# Unit 02
## සෛලීය ශ්වසනය
## Cellular Respiration

### සෛලීය ශ්වසනය

සෛලීය ශ්වසනය යනු

- කාබෝහයිඩ්‍රේට් වැනි කාබනික අණු
- එන්සයිම උත්ප්‍රේරිත ප්‍රතික්‍රියා මාලාවක් මගින්
- පියවරෙන් පියවර ඔක්සිකරණයට ලක්කර
- එම කාබනික අණු තුළ අඩංගු රසායනික ශක්තිය නිදහස් කර
- ඒවා ATP තුළ අඩංගු රසායනික ශක්තිය ලෙස ගබඩා කිරීමේ ක්‍රියාවලිය යි

- සෛලීය ශ්වසනය ප්‍රධාන ආකාර දෙකකි
- එනම්
    1. ස්වායු ශ්වසනය
    2. නිර්වායු ශ්වසනය

### ස්වායු ශ්වසනය

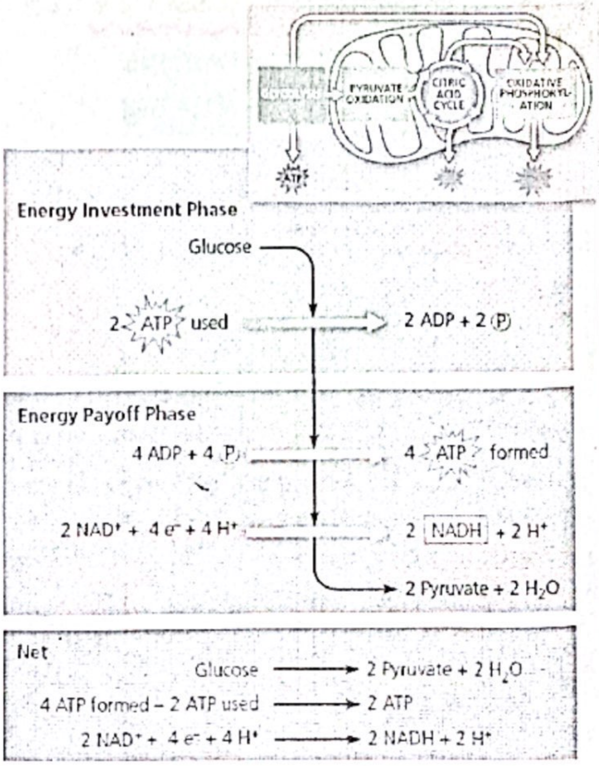
- අණුක ඔක්සිජන් ($O_2$) පවතින විට
- ග්ලූකෝස් වැනි ශ්වසන උපස්තර යොදාගෙන
- ATP සංශ්ලේෂණය කිරීමේ ක්‍රියාවලිය ස්වායු ශ්වසනය ලෙස හැඳින්වේ
- ග්ලූකෝස් අණුවක් ස්වායු ශ්වසනයට ලක්වන ආකාරය පහත සඳහන් තුළිත සමීකරණය මගින් පෙන්විය හැකි වේ

..............................................................................

- ස්වායු ශ්වසනය ක්‍රියාවලිය ප්‍රධාන පියවර තුනකින් සමන්විත වේ
- එනම්
    1. ග්ලයිකොලිසිය
    2. පයිරුවේට් ඔක්සිකරණය හා සිට්‍රික් අම්ල චක්‍රය (ක්‍රෙබ්ස් චක්‍රය)
    3. ඔක්සිකාරක පොස්පොරයිලීකරණය (ඉලෙක්ට්‍රෝන පරිවහන දාමය)

### 1. ග්ලයිකොලිසිය

- ග්ලකොලිසිය පියවරේදී සිදුවන ජෛව රසායනික ප්‍රතික්‍රියා උත්ප්‍රේරණය කරන සියළුම එන්සයිම පවතින්නේ සයිටොසොලය තුළ නිසා
- ග්ලයිකොලිසිය සයිටොසොලය තුළ සිදුවේ
- මෙම පියවර අණුක ඔක්සිජන් ($O_2$) ගේ පැවතීම මත රඳා නොපවතී




▲ **Figure 9.8 The energy input and output of glycolysis.**

- මෙහි ආරම්භයේදී 6C සංයුතියක් සහිත ග්ලූකෝස්, 3C සංයුතියක් සහිත ග්ලිසරල්ඩිහයිඩ්-3-පොස්පේට් (G3P) අණු දෙකක් බවට පරිවර්තනය වීම සිදුවේ
- මෙම පියවර සඳහා ATP අණු දෙකක් මගින් ශක්තිය සැපයේ
- එනම් ග්ලයිකොලිසියේ ආරම්භය සඳහා ATP ලෙස ශක්තිය වැයවේ

