



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Electrisation



Dr Pierre Métrailler
Service des urgences
Hôpital de Sion



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Plan

Epidémiologie

Mécanisme lésionnel de l'électricité

Type de blessures et leur évolution potentielle

Prise en charge

Prévention



Historique

Hôpital du Valais
Spital Wallis



1879: premier accident mortel
1890: première chaise électrique
1957: premier défibrillateur
2000: Taser



Closed-Chest Defibrillator developed at Johns Hopkins University.





Hôpital du Valais
Spital Wallis

Définitions

- **Electrisation:** Blessure ou traumatisme causé par le passage de courant électrique dans le corps
- **Électrocution:** Décès par électrisation



Quelques notions d'électricité

Hôpital du Valais
Spital Wallis

La loi d'Ohm

$$U = R \times I$$

Tension (U, volts) = Résistance (ohms) x Courant (I, ampères)

Elément variable



Principal facteur déterminant les lésions occasionnées





Hôpital du Valais
Spital Wallis

Application pratique : le défibrillateur!

Tension (U), volts = **1000 Volts** (charge du condensateur)

Résistance (R) = **50 Ohms** (corps humain)

Courant (Ampères) = $I = U/R = \mathbf{20\ A}$

Puissance en Watt

$P = U^2/R = \mathbf{20'000\ Watt}$

Energie (Joules, Watts) = Puissance x Temps = $20'000\ Watt \times 0.01\ sec = \mathbf{200\ Joules}$



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Facteurs influençant la gravité des blessures

- Voltage
- Type de courant (intensité, fréquence)
- Durée du contact
- Trajet corporel de l'électricité
- Résistance des tissus

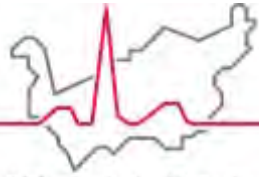


Effet physiologique par intensité électrique

Hôpital du Valais
Spital Wallis

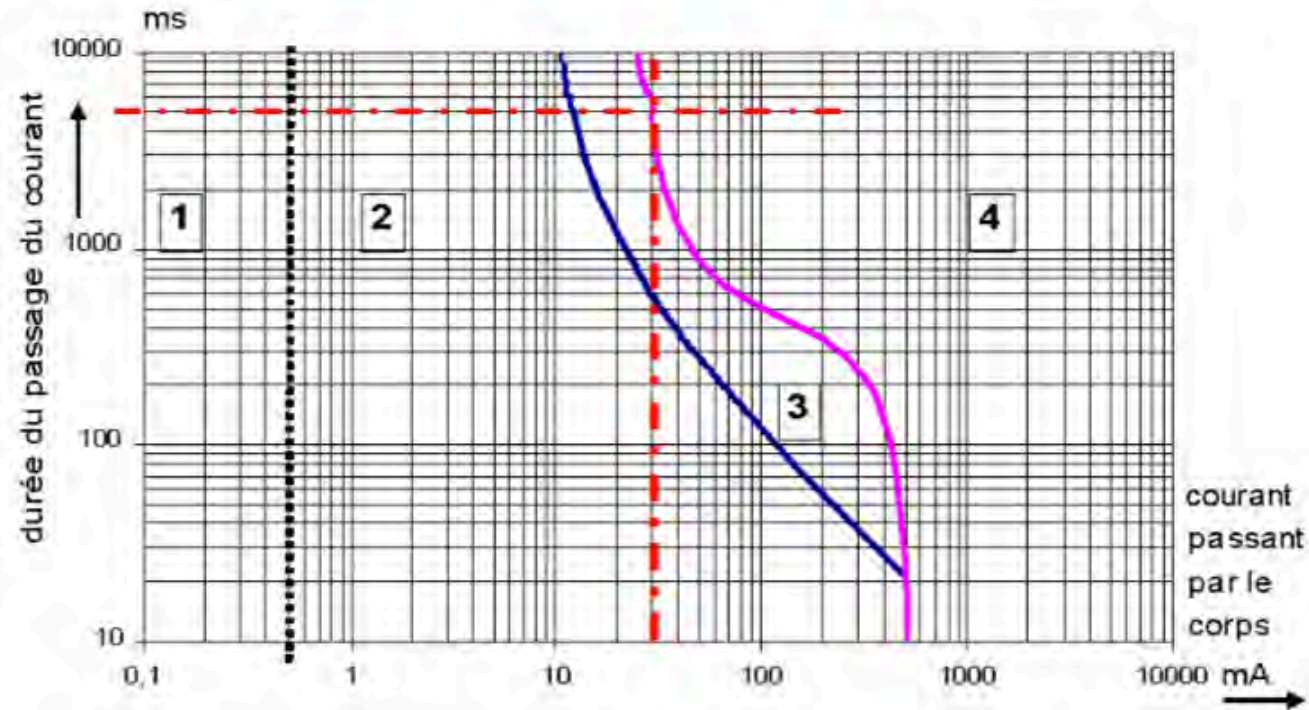
Intensité du courant	Effets physiologiques	Risques
0.5 à 2 mA	seuil de perception	Picotement
2 à 10 mA	Douleurs	Toucher - relâcher
10 à 25 mA	Crispation des muscles	Crispation sur la source (Enfant dès 6 mA)
25 à 50 mA	Tétanisation des muscles, contraction cage thoracique, paralysie respiratoire, asphyxie	Chute possible, asphyxie
75 mA	Fibrillation ventriculaire	Electrocution
1 A	Arrêt cardiaque	Décès instantané

Disjoncteur électrique domestique: 30 mA



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Importance de la durée de contact



Dans le domaine 1, il n'y a généralement pas de réaction.

