

Rökinhalationsskada 2023

Romans Elvihs

IVA-läkare

Akademiska sjukhuset



Oberoende prediktor för mortalitet hos brännskadepatienter

American Burn Association : National burn repository report.2013, 2016

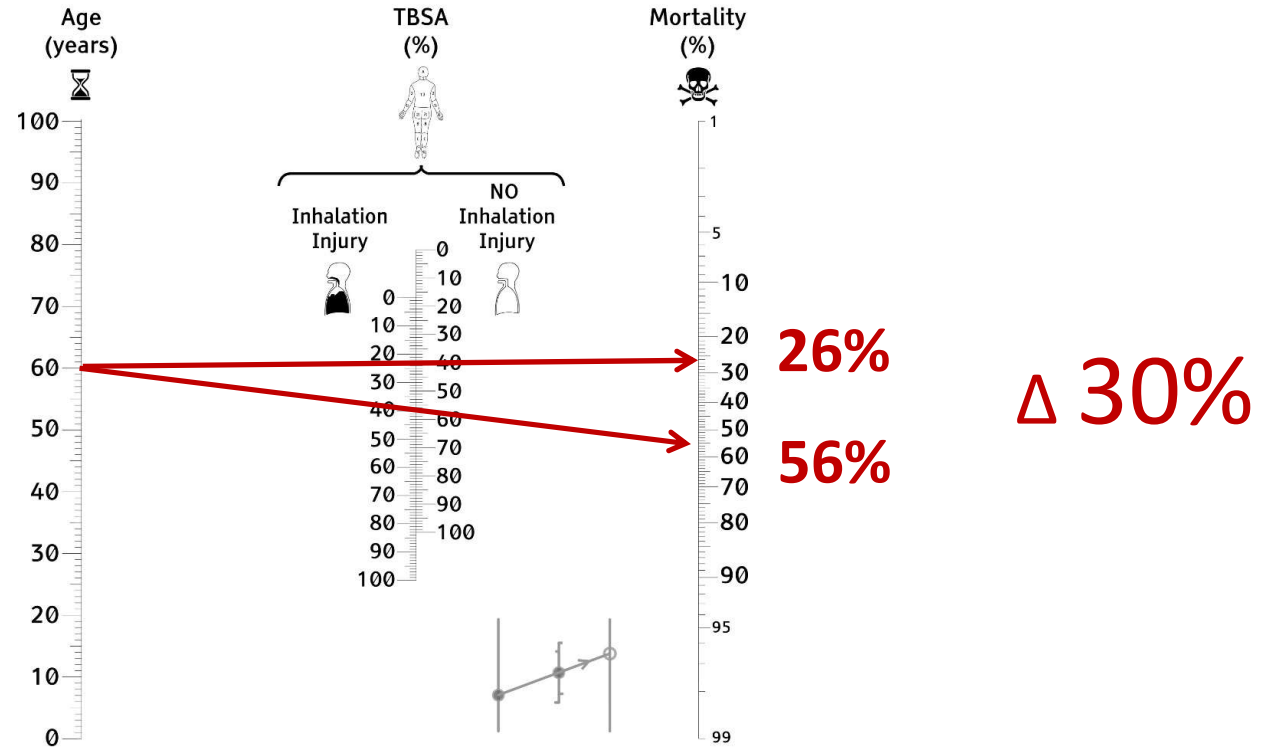
Veeravagu A., Yoon B.C., et. al.: National trends in burn and inhalation injury in burn patients: results of analysis of the Nationwide Inpatient Sample Database. J Burn Care Res 2015; 36: pp. 258-265

Revised Baux Score Nomogram

Predicted Mortality (%):

$$\text{Inhalation injury: } = \frac{e^{-8.8163 + (0.0775 \cdot (\text{Age} + \text{TBSA} + 17))}}{1 + e^{-8.8163 + (0.0775 \cdot (\text{Age} + \text{TBSA} + 17))}}$$

$$\text{NO inhalation injury: } = \frac{e^{-8.8163 + (0.0775 \cdot (\text{Age} + \text{TBSA}))}}{1 + e^{-8.8163 + (0.0775 \cdot (\text{Age} + \text{TBSA}))}}$$



Instructions:
 Draw a straight line connecting Age and TBSA
 Use the appropriate TBSA scale for inhalation injury present/absent
 Intersection of line with Mortality axis indicates predicted mortality

after: Osler T et. al., J Trauma. 2010; 68: 690-7

A nomogram for calculation of the Revised BauxScore D.J. Williamsa, J.D. Walkerb, Burns Volume 41, Issue 1, February 2015, Pages 85-90

Epidemiologi

- från 7,7 till 10,3% av alla patienter med brännskada
- incidensen korrelerar direkt med ökande yta av brännskador:
 - **endast** 2,2% av brännskador med <20% TBSA
 - **men** 14% av brännskador med 80 - 99% TBSA

