MEDICINLEKTIONER

medicinlektioner.se
youtube.com/medicinlektioner





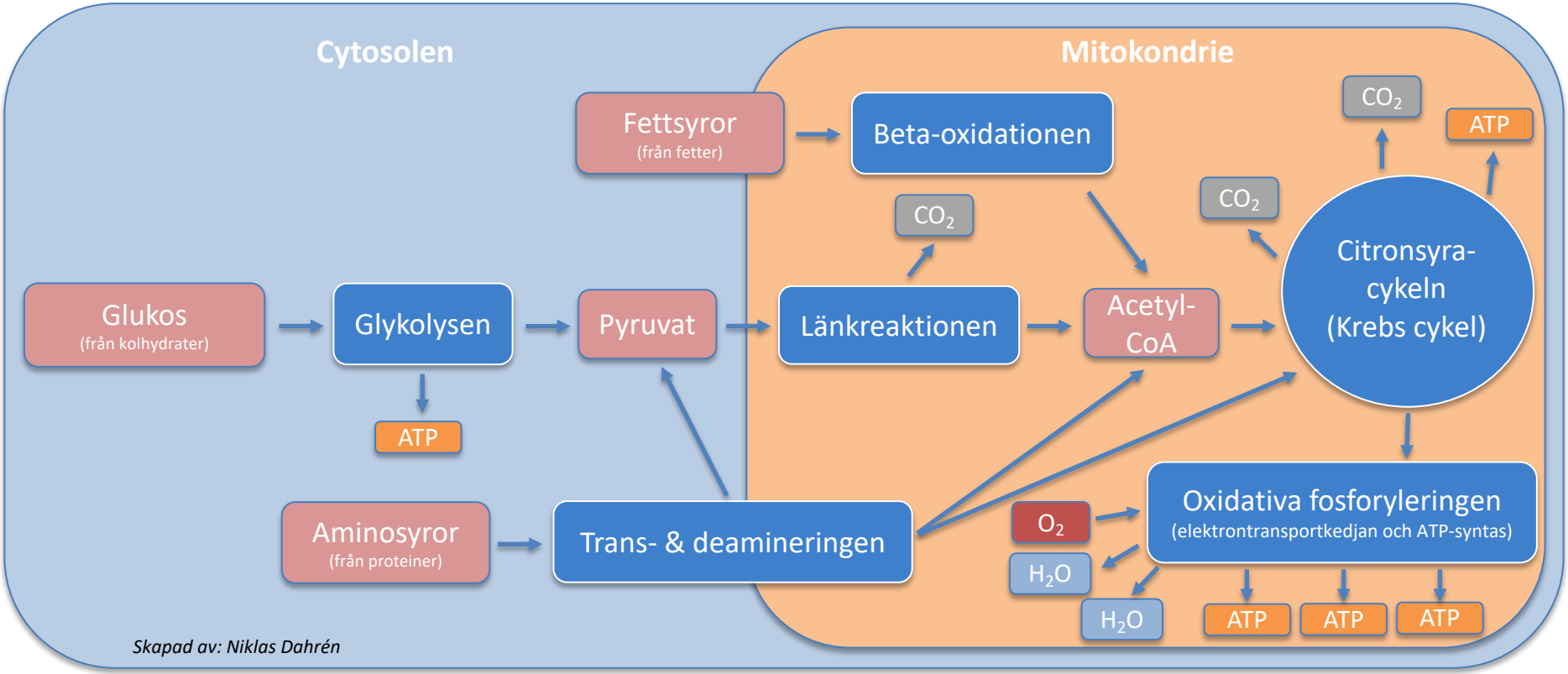
CELLANDNINGEN: CITRONSYRACYKELN (KREBS CYKEL)

