

Balance thermique en HD

Prof. Thierry Hannedouche
DUTER 2023-2024



1

1

Agenda

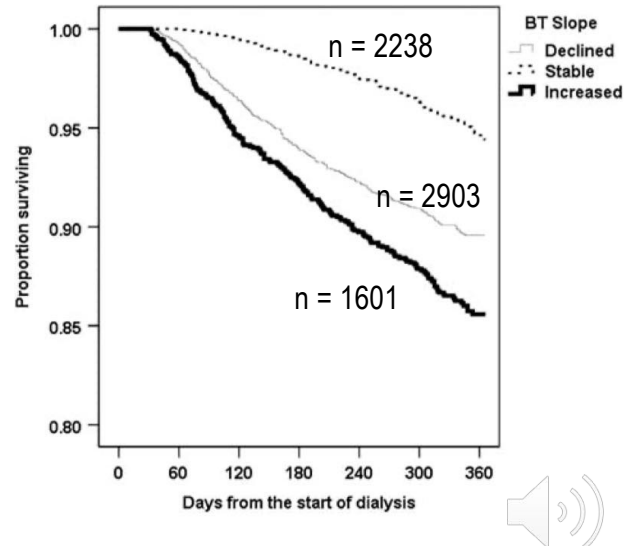
- Régulation thermique en hémodialyse
- Hémodialyseur = échangeur thermique
- Température centrale et stabilité hémodynamique per-séance
- Influence des modalités d'EER sur les transferts thermiques
- Recommandations



2

La température centrale est associée à la mortalité

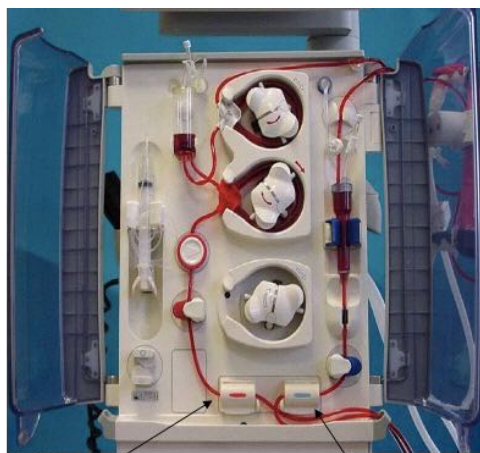
- n = 6 742 pts incidents HD (NYC)
- mesure Te auriculaire
- analyse de survie à 2 ans selon variation de température au fil du temps
- meilleure survie dans le groupe avec Te initiale la plus élevée et stable pendant le suivi



Usvyat LA & al. NDT 2012

3

Mesure continue de la Te centrale en dialyse



Capteur de t° veineuse

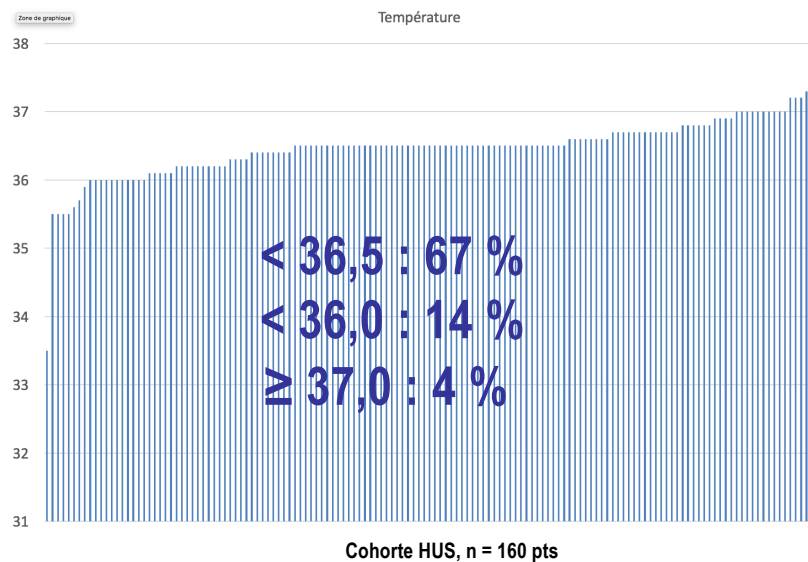
Capteur de t° artérielle

Module BTM



4

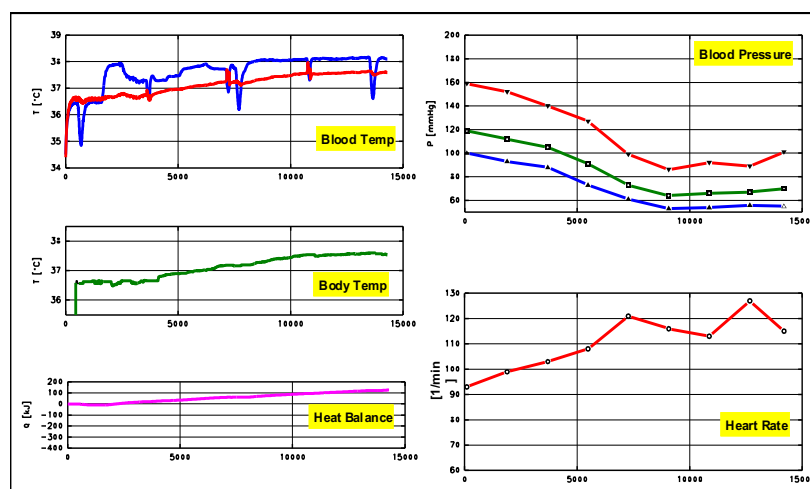
Température centrale prédialytique en HD (BTM)



5

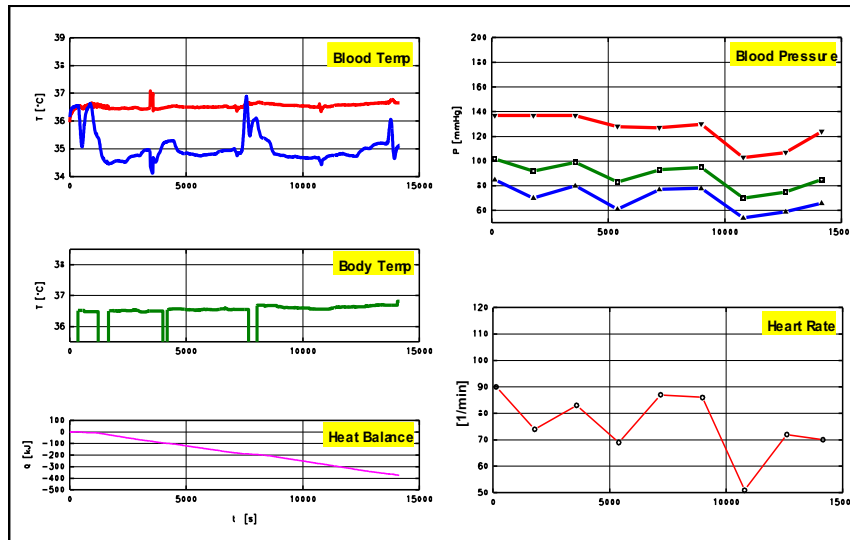
Conséquences du “réchauffement” en dialyse