- අනතුරුව මෙසේ නිපදවනු ලැබූ අණු දෙක 3C සංයුතියක් සහිත පයිරුවේට් අණු දෙකක් බවට පරිවර්තනය කෙරේ
- මෙම ක්‍රියාවලියේදී $H^+$ 4ක් හා ඉලෙක්ට්‍රෝන 4ක් පිටකරයි
- එසේ පිටකරන $H^+$ හා ඉලෙක්ට්‍රෝන භාවිතා කර $NAD^+$ අණු දෙකක් ඔක්සිහරණය කිරීමෙන් NADH අණු දෙකක් නිපදවයි



Scanned with CamScanner

- එසේම මෙම පියවරේදී ATP අණු හතරක් නිපදවීම සිදුවේ
- නමුත් ග්ලයිකොලිසිය ආරම්භ කිරීමට ATP අණු දෙකක් වැයවන බැවින්
- ග්ලයිකොලිසියේදී නිපදවෙන ශුද්ධ ATP ප්‍රමාණය ATP අණු දෙකකි

- ග්ලයිකොලිසියේදී වැයවන එල වල සාරාංශය
    - ග්ලූකෝස් අණු - 01
    - ATP අණු - 02

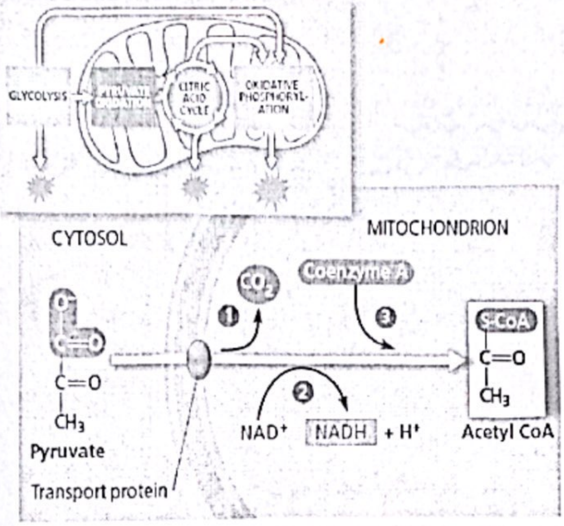
- ග්ලයිකොලිසිය අවසානයේදී නිපදවෙන ශුද්ධ එල වල සාරාංශය
    - \+ පයිරුවේට් අණු - 02
    - \+ ATP අණු - 02
    - \+ NADH අණු - 02
    - \+ $H^+$ - 02

මෙසේ නිපදවෙන පයිරුවේට් අණු දෙක අණුක ඔක්සිජන් ($O_2$) පවතින තත්ත්ව යටතේදී පමණක් මයිටොකොන්ඩ්‍රියා තුළට ඇතුළු වී ඉතිරි පියවර වලට භාජනය වේ

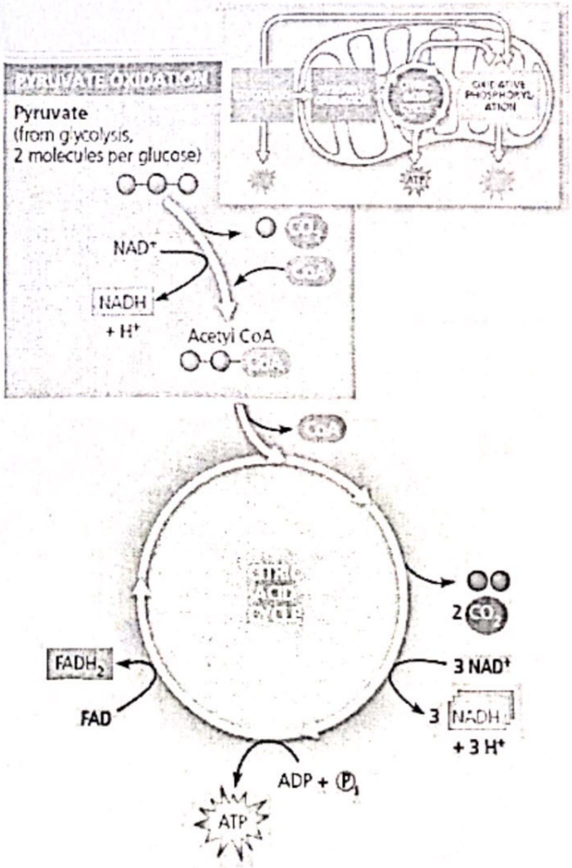
2. **පයිරුවේට් ඔක්සිකරණය සහ සිට්‍රික් අම්ල චක්‍රය**