American Burn Association : National burn repository report.2013, 2016

Veeravagu A., Yoon B.C., et. al.: National trends in burn and inhalation injury in burn patients: results of analysis of the Nationwide Inpatient Sample Database. J Burn Care Res 2015; 36: pp. 258-265

Mortalitet

- ALI orsakad av inhalationsskada bidrar till både morbiditet och mortalitet
- mortalitet ökar med max **20 %** i närvaro av inhalationsskada och med **60 %** när inhalationsskada och **pneumoni** existerar samtidigt
- effekten av inhalationsskada och pneumoni på mortaliteten är både oberoende och additiv

Toppi J, Cleland H and Gabbe B. Severe burns in Australian and New Zealand adults: Epidemiology and burn centre care. Burns 2019; 45: 1456–1461

Shirani KZ, Pruitt BA Jr, Mason AD Jr: The influence of inhalation injury and pneumonia on burn mortality. Ann Surg 1987, 205:82–87

Mortalitet

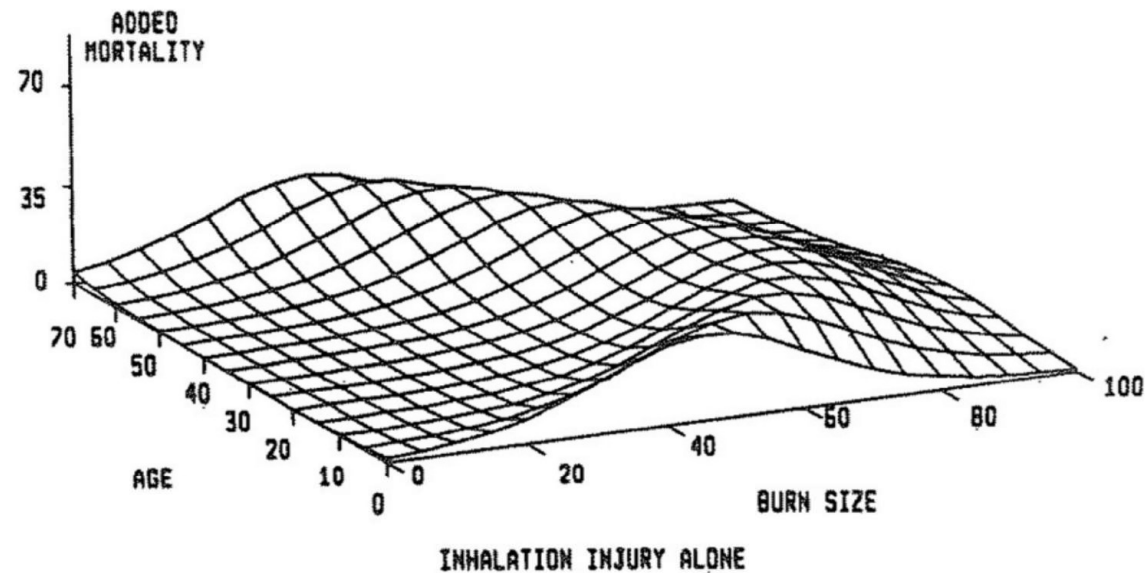


Figure 2 Burn size as percentage of total body surface area on X axis, age on Y axis, and percent increment in mortality due to the presence of inhalation injury on Z axis are shown. Mortality, in the presence of inhalation injury alone, rose by a maximum of approximately 20% in patients in midrange of severity of injury as indexed by age and burn size [5].

Shirani KZ, Pruitt BA Jr, Mason AD Jr: The influence of inhalation injury and pneumonia on burn mortality. Ann Surg 1987, 205:82-87