Le gain en énergie calorique est souvent associé à une instabilité hémodynamique



6

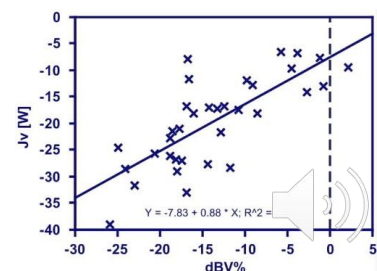
HD isotherme = meilleure stabilité hémodynamique



7

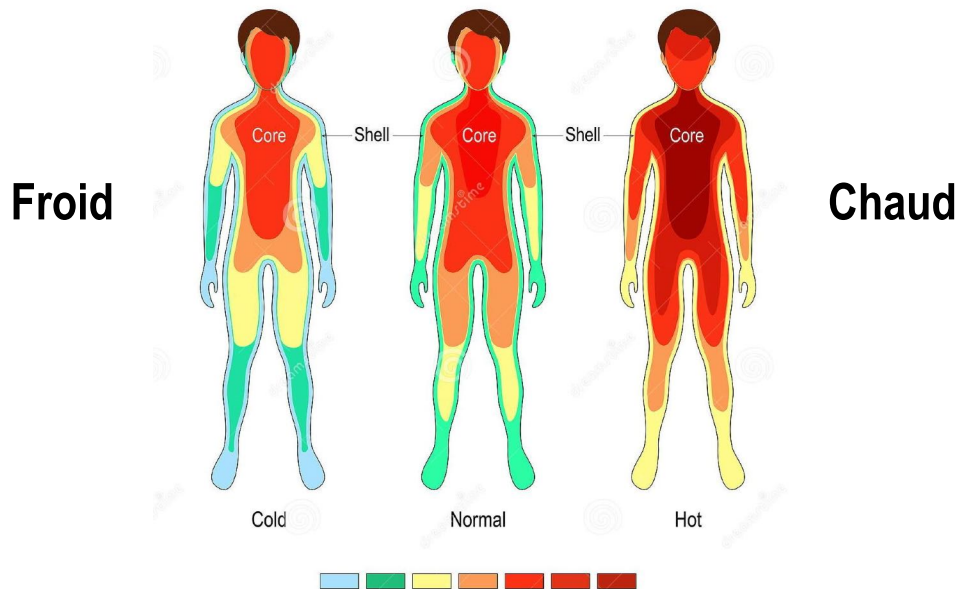
Hypothèses du gain énergétique en HD

- Hypothèse “pyrogène” (cytokines)
 - Peu d’arguments (meilleure stabilité en techniques convectives)
 - Inefficacité des antipyrétiques / dialysat ultrastérile
- Hypothèse “hémodynamique”
 - Mieux documentée
 - Gain de chaleur corrélé à l’UF/perte de poids

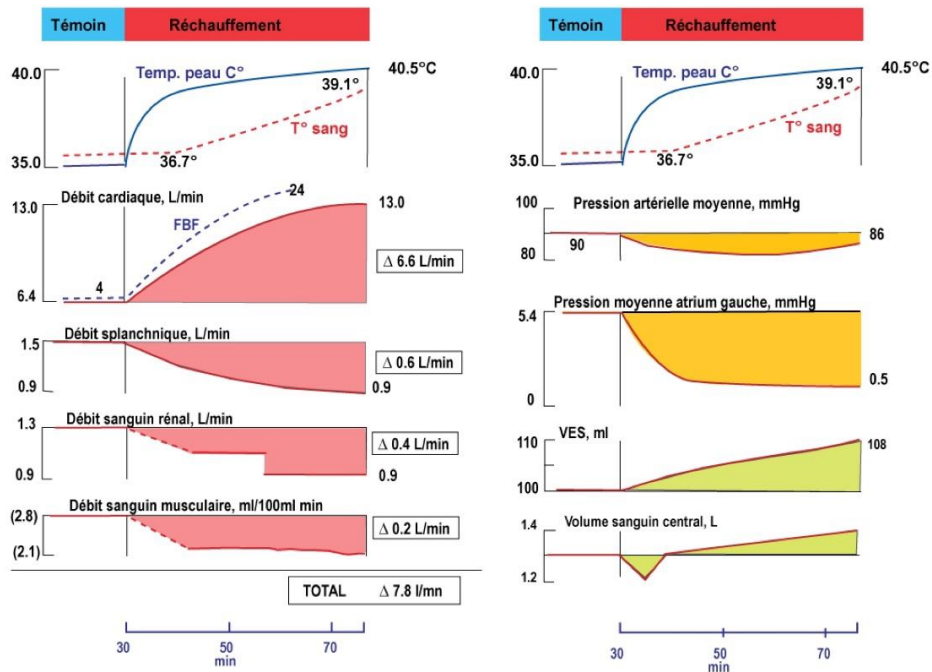


8

Redistribution de la circulation selon Te



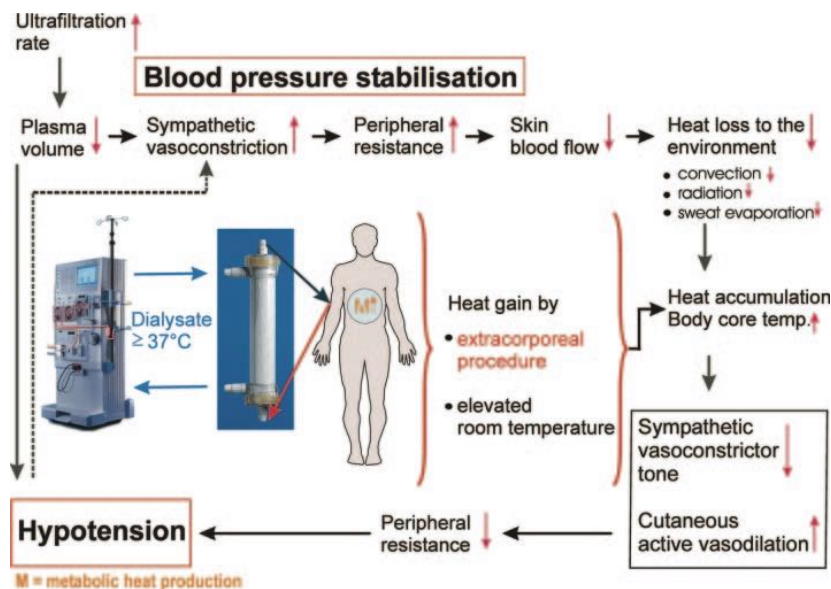
9



10

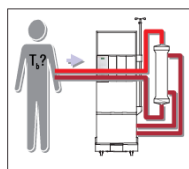
Mécanisme de l'hypotension par amplification thermique