NIKLAS DAHRÉN





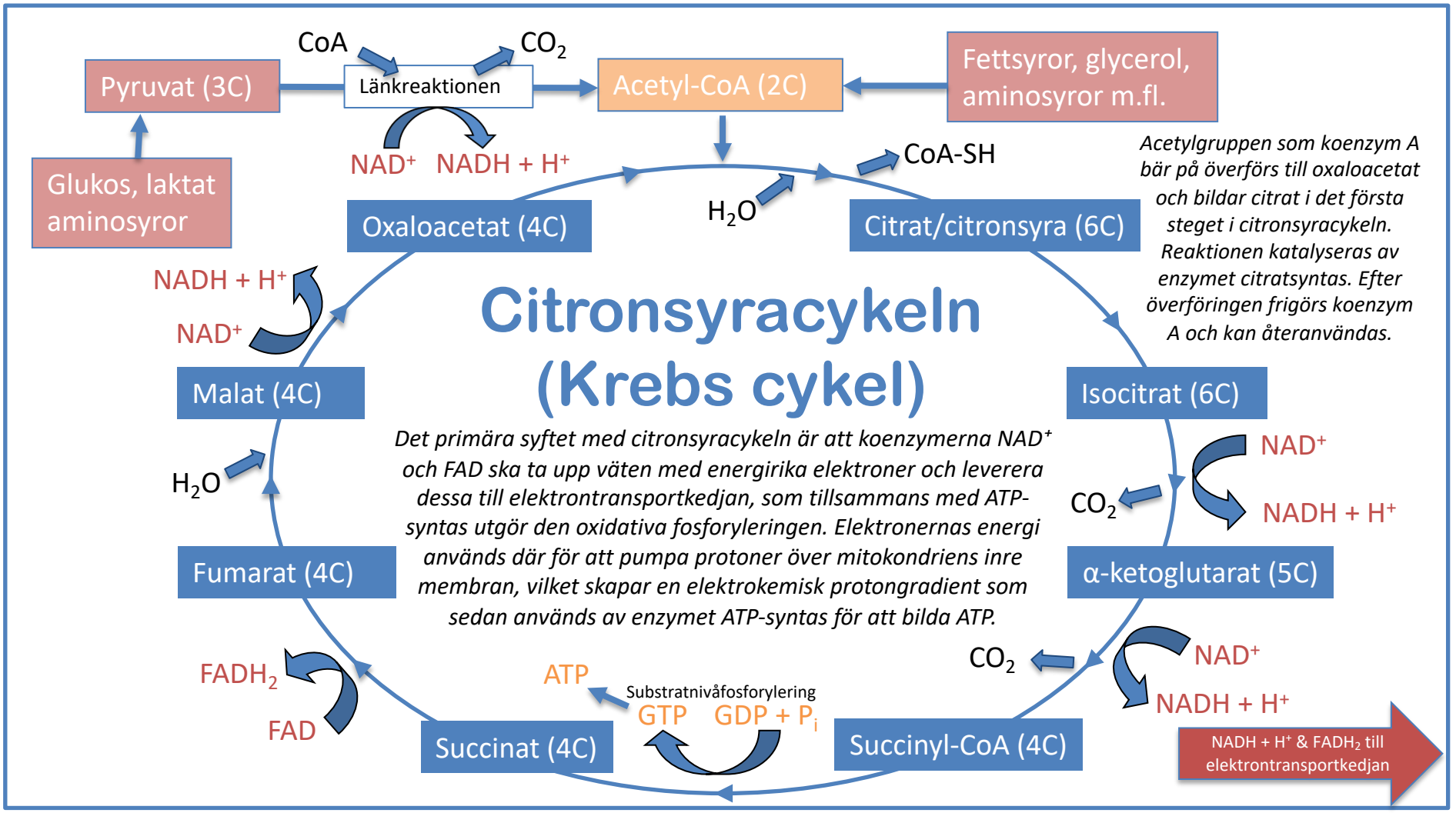
Översikt över cellandningen – den aeroba energiomsättningen



Skapad av: Niklas Dahrén

Cellandningen sker i tre steg:

	Glukos:	Fettsyror:	Aminosyror:	Syftet med steget:
Steg 1:	**Glykolysen (steg 1a) och länkreaktionen (steg 1b)**	**Beta-oxidationen**	**Transaminering och deaminering (och ev. länk-reaktionen)**	Glukos, fettsyror och vissa aminosyror bryts ned till acetyl-CoA (aminosyror kan även ge andra ämnen). I vissa reaktioner bildas ATP, i andra tas väten med energirika elektroner upp av koenzymet NAD^+ och bildar NADH. NADH transporterar sedan väten och elektroner till elektrontransportkedjan.
Steg 2:	**Citronsyracykeln (Krebs cykel)**	**Citronsyracykeln (Krebs cykel)**	**Citronsyracykeln (Krebs cykel)**	I citronsyracykeln oxideras acetyl-CoA till CO_2. NAD^+ och FAD tar upp väten med energirika elektroner och bildar NADH och $FADH_2$. Lite ATP (eller GTP) bildas direkt, medan NADH och $FADH_2$ transporterar elektroner och väten vidare till elektrontransportkedjan.
Steg 3:	**Oxidativa fosforyleringen** Elektrontransport-kedjan & ATP-syntas	**Oxidativa fosforyleringen** Elektrontransport-kedjan & ATP-syntas	**Oxidativa fosforyleringen** Elektrontransport-kedjan & ATP-syntas	NADH och $FADH_2$ avger elektroner till elektrontransportkedjan, där deras energi driver protonpumpar som pumpar protoner (vätejoner, H^+) över det inre mitokondriemembranet. Den resulterande elektrokemiska protongradienten får protonerna att flöda tillbaka genom ATP-syntas, vilket driver bildningen av stora mängder ATP.


Pyruvat (3C)
CoA
Länkreaktionen
CO_2
Acetyl-CoA (2C)
Fettsyror, glycerol, aminosyror m.fl.
Glukos, laktat aminosyror
NAD^+ $NADH + H^+$
Oxaloacetat (4C)
H_2O
Citrat/citronsyra (6C)
CoA-SH
Citronsyracykeln (Krebs cykel)
Det primära syftet med citronsyracykeln är att koenzymerna NAD^+ och FAD ska ta upp väten med energirika elektroner och leverera dessa till elektrontransportkedjan, som tillsammans med ATP-syntas utgör den oxidativa fosforyleringen. Elektronernas energi används där för att pumpa protoner över mitokondriens inre membran, vilket skapar en elektrokemisk protongradient som sedan används av enzymet ATP-syntas för att bilda ATP.
Acetylgruppen som koenzym A bär på överförs till oxaloacetat och bildar citrat i det första steget i citronsyracykeln. Reaktionen katalyseras av enzymet citratsyntas. Efter överföringen frigörs koenzym A och kan återanvändas.
$NADH + H^+$
NAD^+
Malat (4C)
H_2O
Isocitrat (6C)
NAD^+
CO_2
$NADH + H^+$
Fumarat (4C)
α-ketoglutarat (5C)
$FADH_2$
FAD
ATP
Substratnivåfosforylering
GTP $GDP + P_i$
CO_2
NAD^+
$NADH + H^+$
Succinat (4C)
Succinyl-CoA (4C)
$NADH + H^+$ & $FADH_2$ till elektrontransportkedjan

Cykeln har flera olika namn

Namn:	Bakgrund till namnet:
Citronsyracykeln	Vanligast i svensk biokemi; namnet kommer av citrat (citronsyra) som är den första molekylen som bildas i cykeln.
Krebs cykel	Uppkallad efter Hans Krebs, som beskrev cykeln på 1930-talet. Vanligt internationellt och i många läroböcker.
TCA-cykeln (Tricarboxylic Acid Cycle)	Namnet syftar på att citrat (och många intermediärer) har tre karboxylgrupper. Vanligt i internationell litteratur, särskilt inom biokemi och fysiologi.
Citratsyracykeln	Mindre vanligt namn, synonymt med citronsyracykeln; betonar citrat som startmolekyl.

