BIOCHIMIE
ÉTUDES MÉDICALES ET BIOLOGIQUES

II. MÉTABOLISMES

JACQUES KRUH

Hermann Paris
Collection Méthodes

Table

VOLUME II : MÉTABOLISMES

I Production d'énergie

Respiration cellulaire. Dégradation des métabolites

1 L'énergie en biologie 3
1.1 La notion d'énergie libre 3
1.1.1 Définitions 3
1.1.2 Mesures 4
1.2 Les transferts d'énergie en milieu vivant. L'énergie de liaison 5
1.2.1 Caractéristiques 5
1.2.2 Liaisons riches en énergie -ATP 6
2 Les oxydations cellulaires 10
2.1 Oxydation et potentiel d'oxydoréduction 10
2.1.1 Les oxydations 10
2.1.2 Potentiel d'oxydoréduction 10
2.2 Respiration cellulaire 12
2.2.1 Introduction 12
2.2.2 Enzymes et coenzymes 14
2.2.3 Chaîne respiratoire 19
2.2.4 Biogenèse des liaisons riches en énergie 22
2.2.5 Chaîne respiratoire, phosphorylation oxydative et mitochondries 23
2.2.6 La nicotinamide adénine dinucléotide phosphate (NADP) 24
2.2.7 Autres facteurs intervenant dans les oxydations 25
2.3 L'hémoglobine, transporteur de gaz 27
2.3.1 Liaison de l'hémoglobine à l'oxygène 27
2.3.2 Liaison de l'hémoglobine au gaz carbonique. Effet Bohr 28
2.3.3 L'acide 2-3 diphosphoglycérique 29
2.3.4 L'hémoglobine, molécule allostérique 30
3 Le cycle de Krebs 31
3.1 Introduction 31
3.2 Passage au cycle de Krebs de l'acide pyruvique et propionyl coenzyme CoA 32
3.2.1 Passage de l'acide pyruvique à l'acétyl CoA 33
3.2.2 Passage du proprionyl CoA en succinyl CoA 36
3.3 Le cycle de Krebs 37
3.3.1 Les réactions du cycle de Krebs 39
3.3.2 Bilan du cycle de Krebs 45
4 Dégradation des oses 47
4.1 Glycolyse 47
4.1.1 Réactions de la glycolyse 47
4.1.2 Bilan de la glycolyse 55
4.1.3 Production d'énergie dans le muscle 56
4.2 Cycle des pentoses phosphates 56

4.2.1 Les réactions du cycle 57
4.2.2 Bilan du cycle 60
4.3 Métabolisme du fructose 62
4.4 Métabolisme du galactose 63
4.4.1 Synthèse de lactose 66
5 Oxydation des acides gras 66
5.1 Mécanisme de la β-oxydation 66
5.2 Dégradation des acides gras désaturés 69
5.3 Bilan énergétique de la β-oxydation 69
5.4 Métabolisme de l'acétyl coenzyme A 70
5.4.1 Oxydation dans le cycle de Krebs 71
5.4.2 Biosynthèse des acides gras 71
5.4.3 Cétogénèse 71
5.4.4 Biosynthèse du cholestérol 72
6 Dégradation des acides aminés 73
6.1 Désamination 73
6.2 Désamidation 74
6.3 Transamination 75
6.3.1 Découverte 75
6.3.2 Transaminases (ou aminotransférases) 75
6.3.3 Importance métabolique 76
6.4 Ammoniogenèse et transport de l'ammoniac 77
6.5 Uréogénèse 79
Bibliographie 84

II Mise en réserve de l'énergie

Glycogène. Acide gras et lipides. Photosynthèse. Cycle de l'azote.

1 Glucides 87
1.1 Structure du glycogène, de l'amidon et de la cellulose 87
1.1.1 Le glycogène 87
1.1.2 L'amidon 89
1.1.3 La cellulose 89
1.2 Enzymes hydrolytiques 89
1.3 Glycogénogenèse 90
1.4 Glycogénolyse 93
1.5 Glycogénoses 100
1.6 Glycogénonéogenèse 100
1.6.1 Synthèse à partir de l'acide pyruvique 100
1.6.2 Synthèse à partir de l'acide oxaloacétique 101
1.6.3 Synthèse à partir du glycérol 102
2 Acides gras 104
2.1 Les précurseurs de l'acétyl CoA extra-mitochondrial 104
2.2 Biosynthèse des acides gras chez *E. coli* 106
2.3 Biosynthèse des acides gras dans la levure et dans le foie 107
2.4 Régulation de la synthèse des acides gras 109
3 Lipides 110

3.1 Structure 110
3.2 Enzymes hydrolytiques 111
3.3 La lipolyse dans les adipocytes 113
3.4 Biosynthèse des acides phosphatidiques et des triglycérides 113
3.5 Biosynthèse des phosphatides complexes 114
4 Photosynthèse 117
4.1 Introduction 117
4.2 Chlorophylles 117
4.3 Phase lumineuse de la photosynthèse 118
4.4 Phase obscure de la photosynthèse 118
5 Cycle de l'azote. Synthèse des composés azotés 121
Bibliographie 123