Dans le domaine 2, des picotements mais aucun effet dangereux.

Dans le domaine 3, des effets non mortels avec perturbations généralement réversibles.

Dans le domaine 4, une fibrillation du coeur probable.

Une limite souvent donnée est 30 mA pendant 5 s (30 mA est le calibre de nombreux dispositifs différentiels). Bien que 30 s ne soit pas repérable sur ce graphe, on imagine bien qu'une intensité de 25 mA pendant 30 s se place légèrement dans le domaine 4 : ce qui peut effectivement entraîner la mort.

Une intensité de 25 mA pendant 30 s peut entraîner la mort.



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Résistance du corps humain

Influence de la résistance du corps :

- humidité de la peau
- épaisseur de la peau
- âge (R augmente avec l'âge)
- habillement/chaussures
- type de tissu

*Jeune, nu et mouillé :
résistance minimale*

Du plus conducteur au moins conducteur :

nerfs > vaisseau sanguin > muscle > peau > tendon > graisse



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Trajet du courant dans le corps

Emprunte le trajet de moindre résistance :

- Trajet le plus court
- Suit les nerfs, les vaisseaux sanguins

Les trajets longs sont à risque de trouble du rythme :

- main à main > main à pied > pied à pied

Trajet court :

- d'un doigt à l'autre



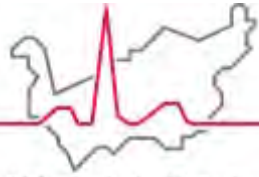
Hôpital du Valais
Spital Wallis

Lésions causées par le courant électrique

Lésions dues directement au passage du courant électrique

Lésions cellulaires dues à la conversion de l'énergie électrique en énergie thermique (effet Joule) et lésions cellulaires par électroporation

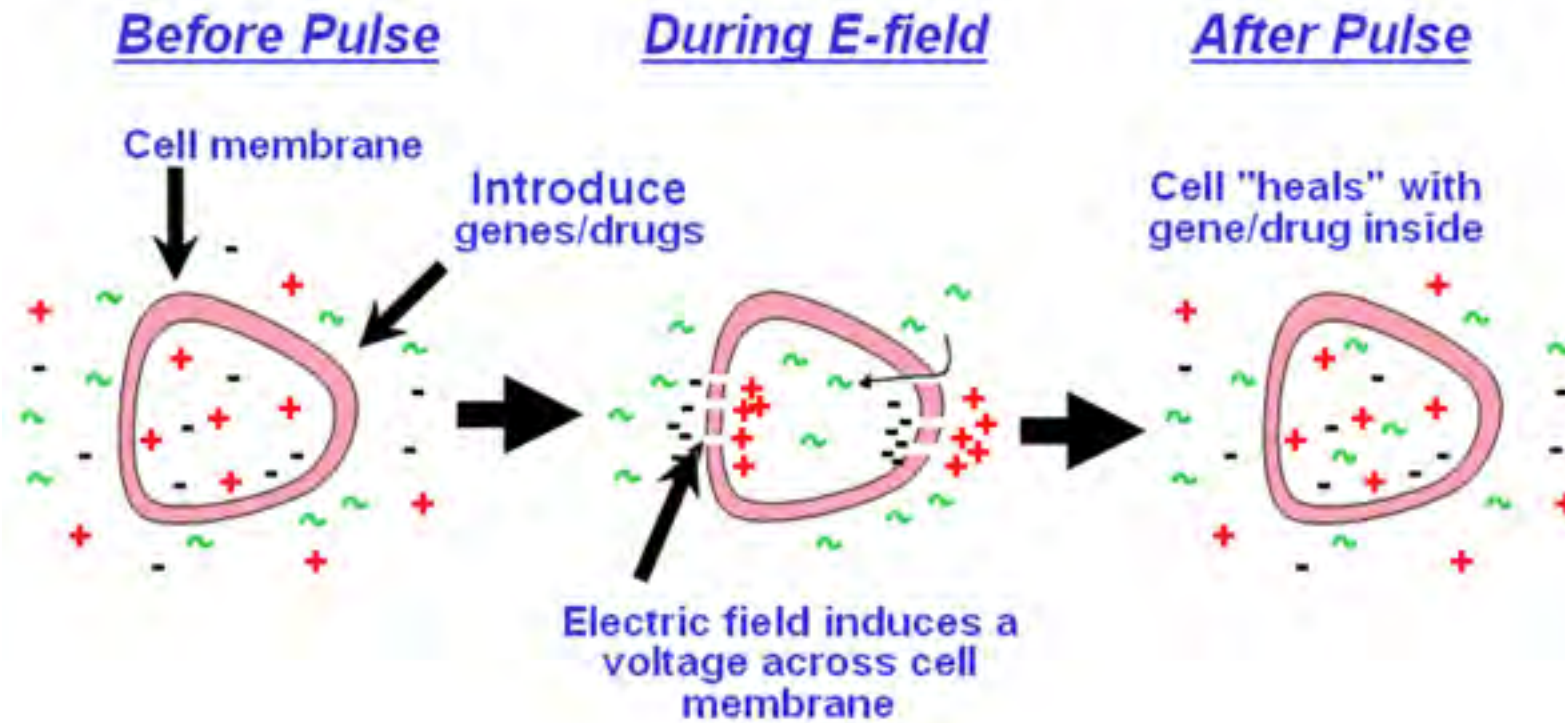
Lésions mécaniques secondaires aux contractions musculaires ou aux chutes.