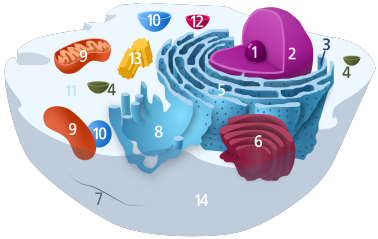
Citronsyracykeln sker i mitokondrierna

- ✓ **Mitokondrierna finns i cytosolen:** Mitokondrier är cellens ”kraftverk” eller ”batterifabriker” och finns utspridda i cellens cytosol (cellvätskan). Det finns fler i celler med högt energibehov, t.ex. muskelceller och celler i organ som levern och njurarna.

- ✓ **Citronsyracykeln sker i matrix:** Matrix är det inre vätskefyllda utrymmet i mitokondrien, där flera metaboliska processer sker, bl.a. citronsyracykeln och beta-oxidationen av fettsyror.

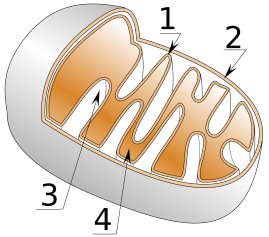
- ✓ **Oxidativa fosforyleringen sker i det inre membranet:**
  - En typisk mitokondrie har en dubbelmembranstruktur – ett yttre membran och ett inre membran. Utrymmet mellan dem kallas intermembranutrymmet.
  - Proteiner och andra komponenter som ingår i elektrontransportkedjan samt enzymet ATP-syntas, som tillsammans deltar i den oxidativa fosforyleringen, är inbäddade i det inre membranet.
  - Det inre membranet är starkt veckat, och dessa veckningar, kallade cristae, ökar membranets yta så att fler elektrontransportkedjor och ATP-syntas får plats. På så sätt kan fler reaktioner i oxidativa fosforyleringen ske samtidigt, vilket gör energiproduktionen mer effektiv.

- ✓ **Träning ger fler mitokondrier:** Uthållighetstränade personer har fler mitokondrier i sina muskelceller eftersom träningen stimulerar muskelcellerna att tillverka fler mitokondrier. Fler mitokondrier → större förmåga att producera ATP aerobt → större uthållighet.

