

LA BIOLOGIE DES SPORTS D'ENDURANCE

Stéphane Bermon, MD, PhD

Directeur Département Science et Santé, World Athletics, 98000 Monaco

E-mail : stephane.bermon@worldathletics.org

PLAN

- ✓ Le Contexte
- ✓ Les Principales Pathologies Aigues
- ✓ Hyponatrémie d'Exercice (EAH)
- ✓ Insuffisance Rénale Aigue/Rhabdomyolyse
- ✓ Hyperthermie Maligne d'Effort (EHS)
- ✓ Conclusions Pratiques



**WORLD
ACADEMY**

FOR ENDURANCE MEDICINE

LE CONTEXTE



**WORLD
ATHLETICS**

LA PRATIQUE : MONDE & FRANCE

■ AU NIVEAU MONDIAL

LES SPORTS LES PLUS TÉLÉCHARGÉS SUR STRAVA EN 2023

- | | | |
|--------------------|---------------------------|------------------|
| 1. COURSE À PIED 🏃 | 2. VÉLO (Y COMPRIS VAE) 🚲 | 3. MARCHÉ 🚶 |
| 4. TRAIL 🏔️ | 5. GRAVEL ET VTT 🚲 | 6. RANDONNÉE 🚶 |
| 7. VÉLO VIRTUEL 🚲 | | |
| 8. ENTRAÎNEMENT 🏊 | 9. NATATION 🏊 | 10. SKI ALPIN ⛷️ |

■ EN FRANCE

- | | | |
|--------------------|---------------------------|--------------------|
| 1. COURSE À PIED 🏃 | 2. VÉLO (Y COMPRIS VAE) 🚲 | 3. TRAIL 🏔️ |
| 4. MARCHÉ 🚶 | 5. GRAVEL ET VTT 🚲 | 6. RANDONNÉE 🚶 |
| 7. SKI ALPIN ⛷️ | | |
| 8. ENTRAÎNEMENT 🏊 | 9. NATATION 🏊 | 10. VÉLO VIRTUEL 🚲 |



CHINE

China's latest wellness trend? Marathons. But good luck getting a spot.

It's now almost impossible to get into the big running races, so smaller cities are coming up with inventive ways to attract athletes — and their cash.

By [Christian Shepherd](#) and [Vic Chiang](#)
May 10, 2024 at 5:00 a.m. EDT



Beijing's marathon in October saw 130,000 runners vying for 30,000 slots. But the marathon in Wuxi, a trial race for the Paris 2024 Olympic Games, was even more in demand: A record 265,000 people applied for just 33,000 places. In the southwestern city of Chongqing, 100,000 people applied in a single day to enter the race, with only 4 percent of total applicants making it through the lottery and to the starting line.

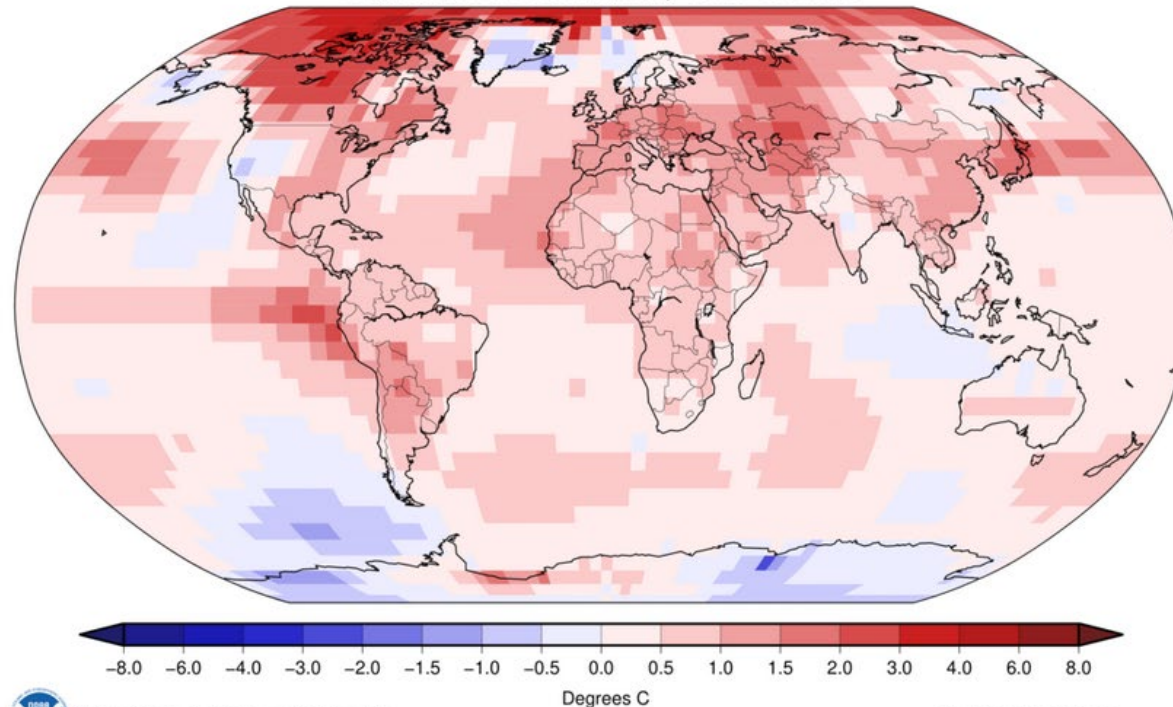
In a single weekend last month, almost 500,000 runners participated in more than 50 marathons across China.

RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

January–December 2023 Blended Land and Sea Surface Temperature Anomalies in
degrees Celsius

Land & Ocean Temperature Departure from Average Jan–Dec 2023
(with respect to a 1991–2020 base period)

Data Source: NOAA GlobalTemp v5.1.0–20240108



National Centers for Environmental Information

Map Projection: Robinson

LES PRINCIPALES PATHOLOGIES (aigues)

- Hyponatrémie Associée à l'Exercice (EAH)
- Les Pathologies Rénales et Musculaires
- L'Hyperthermie Maligne d'Effort (EHS)

- ✓ Epidémiologie
- ✓ Physiopathologie
- ✓ Diagnostic et le rôle de la Biologie
- ✓ Traitement

HYPONATREMIE (EAH)

- **Definition :**
 - $[Na^+] < 135$ mmol/L durant ou dans les 24h qui suivent un exercice
- **Physiopathologie :**
 - Hyperhydratation (eau plate) + SIADH + perte Na^+ sudorale (?)
- **Prévalence :**
 - Jusqu'à 50% courses d'ultra-endurance (>6 heures)
 - 1 à 22% sur marathon (Hoffman et al. 2013)

Study (Year)	Prevalence of EAH
Hew et al., 2003 [69]	<1%
Chorley et al., 2007 [70]	22%
Almond et al., 2005 [71]	13%
Hsieh et al., 2002 [72]	5.6%
Siegel et al., 2009 [73]	4.8%
Mettler et al., 2008 [74]	3%

HYPONATREMIE (EAH)

- Facteurs de Risque :

- Hyperhydratation
- Sexe féminin
- Petit poids
- Coureur lent/inexpérimenté
- AINS

- Symptômes :

- Troubles cognitifs
- Céphalées
- Nausées, vomissements
- Gain de poids
- OAP
- Crampes