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Electroporation

Dysfonction cellulaire





Hôpital du Valais
Spital Wallis

Epidémiologie: Accidents domestiques

- 90% des accidents
- chiffre sous estimé
- appareils défectueux et inattention
- touche principalement les enfants





Hôpital du Valais
Spital Wallis

Epidémiologie: Accidents professionnels



- électricien
- + travailleur sur corde, élagueur, machiniste,...



Hôpital du Valais
Spital Wallis

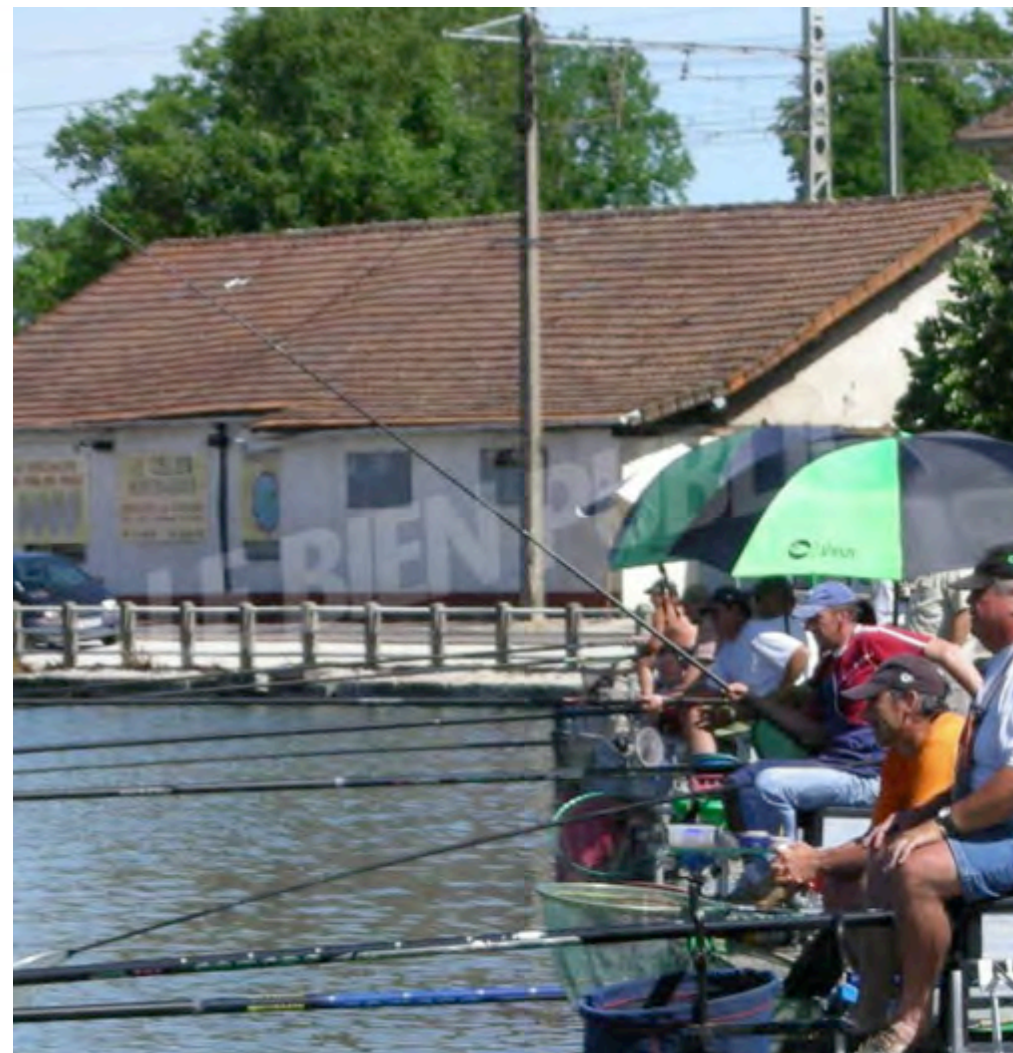
Incidence inégale selon les pays

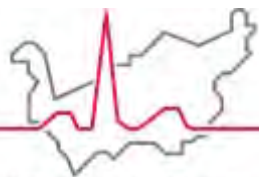




Sports et loisirs

Hôpital du
Spital Wall





Hôpital du Valais
Spital Wallis



Distribution tri-modale

Enfants

–

Adolescents

–

Jeunes adultes

le pic le plus important actuellement: conduites à risque chez les adolescentes?