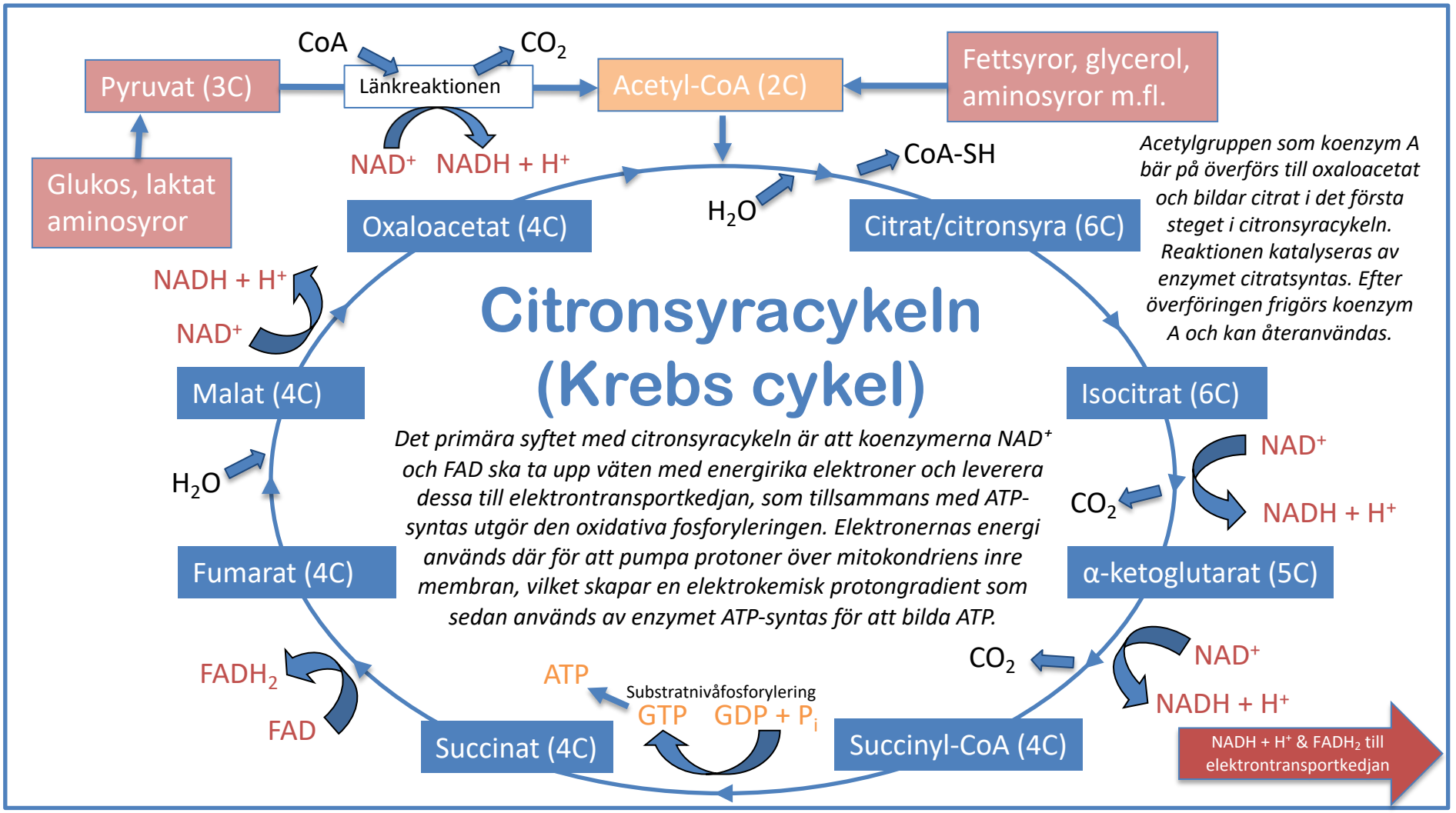


Bildkälla: Av Kelvinsong - Eget arbete, CC0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22952603

1. *Inre membran*
2. *Yttre membran*
3. *Intermembranområde*
4. *Matrix*



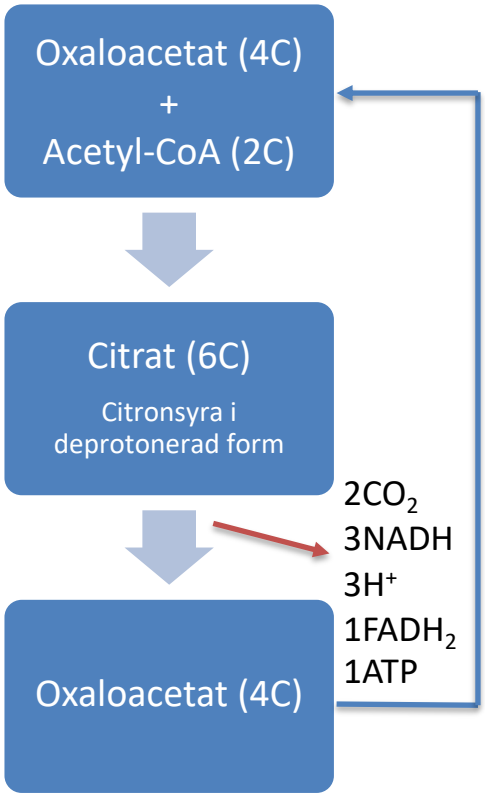
Källa: CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=516859


