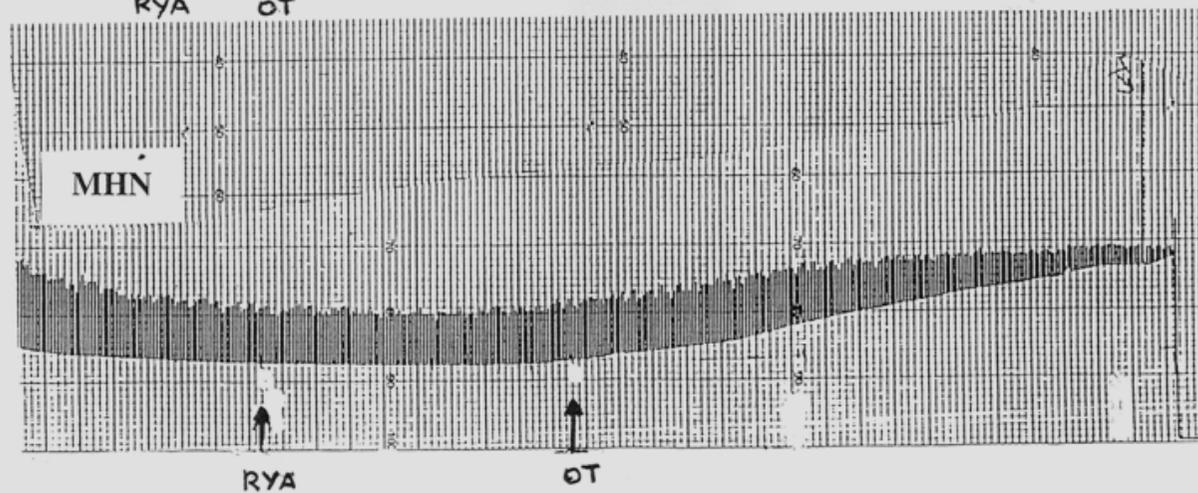
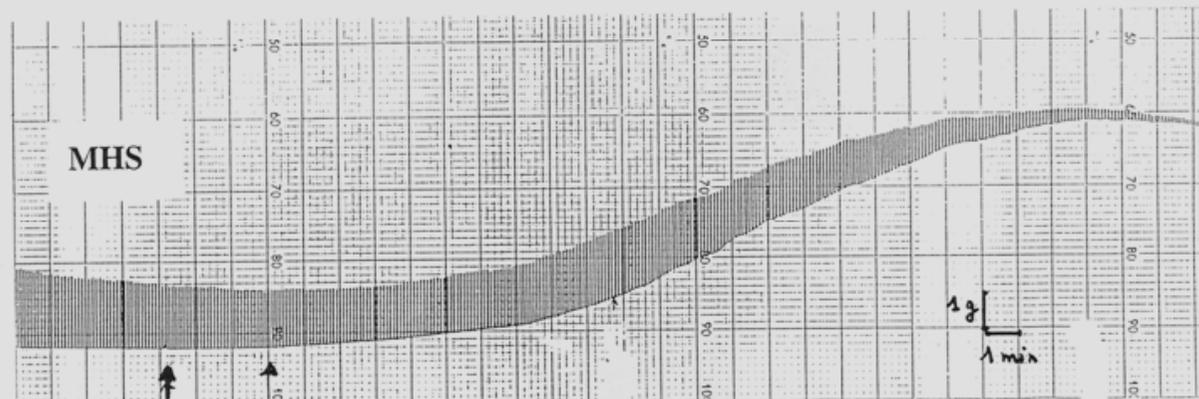


Halothane



# Tests de contracture (2)

Tests de contracture à la ryanodine



# SRM P-31

# Biopsies

SRM	Fréquence (%)
<b>ANORMALE</b>	<b>78,3</b>
Acidose excessive ou prolongée	58,8
Activation anormale de la glycolyse	57,6
Déficit oxydatif	57,3
Déficit de la glycolyse	16,3
Rhabdomyolyse persistante	12,7
<b>NORMALE</b>	<b>21,7%</b>

Classification	MHN	MHS	MHEh	MHEc	Total
Nombre (% total)	191 (64,5%)	53 (17,9%)	25 (8,5%)	27 (9,1%)	296
Histologie normale	130 (68,1%)	37 (69,8%)	14 (56%)	17 (63%)	198 (66,9%)
Anomalies non spécifiques	41 (21,5%)	13 (24,5%)	7 (28%)	6 (22,2%)	67 (22,6%)
Anomalies spécifiques	20 (10,5%)	3 (5,7%)	4 (16%)	4 (14,8%)	31 (10,5%)
Cores	0	1	1	0	2
Multiminicores	0	1 + R	0	0	1
M. Mitochondriale(MM)	4	0	0	0	4
Glycogénose (G)	5	0	0	0	5
Rhabdomyolyse (R)	7	1	2	2	12
R + MM	0	0	1	1	2
R + MM	1	0	0	0	1
G + MM	2	0	0	1	3
Vascularite	1	0	0	0	1
Capillarite	1	0	0	0	1

Résultats 1989 - 2003

# Biopsies et SRM P-31

	MHN n=98 54,4 %	MHEc n=28 15,6 %	MHEh n=28 15,6 %	MHS n=26 14,4 %	Total 180
<b>Biopsie musculaire anormale</b>	22 (22,4%)	5 (18%)	8 (28,6%)	11 (42,4%)	46 (25,6%)
Anomalie non spécifique	14	5	6	6	31 (17,2%)
Anomalie spécifique	8 (8%)	0	2 (7,4%)	5 (19,2%)	15 (8,3%)
<i>Dysfonctionnement mitochondrial</i>	3	0	1	2	
<i>Rhabdomyolyse</i>	4	0	0	1	
<i>Cores</i>	0	0	1	1	
<i>Déficit complet AMP désaminase</i>	1	0	0	1	
SRM P-31 n = 163					
SRM > 0					95 (58,3%)
SRM > 2	35 (40%)	8 (29,6%)	6 (23%)	11 (42,3%)	60 (36,8%)