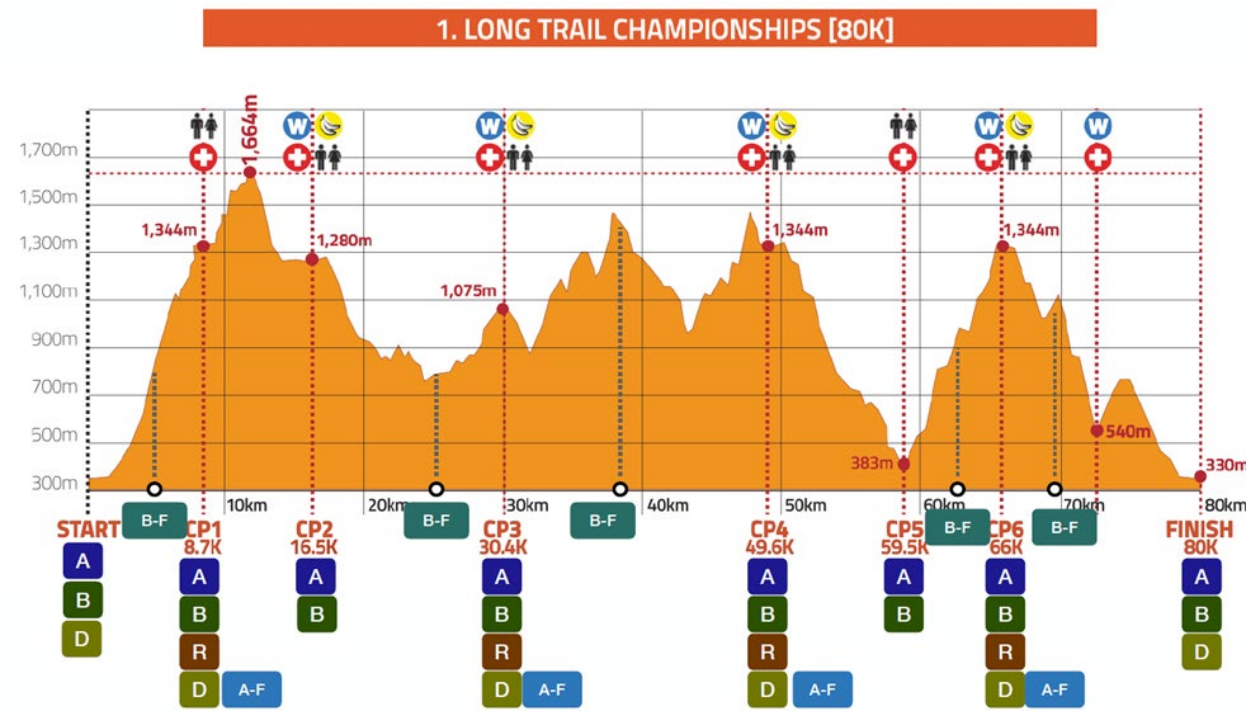


HYPONATREMIE (EAH)

- **Diagnostics Différentiels :**
 - EHS (Hyperthermie)
 - Hypoglycémie
 - Perturbations digestives liées à l'Effort
- **Biologie :**
 - $130 < [\text{Na}^+] < 135 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$: asymptomatique
 - $125 < [\text{Na}^+] < 130 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$: modérée
 - $[\text{Na}^+] < 125 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$: sévère



BIOLOGIE DELOCALISEE D'URGENCE

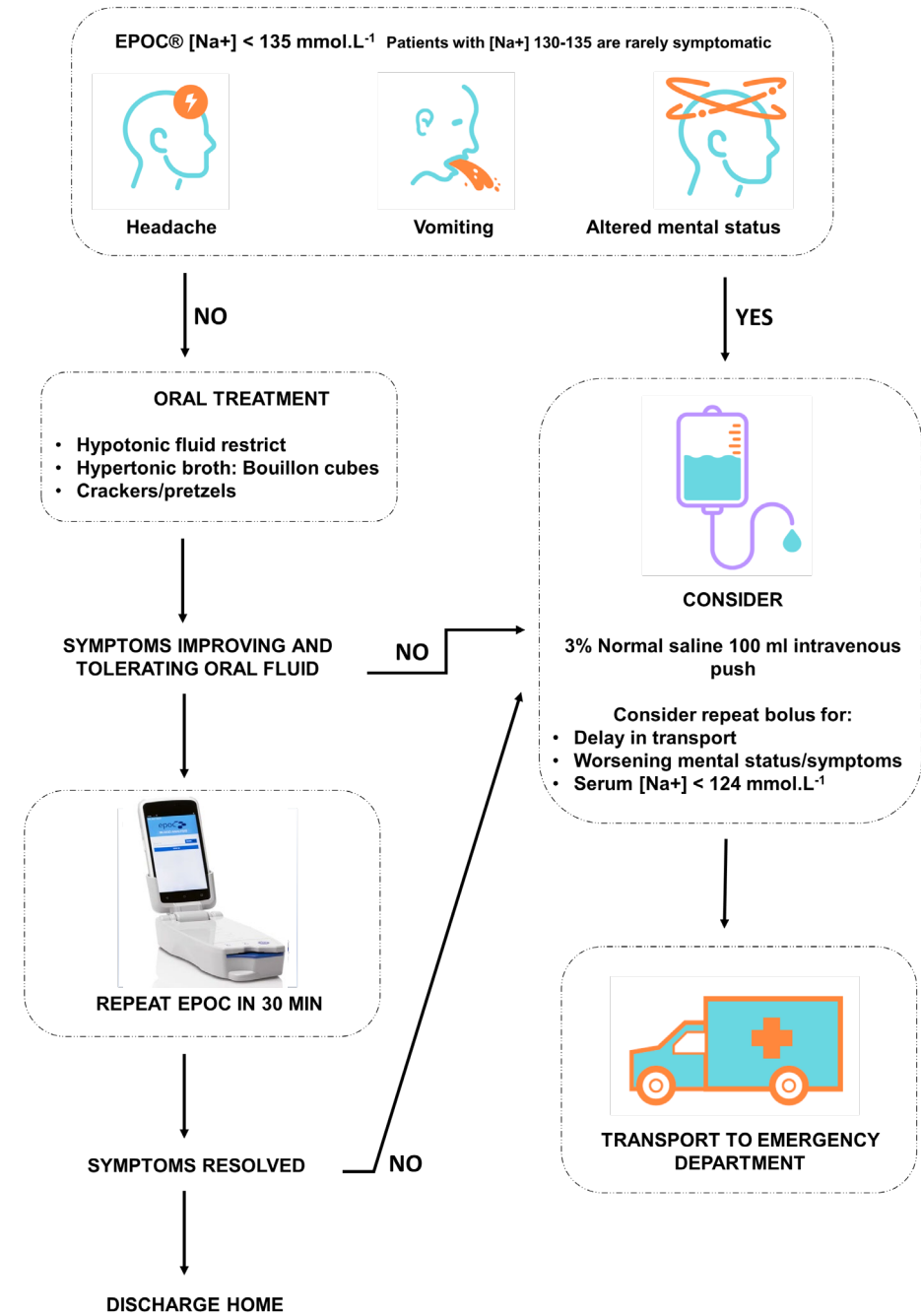


HYPONATREMIE (EAH)