Mortalitet

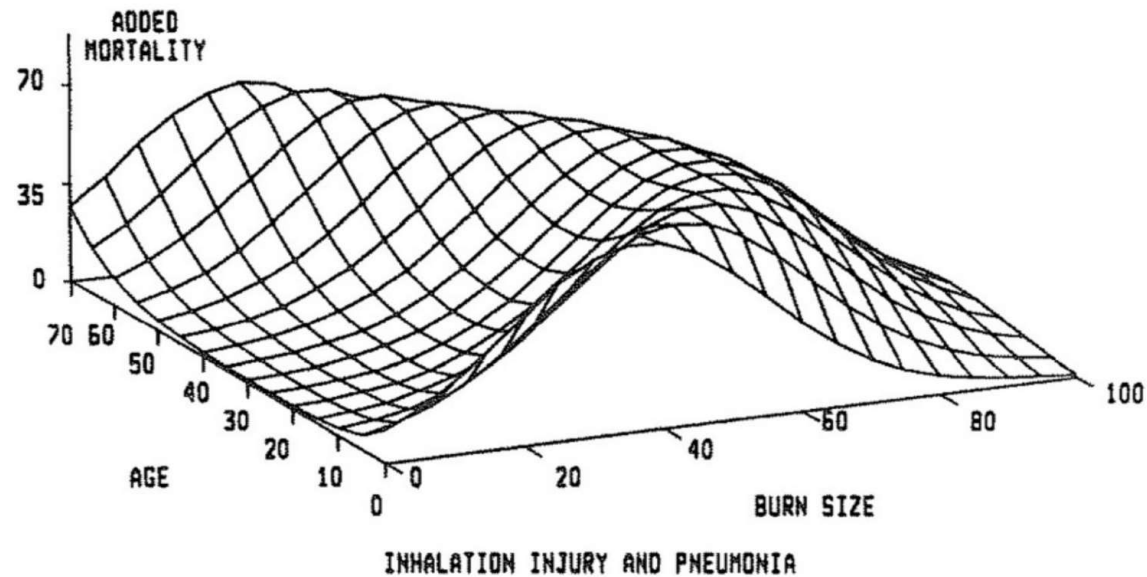


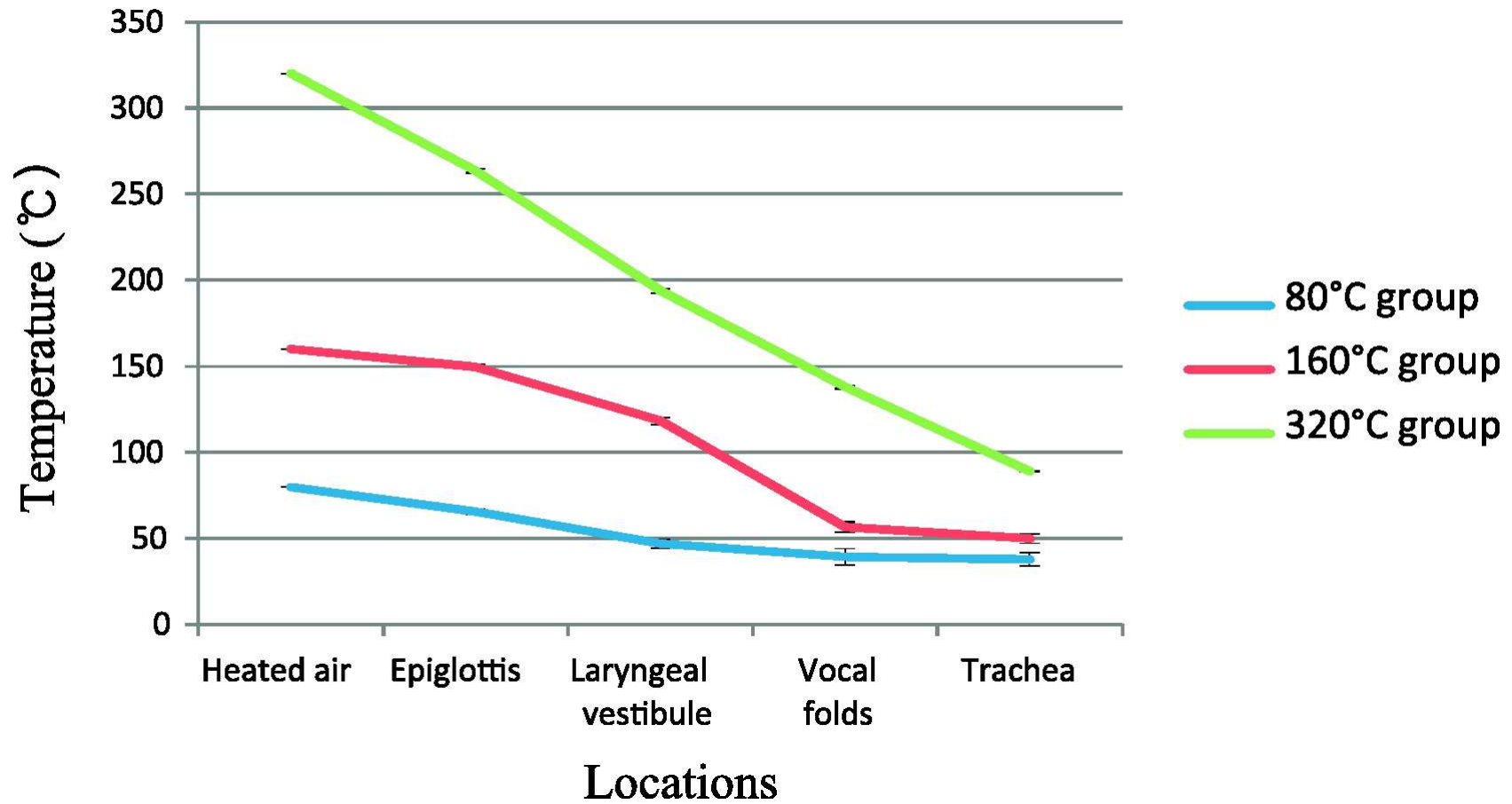
Figure 3 Burn size as percentage of total body surface area on X axis, age on Y axis, and percent increase in mortality on Z axis are shown. Mortality rose by a maximum of approximately 60% in patients in midrange of age and burn size when both inhalation injury and pneumonia were present [5].