**පයිරුවේට් ඔක්සිකරණය**

- ඉහත පයිරුවේට් අණු දෙක මයිටොකොන්ඩ්‍රියා පටල හරහා සක්‍රිය පරිවහනය මගින් මයිටොකොන්ඩ්‍රියා තුළට ඇතුළු වේ
- මයිටොකොන්ඩ්‍රියා පූරකය තුළදී
    1. එක් පයිරුවේට් අණුවක් මගින් $CO_2$ අණුවක් පිටකර ඇසිටයිල් කාණ්ඩයක් සාදයි
    2. එසේම මෙම ප්‍රතික්‍රියාවේදී $NAD^+$ අණුවක් NADH බවට ඔක්සිහරණය වේ
    3. ඉන්පසු මෙම ඇසිටයිල් කාණ්ඩය, සහඑන්සයිම්-A සමග සම්බන්ධ වී ඇසිටයිල් සහඑන්සයිම්-A සාදයි
- පයිරුවේට් අණු දෙකක් සඳහා නම් ඉහත අණු සංඛ්‍යා දෙගුණ වේ
- පයිරුවේට් ඔක්සිකරණය මගින් ග්ලයිකොලිසිය හා සිට්‍රික් අම්ල චක්‍රය සම්බන්ධ කිරීම සිදුකරන බැවින් මෙය සම්බන්ධක ප්‍රතික්‍රියාව ලෙසද හැඳින්වේ
- එසේම මෙම ප්‍රතික්‍රියාවේදී නිපදවන ඇසිටයිල් මගින් සිට්‍රික් අම්ල චක්‍රය සඳහා එහි ඇසිටයිල් කාණ්ඩය ලබාදීම සිදු කෙරේ




**සිට්‍රික් අම්ල චක්‍රය**






Scanned with CamScanner

- මෙම චක්‍රීය මාර්ගය සිට්‍රික් අම්ල චක්‍රය ලෙස හැඳින්වෙන්නේ,
- මෙම මාර්ගයේදී නිපදවෙන ප්‍රධාන ඵලය සිට්‍රික් අම්ලය බැවිනි
- එසේම මෙම සිට්‍රික් අම්ලය කාබොක්සලික් කාණ්ඩ තුනකින් යුක්ත බැවින් ට්‍රයිකාබොක්සලික් අම්ල (TCA) චක්‍රය ලෙසද නම් කෙරේ
- තවද මෙම මාර්ගය අනාවරණය කරන ලද්දේ හාන්ස් ක්‍රෙබ්ස් විද්‍යාඥයා විසින් බැවින් මෙය ක්‍රෙබ්ස් චක්‍රය ලෙසද නම් කෙරේ

- මෙහිදී සිදුවන ක්‍රියාවලි සියල්ලම මයිටොකොන්ඩ්‍රියා පුරකය තුළ විශේෂිත එන්සයිම මගින් උත්ප්‍රේරණය කෙරේ

- මෙය ආරම්භ වන්නේ 4C සංයුතියක් සහිත ඔක්සලෝ ඇසිටේට් (OAA)
- 2C සංයුතියක් සහිත ඇසිටයිල් සමග සම්බන්ධ වී
- 6C සංයුතියක් සහිත සිට්‍රික් අම්ලය සෑදීමෙනි
- මෙසේ සෑදෙන සිට්‍රික් අම්ලය ප්‍රතික්‍රියා ශ්‍රේණියක් ඔස්සේ ගොස් අවසානයේදී ඔක්සලෝ ඇසිටේට් පුනර්ජනනය කරයි

- මෙම ක්‍රියාවලියේදී
  - ➢ කාබොක්සිල්හරණය මගින් $CO_2$ අණු 2ක්
  - ➢ උපස්තර පොස්පොරයිලීකරණය මගින් ATP අණුවක්
  - ➢ ඔක්සිකරණ ප්‍රතික්‍රියා මගින් $FADH_2$ අණුවක් NADH අණු 3ක් ලැබේ

- ඉහත දැක්වූ අණු සංඛ්‍යාවන් අදාළ වන්නේ එක් පයිරුවේට් අණුවක් සඳහා පමණි
- නමුත් එක් ග්ලූකෝස් අණුවකින් පයිරුවේට් අණු දෙකක් ලැබෙන බැවින්
- එක් ග්ලූකෝස් අණුවකින් ප්‍රතිඵල වන අණු සංඛ්‍යාව ලබා ගැනීම සඳහා ඉහත අගයන් දෙගුණ කළ යුතුය

උපස්තර පොස්පොරයිලීකරණය යනු සංකීර්ණ අණු සරල අණු බවට බිඳීමේදී ශක්තිය පිට වන ආකාරය.