Epidémiologie: Résumé

- Accidents domestiques (enfants, accidents à bas voltage)
- Accidents professionnels (jeunes adultes, accidents à haut voltage)
- 70 accidents/ 100'000 habitants /an en Suisse
- 110 accidents professionnels par année en Suisse (4 à 6 décès)
- Incidence sous-estimée (surtout les accidents « bénins » et les accidents domestiques)



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Bas versus Haut-Voltage

Tableau 2. Comparaison des accidents d'électrification (AE) à basse et à haute tension

Caractéristiques	AE à basse tension	AE à haute tension
Voltage (V)	≤ 1000	> 1000
Type de courant	Alternatif	Alternatif ou continu
Durée du contact	Prolongée	Brève (si courant continu)
Contraction musculaire	Tétanie	<ul style="list-style-type: none">• Tétanie (si courant alternatif)• Isolée (si courant continu)
Arrêt cardiaque	Oui, plus rare	Oui
Arrêt respiratoire	Oui	Oui
Brûlures	Superficielles	Profondes
Rhabdomyolyse	Rare	Fréquente
Traumatisme fermé	Rare	Fréquent
Mortalité	2-3%	5-30%



Bas versus Haut-Voltage: le seuil des 600 Volts

Table 2. Effects of Low-Voltage Versus High-Voltage Electrical Shock

Low-Voltage Shock Effects (< 600 Volts)	High-Voltage Shock Effects (600+ Volts)
Superficial burns	Deep and occult burns
No late arrhythmia	Case reports of late arrhythmia
Usually alternating current	Either alternating current or direct current
Rhabdomyolysis uncommon	Rhabdomyolysis common
Secondary trauma less common	Secondary trauma from falls and tetanic muscle contractions
Contact is prolonged (unable to let go)	Contact can be brief (thrown from voltage source)
Cardiac arrest from ventricular fibrillation	Cardiac arrest from ventricular fibrillation; direct damage to myocardium, causing asystole and coronary artery thrombosis



Hôpital du Valais
Spital Wallis

le poisson torpille : 60 à 200 volts!





Hôpital du Valais
Spital Wallis

Mécanisme lésionnel

- Effet électrique direct sur la cellule vasculaire, nerveuse ou musculaire
- Effet cellulaire par électroporation
- Effet thermique



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Le patient électrisé = ACLS + ATLS !

- Arythmies
- Brûlures externes et internes
- Traumatismes
- Lésion multi-organiques



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Lésions cutanées

- Effet thermique du courant
(influencé par le voltage, l'humidité de la peau, la durée d'exposition)
- Bas voltage:
Lésions superficielles
Brûlures moins étendues
Moins de chirurgie





Hôpital du Valais
Spital Wallis

Brûlures linéaires



A. E. Ritenour a,b, M. J. Morton, J. G. McManus. Lightning injury: A review. Burns 34 (2008) 585–594.



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Figures de Lichtenberg



M. Haberkern, L. Martinolli. Gestion des urgences dans les accidents électriques. Forum Med Suisse 2007;7:649–654.



A. E. Ritenour a,b, M. J. Morton, J. G. McManus. Lightning injury: A review. Burns 34 (2008) 585–594.



Hôpital du Valais
Spital Wallis

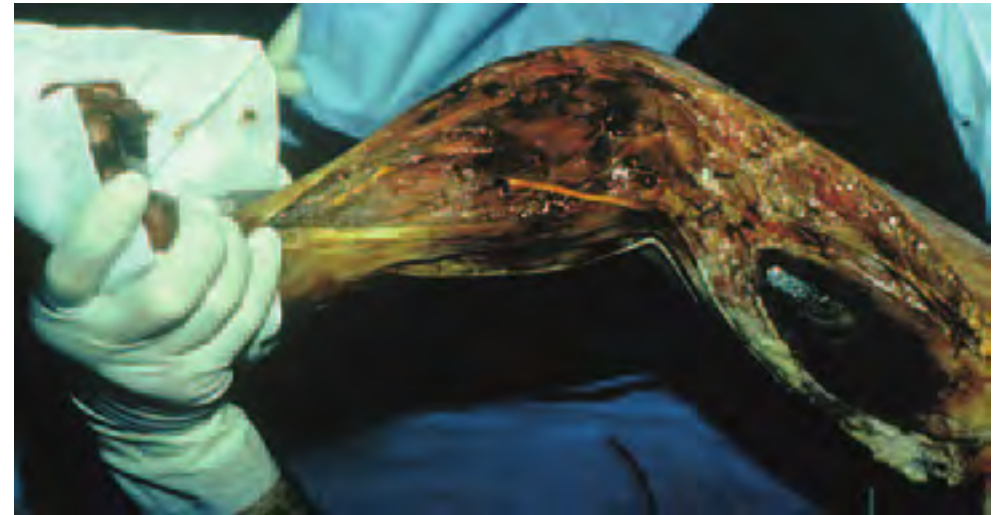
Punctiforme: Marques de Jellinek : point d'entrée et de sortie du courant électrique





Hôpital du Valais
Spital Wallis

- Haut Voltage





Hôpital du Valais
Spital Wallis

Haut voltage



Although the burns may appear to be superficial, these findings should prompt a search for deep tissue injuries.

Image courtesy of Oklahoma University School of Community Medicine.