Patofysiologi

- lokal kemisk irritation i luftvägarna
- direkt termisk skada på luftvägarna
- systemisk toxicitet pga inhalation av kolmonoxid, cyanid eller andra toxiner (kväveoxid, väteklorid, aldehyder)
- SIR som utvecklas i samband med brännskada, sepsis, pneumoni eller VILI kan bidra till ytterligare lungskada

*Chong Tien Goh, Stephen Jacobe, Ventilation strategies in paediatric inhalation injury, Paediatric Respiratory Reviews
Volume 20, September 2016, Pages 3-9*

Curve of temperature distribution at different locations



Yan-hua Rong, Wei Liu, Cheng Wang, Fang-gang Ning, Guo-an Zhang, Temperature distribution in the upper airway after inhalation injury. *Burns*, Volume 37, Issue 7, November 2011, Pages 1187-1191

*Inhalationsskada har en betydande effekt på
outcome av brännskadepatienten*

*Det är svårt att skilja effekten av direkt skada från
bidraget från andra mekanismer som också
påverkar lungorna*

Anatomisk och patofysiologisk klassificering

- supraglottisk skada
 - trakeobronchial skada
 - lungparenkymskada
 - systemisk toxicitet
- } subglottisk skada

Screening

Baseras på sannolikhetsfaktorer

- riskfaktorer
- klinisk bild

Screening

Riskfaktorer

- exponering för flamma, rök eller kemikalier
- inhalation av het vattenånga
- brännskada i slutet rum
- sänkt medvetandegrad

Inhalation injury from heat, smoke, or chemical irritants RP Mlcak, MG Jeschke, J Mandel, G Finlay - uptodate.com

Screening

Klinisk bild

- brännskada på ansikte
- peri- eller intraoral brännskada
- skadade näshår
- sot i munnen och näsan, produktion av sotigt sputum
- heshet, stridor eller svullnad i farynx
- ansträngd andning

Diagnostik

Kliniska symtom *per se* är inte tillräckliga för att säkerställa en korrekt diagnos av inhalationsskada

Diagnostik

Lab prover

- vanliga - ospecifika vid supra- och subglottiska skador
- relativt högre LPK

Diagnostik

Pulsoximetri och CO-oximetri

- POX avläsningarna är falskt förhöjda av HbCO
- CO-oximetrar med 4 ljusvåglängder detekterar HbCO, MetCO, HbO₂ och Hb



Diagnostik

Pulsoximetri och CO-oximetri

- MetHb \geq 30 % konvergerar POX avläsningen till \approx 85 % (kliniska symtom - vid MetHb \geq 20%)

Diagnostik

Arteriella blodgaser

- PaO₂ och SaO₂ beskriver respiratorisk svikt, inte specifikt vid CO-förgiftning (normalt PaO₂ med låg SaO₂ vid direkt mätning)
- metabol acidosis, hög anjongap
- laktat > 10 mmol/L är en känslig indikator för cyanidförgiftning ¹

1. F J Baud, P Barriot, V Toffis, B Riou, E Vicaut, Y Lecarpentier, R Bourdon, A Astier, C Bismuth
New England Journal of Medicine 1991 December 19, 325 (25): 1761-6

Diagnostik

- Rtg-thorax

- *låg känslighet för inhalationsskada
(24-36h)*

Diagnostik

- Bronkoskopi
- Datortomografi
- Lungfunktionstestning
- Xenon¹³³ - skanning

Diagnostik

- Xenon¹³³ - skanning

*- kan upptäcka inhalationsskada i ett tidigt skede;
det kan dock inte fastställa hur allvarlig skadan är*

Agee RN, Long JM 3rd, Hunt JL, Petroff PA, Lull RJ, Mason AD Jr, Pruitt BA Jr. Use of 133xenon in early diagnosis of inhalation injury. *J Trauma*. 1976 Mar;16(3):218-24. doi: 10.1097/00005373-197603000-00007. PMID: 1255837.

Diagnostik

- lungfunktionstestning - $\text{PaO}_2/\text{Fi O}_2$

- beror på ventilatormode;

kan påverkas av vätsketillförseln.

