

IV FƏSİL

QARACIYƏRİN FUNKSİONAL BİOKİMYASI

Qaraciyər organizmdə ən iri vəzili orqandır. Hüceyrələrində olan ferment sistemlərinin növləri və xüsusiyyətləri, həmçinin digər orqanlarla anatomiq və funksional əlaqələri qaraciyərə maddələr mübadiləsinin bütün növlərinin tənzimində və orqanizmin daxili mühitinin sabitliyinin tənzim edilməsində iştirak etmək imkanı verir. Qaraciyərin maddələr mübadiləsinə və hemostaz prosesinə tənzimedici təsirinə şərait yaranan əsas amillərdən biri – bu orqanda qan dövranının spesifik xarakterli olmasıdır. İnsan qaraciyərinə qanın təxminən üçdəki hissəsi qapı venası sistemi vasitəsilə (həzm sitemindən), üçdəbiri isə qaraciyər arteriyası vasitəsilə gətirilir. Bu orqandan qayıdan qan isə aşağı boş vena vasitəsilə ürəyin sağ qulaqcığına çatdırılır.

Beləliklə, qaraciyər həzm sistemindən sorulan maddələrin əksəriyyətinin ilk növbədə təsir göstərə bildiyi orqan olmaqla, onların digər orqanlara birbaşa təsir göstərməyinin qarşısını alır, yəni həyat üçün böyük əhəmiyyəti olan digər orqanları bağırsaqlardan sorulan zərərli maddələrin təsirindən qoruyur və orqanizm üçün qida əhəmiyyətli birləşmələrin də ümumi qan dövranına fizioloji tələbata müvafiq miqdarda düşməsini təmin etməklə, hemostazın tənzimində həllədici əhəmiyyət kəsb edir. Qaraciyərdə orqanizmin digər orqanları üçün vacib olan bir sıra üzvi maddələrin sintez edilməsinin də homeostazın tənzimində böyük rolü vardır. Qaraciyərin biokimyəvi funksiyaları olduqca müxtəlif prosesləri əhatə edir. Bunları aşağıdakı qruplara bölmək olar: 1) requlyator-homeostatik funksiya (yəni orqanizmin daxili mühitinin sabit saxlanmasında qaraciyərin iştirakı); 2) ammon-yakin zərərsizləşdirilməsi; 3) öd turşularının sintezi və sekresiyası; 4) ekskretor (ifrazedici) fəaliyyət; 5) antitoksik fəaliyyət.

Əslində yuxarıda sadalanan funksiyaların hamısı homeostazın mühafizəsinə xidmət edir. Buna görə, onların hamısını requlyator-homeostatik funksiyaya aid etmək olar.

4.1. QARACIYƏRİN REQULYATOR-HOMEOSTATİK FUNKSIYASI

Qaraciyər bütün qida maddələrinin, yəni karbohidratların, lipidlərin, züləllərin, nuklein turşularının, suyun və qeyri-üzvi maddələrin mübadiləsinin tənzimində, züləl strukturuna malik olmayan azotlu üzvi maddələrin və bəzi pigment maddələrinin zərərsizləşdirilməsində və orqanizmdən xaric edilməsində, bəzi vitaminlərin ehtiyat (depo) üçün saxlanmasında iştirak edir. Bütün bu funksiyalara görə, qaraciyəri homeostazın mərkəzi orqanı hesab etmək olar.

Qaraciyərin karbohidrat mübadiləsində iştirakı. Qaraciyərin karbohidrat mübadiləsindəki ən mühüm rolü qanda qlükozanın qatılığının tənzim edilməsi ilə əlaqədardır. Bu orqan hətta aclıq dövründə də qanda qlükoza-

nın qatılığının normal səviyyədə saxlanması təmin edir. Açıq zamanı qaraciyərdə qlikogenoliz nəticəsində sərbəstləşən və qlikoneogenez hesabına yaranan qlikoza qana keçib, orqanizmin müxtəlif toxumalarına nəql edilir və onların enerjiyə tələbatının ödənilməsinə sərf edilir. Qida həzmi zamanı orqanizmə daxil olan qlükozanın artıq hissəsi qaraciyərdə qlikogenə çevrilir, ehtiyat üçün saxlanılır və açıq zamanı qlikogenoliz prosesi sayəsində sərbəstləşərək qana keçir.