III Métabolismes particuliers

1 Mucopolysaccharides 127
1.1 Acide hyaluronique 127
1.2 Chondroïtines sulfates 128
1.3 Héparine 128
1.4 Biosynthèse des mucopolysaccharides 129
1.5 Mucopolysaccharidoses 130
2 Sphingolipides 130
2.1 Sphingosine 130
2.2 Sphingomyélines 131
2.3 Cérébrosides 132
2.4 Lipidoses 132
3 Stérols et stéroïdes 133
3.1 Cholestérol 133
3.1.1 Structure 134
3.1.2 Biosynthèse 135
3.1.3 Acyl cholestérol 138
3.2 Acides biliaires 138
3.2.1 Structure 138
3.2.2 Biosynthèse 139
3.3 Vitamine D 141
3.3.1 Biosynthèse du 1-25 dihydroxy-cholécalciférol : 1,25 $(OH)_2D_3$ 141
3.3.2 Métabolisme du calcium et régulation hormonale 142
3.4 Hormones stéroïdes 144
3.4.1 Hormones génitales femelles 144
3.4.2 Hormone génitale mâle ou androgène 145
3.4.3 Hormones de la corticosurrénale 146
3.4.4 Biosynthèse des hormones stéroïdes 147
3.4.5 Les agents conjugants 151
4 Vitamine A 153
4.1 Structure 153
4.2 Rôle biologique 154
5 Métabolisme particulier de quelques acides aminés 155
5.1 Sérine 155

5.1.1 Biosynthèse 155
5.1.2 Métabolisme 156
5.2 Glycocolle 157
5.2.1 Biosynthèse 157
5.2.2 Métabolisme 157
5.3 Méthionine 159
5.4 Cystéine 161
5.4.1 Biosynthèse 161
5.4.2 Métabolisme 161
5.5 Diacides aminés et acides aminés amides 162
5.6 Tyrosine 164
5.6.1 Biosynthèse 164
5.6.2 Métabolisme 165
5.7 Proline 169
5.7.1 Biosynthèse 169
5.7.2 Métabolisme 170
5.8 Histidine 170
5.9 Tryptophane 171
5.10 Amines 173
5.10.1 Monoamines 173
5.10.2 Di- et polyamines 174
6 Nucléotides 175
6.1 Biosynthèse des nucléotides à purine 175
6.1.1 Biosynthèse de novo 175
6.1.2 Utilisation des bases 179
6.2 Biosynthèse des nucléotides à pyrimidine 179
6.3 Biosynthèse des désoxyribonucléotides 182
6.3.1 Formation du désoxyribose 182
6.3.2 Formation de la thymine 182
6.4 Dégradation des bases puriques 183
6.5 Dégradation des bases pyrimidiques 185
7 Hémoglobine 185
7.1 Biosynthèse de l'hème 185
7.2 Biosynthèse de l'hémoglobine 189
7.3 Durée de vie de l'hémoglobine et du globule rouge 191
7.4 Dégradation de l'hémoglobine 192
Bibliographie 199

IV Régulation

1 Régulation au niveau de la membrane 203
1.1 Régulation de la pénétration des molécules 203
1.2 Rôle dans le mécanisme d'action des hormones 204
1.3 Rôle régulateur de la croissance 205
2 Régulation de l'AMP 3'5' cyclique (AMPc) 205
3 Régulation de la quantité de protéines et d'enzymes 207
3.1 Régulation de la transcription 207
3.2 Régulation post-transcriptionnelle 208

3.3 Régulation de la traduction 208
3.4 Induction et répression 208
3.5 Dégradation protéique 209
4 Rôle régulateur des enzymes 210
4.1 Enzymes michaéliennes 210
4.2 Enzymes coopératives 211
5 Régulation de l'activité enzymatique 213
5.1 Régulation par phosphorylation 213
5.2 Activation par protéolyse limitée 213
5.3 Régulation par combinaison de subunités 214
5.4 Activation par le substrat 216
6 Régulation allostérique des voies métaboliques 216
6.1 Cycle de Krebs 217
6.2 Glycolyse 218
6.3 Glycogénonéogenèse 220
6.4 Glycogénolyse 222
6.5 Biosynthèse des acides gras 222
6.6 Dégradation des acides aminés 224
7 Régulation hormonale 224
7.1 Insuline 224
7.1.1 Biosynthèse 224
7.1.2 Mécanisme d'action 224
7.1.3 Action sur le métabolisme glucidique 225
7.1.4 Action sur le métabolisme lipidique 225
7.1.5 Action sur le métabolisme protidique 226
7.1.6 Le diabète sucré 226
7.2 Glucagon 228
7.2.1 Action sur le métabolisme glucidique 228
7.2.2 Action sur le métabolisme des lipides 229
7.3 Cortisol 229
7.3.1 Action sur le métabolisme glucidique 229
7.3.2 Action sur le métabolisme protéique 229
Bibliographie 230
Bibliographie générale 231
Index 233

VOLUME I : BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE

I
Biochimie et cellule
II
Structure des composés biochimiques simples
III
Les protéines
IV
Les enzymes
V
Acides nucléiques et biosynthèse des micromolécules informationnelles