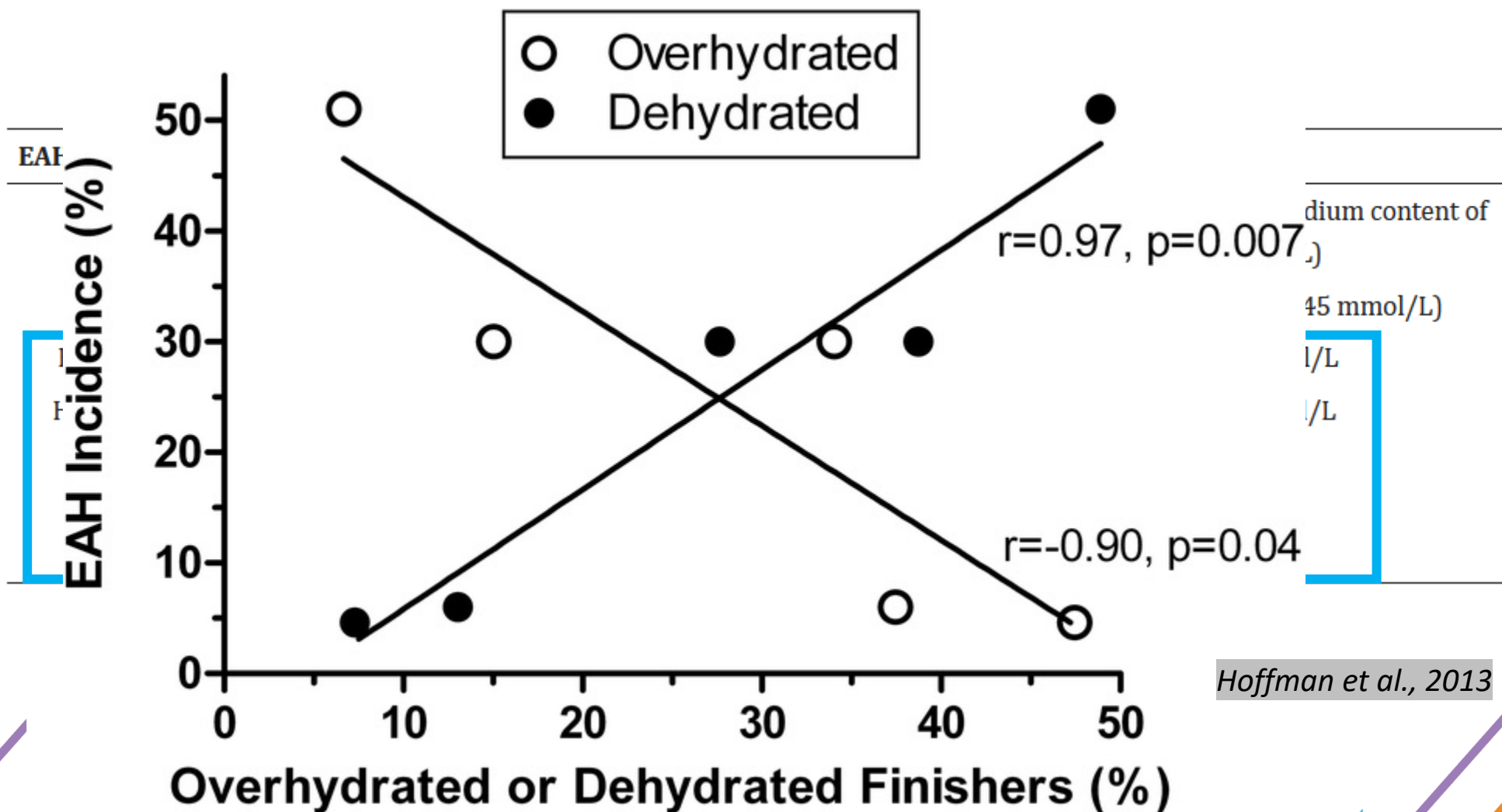


TRAITEMENT EAH

**Toujours mesurer la $[Na^+]$ avant
de placer une voie IV chez un
coureur qui vomit ou avec
altération du SNC!**



HYPONATREMIE (EAH) : MESSAGES DE PREVENTION



HYPONATREMIE (EAH) : MESSAGES DE PREVENTION

Deux Formes Cliniquement Significatives d'EAH :

- **Hyponatrémie hypervolémique :**
 - Hyperhydration du marathonien débutant
 - Intérêt diagnostic de la prise de poids
 - **Boire lorsque la soif pointe!**
- **Hyponatrémie hypovolémique :**
 - Pertes sudorales majeures non compensées – Durée
 - Ultra-endurance
 - Peut être associée à une déshydratation et perte de poids
 - Apport Na⁺ pendant l'épreuve ?

**WORLD
ACADEMY**

FOR ENDURANCE MEDICINE

INSUFFISANCE RENALE AIGUE



**WORLD
ATHLETICS**

INSUFFISANCE RENALE AIGUE

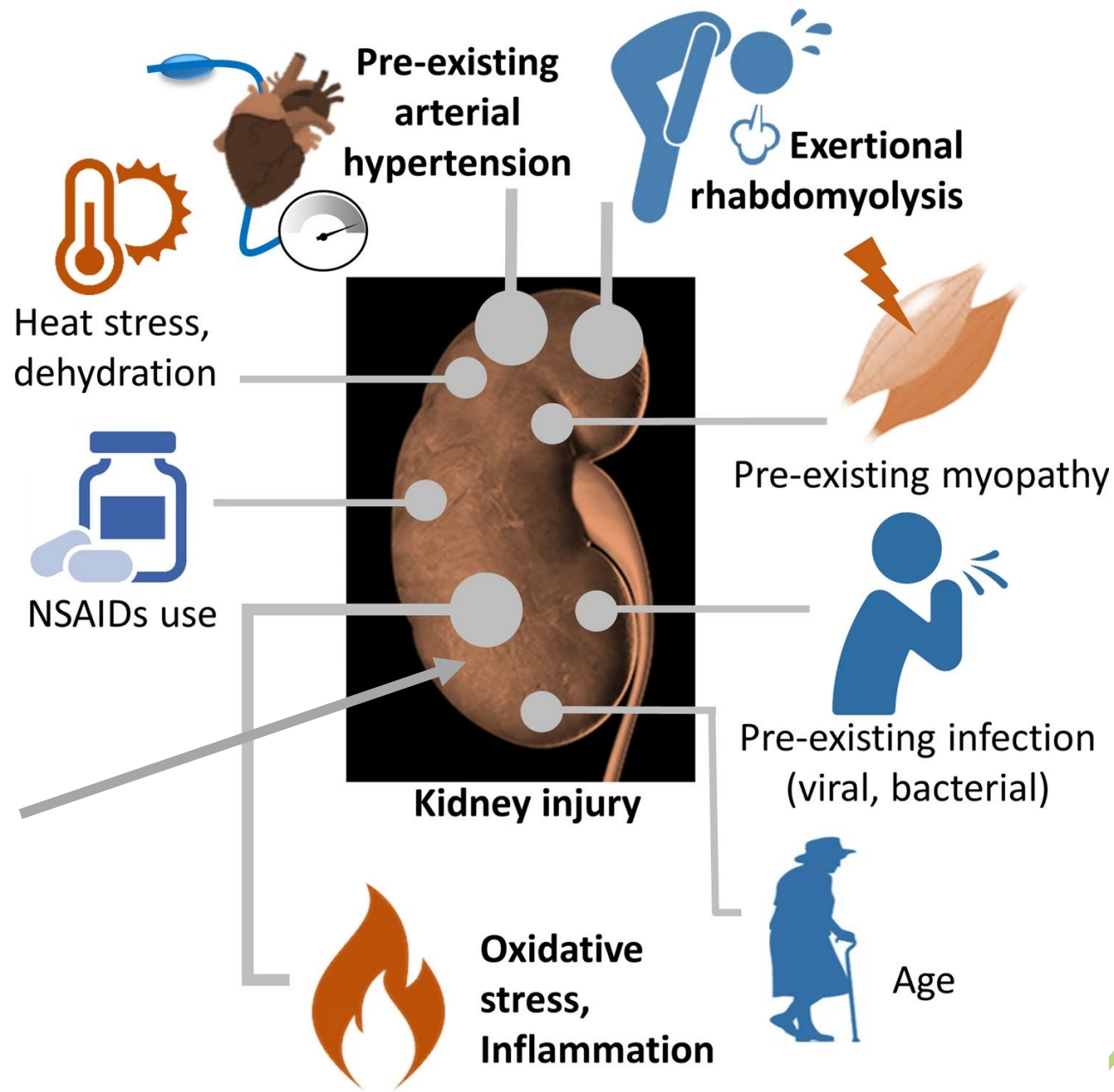
Table 3. AKI cases sorted by race category.