Qaraciyərdə qlikogen (qlikogenin sintezi) prosesi əsasən digər orqanların hüceyrələrində olduğu kimi tənzim edilir. Lakin bu prosesdə qlükokinaza fermentinin iştirakı qlükozanın qaraciyərlərdə gedən mübadiləsinin intensivliyinə müəyyən təsir göstərir. Qlükokinaza (və ya IV heksokinaza) fermenti heksokinazaların digər növləri kimi, qlükozani qlükoza-6-fosfata çevirən fermentdir. Qaraciyərdə bu fermentin fəallığı heksokinazanın fəallığından 10 dəfə artıq olur. Bu ferment heksokinazadan Mixaelis əmsalinin yüksək olmasına, qlükozanın qatılıq səviyyəsi yüksək olan mühitdə fəallığını itirməməsinə və qlükoza-6-fosfatın təsirindən inhibisiya edilməməsinə görə fərqlənir. Hepatositlərdə qlükozanın qatılıq səviyyəsi artdıqda qlükokinazanın da fəallığı artır, qlükozanın bu hüceyrələrə daxil olması sürətlənir, əmələ gələn qlükoza-6-fosfat isə ya qlikogen sintezinə sərf edilir, ya da katabolizmə uğrayır.

Qaraciyərdə karbohidrat mübadiləsinin öz-özünü tənzimləmə mexanizmində *qlükoza-6-fosfatazanın* qatılıq səviyyəsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Çünkü, qlükozanın hepatositlərdən qana keçməsi qlükoza-6-fosfatın öz tərkib hissələrinə – qlükozaya və fosfat turşusuna parçalanması ilə əlaqədardır. Qlükoza-6-fosfatın qatılığı artdıqda qlikogenin parçalanması ləngiyir, qlikogenogenez isə (qlikogen-sintaza reaksiyası vasitəsilə UDF-qlükoza molekulunda olan qlükoza qaliqlarının qlikogen molekuluna keçirilməsi sayəsində) sürətlənir. Bundan əlavə, qaraciyərdə qlükoza-6-fosfat qlikoliz və pentazafosfat yolları üzrə katabolizmə uğraya bilir və toksik təsirli birləşmələrin zərərsizləşdirilməsində iştirak edən qlükuron turşusunun (daha dəqiq desək, bu turşunun «aktiv» forması olan uridindifosfatqlükuron turşusunun sintezinə sərf edilir.

Belə hesab edilir ki, qaraciyərdə qlükozanın katabolizmi sayəsində əsasən piy turşularının və qliserinin sintezi üçün sərf edilə bilən metabolizm substratlarının əmələ gəlir, oksigenli yolla katabolizm isə nisbətən zəif olur.

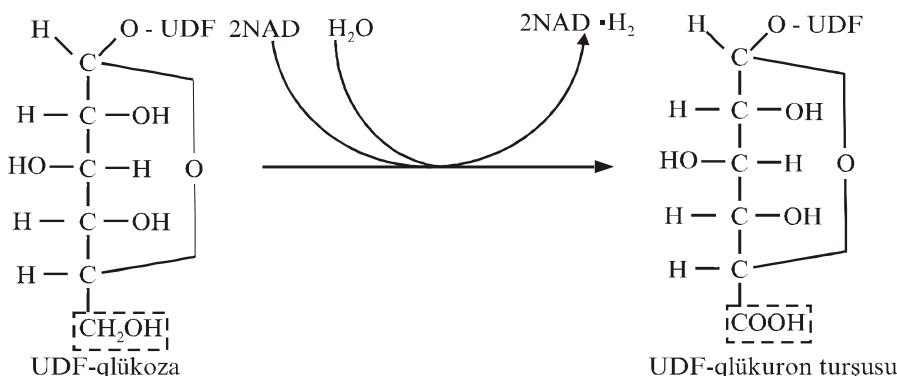
Digər hüceyrələrdəki kimi, hepatositlərdə də, fruktoza-2,6-difosfat fosfofruktokinazaya aktivləşdirici, fruktoza-1,6-difosfatazaya inhibisiyaedici təsir göstərir. Buna görə, hepatositlərdə fruktoza-2,6-difosfat efirinin qatılığı artdıqda qlikoliz sürətlənir və qlikoneogenezin sürəti azalır. Bir sıra patoloji hallar (xüsusən şəkərli diabet xəstəliyi) zamanı hepatositlərdə qlikoliz və qlikoneogenezin fruktoza-2,6-difosfat vasitəsilə tənzimində dəyişiklik baş verir. Bu zaman adı çəkilən difosfat efirinin azalması nəticəsində qlikoliz prosesi zəifləyir, qlikoneogenez isə sürətlənir; bu, şəkərli diabet xəstəliyi zamanı törənən hiperqlikemianın mexanizmində yardımçı amillərdən biridir.