Le stimulus thermique est toujours prioritaire ++

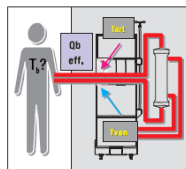


11

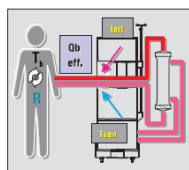
Rétro-contrôle des transferts énergétiques avec le BTM



HD standard



HD avec contrôle de la balance énergétique



HD avec rétrocontrôle de la température corporelle

Mesure continue des températures artérielle et veineuse avec une précision de $0,1^{\circ}\text{C}$:

1 - **mode thermoneutre** : mesure des transferts énergétiques (ΔE), sans intervention active

2 - **mode thermorégulé** : ajustement de l'énergie calorique pour amener à la température cible désirée (ΔT)

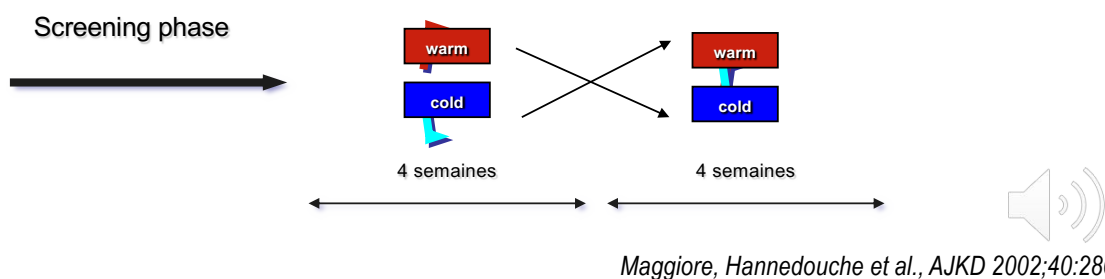
- Si T cible identique à la T initiale, **mode isotherme** ($\Delta T = 0$)



12

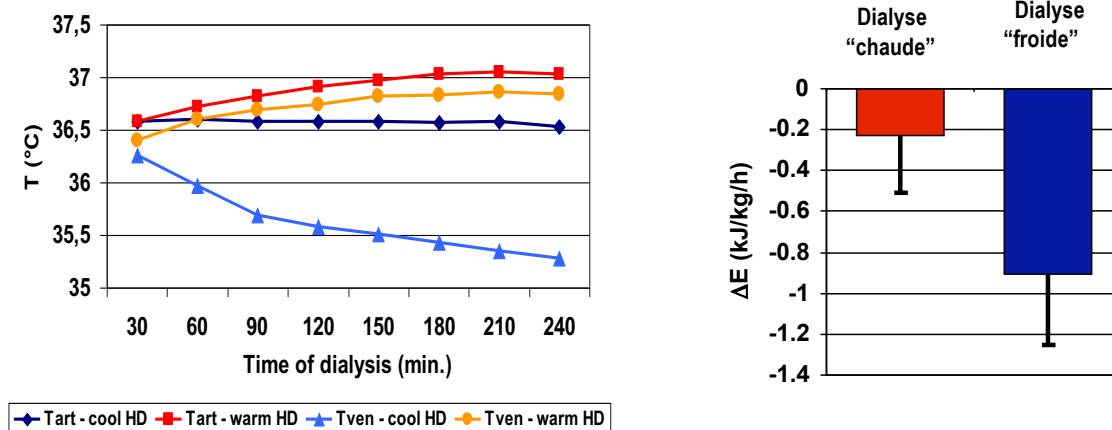
Etude Européenne Multicentrique

- N = 116 pts, à haut risque d'hypotension symptomatique (SH) ($\geq 3 / 12$ tx)
- Cross-over (4 sem. / 4 sem.)
 - thermoneutre $\Delta E = 0$ (« warm dialysis »)
 - vs. isotherme $\Delta T = 0$ (« cool dialysis »)



13

Bilan énergétique et températures AV



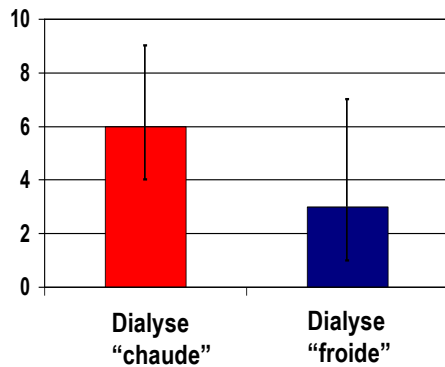
Arterial and venous fistula temperature throughout treatment with temperature controlled ("cool") and energy controlled ("warm") dialysis as measured with the BTM

Maggiore, Hannedouche et al., AJKD 2002;40:280

14

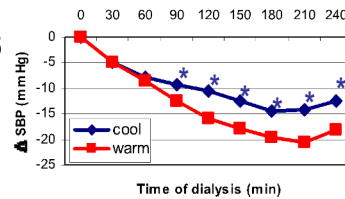
Etude Européenne Multicentrique

Réduction de 50 % des
HIDs en dialyse isotherme

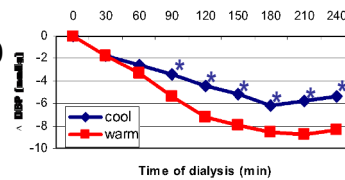


Nombre médian de séances avec HIDs
(Wilcoxon, $p < 0,001$)

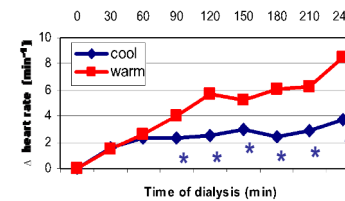
PAS



PAD



Fc



* $P < 0.05$

Maggiore, Hamedouché et al., AJKD 2002;40:280



15

Cool dialysis et efficacité de la dialyse

- Risque théorique de séquestration liée à la vasoconstriction cutanée (~10% urée échangeable)
- Kt/V inchangé (Etude Européenne)
- Bénéfices ++ liés à la meilleure stabilité hémodynamique
 - durée effective de séance + longue,
 - moins d'interruption UF,
 - Qb + élevé, ...