Race Category (Number of Studies)	Length (km)	Elevation (m)	Population; Gender; Age	AKI Cases (<i>n</i> and %)			
				Risk	Injury	Failure	Total
Medium (3)	65.33 ± 1.52	3630 ± 1950	60 (4 F,56 M) 42.98 ± 2.45	34 56.67%	0 0%	0 0%	34 53.67%
Large (3)	83.66 ± 4.75	1166 ± 288	69 (8 F,61 M) 39.60 ± 4.05	1 1.44%	4 5.80%	0 0%	5 7.24%
Extra (10)	136.22 ± 39.59	4851 ± 3440	826 (219 F, 607 M,) 42.92 ± 3.38	287 34.74%	34 4.11%	1 0.12%	304 38.98%
Multistage (2)	2500 ± 0	2000 ± 0	158 (43 F,115 M) 39.6 ± 2.1	70 44.30%	37 23.41%	0 0%	108 68.35%
Total (18)	127.82 ± 61.56	3560 ± 2951	1113 (274 F, 839 M)	392 35.22%	75 6.73%	1 0.1%	468 42.04%

Lecina et al., 2022

INSUFFISANCE RENALE AIGUE EN ULTRA- ENDURANCE

Hyponatrémie (EAH)



INSUFFISANCE RENALE AIGUE

Biologie d'Urgence – Intérêt des bandelettes urinaires?

- Khodae et al., 2015 :
 - 37 participants du Leadville 100 miles trail (2800 – 3840m altitude)
 - Fonction rénale pre – post
 - 18 coureurs (48%) : Insuffisance rénale grade 1 (Creatinine > 1,5 x repos)
 - B andelettes Urinaires :
 - Densité > 1,025 et Protéinurie > +
 - Prédiction Insuffisance rénale Se : 81,3%, Specificité : 87,5%



HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT (HME)

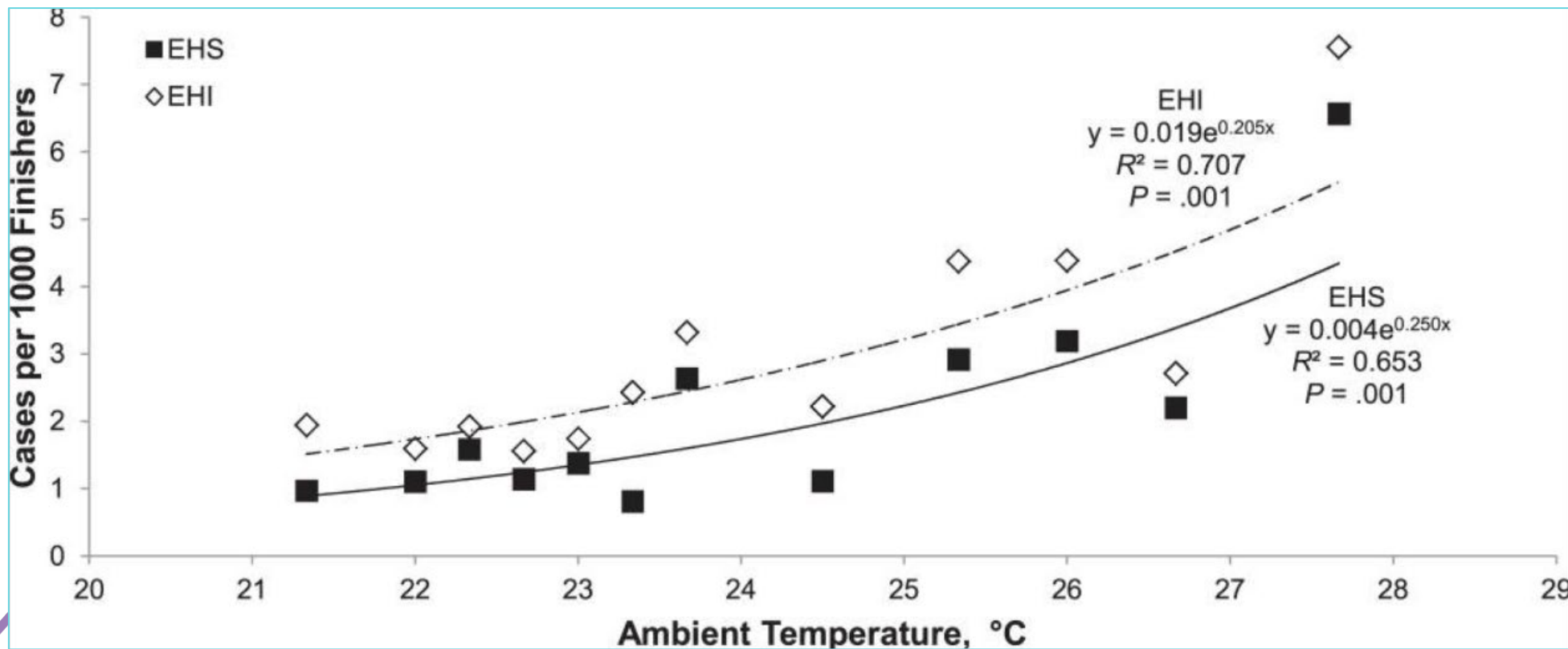
Armée Britannique, Irak, 1943



HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT

DEFINITION (HME):