Pyruvat (3C)
CoA
Länkreaktionen
CO_2
Acetyl-CoA (2C)
Fettsyror, glycerol, aminosyror m.fl.
Glukos, laktat aminosyror
NAD^+ $NADH + H^+$
Oxaloacetat (4C)
H_2O
Citrat/citronsyra (6C)
CoA-SH
Citronsyracykeln (Krebs cykel)
Det primära syftet med citronsyracykeln är att koenzymerna NAD^+ och FAD ska ta upp väten med energirika elektroner och leverera dessa till elektrontransportkedjan, som tillsammans med ATP-syntas utgör den oxidativa fosforyleringen. Elektronernas energi används där för att pumpa protoner över mitokondriens inre membran, vilket skapar en elektrokemisk protongradient som sedan används av enzymet ATP-syntas för att bilda ATP.
Acetylgruppen som koenzym A bär på överförs till oxaloacetat och bildar citrat i det första steget i citronsyracykeln. Reaktionen katalyseras av enzymet citratsyntas. Efter överföringen frigörs koenzym A och kan återanvändas.
$NADH + H^+$
NAD^+
Malat (4C)
H_2O
Isocitrat (6C)
NAD^+
CO_2
$NADH + H^+$
Fumarat (4C)
α-ketoglutarat (5C)
$FADH_2$
FAD
ATP
Substratnivåfosforylering
GTP $GDP + P_i$
CO_2
NAD^+
$NADH + H^+$
Succinat (4C)
Succinyl-CoA (4C)
$NADH + H^+$ & $FADH_2$ till elektrontransportkedjan

Översikt över citronsyracykeln (Krebs cykel)

- ✓ **Vad innebär citronsyracykeln?:** Citronsyracykeln sker i mitokondriens matrix och är ett gemensamt steg i cellandningen för glukos, fettsyror och aminosyror. I cykeln bryts varje acetyl-CoA ner till två koldioxidmolekyler och lite energi frigörs direkt i form av ATP (eller GTP). Det primära syftet med citronsyracykeln är dock att koenzymerna NAD^+ och FAD ska ta upp väten med energirika elektroner och leverera dessa till elektrontransportkedjan, som tillsammans med ATP-syntas utgör den oxidativa fosforyleringen. Elektronernas energin används där för att pumpa protoner över mitokondriens inre membran, vilket skapar en elektrokemisk protongradient som används av ATP-syntas för att bilda ATP.

- ✓ **Översikt över de reaktioner som sker:**
  - Acetyl-CoA kopplas samman med oxaloacetat och bildar citrat: Acetyl-CoA (2 kol) från länkreaktionen kopplas ihop med oxaloacetat (4 kol) och bildar citrat (6 kol).
  - Citrat bryts ned till oxaloacetat: Citrat (6 kol) bryts sedan ner i flera steg tillbaka till oxaloacetat (4 kol), som återigen kan reagera med en ny acetyl-CoA och på så sätt fortsätta cykeln. Under dessa steg avges två koldioxidmolekyler (CO_2).
  - Under cykeln sker oxidationer, dekarboxyleringar och fosforyleringar: NAD^+ och FAD är koenzymer som fungerar som elektron- och vätebärare. De reduceras till NADH och $FADH_2$ när de tar upp väten med energirika elektroner från intermediärerna i cykeln. I varje varv av citronsyracykeln sker dessutom två dekarboxyleringar, där koldioxid avges, samt en fosforylering, där ATP (eller GTP) bildas direkt genom enzymstyrd substratnivåfosforylering.