Résultats 2004 - 2006

# Discussion

Anomalies SRM



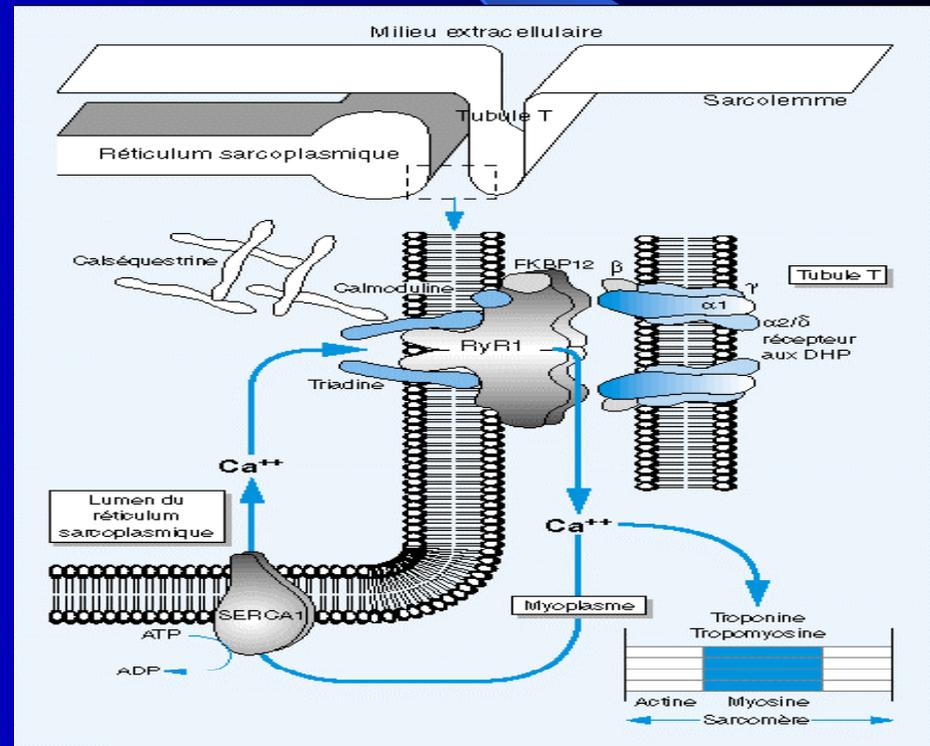
atteinte musculaire > 80 %

Biopsies

→ Dysfonctionnement musculaire =  
jonction triadique

→ Parfois révélation d'une myopathie

Pas de myopathie spécifique dans  
CCE



# Relation CCE-HM

## **HYPERTHERMIE MALIGNE PERANESTHESIQUE (HM)**

Maladie pharmacogénétique

Etat hypercatabolique paroxystique  
des muscles squelettiques induit  
par les agents volatils halogénés

Dysfonction du canal calcium du  
réticulum sarcoplasmique  
(ou récepteur à la ryanodine)

Mutation du gène codant le canal  
calcium du RS

## **CCE**

Dysfonctionnement musculaire  
ou myopathie sous-jacente

Similitudes des anomalies  
métaboliques avec des sujets  
HM (MHS)

**MHS 17,9% - MHEH 8,5%**

**AG avec halogénés  
+/- Succinylcholine  
= à risque dans 26,4% des cas**

# Conclusions

## Recherche d'une susceptibilité HM

- Les sujets victimes d'une HM
- Les membres de familles HM
- Myopathie à Central Core et minicores

# Conclusions

## Risque croisé CCE, RE et HM:

- Rhabdomyolyse d'effort
  - Deslanges 1995 22 cas – 8 risques HM (6 MHS, 2 MHEH)
  - Wappler 2001 12 cas – 11 risques HM (10 MHS, 1 MHEH)
  - Krivosic-Horber 2001 – 19 cas – 8 risques HM (4 MHS – 4 MHEH)
- Coup de chaleur d'exercice

**ETUDE GENETIQUE = décevant !!!**

**Contactez le centre référent HM**

# Conclusions

Faut – il explorer les CCE?

Etude comparative

Population Statut HM	HM (n=120)		CCE (n=296)	
	Nombre	%	Nombre	%
MHN	87	72,5	191	64,5
MHS	25	20,8	53	17,9
MHEH	3	2,5	25	8,4
MHEC	5	4,2	27	9,1

Anomalies musculaires non spécifiques identiques dans les 2 groupes  
Anomalies spécifiques > groupe HM (20,8 vs 9,8 %) – Rhabdomyolyses +++

Coût: SRM = 492 Euros - Biopsies = 154 Euros

# Préventions

- Connaissance du CCE
- Education de l'encadrement militaire et sportif
- Prendre en compte climat et tenue
- Règles hygiéno-diététiques
- Adaptation effort , environnement et entraînement

# Conséquences sur aptitudes

- IM mars 2002
- G4 T jusqu'à réalisation des explorations Délai minimum 3 mois
- 1er CCE → G2 à G4
- G5 si récursive

## **APTITUDE:**

- G3 – restriction dans entraînement
- G4 = exemption de tout entraînement – emplois sédentaires
- G5 = emplois secondairement adaptés
- G4 et G5 → DEROGATION (conseil de santé régional)

CCE pendant entraînement ou au combat = accident en service