- **Altération SNC/Cognitive** + Temperature centrale (rectale) > 40°C

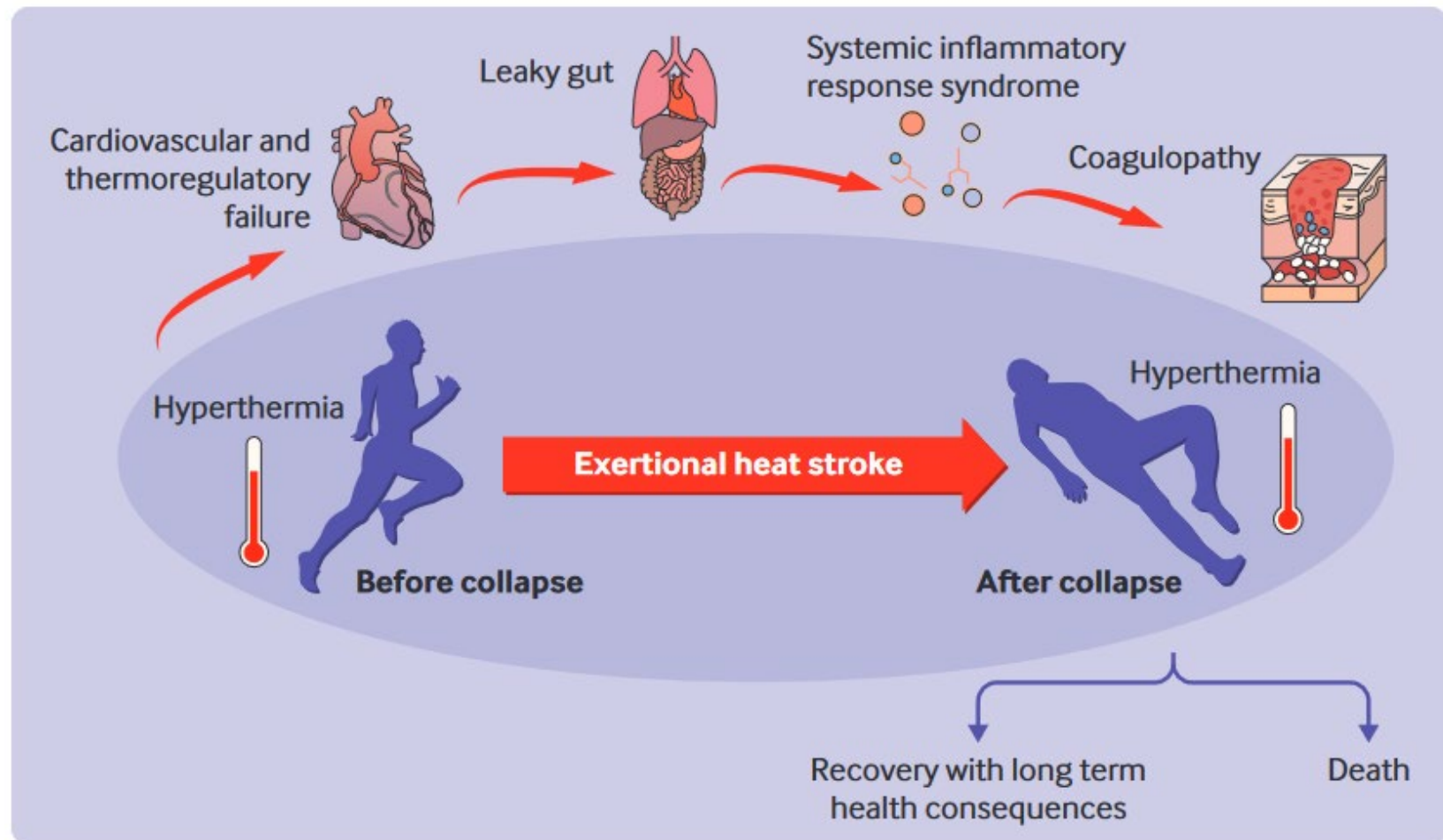


HME : PHYSIOPATHOLOGIE

HME:

- Potentiellement Léthale
- Environ 27% mortalité si mal prise en charge

Garcia et al., 2022






HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT




Conséquences à Long Terme :

150 victimes d'Hyperthermie Maligne vs 150 controles: suivi sur 14 ans (*Wang et al., 2019*):

- 
- 
- 
- Evenements Cardiovasculaires : 32.7% vs 16.7%
 - Coronaropathies : 16% vs 6.7%
 - IDM : 6% vs 1.3%

 - AVC : 12% vs 4.7%

 - Pathologie Rénale Chronique : 17.3% vs 6.7%



Limitations: Pas HME (HM), age environ 50 ans, pas de différence initiale mais possibles facteurs prédisposants inconnus...

Conséquences à Long Terme :

US Army 30 ans suivi retrospectif : HME vs Appendicite (*Wallace et al., 2007*):

Cox proportional hazards models for risk of specific causes of a priori interest among men

Cause of death ^a	Heat illness <i>n</i> (%)	Appendicitis <i>n</i> (%)	Rate ratio ^b (95% CI) (age ^c as matching variable)
CVD ^d	25 (23)	128 (22)	1.84 (1.19–2.85)
IHD ^e	8 (7)	35 (6)	2.23 (1.02–4.90)
CVD ^f	17 (15)	92 (16)	1.71 (1.01–2.89)
Liver disease ^g	6 (5)	18 (3)	2.98 (1.17–7.60)
Liver disease ^h	2 (2)	12 (2)	1.41 (0.31–6.37)
Renal failure ⁱ	1 (<1)	2 (<1)	4.05 (0.34–48.4)
Heat related ^j	28 (25)	142 (25)	2.02 (1.37–2.98)

Body Cooling Strategies (56, 63, 61, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73)

Treatment Notes

Approximate Cooling
Rate ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$)^a

Ice water ($\sim 2^{\circ}\text{C}$) or cold water ($\sim 20^{\circ}\text{C}$) immersion with stirring

Immerse the full body up to the neck including upper and lower extremities ($\sim 90\%$ body surface area) in a tank/tub, circulate the water to increase heat transfer, add ice during cooling to maintain water temperature, support head and airway above water level.

0.13 to 0.35

Immerse as much of the torso and pelvic region ($\sim 50\%$ body surface) following full body treatment. Upper extremities not in water should be cooled with other strategies

0.25

Cold water dousing

Free flowing hose or bucket of water applied to the whole body—extremities, feet, neck, and head (with hood).

0.04 to 0.20

Tarp-assisted water ice/cold immersion

Provide tarp with patient, water, and ice. Immerse as much of the torso, groin, and legs as possible. Circulate the water.

0.14 to 0.17

Ice/cold water-soaked towels

Towels should be applied to the limbs (including feet and hands), trunk, and head with ice packs placed in the groin, axilla, and neck; include as much of the body as possible ($\sim 90\%$ body surface area). Wring towels after soaking in bucket of ice water and change the towels rapidly.

0.11 to 0.16

Ice/cold water-soaked sheets

The whole body ($\sim 90\%$ of body surface area) is wrapped in large sheets that are soaked with cold water. Sheets stay in place and are frequently rewetted. A fan directed at the body can be added.

0.05 to 0.06

Cold water immersion in portable water-impermeable bag

Immerse the full body up to the neck including upper and lower extremities ($\sim 90\%$ body surface area) in the bag, support head and airway out of the bag.

0.04

Water spray/mister or high powered fan with water spray

Patient should be placed supine on a cot or table. As much of the body surface should be exposed (*i.e.*, remove clothes and shoes) to the fan and mist as possible.

0.03 to 0.17

COOL FIRST, TRANSPORT SECOND!!!



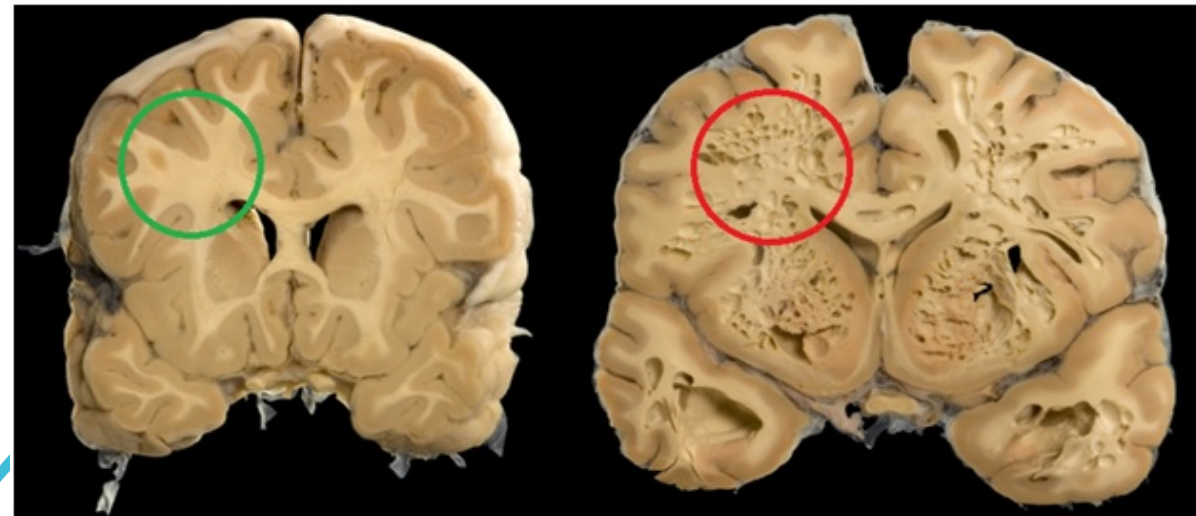
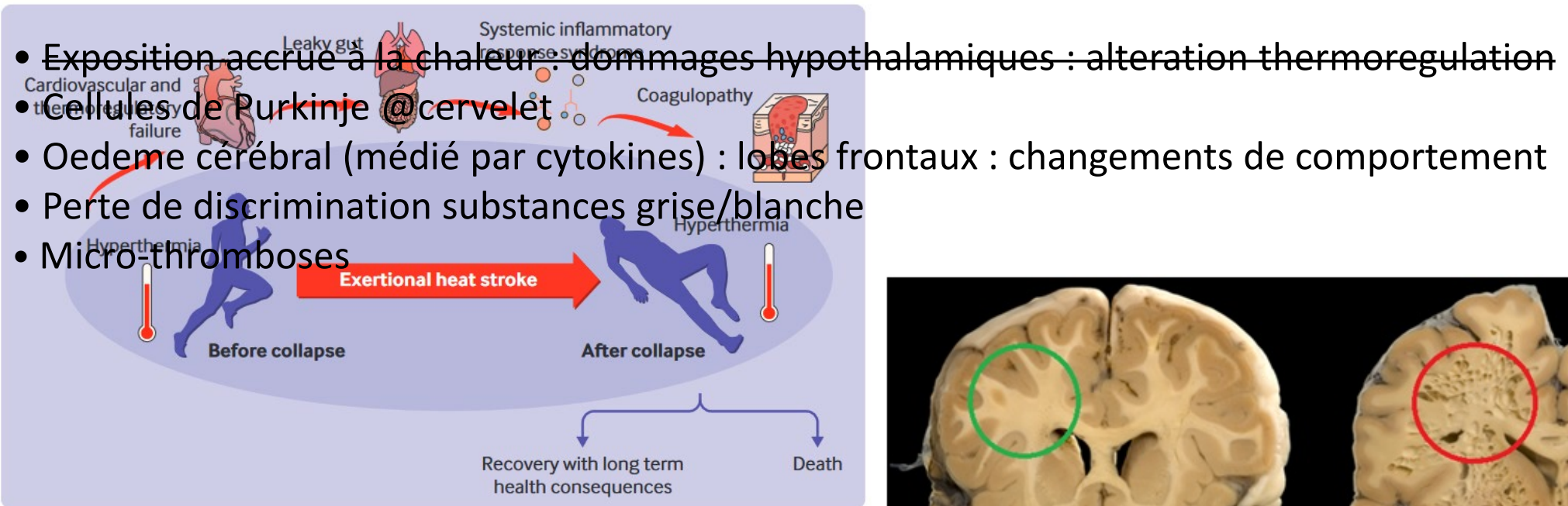
Roberts et al., 2023