3. ඉලෙක්ට්‍රෝන පරිවහන දාමය

- මෙම පියවර මයිටොකොන්ඩ්‍රියා ඇතුළු පටලය (මියර) හරහා සිදුවේ
- මෙහිදී ස්වායු ශ්වසනයේ පෙර පියවර වලදී නිපදවූ NADH හා $FADH_2$ ඔක්සිකරණයට ලක්වීමේදී නිදහස් වන ශක්තියෙන් (එනම් ඔක්සිකාරක පොස්පොරයිලීකරණය මගින්) ATP නිපදවීම සිදුවේ
- එසේම මියර වල නැමීම නිසා ඉහත ඔක්සිකාරක පොස්පොරයිලීකරණය සඳහා පවතින පෘෂ්ඨීය ක්ෂේත්‍රඵලය වැඩි වේ

- මෙහිදී NADH හා $FADH_2$ ඔක්සිකරණයටලක්වීම මයිටොකොන්ඩ්‍රියා ඇතුළු පටලයේ පවතින ඉලෙක්ට්‍රෝන පරිවහන දාමය ඔස්සේ සිදුවේ
- මෙම ඉලෙක්ට්‍රොන පරිවහන දාමය
  - ➢ ප්‍රෝටීන අණු සහ
  - ➢ ප්‍රෝටීන නොවන අණු

  ශ්‍රේණියකින් සමන්විත වේ

- NADH හා $FADH_2$ ඔක්සිකරණයට ලක්වන්නේ ඉලෙක්ට්‍රෝන පරිවහන දාමයේදී සිදුවන ඉලෙක්ට්‍රෝන හුවමාරුව නිසා වේ

| නිපදවන ATP අණු සංඛ්‍යාව | ATP නිපදවන ක්‍රමය |
|---|---|
| ග්ලයිකොලිසියේදී | |
| 2 ATP | උපස්තර පො. |
| 2 NADH → 5 ATP | ඔක්සිකාරක පො. |
| පයිරුවේට් ඔක්සිකරණයේදී | |
| 2 NADH → 5 ATP | ඔක්සිකාරක පො. |
| සිට්‍රික් අම්ල චක්‍රයේදී | |
| 2 ATP | උපස්තර පො. |
| 6 NADH → 15 ATP | ඔක්සිකාරක පො. |
| 2 $FADH_2$ → 3 ATP | ඔක්සිකාරක පො. |
| නිපදවෙන මුළු සංඛ්‍යාව = 32 ATP | |



Scanned with CamScanner

- මෙහිදී නිදහස් වන ඉලෙක්ට්‍රෝන සහ ප්‍රෝටෝන මියර හරහා චලනය වීමට ඉහත ඉලෙක්ට්‍රෝන පරිවහන දාමයේ වූ ප්‍රෝටීන දායක වේ
- අවසානයේදී මෙසේ හුවමාරු වන ඉලෙක්ට්‍රෝන අණුක ඔක්සිජන් ($O_2$) මගින් ලබා ගනී
- එබැවින් ස්වායු ශ්වසනයේ අවසාන ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රතිග්‍රාහකයා වන්නේ අණුක ඔක්සිජන් ($O_2$) වේ

**ඉලෙක්ට්‍රෝන පරිවහන දාමයේදී සිදුවන ඔක්සිකාරක පොස්පොරයිලීකරණය**

- ඉලෙක්ට්‍රෝන පරිවහන දාමයේ දී NADH හා $FADH_2$ ඔක්සිකරණයේදී පියවරෙන් පියවර ශක්තිය නිදහස් කෙරේ
- ඔක්සිකාරක පොස්පොරයිලීකරණය සඳහා අවශ්‍ය ශක්තිය මෙමගින් සැපයේ
- මෙහිදී එක NADH අණුවක් සඳහා සාමාන්‍යයෙන් ATP අණු 2.5 ක් ද
- එක $FADH_2$ අණුවක් සඳහා සාමාන්‍යයෙන් ATP අණු 1.5ක් ද නිපදවේ
- ඒ අනුව එක් ග්ලූකෝස් අණුවක් සඳහා මෙම පියවරේදී (ඉලෙක්ට්‍රෝන පරිවහන දාමයේදී) ATP අණු 28ක් නිපදවේ
- ඒ අනුව එක් ග්ලූකෝස් අණුවක් ස්වායු ශ්වසනයට ලක්කිරීමෙන් නිපදවෙන ATP අණු වල සාරාංශය පහත පරිදි වේ