Qaraciyərdə gedən qlükoneogen prosesinin də şəkər mübadiləsinin tənzimində böyük rolu vardır. Orqanizmdə karbohidrat strukturuna

malik olmayan maddələrdən (aminturşu mübadiləsinin aralıq məhsulları, qlikoliz prosesi zamanı əmələ gələn piroüzüm və süd turşuları) sintez edilən qlükozanın 90%-ə qədəri qaraciyərdə, yalnız 10%-ə yaxın hissəsi isə böyrəyin qabıq maddəsində əmələ gəlir.

Karbohidrat mübadiləsinin bəzi spesifik yolları yalnız qaraciyərdə həyata keçirilə bilir. Fructozə və galaktozanın qlikolitik metabolizm yollarına cəlb edilməsi buna misal ola bilər. Qaraciyərin funksiyası pozulduqda orqanizm heksozaların adı çəkilən növlərindən metabolizm substrati kimi istifadə edə bilmir. Çünkü, onlar yalnız qaraciyərdə müəyyən dəyişikliyə uğradıqdan sonra başqa orqan və toxumalarda istifadə edilə bilirlər. Orqanizmdəqlükuron turşusunu əmələ gəlməsi də qaraciyərin funksiyası ilə əlaqədardır. Bu turşu orqanizmdə müxtəlif zəhərli maddələrin (bilirubin, fenol törəmələri və s.) zərərsizləşdirilməsinə və heteropolisaxaridlərin (heparin, hialuron turşusu və s.) sintezinə sərf edilir.

Qlükuron turşusu qaraciyərdə uridindifosfat törəməsi şəklində yəni «aktiv» formada sintez edilir. Bundan ötrü, əvvəlcə qlükoza-6-fosfat fosfoqlükomutaza reaksiyasına uğrayıb, qlükoza-1-fosfata çevrilir; növbəti mərhələdə qlükoza-1-fosfatın uridintrifosfatla (UTF) reaksiyası nəticəsində uridindifosfatqlükoza (UDF-qlükoza) əmələ gəlir. Bu reaksiyanı *UDF-qlükozapirofosforilaza* fermenti kataliz edir. UDF-qlükoza fəallığı NAD-dan asılı olan spesifik dehidrogenazanın (UDF-qlükozadehidrogenaza) təsirinə uğrayıb, UDF-qlükuron turşusuna çevrilir. Bu zaman qlükozanın 6-cı karbon atomu oksidləşir:



Məməli heyvanların əksəriyyətinin toxumalarında UDF-qlükuron turşusundan askorbin turşusu da sintez edilə bilir. Yalnız insanda, primatlar da və dəniz donuzlarında müvafiq ferment sistemi olmadığına görə, askorbin turşusunun (C vitamini) sintezi mümkün deyil. Buna görə, askorbin turşusu adı çəkilən canlılar üçün vitamin hesab edilir.

Qaraciyərin lipid mübadiləsində iştirakı. Qaraciyər lipid mübadiləsinin bütün mərhələlərində fəal iştirak edən orqandır. Bağırsaqlarda lipidlərin həzmi qaraciyərin sintez və sekresiya etdiyi öd turşularından asılıdır. Bundan əlavə, hepatositlərdə lipidlərin katabolizminin və sintezinin bütün mərhələlərini kataliz etmək xassəsinə malik olan ferment sistemləri vardır.

Qaraciyərdən onikibarmaq bağırsağa sekresiya edilən öd reaksiyası neytral göstəricilərə yaxın ($\text{pH}=6-8$) olan sarımtıl-yaşıl rəngli mayedir. Qa-

raciyerdə hazırlanan ödün bir hissəsi qida qəbulu zamanı birbaşa onikibar-maq bağırsağa tökülür; acliq dövründə sekresiya edilən öd isə müəyyən müddət öd kisəsində saxlanılır və burada onun tərkibindəki suyun bir qis-mi geriyə sorulur. Bu baxımdan kisə və qaraciyər ödü ayırd edilir. Onlar bir-birindən qatılıqlarına görə fərqlənir. Aşağıdakı cədvəldə qaraciyər və kisə ödlərinin kimyəvi tərkibi haqqında məlumat verilmişdir (cədvəl 4.1).