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Lésions de haut voltage

Brûlures étendue et profondes

Complications:

Myonécrose

Rhabdomyolyse

Oedème et syndrome de loge

Ostéonécrose



Evidence of a flash burn, with charring and ragged, deep burns on the third and fourth fingers, characteristic of entrance or exit wounds.
Image courtesy of Oklahoma University School of Community Medicine.



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Lésion selon le voltage

Haut voltage

- Chirurgie 76%
- Fasciotomie 4,8%
- Lambeau de reconstruction >100%
- Modification ECG 20%
- Myoglobininurie: 38%
- Dysfonction rénale 14%

Bas voltage

- Chirurgie 54%
- Lambeau de reconstruction 0%
- Modification ECG 0%
- Myoglobininurie: 0%
- Dysfonction rénale 0%



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Lésions cardiaques

- Arythmies primaires: Tachycardie sinusale, FA, extrasystoles, TV, FV, asystolie (observées dès l'AE)
- Anomalies de la conduction: Bradycardie sinusale, BAV de haut degré
Plus rare: bloc de branche, QT long, modifications aspécifiques de la repolarisation
- Lésion myocardiques directes par effet thermique
- Lésion myocardiques indirectes. Hypoperfusion secondaire à un trouble du rythme, vasospasme, thrombose coronarienne



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Atteintes vasculaires

- Thromboses
- Fragilisation des vaisseaux
(thromboses, hémorragies, anévrisme jusqu'à des mois après l'accident)
- Hypertension artérielle et vasospasmes cédant spontanément.
- Incidence élevée (jusqu'à presque 23%) de TVP chez les électrisés hospitalisés



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Système nerveux

- Paralyse transitoire
- Lésions nerveuses périphériques
- Encéphalopathie anoxique (post ACR)
- Paresthésies, faiblesses
- Dépression, douleurs chroniques, anxiété, troubles cognitifs



Hôpital du Valais
Spital Wallis

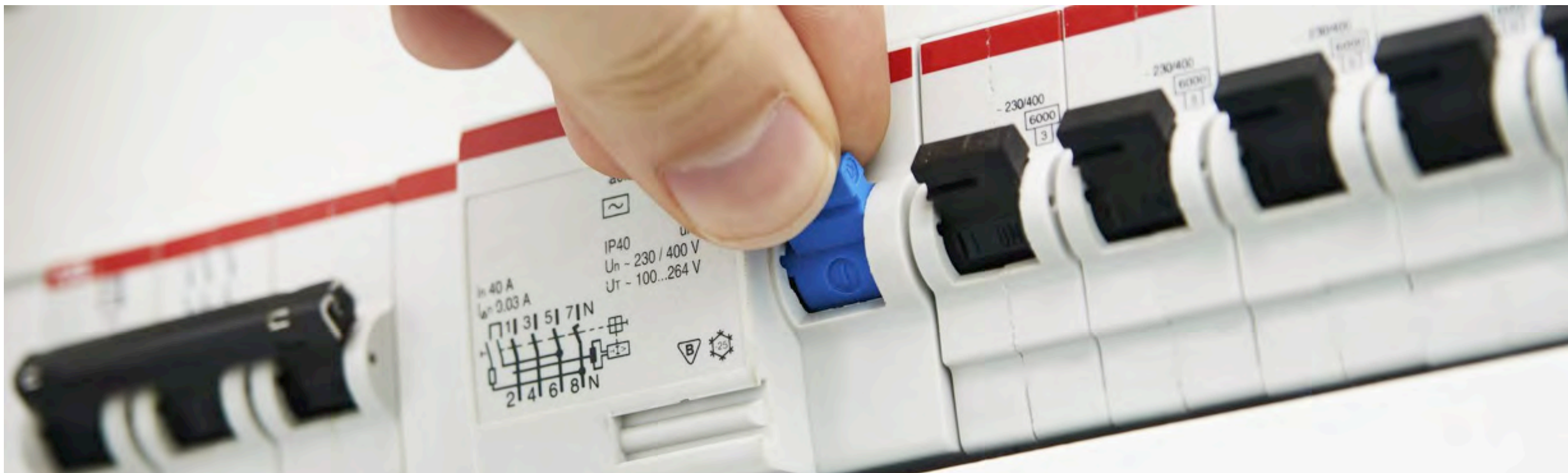
Quizz 2: De quel album cette planche est-elle extraite?





Hôpital du Valais
Spital Wallis

Prise en charge: Sécurité!





Hôpital du Valais
Spital Wallis

Triage

- Donner la priorité aux victimes en arrêt cardiaque ou respiratoire
- Les victimes en arrêt respiratoire nécessitent une ventilation pour éviter l'arrêt cardiaque
- Les victimes en arrêt cardiaque nécessite une RCP et une défibrillation précoce
- L'état des pupilles n'est pas un élément pronostique



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Airways

- En cas de brûlure faciale ou du cou:
 - > intubation précoce
 - > intubation difficile toujours à suspecter
- Maintien de l'axe tête-cou-tronc selon les directives ATLS

(Intubation selon le contexte clinique avec Ketamine ou Etomidate
(si instabilité hémodynamique, traumatisme associé)

Comme agent curarisant la succinylcholine est permise dans les premières 48 – 72h) Risque d'hyperkaliémie si lyse musculaire importante.