- නමුත් මෙම ATP සංඛ්‍යාව සත්‍ය වන්නේ
  - අක්මා සෛල
  - හෘත් පේශි සෛල

  වැනි ක්‍රියාකාරී සෛල වලට පමණි
- නමුත් අනෙකුත් සෛල වලදී ග්ලයිකොලිසියේදී නිපදවනු ලබන NADH අණු දෙක ඔක්සිකරණයට ලක්කිරීම සඳහා
- සයිටොසොලයේ සිට මයිටොකොන්ඩ්‍රියම් පූරකයට පරිවහනය කිරීම සඳහා ATP අණු දෙකක් වැය කළ යුතු වේ
- එබැවින් එවැනි සෛල වල එක් ග්ලූකෝස් අණුවකින් නිපදවෙන ATP සංඛ්‍යාව 30 කි

**නිර්වායු ශ්වසනය**

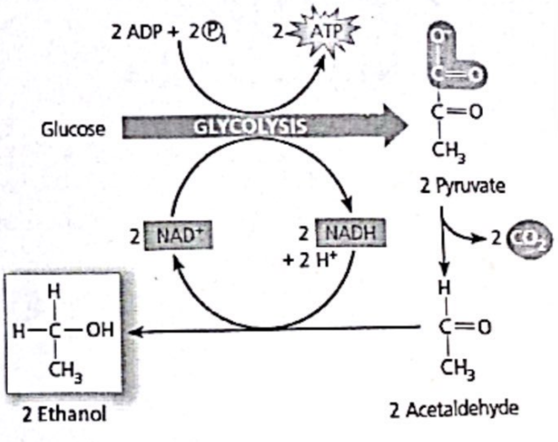
- අණුක ඔක්සිජන් ($O_2$) නොමැති තත්ත්ව යටතේ ග්ලූකෝස් බිඳ දැමීම නිර්වායු ශ්වසනයයි
- මෙය සම්පූර්ණයෙන්ම සයිටොසොලය තුළ සිදුවේ
- එසේම මෙය සයිටොසොලයේ පවතින එන්සයිම මගින් උත්ප්‍රේරණය කිරීම සිදුවේ
- අණුක ඔක්සිජන් ($O_2$) නොමැති විට පයිරුවේට් අණුවලට මයිටොකොන්ඩ්‍රියා තුළට ඇතුළු විය නොහැකි බැවින් ඒවා තවදුරටත් බිඳ වැටීම සිදු නොවේ
- නිර්වායු ශ්වසනයේදී නිපදවෙන NADH ප්‍රයෝජනයට ගත නොහැකි වේ
- එබැවින් සෛලය තුළ $NAD^+$ සීමාකාරී වීම වැළැක්වීමට මෙසේ නිපදවූ NADH, ප්‍රතිඔක්සිකරණය කර නැවත $NAD^+$ නිපදවීමද නිර්වායු ශ්වසනය මගින් සිදු කරයි

- පැසීම යනු ඔක්සිජන් නොමැතිව ATP නිපදවීමේ ක්‍රමයකි
- පයිරුවේට් පැසීමට ලක්වී නිපදවන අන්තඵල වල ස්වභාවය අනුව පැසීම් වර්ග රාශියකි
- මෙහි ඉතා සුලභ ආකාර වන්නේ

  1. එතිල් මධ්‍යසාර පැසීම
  2. ලැක්ටික් අම්ල පැසීම

**එතිල් මධ්‍යසාර පැසීම**

- ස්වායු ශ්වසනයේ ලෙසම මෙහි ද පළමු පියවර ග්ලයිකොලිසියයි



(a) Alcohol fermentation

- ඒ අනුව මෙහිදී මුලින්ම එක් ග්ලූකෝස් අණුවක්

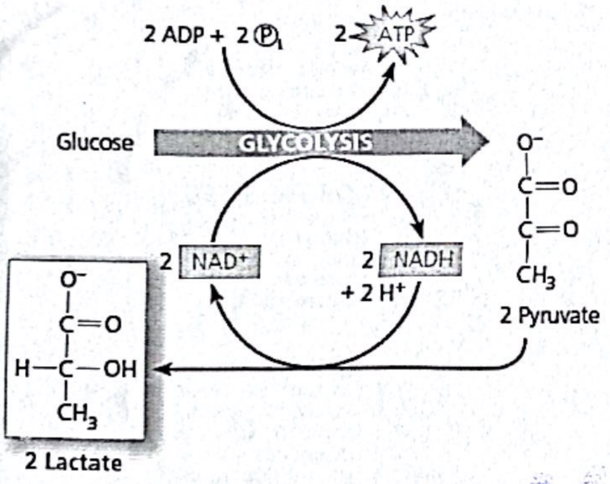
➢ පයිරුවේට් අණු 2ක්
➢ ATP අණු 2ක්
➢ NADH අණු 2ක් බවට පත්වේ