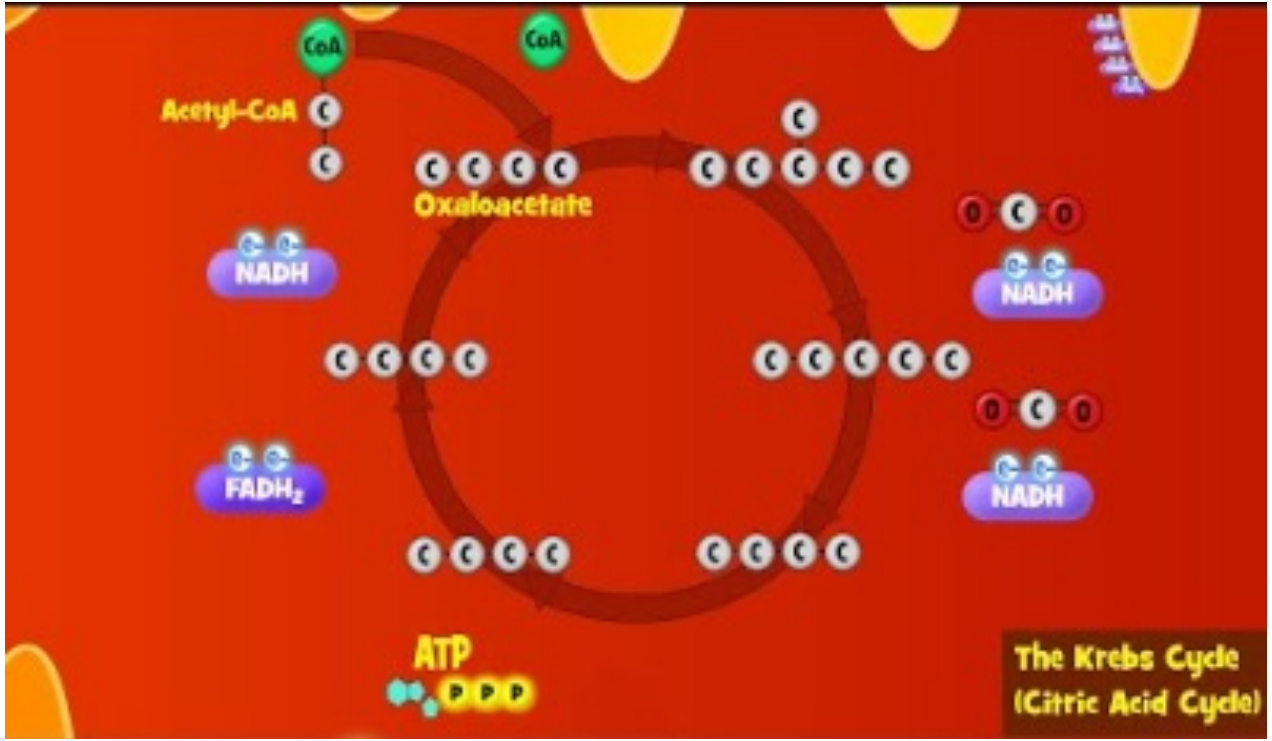
Totalreaktionen för citronsyracykeln (Krebs cykel)



OBS: Detta är reaktionen för ett varv i citronsyracykeln. Glukos ger upphov till två pyruvat som omvandlas till två acetyl-CoA vilket innebär två varv i citronsyracykeln. Vi får alltså dubbla ovanstående mängder för varje glukosmolekyl!