Används inte som grund för diagnos, utan för att följa patientens syresättning och anpassa ventilationen

Hassan Z, Wong JK, Bush J, Bayat A, Dunn KW. Assessing the severity of inhalation injuries in adults. *Burns*. 2010 Mar;36(2):212-6. doi: 10.1016/j.burns.2009.06.205. Epub 2009 Dec 16. PMID: 20006445
Cancio, L. C., Galvez, E., Turner, C. E., Kypreos, N. G., Parker, A., & Holcomb, J. B. (2006). Base Deficit and Alveolar–Arterial Gradient During Resuscitation Contribute Independently But Modestly to the Prediction of Mortality After Burn Injury. *Journal of Burn Care & Research*, 27(3), 289–296. doi:10.1097/01.bcr.0000216457.25875.f4

Diagnostik

- **datortomografi**

- kan påvisa ökade interstitiella markeringar, ground-glass förtätningar och/eller fläckvis konsolideringar -

2,8 - 24 timmar efter skadan

Park MS, Cancio LC, Batchinsky AI, McCarthy MJ, Jordan BS, Brinkley WW, Dubick MA, Goodwin CW. Assessment of severity of ovine smoke inhalation injury by analysis of computed tomographic scans. *J Trauma*. 2003 Sep;55(3):417-27; discussion 427-9. doi: 10.1097/01.TA.0000083609.24440.7F. PMID: 14501881.

Koljonen V, Maisniemi K, Virtanen K, Koivikko M. Multi-detector computed tomography demonstrates smoke inhalation injury at early stage. *Emerg Radiol*. 2007 Jun. 14(2):113-6

Diagnostik



Diagnostik

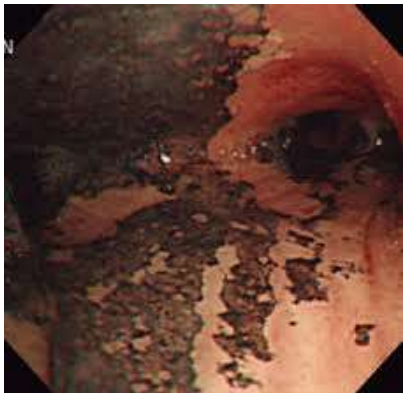
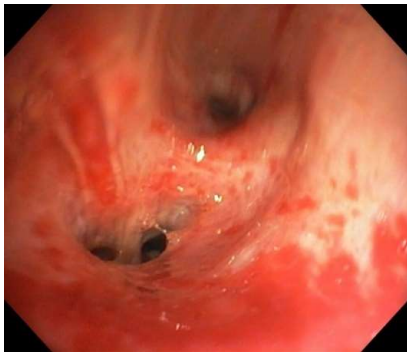
- bronkoskopi



*- guld standard i kombination med
positiva kliniska fynd*

CJ Deutsch, A Tan, S Smailes, P Dziewulski - Burns, 2018, The diagnosis and management of inhalation injury: An evidence based approach , Am J Respir Crit Care Med 2006; 173:281-7

Diagnostik



sot?
erytem?
sekret?
slemhinneavlossning?
nekroser?
bronkobstruktion?
utbredning?

Diagnostik

- bronkoskopi

(+) mest användbara diagnostiska modaliteten, för att förutsäga mortalitet, dagar på mekanisk ventilation och length of stay

J Ching JA, Ching YH, Shivers SC, Karlinski RA, Payne WG, Smith Jr. DJ. An analysis of inhalation injury diagnostic methods and patient outcomes. *J BurnCare Res* 2016;37(1):e27–32

Diagnostik

- bronkoskopi

(+) relativ lätthet och tillgänglighet gör att den initiala diagnosen kan ställas snabbt och noggrant

Diagnostik

- bronkoskopi

(+) utvecklingen av den patologiska processen kan följas i serie

Diagnostik

- bronkoskopi

(+) kan användas för rengöring av bronkialträdet som kan förbättra ventilationen och minska risken för atelektas och pneumoni

Behandling - **supra**glottisk skada

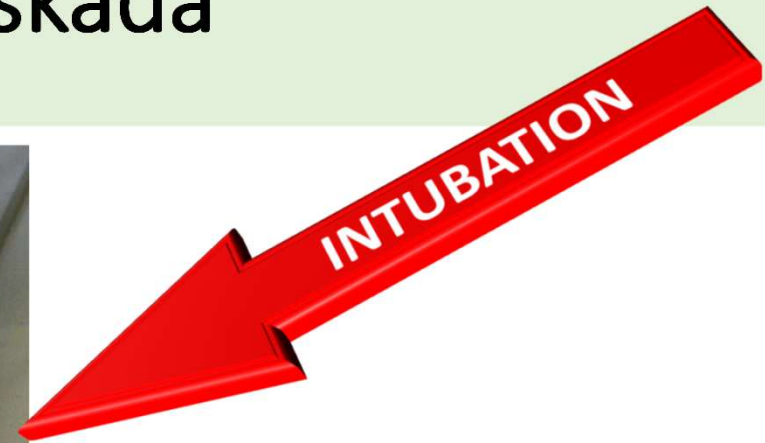
Akut intubation eller trakeostomi

- djupa brännskador i ansiktet eller nacken
- blåsor eller ödem i orofarynx
- stridor, sub- och suprasternala retraktioner
- användning av hjälpmuskler
- hypoventilation