- ඉන්පසු මෙම පයිරුවේට් පියවර දෙකකට දායක වේ
- පළමු පියවරේදී පයිරුවේට් ඇසිටැල්ඩිහයිඩ් බවට පත්වේ
- මෙහිදී $CO_2$ අණුවක් නිදහස් වීම සිදුවේ
- එනම් කාබොක්සිල්හරණයක් සිදුවේ
- දෙවන පියවරේදී ඇසිටැල්ඩිහයිඩ්, එතනෝල් බවට NADH භාවිතයෙන් ඔක්සිහරණය වේ
- මෙම NADH අණුව ග්ලයිකොලිසියේදී නිපදවේ
- එනිසා එතිල් මධ්‍යසාර පැසීමේදී අවසාන හයිඩ්‍රජන් ප්‍රතිග්‍රාහකයා ලෙස කාබනික සංයෝගයක් වන ඇසිටැල්ඩිහයිඩ් ක්‍රියාකරයි

- එතිල් මධ්‍යසාර පැසීම සිදුකරන ජීවීන්
  ➢ බොහෝ බැක්ටීරියා
  ➢ යීස්ට් (ඉතා සුලභ වශයෙන්)

**ලැක්ටික් අම්ල පැසීම**

- ලැක්ටික් අම්ල පැසීමේ ද පළමු පියවර ග්ලයිකොලිසියයි




**(b) Lactic acid fermentation**

- ඒ අනුව මෙහිදී ද මුලින්ම එක් ග්ලූකෝස් අණුවක්
  ➢ පයිරුවේට් අණු 2ක්
  ➢ ATP අණු 2ක්
  ➢ NADH අණු 2ක් බවට පත්වේ
- ඉන්පසු පයිරුවේට් සෘජුවම ලැක්ටික් අම්ල බවට NADH මගින් ඔක්සිහරණය වේ

- එනිසා මෙහි අවසාන ප්‍රතිග්‍රාහකයා වන්නේ කාබනික සංයෝගයක් වන පයිරුවේට් වේ
- මෙහිදී $CO_2$ නිදහස් වීමක් සිදුනොවේ

- ලැක්ටික් අම්ල පැසීම සිදුකරන ජීවීන්
  ➢ සමහර දිලීර
  ➢ බැක්ටීරියා
  (ඉතා සුලභ වශයෙන් ලැක්ටික් අම්ල බැක්ටීරියා )

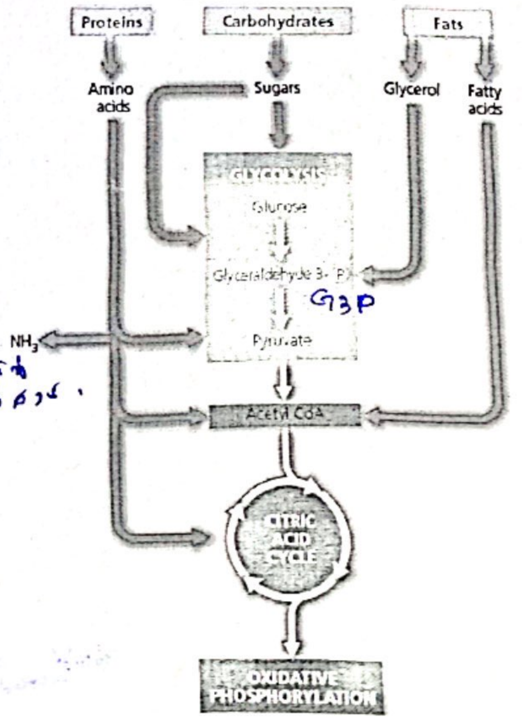
**ශ්වසන ලබ්ධිය (RQ)**

- දෙන ලද කාලයකදී
- දෙන ලද ශ්වසන උපස්තරයක් සඳහා
- නිදහස් වූ $CO_2$ පරිමාවට
- පරිභෝජනය කරන ලද $O_2$ පරිමාවේ අනුපාතය ශ්වසන ලබ්ධිය නම් වේ