Facteurs de Risque :

- Infection récente ou intercurrente
- ATCD HME
 - RR d'une seconde HME (333 HME sur 174,853 finishers 11.4 km (Stearns et al., 2020)):
 - * 3.3 dans les 2 ans suivant l'épisode initial
 - * 1.3 dans les 3 à 5 ans suivant l'épisode initial
- Sujet âgé:
 - diminution de la fonction CV et des aptitudes sudorales
- IMC et/ou Masse Grasse importants:
 - Isolation des tissus
 - Inflammation systémique de bas grade
- Manque d'acclimatation à la chaleur :
 - processus sudoral non optimal
 - Protection cellulaire insuffisante (Heat Shock Proteins)

HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT

Impact sur le Cerveau:



Pourquoi une Charge Thermique est +/- bien Tolérée?

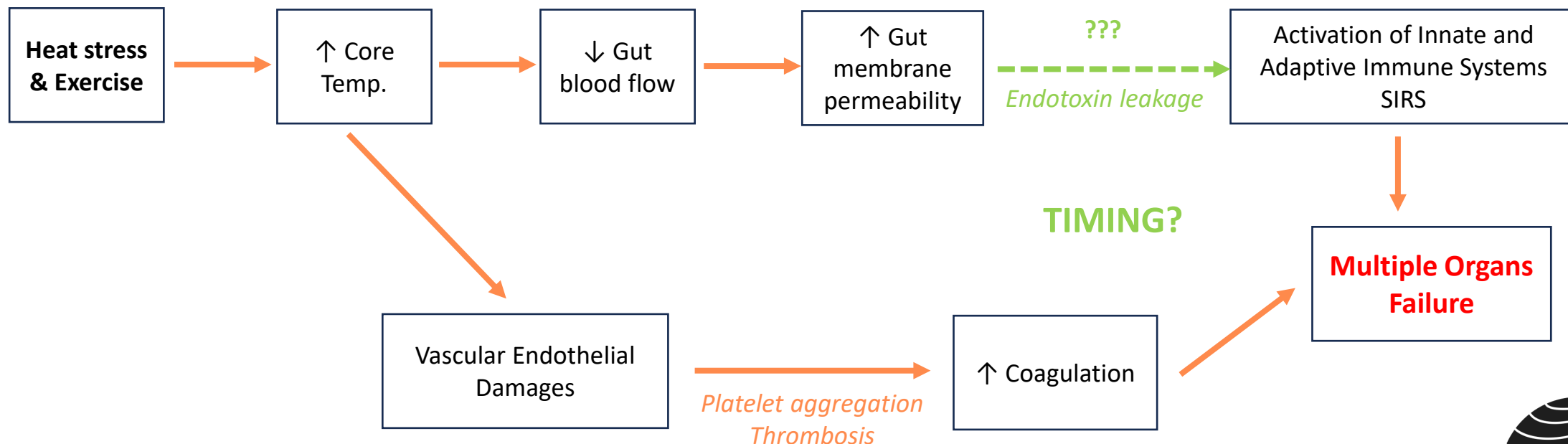
- The Multiple Hit Hypothesis:
 - Situation à faible risque d'HME
 - Activation système immunitaire : priming
 - Cellules/Tissus sensibilisés au stress thermique via activation interferon
 - Résultat : HME

Eugene 2021 World Athletics Championships, ChangMai 2022 WMTRC

- Mécanisme exact encore mal connu

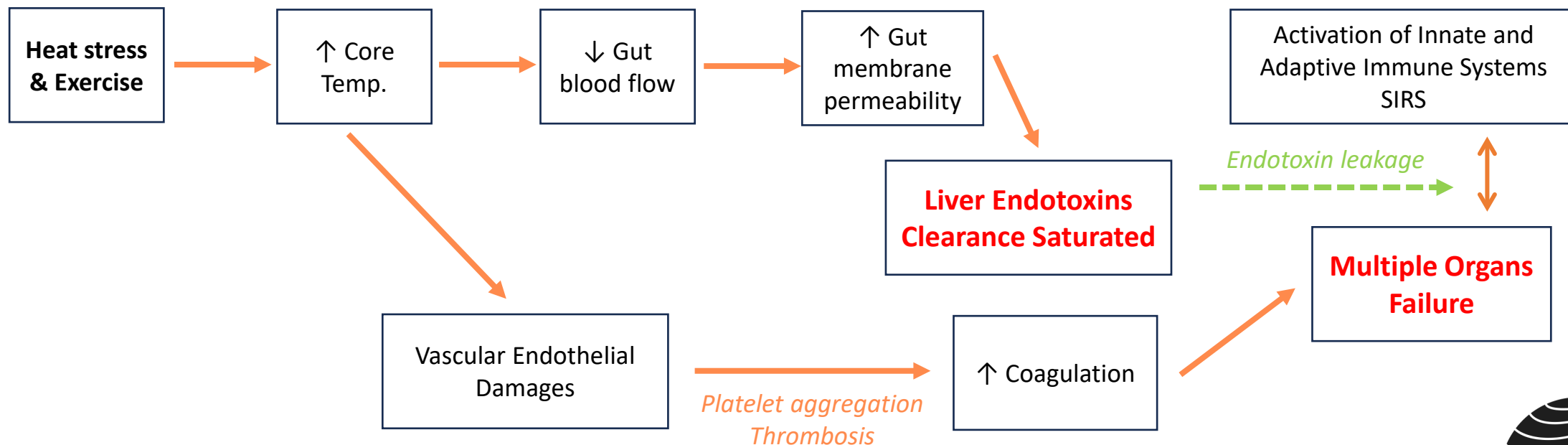
HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT

Stress Thermique et Endotoxémie : Cause ou Conséquence?