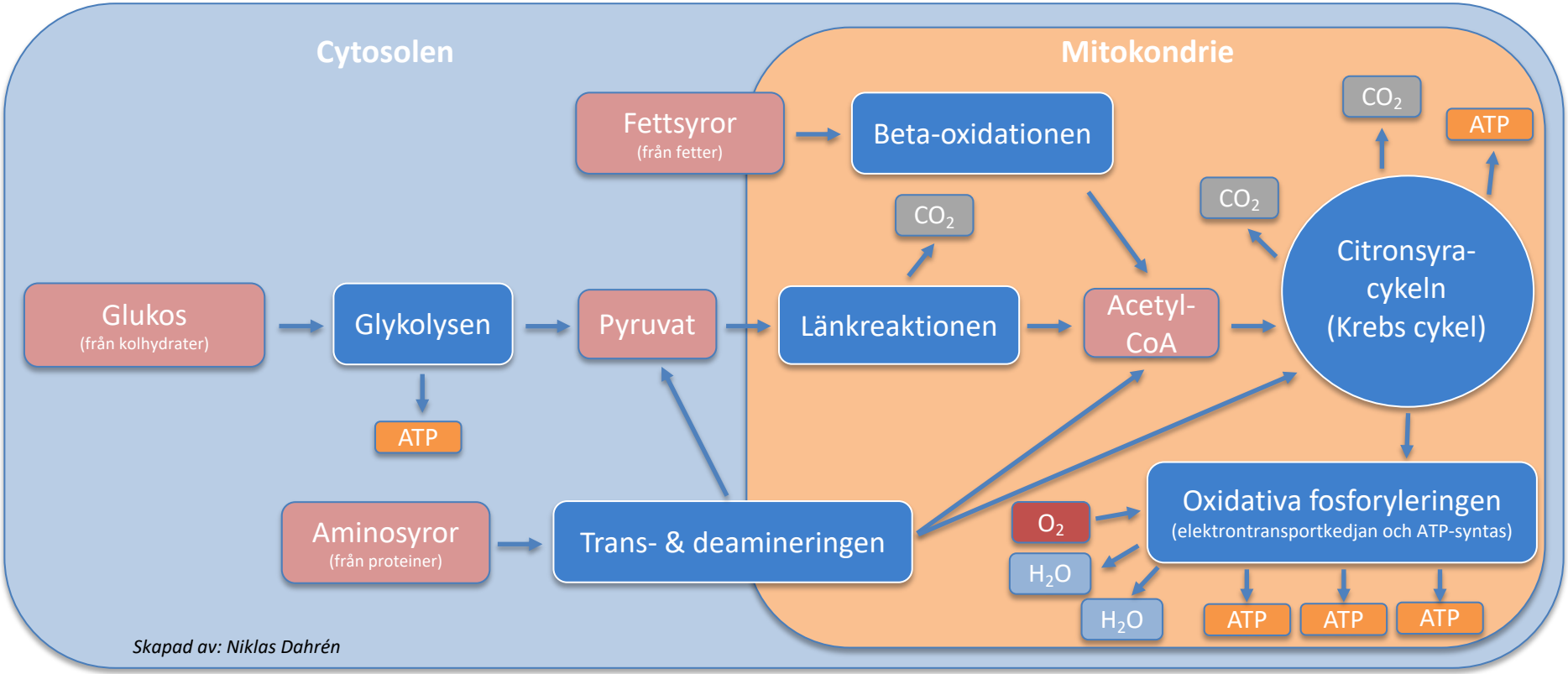
Animation över citronsyracykeln (krebs cykel)

(youtube-video)



Källa: https://www.youtube.com/watch?v=UZlmm-yzWrQ

Översikt över cellandningen – den aeroba energiomsättningen



Skapad av: Niklas Dahrén

Repetera:

Begrepp:

- Acetyl-CoA
- Koenzym A (CoA)
- Mitokondrie
- Matrix
- Citronsyracykeln
- Citrat
- Oxaloacetat
- Koenzymer
- NAD^+
- FAD
- Dekarboxylering
- Substratnivåfosforylering

Fakta:

- Förklara vad det viktigaste syftet är med citronsyracykeln.
- Redogör översiktligt för vilka reaktioner som sker i citronsyracykeln.
- Förklara vilken funktion koenzymerna NAD^+ och FAD har i citronsyracykeln.
- Redogör för vad som bildas i citronsyracykeln per varv och per glukosmolekyl.

MEDICINLEKTIONER

medicinlektioner.se
youtube.com/medicinlektioner





Lär dig mer medicin och biologi på:

medicinlektioner.se

youtube.com/medicinlektioner