$$RQ = \frac{CO_2}{O_2}$$

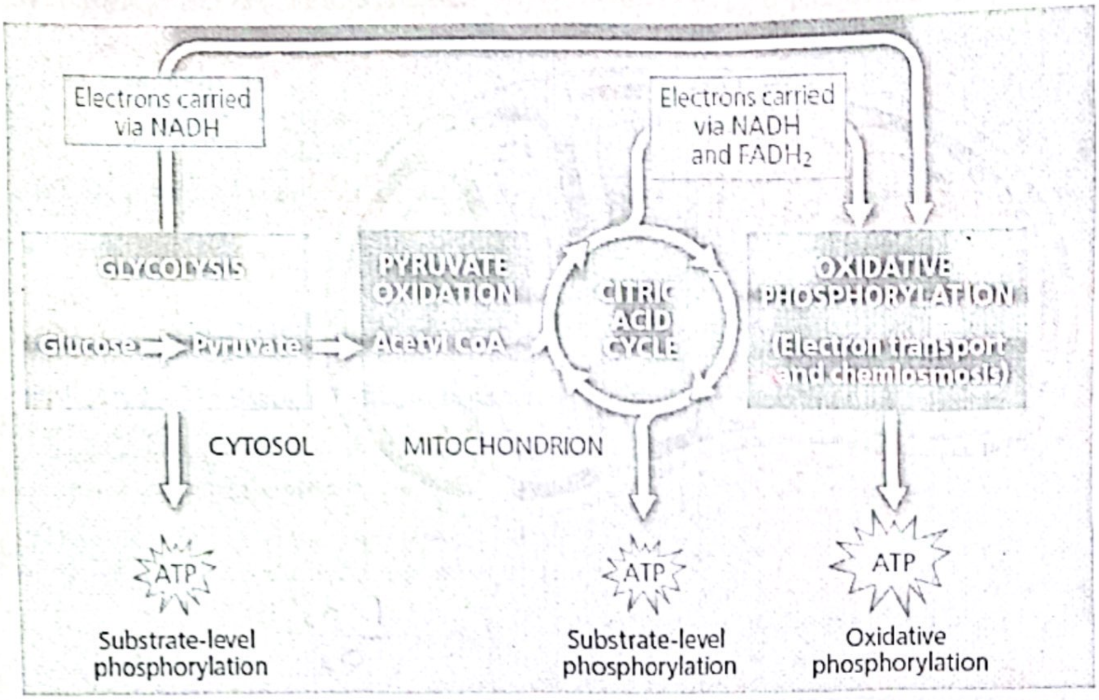
| ශ්වසන උපස්තරය | ශ්වසන ලබ්ධිය |
|---|---|
| කාබෝහයිඩ්‍රේට් | 1.0 |
| ප්‍රෝටීන | 0.8 |
| ලිපිඩ | 0.7 |
| කාබනික අම්ල | ≥4.0 |