Behandling - **supra**glottisk skada



Behandling - **supra**glottisk skada



Behandling - **supra**glottisk skada



Behandling – subglottisk skada

Klinisk bild

- de första 12-48 timmarna ofta bekymmersfria
- lungan:
 - vätskefylld
 - svårventilerad
 - bronkokonstriktion
 - rikligt med sekret, sekretpluggar
- definitionsmässigt ARDS, men med särdrag

Behandling

Respiratorbehandling

- protektiv ventilation, små tidalvolymmer och optimalt PEEP, rekryteringsmanövrar tidigt i förloppet, bukläge, lägesändringar

Särdrag:

- sekretproduktionen kan vara *enorm* samtidigt som lungan är kollapsbenägen
- pneumoni vanlig komplikation
- bronkoskopier – upprepade bronkial lavage vid pneumoni, som är kopplad till inhalationsskada, kan minska mortalitet med 18%

CJ Deutsch, A Tan, S Smailes, P Dziewulski - Burns, 2018, The diagnosis and management of inhalation injury: An evidence based approach, Am J Respir Crit Care Med 2006; 173:281–7

Behandling – subglottisk skada

Vätskebehandling, rekommendation

- Patienter med båda hud- och inhalationsbrännskador kräver större vätskevolym
- Det finns inget behov av att beräkna den extra infusionsvolymen separat
- Rekommenderas att bibehålla normal urinproduktion, allmänt betraktad som 0,5-1 ml/kg/h (*level 3*)

Behandling – subglottisk skada

Nebuliserat heparin

- Hyperkoagulation med fibrinpluggar i luftvägarna
 - ✓ hinder för ventilation
 - ✓ minskar surfactantproduktion
 - ✓ triggas inflammation
- Inhalation av Heparin (5000 -1000 IU varje 2h) och Acetylcystein:
 - ✓ bättre syresättning
 - ✓ lägre resistans
 - ✓ högre compliance
 - ✓ minskar respiratordagar (7,0 mot 14,5 dagar), utan skillnad i dödlighet eller blödningsincidens

CJ Deutsch, A Tan, S Smailes, P Dziewulski - Burns, 2018, The diagnosis and management of inhalation injury: An evidence-based approach

Allyson M. McIntire, Serena A. Harris, Jessica A. Whitten et. al: Outcomes Following the Use of Nebulized Heparin for Inhalation Injury, Journal of Burn Care & Research, Volume 38, Issue 1, January-February 2017, Pages 45–52 (2017)

Behandling – subglottisk skada

Beta 2-agonister

- anti-inflammatoriska effekter: minskning av TNF, IL-10, leuokotriener, histamin
- förbättrad clearance av *airspace liquids* - minskat lungvatten vid ALI/ARDS
- möjligen förbättrad epitel-reparation
- högre compliance, förbättrad syresättning har visats under de första 72 h
- prospektiva, kliniska studier saknas

CJ Deutsch, A Tan, S Smailes, P Dziejewski - Burns, 2018, The diagnosis and management of inhalation injury: An evidence based approach, Am J Respir Crit Care Med 2006; 173:281-7

Behandling – subglottisk skada

Övriga adjunktiva behandlingar

- **steroider** - få studier, icke-konklusiva resultat, inhalationssteroider i så fall mest tilltalande
- **inhalerad NO** - samma indikation som vid svår ARDS (dvs *rescue treatment*), bara liten evidens relaterad till inhalationsskada - tre studier av låg kvalitet (totalt 29 patienter)
- **ECMO** - ingen evidens av bra kvalitet för att stödja rutinmässig användning vid inhalationsskada
- **exogent surfactant** - små case serier rapporterar bra resultat utan ökad morbiditet, ytterligare studier krävs för att bestämma surfactant roll i tidig och sen hantering av ARDS associerad med inhalationsskada

Behandling – subglottisk skada

Rekommendationer

- ofta antibiotika tidigt, men **ej profylaktiskt**
- urvätskning så snart den akuta chockfasen är över (och innan sepsisen kommer...)
- extubation enligt vanliga kriterier (luftväg, syrgasbehov, vakenhet...)