16

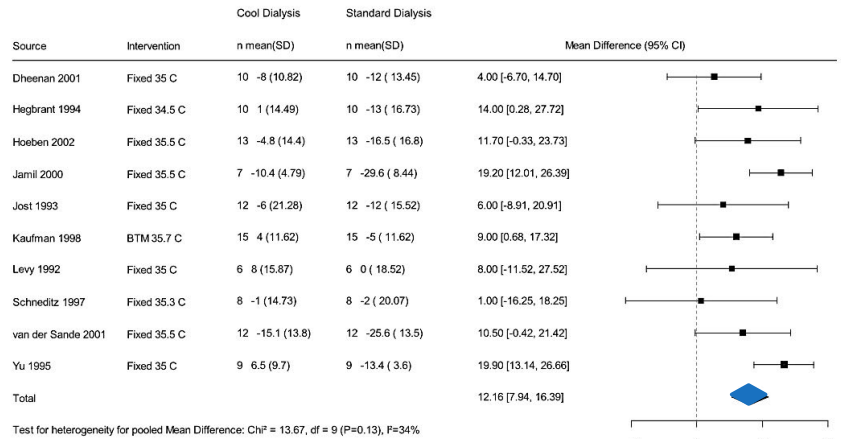
L'HD hypotherme augmente la PA d'environ 12 mmHg

Systematic Review Meta-Analysis

26 Studies
484 pts

Hypothermic (BTM)
vs
Standard HD

↗ MAP 12
mmHg
[CI 8-16mmHg]



Mustafa RA & al, Cjasn 2016;11:442

17

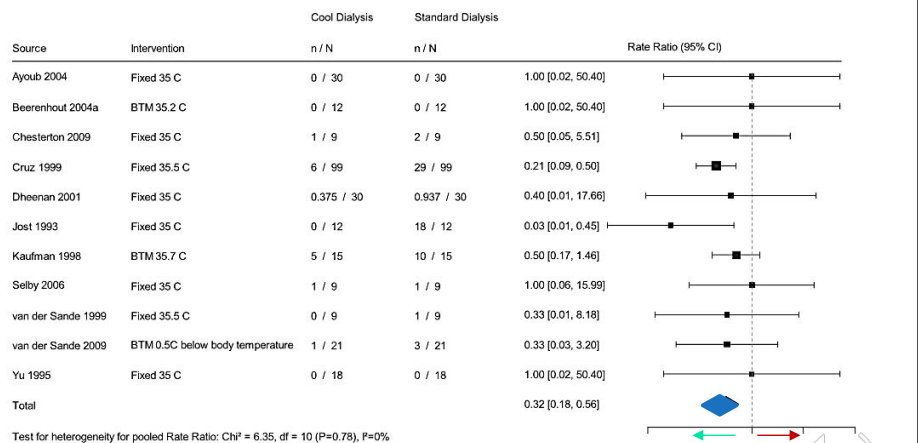
L'HD hypotherme réduit de -70% l'incidence de l'HID

Systematic Review Meta-Analysis

26 Studies
484 pts

Hypothermic (BTM)
Vs.
Standard HD

↘ IDH Rate 70%
[CI 49-89%]

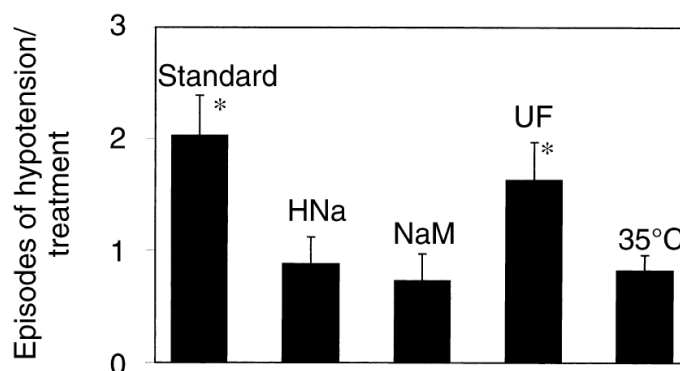


Mustafa RA & al, Cjasn 2016;11:442

18

Comparaisons des méthodes de prévention de l'HID

- Standard : Na dialysat : 138 - 4h UF-HD
- HNa : Na dialysat fixe 144 - 4 h UF-HD
- NaM : Na 152 -> 140 - 4 h UF-HD
- UF isolée + HD : 1 h UF isolée (– 50% Δ PP) + 3 h HD Na fixe 138
- Cool D : Na fixe 138, T dialysat 35 C



Deenan & Henrich, Kidney Int 2001; 59:1175

19

« Cool dialysis » vs profils sodium

- Pas de bilan sodé positif (HTA)
- Pas de soif (– PPID)
- Mise en place dès le branchement (Pas de surveillance nécessaire)



20

Question ?

- L'Ultrafiltration isolée (Ufi) est souvent considérée comme une modalité d'EER associée à une meilleure stabilité hémodynamique (moins d'HID)
- Cet effet est généralement attribué à l'absence de gradient osmotique
- Est ce que les transferts thermiques expliquent les différences de stabilité hémodynamique observées entre les modalités de dialyse (UF isolée, Hémofiltration HF, Hémodialyse HD et Hémodiafiltration HDF) ?



21

Les transferts thermiques diffèrent selon les modalités

- La température dans la ligne veineuse dépend de la température du dialysat, mais aussi de la dissipation thermique en air ambiant
- En UF isolée, en HF, la perte d'énergie (environ -10 W) est plus importante qu'en HD conventionnelle (-5 W)
- En HDFol post, la perte d'énergie est de -15 à -20 W (selon débit de réinjection)
- En HDF pré, la perte thermique est plus limitée (-10 W)
- En HD conventionnelle, il faut abaisser la T_e à $35,5^\circ$ pour obtenir une perte thermique équivalente à l'HDFol post.