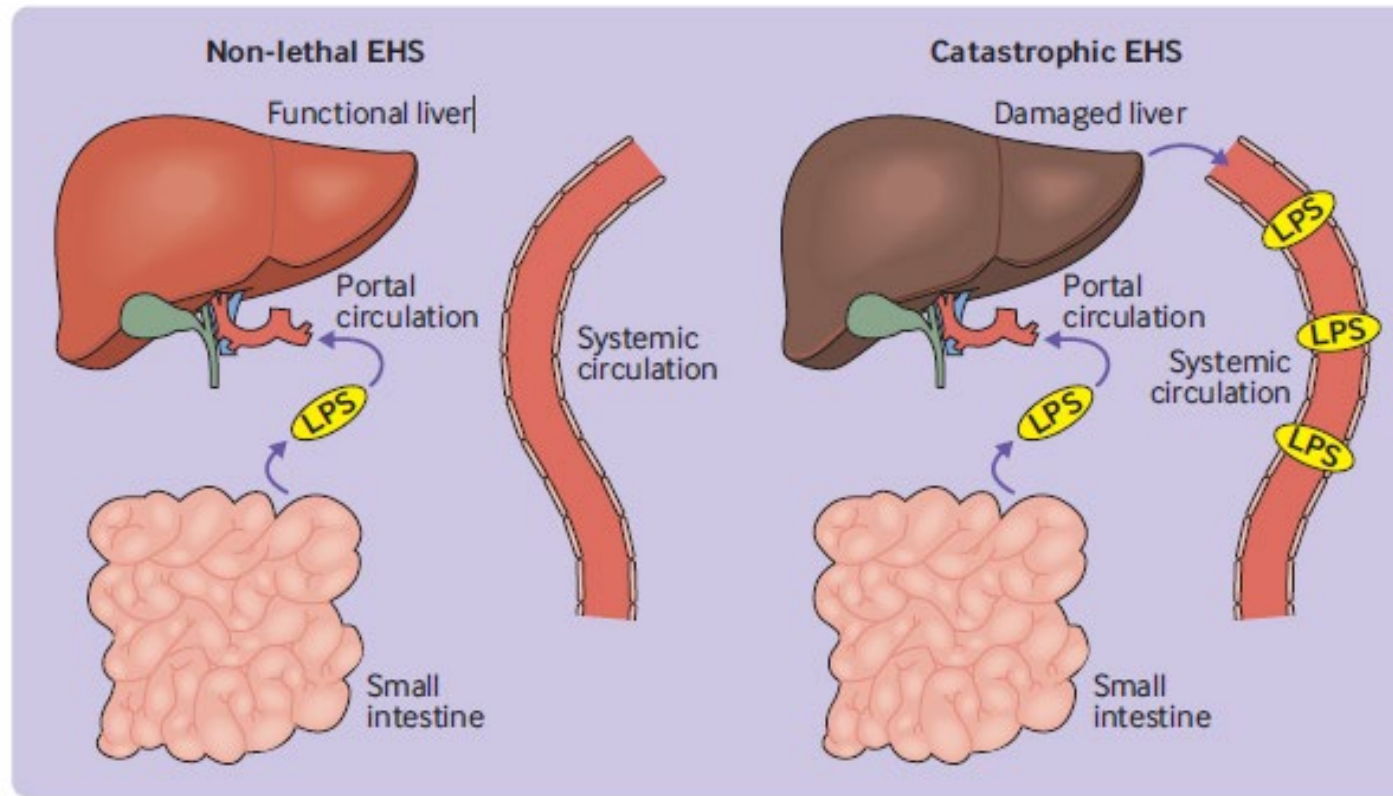
HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT

Stress Thermique et Endotoxémie : Cause ou Conséquence?



HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT

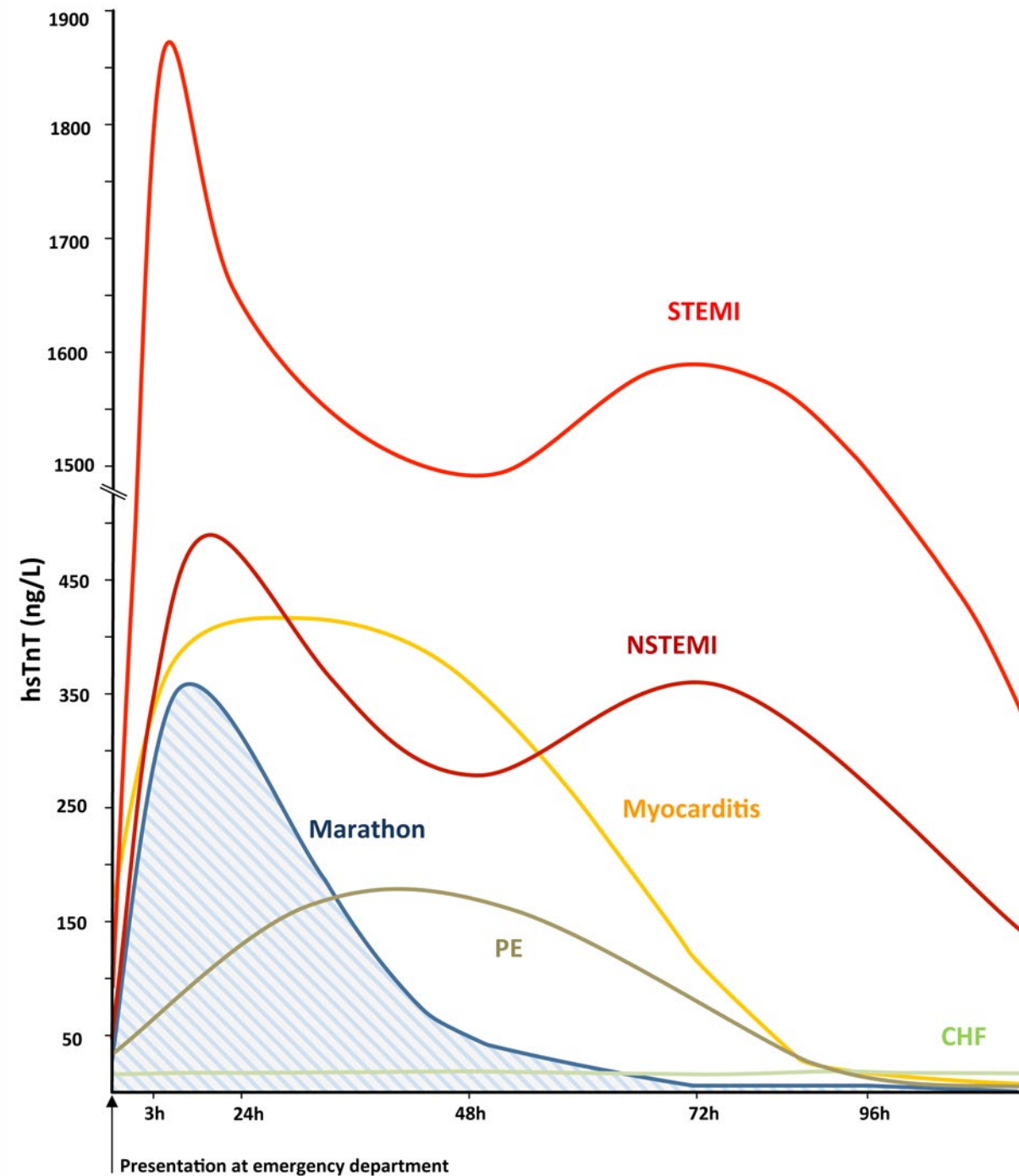
Stress Thermique et Endotoxémie : Cause ou Conséquence?