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Circulation

- **Monitoring**

- Haut voltage
- Syncope, arythmie, anomalie ECG
- Traumatisé
- Comorbidités cardiaques

- **Hydratation:**

- Initialement prise en charge selon ATLS (hypotension permissive si trauma, suspecter un choc hémorragique)
- Une fois une hémorragie exclue:
Ressuscitation volumique $4 \text{ ml/kg} \times \% \text{ TBSA}$ (initié au centre des brûlés)
- **Débit urinaire 100 ml/h** (1 à 1,5 ml/kg/h)
(importance pour régulation potassium et myoglobine)
- Cathéter urinaire



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Disability et Exposure

- **Disability**

- Mydriase non pronostique
- Atteinte neurologique secondaire à l'électrisation ou au traumatisme (considérer la possibilité de lésions du rachis)

- **Exposure**

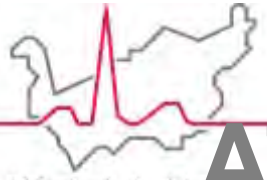
- Mesure de la surface brûlée (TBSA)
- Risque d'hypothermie chez les brûlés (pas de refroidissement des plaies si $> 20\%$ TBSA)
- Soins des plaies (Enlever les bijoux, enlever les habits qui se décolle facilement)
- emballage propre avec pansement aluminium ou pastifié



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Traitement

- Brûlures électriques -> antalgie au besoin
- Antibiotiques -> non recommandés
- Prise en charge selon ABCDE en priorité
- L'évaluation des brûlures appartient au Secondary Survey



Hôpital du Valais
Spital Wallis

ATLS

- **A : Immobilisation du rachis. Brûlures du visage? Sécuriser Airways**
- **B : Apnée prolongée : maintenir une ventilation efficace**
- **C : Monitoring cardiaque / Contrôle hémorragies externes / internes
Arythmie traitée selon ACLS. Pas de remplissage agressif (sauf si délai
+++ (3^e secteur, crush))**
- **D : Mydriase aréactive (sans valeur pronostique), lésion neurologique
centrale ou périphérique est possible, de même qu'un TCC ou une lésion
médullaire.**
- **E : Protéger du froid. refroidissement d'une brûlure seulement si TBSA
< 20%**



Hôpital du Valais
Spital Wallis

ATLS

- **Patches du défibrillateur**
(éviter les zones brûlées, éventuellement pour pacing)
- **Minerve, planche, ceinture pelvienne**
- **Accès veineux (2x)**
- **Examen exhaustif vu diversité des lésions potentielles.**
- **Prise en charge des brûlures (emballage propre)**
- **Enlever les corps métalliques (bagues, colliers)**
- **ECG 12 dérivations (...)**

Analyses de laboratoires et examens complémentaires

- **Haut voltage (parfois bas voltage):**
Electrolytes, métabolisme rénale, hépatique, CK, troponine
Formule sanguine, groupe sanguin
Test de grossesse
- **Imagerie:**
Décision selon l'histoire et l'examen clinique, selon l'ATLS



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Rappel des lésions à rechercher:

Table 2. Effects of Low-Voltage Versus High-Voltage Electrical Shock

Low-Voltage Shock Effects (< 600 Volts)	High-Voltage Shock Effects (600+ Volts)
Superficial burns	Deep and occult burns
No late arrhythmia	Case reports of late arrhythmia
Usually alternating current	Either alternating current or direct current
Rhabdomyolysis uncommon	Rhabdomyolysis common
Secondary trauma less common	Secondary trauma from falls and tetanic muscle contractions
Contact is prolonged (unable to let go)	Contact can be brief (thrown from voltage source)
Cardiac arrest from ventricular fibrillation	Cardiac arrest from ventricular fibrillation; direct damage to myocardium, causing asystole; and coronary artery thrombosis