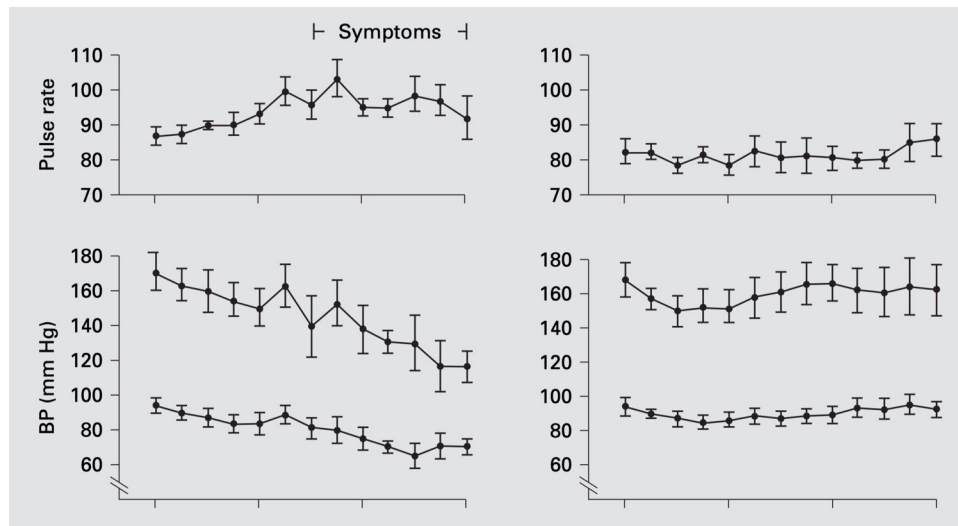


22

Pression artérielle en hémodialyse vs ultrafiltration isolée (UFI)

Hémodialyse

Ultrafiltration isolée

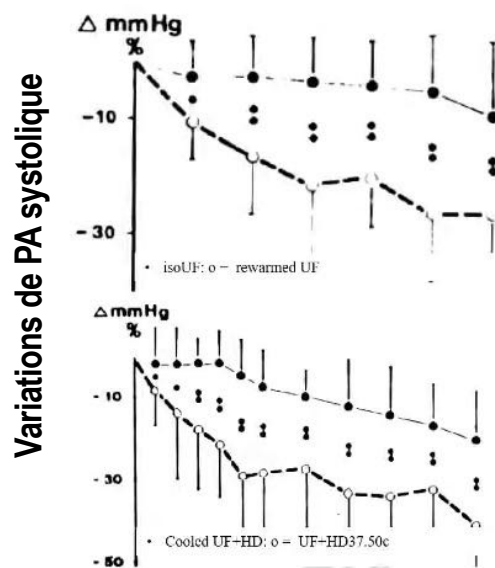


Bergstrom J, Blood Purif 2006



23

L'effet hémodynamique de l'UFI est temperature-dépendent



Ultrafiltration isolée

- « standard » à 33°
- « rechauffée » à 37,2°

HD avec UF

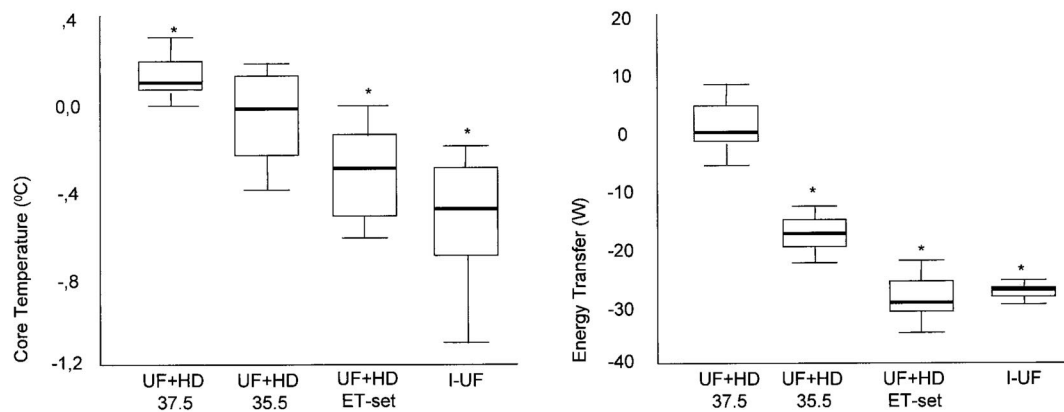
- « refroidie » 34,5°
- « standard » 37,5°

Maggiore Q, Proc. EDTA 1981



24

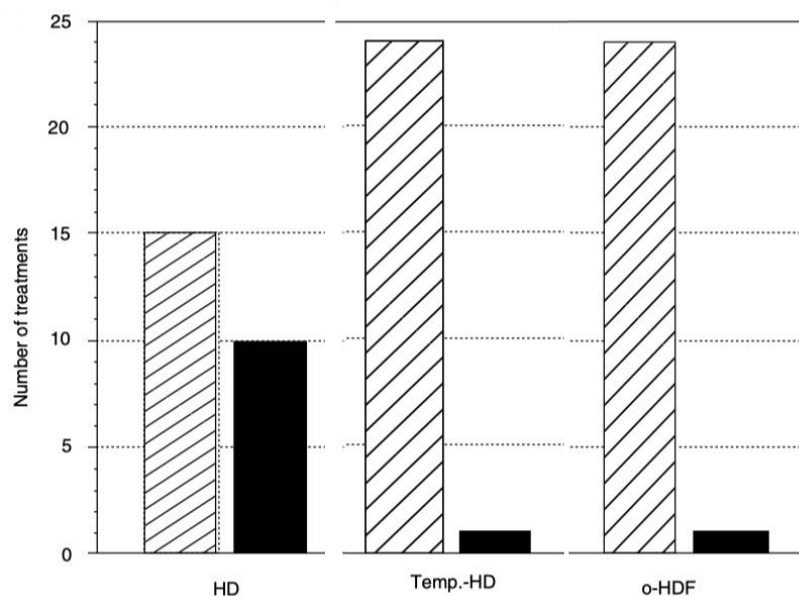
Les modifications thermiques sont le facteur principal de la différence de réponse vasculaire entre UFi et HD



Van der Sande FM, Jasn 2000

25

Incidence des HID en HD vs HD isotherme vs HDF



Donauer J & al. NDT 2003

26

Balance thermique : HD vs. HDF

	HD 37.5	HD 35.5	HDF 1	HDF 2.5
ΔT_c (C)	0.38 *	0.00 °	0.29 *°	- 0.10 °
ΔET (W)	- 3	- 27 *°	- 16 *	- 25 *°
ΔPAM (mmHg)	- 25 *	- 15 *°	- 23 *	- 19 *°
ΔBV (%)	- 7.3 *	- 9.8 *	- 9.1 *	- 9.8 *

* < 0.05 vs basal
° < 0.05 vs HD37.5 ou HDF1

Van der Sande, JASN 2001



27

Hémodynamique en Epuration extra-rénale

- Le profil hémodynamique favorable de l'HDF à haut débit est reproduit par l'HD à température contrôlée (35.5 ou ET_0)
- Lorsque les conditions de l'HDF sont modifiées pour reproduire les mêmes transferts thermiques qu'en HD 37.5, on observe les mêmes variations hémodynamiques
- Des constatations identiques sont faites avec l'UF isolée, et l'HF

Les transferts d'énergie thermique sont le principal facteur expliquant les différences hémodynamiques entre ces 4 techniques (UF, HF, HD, HDF)



28

Question ?

- Doit-on se limiter à la dialyse isotherme ou y-a t-il un intérêt à baisser davantage la température (dialyse franchement hypotherme) ?