Systemisk toxicitet

- CO binder Fe^{2+} i hemoglobin som drabbar syrgastransport till celler
- CYANID binder Fe^{3+} i mitokondriella cytokromer som drabbar syreutnyttjande och oxidativ fosforylering i celler
- ofta träffas samtidigt och agerar synergistiskt

HbCO %	Symptom
0-10	Ingen
20-30	Huvudvärk och dunkande i templen
30-40	Allvarlig huvudvärk, svaghet, yrsel, svag syn, illamående, kräkningar, kollaps
40-50	Samma som ovan, större risk för kollaps, ökad puls och andningsfrekvens
50-60	Synkope, ökad andnings- och pulsfrekvens, koma, intermittenta kramper, <i>Cheyne-Stokes</i> -andning
60-70	Koma, intermittenta kramper, hjärt- och andningsdepression, möjlig död
70-80	Allvarlig hjärt- och andningsdepression som leder till döden inom några timmar
80-90	Död på mindre än 1 timme
> 90	Död inom några minuter

Kolmonoxid

Diagnos, rekommendationer

- CO-förgiftning bör misstänkas hos alla patienter med inhalationsskada eller husbränd tills det utesluts av en normal HbCO nivå

Kolmonoxid

Diagnos, rekommendationer

CT-hjärna hos patienter med förändrad mental status

- tecken på hjärninfarkt på grund av hypoxi, ischemi och hypotoni
- bilaterala *globus pallidus* lågdensitetslesioner - flera dagar efter exponeringsdagarna, mycket specifikt - till skillnad från fokal kortikal hypoperfusion, som är ospecifik

Kolmonoxid

Behandling

- intubation vid kliniska indikationer
- 100% syrgas med på *alla* CO-förgiftade patienter oavsett pulsoximetri eller PaO₂
- överväga kompletterande empirisk behandling för cyanidförgiftning hos patienter med rökinhalation
- hyperbar syrgasbehandling (?)

Cyanid

Symptom – ospecifika

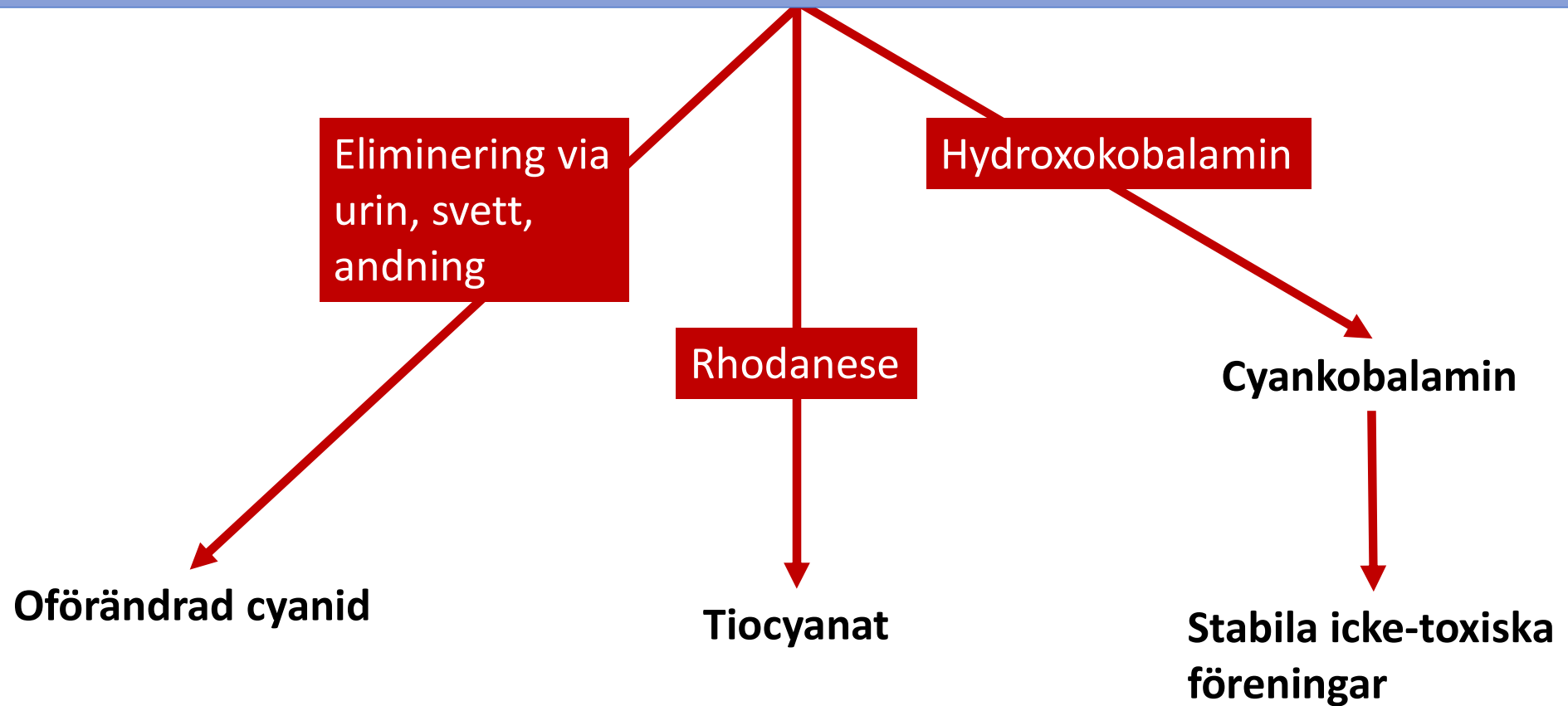
- initialt hyperventilation, hyperdynamisk cirkulation, förvirring, huvudvärk, illamående
- stigande medvetandepåverkan
- hjärtpåverkan, hjärtstopp