Hôpital du Valais
Spital Wallis

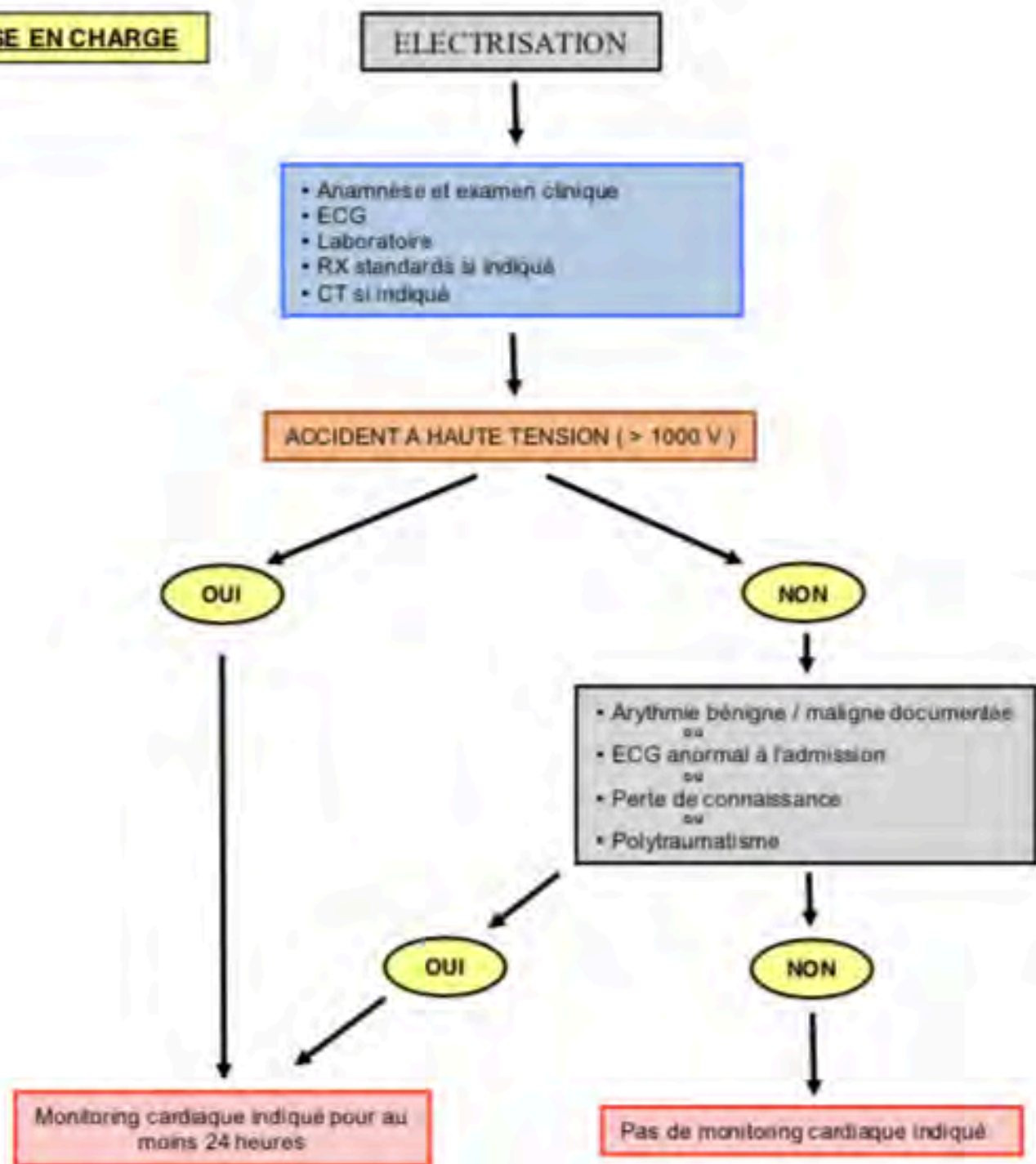
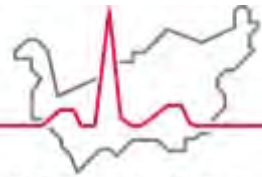
Arythmies retardées en cas d'ECG normal?

- **Bas-voltage et ECG normal: pas de monitoring**
- **Haut-voltage et ECG normal: monitoring 24h**
(minimum 8h, jusqu'au lendemain)

Pour mieux cibler quels patients monitorer, d'autres études sont nécessaires.

Selon une études danoise incluant plus de 11'000 patients, haut et bas-voltage, aucun cas d'arythmie grave retardés n'a été constaté.

Cette étude incluait surtout des patients jeunes et sans comorbidités, évaluer prudemment des patients plus âgés et comorbides.



Conclusions

- **Accident électrique => ECG**
- **Bas-voltage et ECG normal => retour à domicile**
- **Brûlures: réexaminer fréquemment à la recherche d'un syndrome des loges**
- **Prise en charge en trauma center, puis en centre des brûlées**
- **ACR: réanimation prolongée, selon les directives ACLS**
- **Dépister les complications potentielles (ORL, ophtalmologiques, neurologiques)**