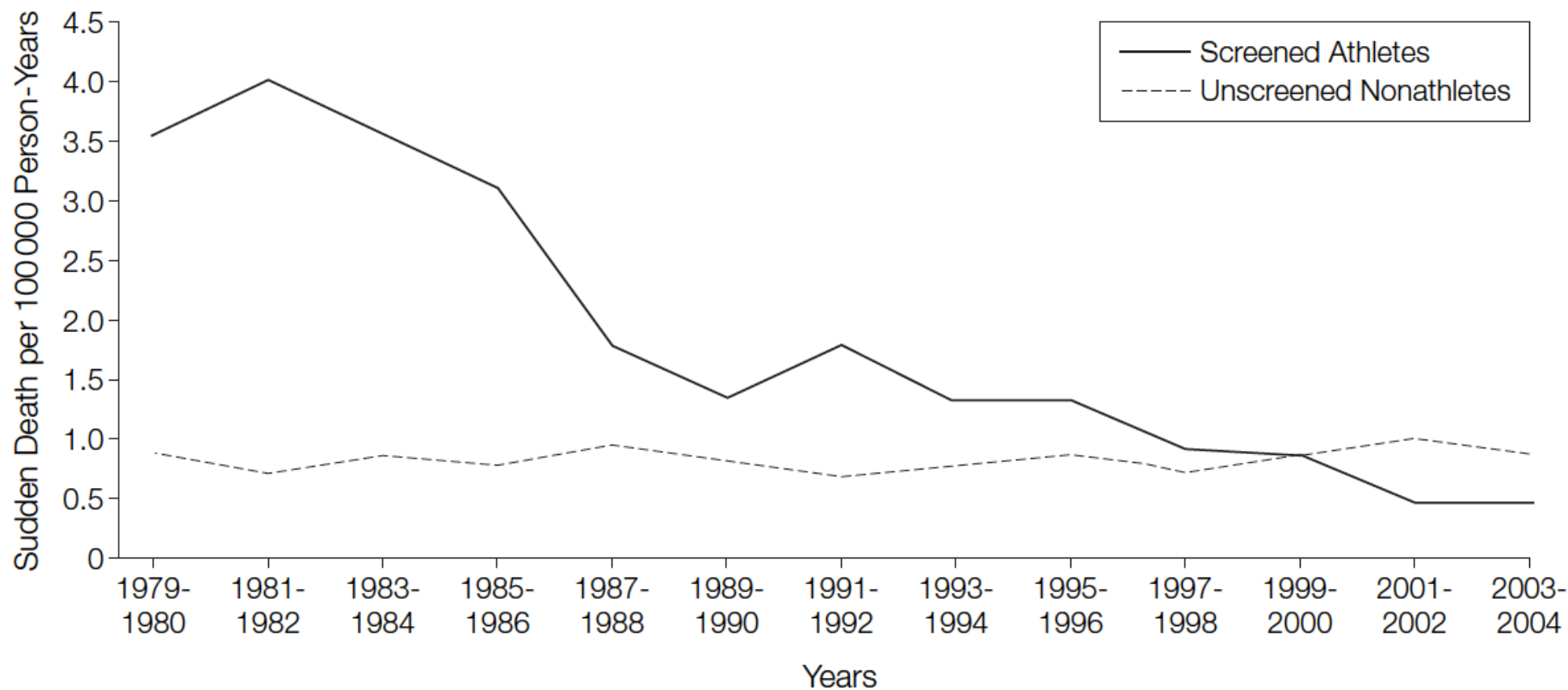
From Garcia et al., 2022

LES PROBLEMES CORONARIENS

Sedaghat Hamedani et al., 2016



EFFECTS A LONG TERME DU SCREENING L' Expérience Italienne



Corrado et al. , 2006

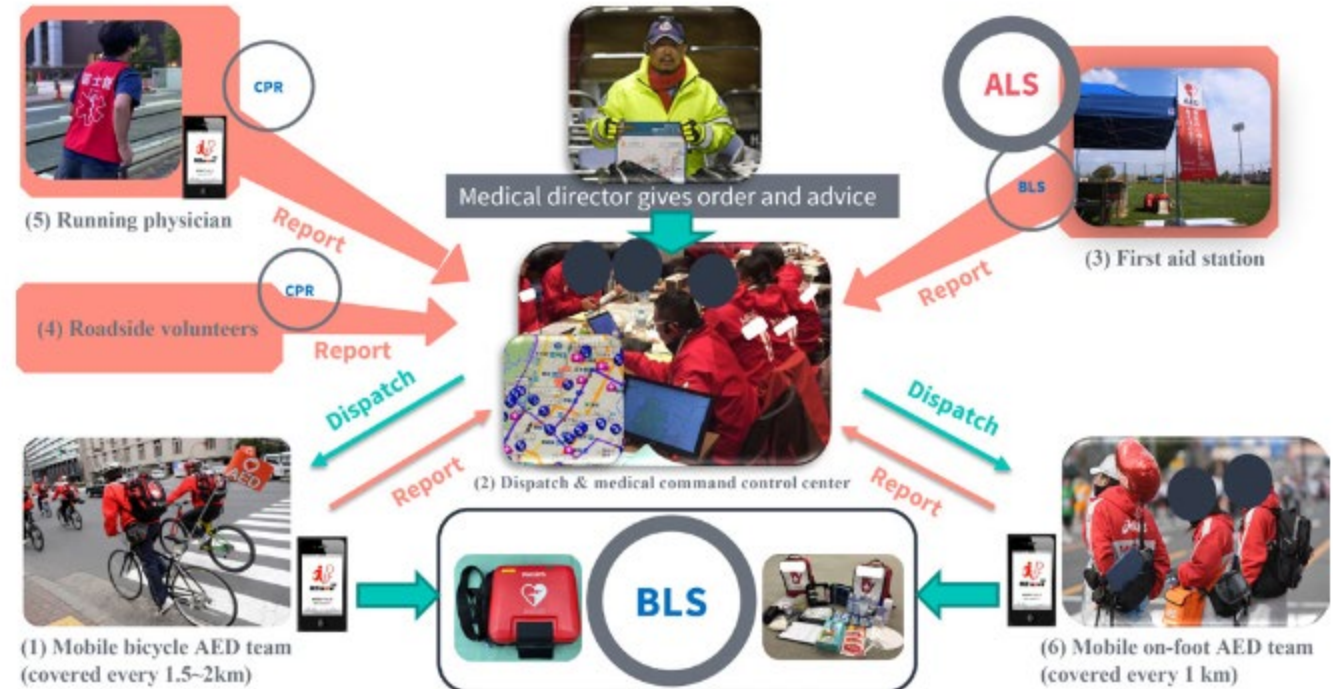


**WORLD
ATHLETICS**



ARRET CARDIAQUE EN COURSES @ JAPON

Tanaka et al. BJSM 2022:

- 3 214 701 coureurs
- 334 marathons & course routes
- Etude sur 13 ans
- SCA: 1.31/100 000/an
- Age Médian 51 yrs
- 42 SCA:
 - Retour spont. Circulation : 90.4%
 - Recup neuro @ 1 mois : 92.9%
 - 1 min CPR & 3 min DSA : 95.5%



CONCLUSIONS PRATIQUES

- 
- Développement rapide des sports (ultra) endurance
 - « Américanisation » du profil des participants
 - Réchauffement Climatique
 - Urgences Vitales et Pathologie Spécifiques :
 - Traitement sur Place de préférence
 - Apport +++ de La Biologie Délocalisée (PoC à la tente médicale)
- 



- Gestion de la $[Na^+]$ et des règles de perfusion
- Hypoglycémie
- Appui Biologique quand ça tourne mal et/ou isolé :
 - HME mal gérée (atteinte viscérale multiple)
 - Rhabdomyolyse
 - Troubles de la coagulation
 - Insuffisance rénale aiguë : abus AINS
 - Déséquilibre acido-basique (gazométrie)
 - Syndrome Coronarien : Public (Troponine hs)

**WORLD
ACADEMY**

FOR ENDURANCE MEDICINE

MERCI DE VOTRE ATTENTION