29

Comparaison HD thermoneutre, isotherme, froide

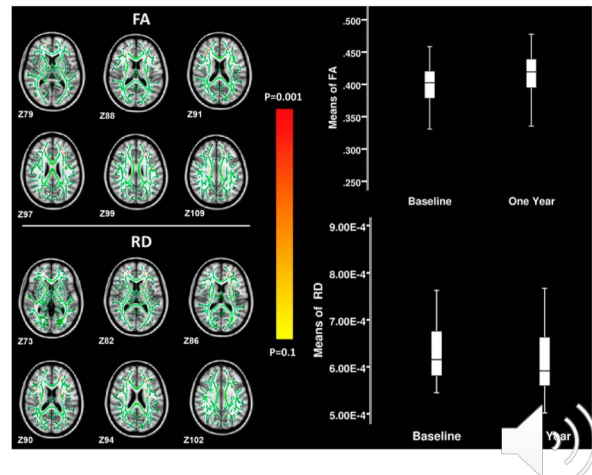
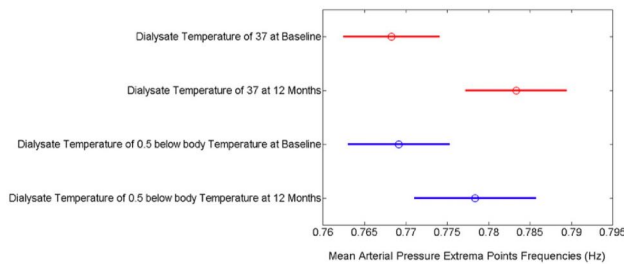
	Thermoneutre	Isotherme	Froide
T 30 (°)	37.1 ± 0,41	36,78 ± 0,43	35,5
ΔT (°)	0,47 ± 0,24	0,01 ± 0,16	− 0,5-1,5
ET (kJ)	− 50,7 ± 61	− 219,3 ± 77	− 400
VCX cutanée	+ // −	+	+++
VO2	↑ (↑Qc)	=	↑ (frissons)



30

L'HD hypotherme protège des lésions cérébrales en séances

73 pts incidents, HD 37 vs individualisée (TC-0,5)
Suivi 1 an, IRM cérébrale, variabilité tensionnelle

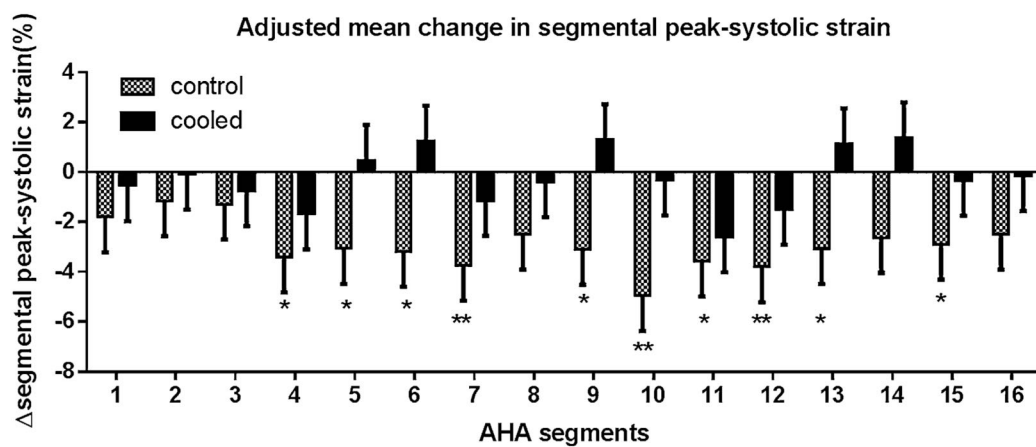


Eldehni M, Jasn 2015;26:957

31

L'HD hypotherme protège de la sidération cardiaque en séance

73 pts incidents, RCT : HD 37 vs individualisée (TC-0,5)
Suivi 1 an, IRM cardiaque, variabilité tensionnelle

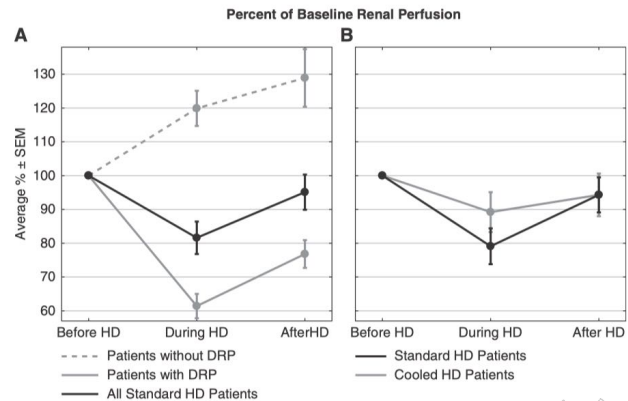
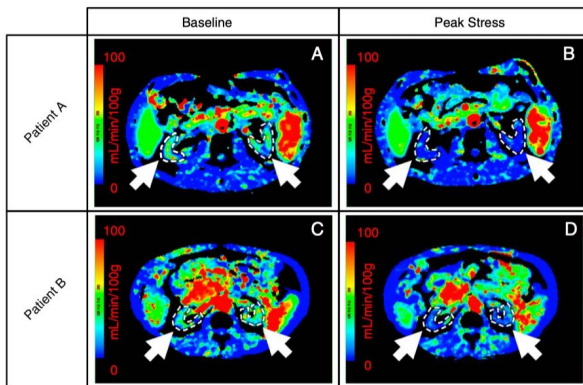


Odudu A et al., Cjasn 2015;10:1408

32

L'HD hypotherme réduit l'hypoperfusion rénale ID

n = 44 pts, cross-over HD standard (36,5) vs HD "very cool" (35,0)
Mesure de la perfusion rénale par CT scan



Marants C & al. Jasn 2019



33

Bénéfices cliniques de la dialyse « cool » voire « très cool »

- Réduction des hypotensions intradialytiques
- Amélioration de la variabilité hémodynamique et tensionnelle per-séance
- Réduction de la sidération cardiaque perdialytique (anomalies de la cinétique pariétale segmentaire du VG)
- Réduction des lésions cérébrales perdialytiques (matière blanche)
- Réduction de l'hypoperfusion rénale ID

Maggiore Q, AJKD 2002;40:280 - Selby NM, NDT 2006;21:1883 - Chesterton LH, Hem Int 2009;13:189
Jefferies HJ, Blood Purif 2011;32:63 - Eldehni M, Jasn 2015;26:957 – Marants Jasn 2019



34

Dialyse iso- ou hypotherme et mortalité

- MyTEMP
- Cohorte incidente Nephrocare ibérique



myTEMP, Lancet 2022 – Zoccali C, NDT 2023

35

Etude myTEMP

Articles

Personalised cooler dialysate for patients receiving maintenance haemodialysis (MyTEMP): a pragmatic, cluster-randomised trial



The MyTEMP writing committee*

Summary

Background Haemodialysis centres have conventionally provided maintenance haemodialysis using a standard dialysate temperature (eg, 36·5°C) for all patients. Many centres now use cooler dialysate (eg, 36·0°C or lower) for potential cardiovascular benefits. We aimed to assess whether personalised cooler dialysate, implemented as centre-wide policy, reduced the risk of cardiovascular-related death or hospital admission compared with standard temperature dialysate.