Références

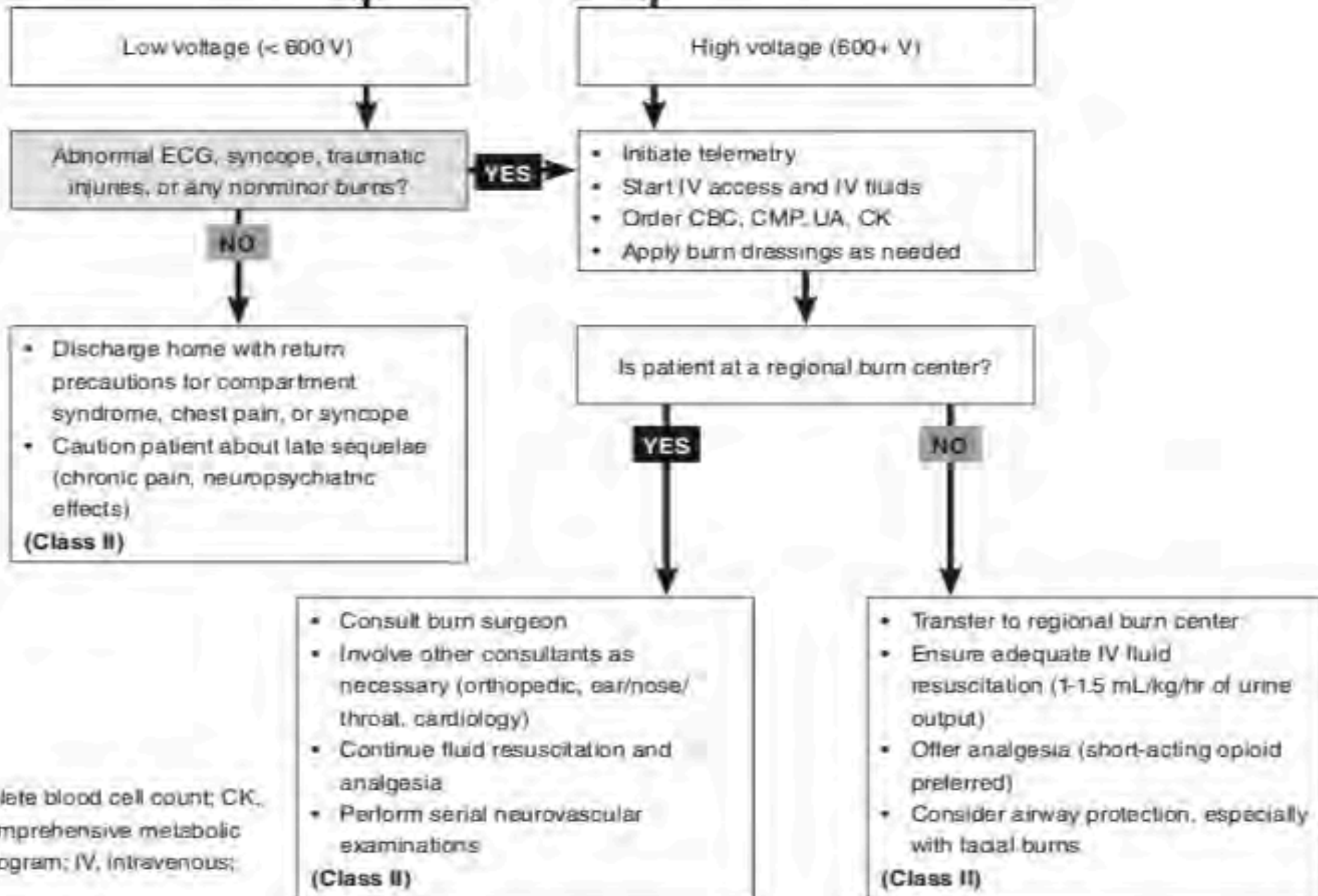
- **Gentges J, Schieche C. Electrical injuries in the emergency department: an evidence-based review. *Em Med Practice*; 2018 (20)11: 1-20**
- **Grosgurin O, Marti C, Niquille M. Les accidents d'électrifications. *Rev Med Suisse* 2011 ; 7 : 1569-1573**
- ERC Guidelines for resuscitation 2015. Section 4. Cardiac arrest in special circumstances
- Hansen SM, Riahi S, Hjortshøj S, et al. Mortality and risk of cardiac complications among immediate survivors of accidental electric shock: a Danish nationwide cohort study. *BMJ Open*. 2017;7(8):e015967.
- Arnoldo BD, Purdue GF, Kowalske K, et al. Electrical injuries: a 20-year review. *J Burn Care Rehabil*. 2004;25(6):479-484.
- Zipes DP. TASER electronic control devices can cause cardiac arrest in humans. *Circulation*. 2014;129(1):101-111.



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Merci pour votre attention!





Abbreviations: CBC, complete blood cell count; CK, creatine kinase; CMP, comprehensive metabolic panel; ECG, electrocardiogram; IV, intravenous; UA, urinalysis.



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Figures de Lichtenberg

- **Rougeur en feuille de fougère typique, causées par le courant empruntant les zones cutanées les plus conductrices via la microcirculation.**
- **Pas de véritables brûlures, extravasation de sang dans le tissu sous-cutané.**
- **A proximité d'objet métallique (collier, bague...)**
- **Caractère transitoire : apparition à T + 20-60 min , disparition en quelques heures**
- **Quasi pathognomonique (DD : brûlure électrique) mais pas toujours présentes**
- **Pas de traitement particulier / documenté par des photos**



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Ophtalmologie

- **Brûlures**
- **Lésions du cristallin, cataracte**
- **Contusion**
- **Lésion de la rétine ou du nerf optique**

→ contrôle ophtalmologique chez tout patient électrisé ou foudroyé, bilan de départ vu possibilité de lésion retardée



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Otologie

- **Surdité brusque**
- **Rupture de la membrane tympanique par le Blast (jusqu'à 60% des victimes de la foudre)**
- **Traitement habituellement conservateur**
- **Pensez à prendre en charge un malentendant !**



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Troubles psychiatriques

- **Réactions immédiates inadaptées (prostration, hystérie)**
- **Symptômes dépressifs, phobie, PTSD (30%)**
- **Indépendant de la gravité des lésions ou du niveau de tension du courant.**
- **Troubles neuro-cognitifs: troubles mnésiques, problèmes de raisonnement, agressivité, labilité émotionnelle**



Hôpital du Valais
Spital Wallis

Femmes enceintes

- **Risque de 50% de complications foetales**
- **Rupture utérine, provocation du travail, trouble du rythme probable.**

→ Admission à l'hôpital

Screening foetal et monitoring obligatoire