**විවිධ ශ්වසන උපස්තර ශ්වසනයට ලක්වන ආකාරය**

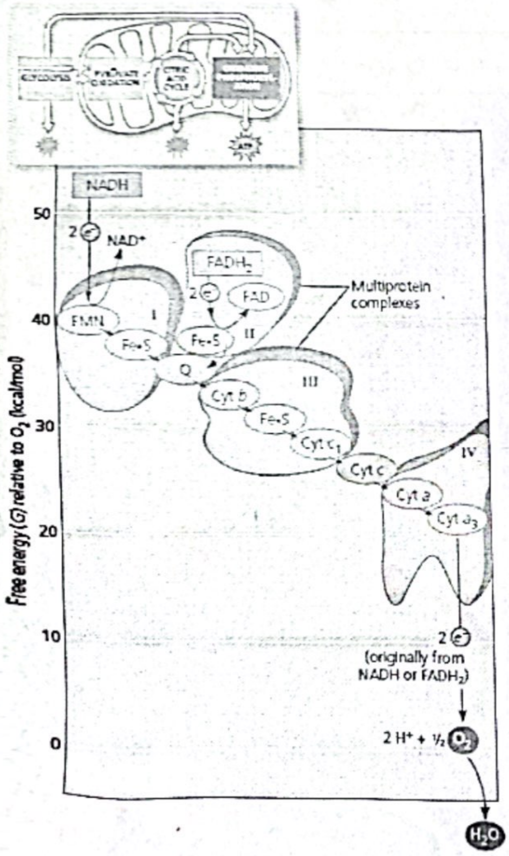




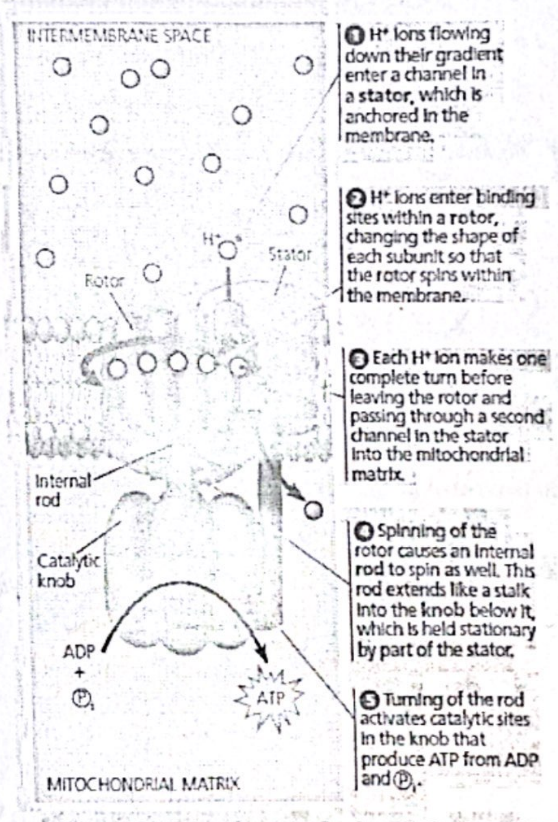

Scanned with CamScanner




**ඉලෙක්ට්‍රෝන පරිවහන දාමය**

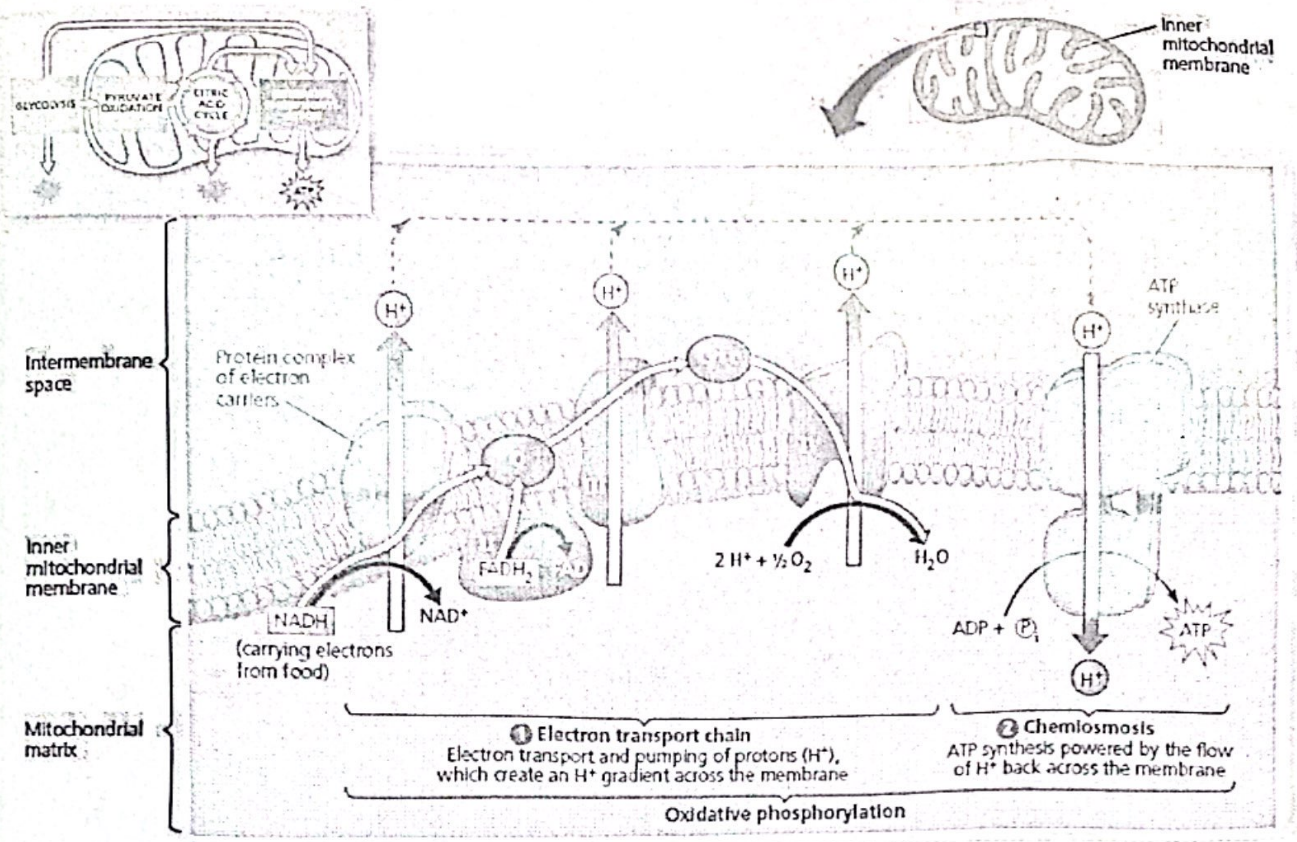



**ATP සින්තේස් පද්ධතිය**




▲ **Figure 9.14 ATP synthase, a molecular mill.** The ATP synthase

ඉලෙක්ට්‍රෝන පරිවහන දාමය






Scanned with CamScanner