Methods MyTEMP was a pragmatic, two-arm, parallel-group, registry-based, open-label, cluster-randomised, superiority trial done at haemodialysis centres in Ontario, Canada. Eligible centres provided maintenance haemodialysis to at least 15 patients a week, and the medical director of each centre had to confirm that their centre would deliver the assigned intervention. Using covariate-constrained randomisation, we allocated 84 centres (1:1) to use either personalised cooler dialysate (nurses set the dialysate temperature 0·5–0·9°C below each patient's measured pre-dialysis body temperature, with a lowest recommended dialysate temperature of 35·5°C), or standard temperature dialysate (36·5°C for all patients and treatments). Patients and health-care providers were not masked to the group assignment; however, the primary outcome was recorded in provincial databases by medical coders who were unaware of the trial or the centres' group assignment. The primary composite outcome was cardiovascular-related death or hospital admission with myocardial infarction, ischaemic stroke, or congestive heart failure during the 4-year trial period. Analysis was by intention to treat. The study is registered at ClinicalTrials.gov, NCT02628366.

Published Online
November 4, 2022
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)01805-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)01805-0)

See Online/Comment
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)01988-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)01988-2)

*Members of the MyTEMP writing committee are listed at the end of the Article and collaborators are listed in the appendix (pp 2–4)

Correspondence to:
Prof A X Garg,
London Health Sciences Centre,
Victoria Hospital,
London, ON N6A 5W9, Canada
amit.garg@lhsc.on.ca

See Online for appendix



36

Essai pragmatique myTEMP

- Randomisation par centre (42+42)
- 2 stratégies **T fixe 36,5°** vs **individualisée -0,5°**
- C1 = MACE 4 pts (DCCV, IDM, AVC, HICC)
- C2 = baisse PAS intraD
- C2 = critères C1 individuels
- C2 = tolérance

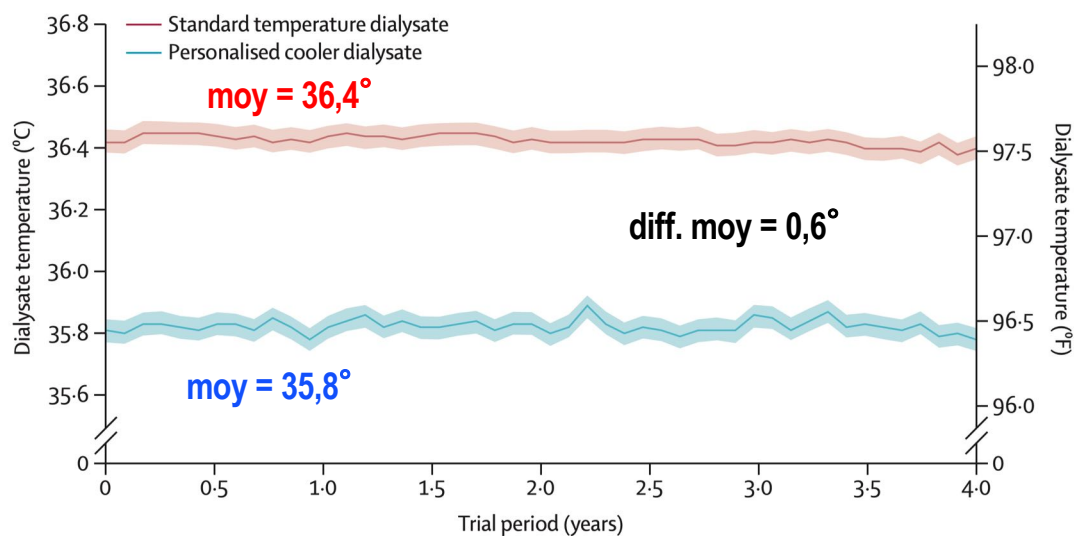
	T° Individualisée	T° Standard
n	8000	7413
Age	66	66
Age > 80 ans	18%	20%
Femme	39%	40%
Ins coronaire	53%	54%
Diabète	59%	59%
Cancer	17%	16%
Depression	11%	11%