Cyanid

Diagnos, rekommendationer

- cyanidförgiftning bör misstänkas hos alla patienter med inhalationsskada eller husbränd
- cyanidkonc – inget akut prov

Cyanid



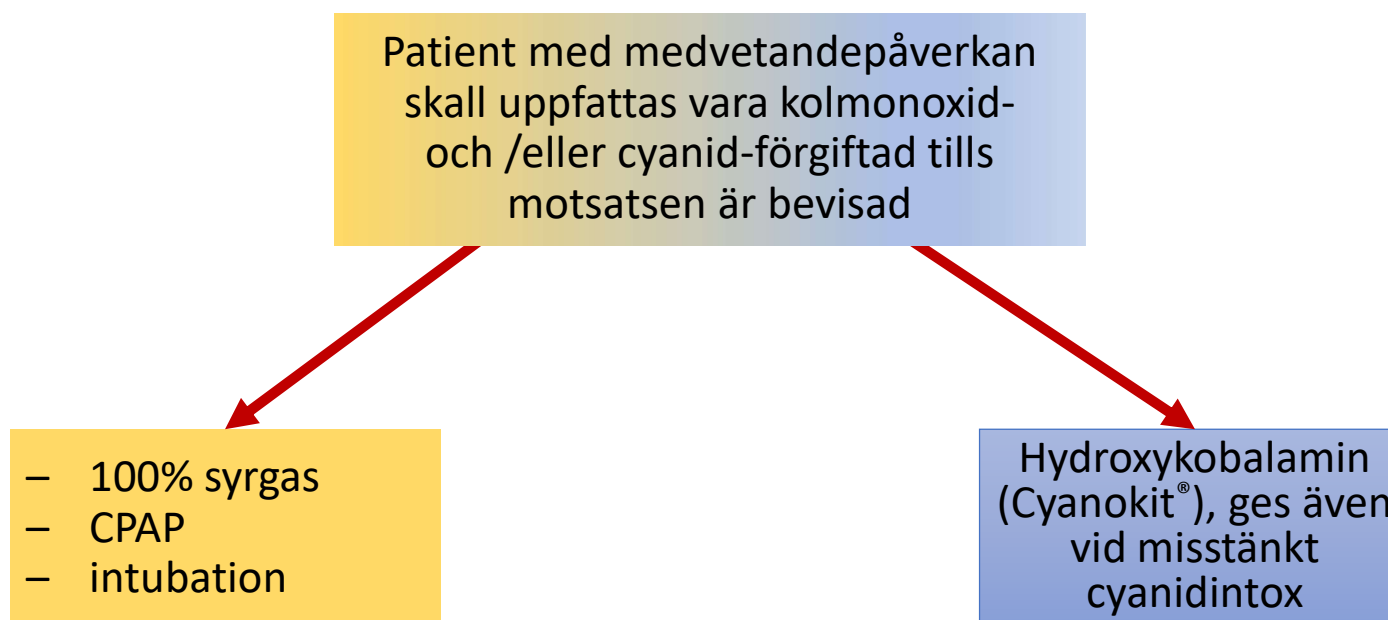
Cyanid

Behandling

- 100 % O₂
- korrigerig av metabol acidosis
- **Hydroxykobalamin (Cyanokit)**, kan ges även vid misstänkt cyanidintox, även prehospitalt
 - 5 g till vuxna, 70 mg/kg till barn under 15-30 minuter
 - 10 g vid hjärtstillestånd
- **Na-thiosulfat** ges om Cyanokit ej finns, fungerar som svaveldonator, aktiverar rhodanese
 - 100 ml (150 mg/ml) till vuxna
 - **ge inte Na-thiosulfat och Cyanokit i samma infart - Cyanokit inaktiveras!**

Systemisk toxicitet

Sammanfatning



Tack!