Garg A, Lancet 2022

37

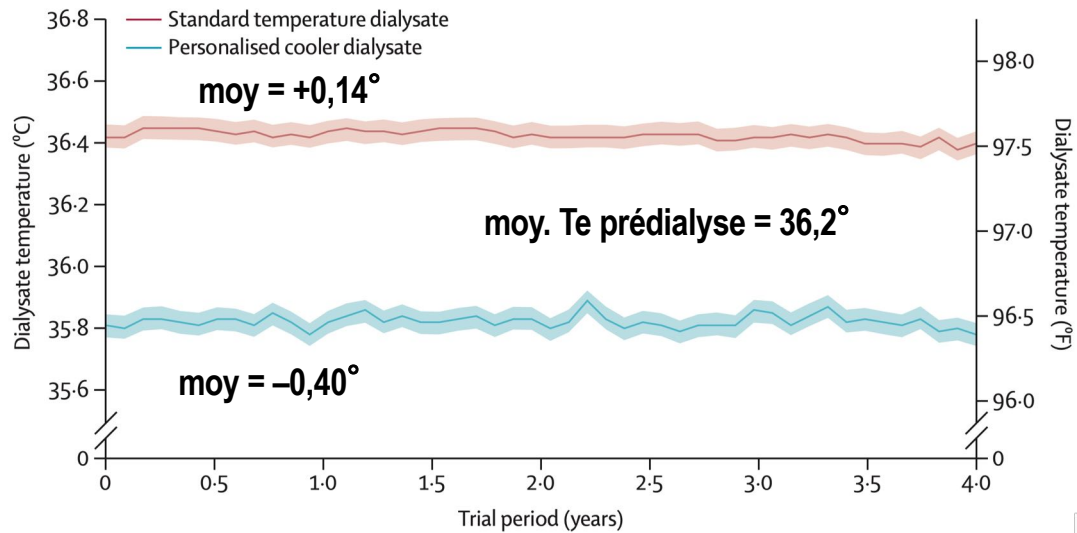
myTEMP – températures dialysat



Garg A, Lancet 2022

38

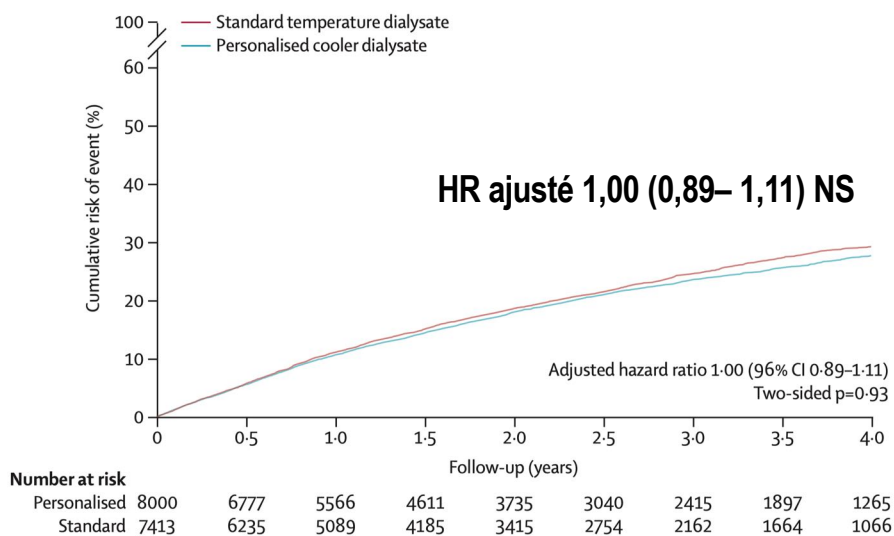
myTEMP – températures dialysat



Garg A, Lancet 2022

39

myTEMP – Critère principal (MACE 4 pts)

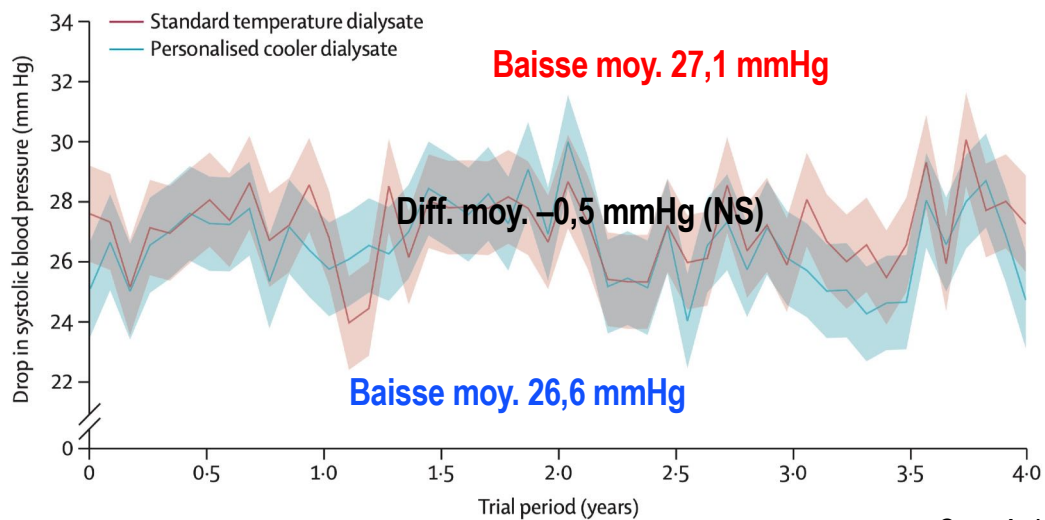


Garg A, Lancet 2022

40

myTEMP – Baisse tensionnelle

PAS préD – nadir PAS per-dialyse



41

Limitations de myTEMP

- Comparaison de 2 stratégies
 - Te fixe à 36,5° vs Te individualisée -0,5°
 - Te prescrite, pas délivrée,
 - mesure par méthode tympanique, donc pas la Te centrale
 - réglage imprécis de la Te $\pm 0,5^\circ$ sur la plupart des générateurs
 - comparateur trop bas ? (~dialyse isotherme)
- Taux d'événement assez faible (10% / an) compte tenu du profil de population
- Mesures des PA aléatoires sur 1,3% des séances

42

Conclusions de myTEMP

- Pas de bénéfices à ajuster individuellement de $-0,5^{\circ}$ la température de tous les patients (un réglage à $36,5^{\circ}$ pour tous est suffisant)
- Ces résultats négatifs n'impliquent pas l'absence de bénéfice dans certains sous-groupes (HID fréquente)
- 2 hypothèses
 - soit différentiel de T_e pas suffisant pour un bénéfice hémodynamique
 - soit l'essentiel du bénéfice déjà acquis à $36,5^{\circ}$ (vs $37,0$)
- Nécessité d'essais supplémentaires dans populations sélectionnées (HID fréquente)
- T_e optimale reste incertaine (iso- strict ou hypotherme ?)



43

Etude Nephrocare ibérique

- Cohorte incidente Nephrocare Espagne + Portugal (n = 8071 pts)
- HID définie par **nadir PAS < 90 mmHg**
- 27% cohorte traités chroniquement avec T_e diaysat < $35,5^{\circ}$ (BTM),
- suivi médian 14 mois
- **Réduction de -33% du risque d'HID**
(OR ajusté 0,67 ; IC 95% 0,63-0,72 ; p< 0,001)
- **Pas d'effet sur la mortalité de toute cause,**
- Idem dans l'analyse de sensibilité pour T_e < $36,0^{\circ}$



Zoccali C, NDT 2023

44

Que retenir ?

- L'HD conventionnelle s'associe à une augmentation de la température centrale du patient, cet effet résulte d'un dialysat à 37° et d'une vasoconstriction périphérique secondaire à l'UF/hypovolémie
- Le réchauffement du pt induit une vasodilation inadaptée à l'hypovolémie, qui peut favoriser l'HID chez les patients prédisposés
- La dialyse isotherme voire hypotherme réduit significativement les HID chez les patients à risque, et probablement ses conséquences sur l'ischémie des organes-cibles
- En revanche, la dialyse iso- voire hypotherme n'améliore pas la survie chez les patients « tout-venants » en HD
- Des études supplémentaires sont nécessaires dans les sous-groupes de patients à haut risque d'HID



45

Candidats à la dialyse « froide »

- **Prévention des hypotensions intradialytiques**
(Recommandations KDOQI 2005, EBPG 2007)
- **Débits UF élevés**
- **Malades hypothermes**
- **Hypotendus chroniques**
- Insuffisants cardiaques ou coronariens
- Premières séances
- ? Tous les dialysés



46