Cədvəl 4.1
Qaraciyər və kisə ödlərinin tərkibi
(Polonovsky, Boubrillin, 1952)

Öd komponentinin adı	Qaraciyər ödü (q/l-lə)	Kisə ödü (q/l-lə)
Quru hissənin ümumi miqdarı	23 – 33	180
Zülal	1,4 – 2,7	4,5
Azot	0,8	4,9
Öd turşuları	7 – 14	115
Piy turşuları	1,6 – 3,4	24
Lesitin	0,8 – 2,1	4,3
Xolin	0,4 – 0,9	5,5
Bilirubin	0,3 – 0,6	1,4

Qaraciyər ödünün xüsusi çəkisi 1,010, kisə ödünün xüsusi çəkisi isə 1,026 – 1,050 olur. Ödün quru qalığının əsas hissəsini öd turşularından əlavə, öd piqmentləri (bilirubin, biliverdin), müxtəlif lipid növləri, zülallar, qeyri-üzvi maddələr və bəzi fermentlər (xüsusən qələvi fosfataza) təşkil edir. Öd turşularının növləri, onların sintezi və lipidlərin həzmindəki rolu haqqında dərsliyin müvafiq bölməsində məlumat verilmişdir. Öd turşularının duzları səthi gərilməni azaldan (səthi aktiv) maddələrdir. Onlar yağlarla su arasındaki sərhəddə səthi gərilməni azaltmaqla, bağırsaqlarda yağ damalarının olduqca xırda hissəciklərə bölünməsinə şərait yaradırlar. Beləliklə, emulsiya şəklinə düşən yağların ümumi səthi genişlənir, yəni lipazanın yağlara təsir edə biləcəyi sahə böyüyür. Ödün tərkibində öd turşularının olması burada xolesterinin çöküntüyə keçməyinin qarşısını alır. Beləliklə, öd turşuları lipidlərin bağırsaqlarda həzmi, onların həzm məhsullarının, həmçinin yağda həll olan vitaminlərin (A, D, E, K vitaminləri) və xolesterinin bağırsaqlardan sorulması üçün müstəsna dərəcədə böyük əhəmiyyət malikdir. Normal halda nəcisin quru kütləsinin 10-15 %-ə qədəri yağlardan ibarət olur; öd turşularının əmələ gəlməsi və sekresiyası pozulduqda isə nə-cidə yağların nisbi miqdarı quru kütlənin 50%-dən artıq ola bilər.

Qaraciyərin lipid mühəbbəsi ilə sındırıcı rolü təkcə ödün sintez və sekresiya edilməsi ilə başa çatmir. Bu orqan piy və yağların həzminə və bağırsaqlardan sorulmasına şərait yaratmaqla birlikdə, lipidlərin aralıq mübadilsində də iştirak edir. Piy turşuları həm qaraciyerdə, həm də digər orqan və toxumalarda katabolizmə uğraya bilir. Lakin qaraciyər bu prosesin həyata keçirilməsində digər orqanlara nisbətən fəal iştirak edir. Məlumdur ki, piy turşuları əsasən β -oksidləşmə yolu ilə katabolizmə uğrayır. Bu proses qaraciyerdə xüsusi intensivliklə həyata keçirilir. Qan plazmasında sə-

bəst piy turşularının qatılığı artdıqda hepatositlər onları daha sürətlə udmağa başlayır. Bu zaman həm triasilqliserinlərin sintezi, həm də piy turşularının β -oksidləşmə yolu ilə parçalanması sürətlənir. β -Oksidləşmə prosesinin normal gedişi üçün hepatositlərdə kifayət qədər ATF (piy turşularını aktivləşdirmək üçün) və NAD (aktivləşmiş turşuların oksidləşməsi üçün) olmalıdır. Qaraciyərin zədələnmələri zamanı hepatositlərdə ATF və NAD sintezi pozulduğuna görə, piy turşularının katabolizmi də ləngiyir; bu, qaraciyərin piy infiltrasiyasının inkişafına səbəb olur. β -Oksidləşmə prosesində əmələ gələn asetilkoenzim A-nın az hissəsi hepatositlərdə Krebsin trikarbon turşuları dövranı üzrə katabolizmə uğraya bilir, əksəriyyəti isə kondensasiya prosesinə uğrayıb, asetsirkə turşusuna çevrilir və bu zaman koenzim A molekülləri sərbəst hala keçir. Asetilkoenzim A-dan asetsirkə turşusunun əmələ gəlməsi ilə nəticələnən biokimyəvi prosesi kataliz edən fermentlərə yalnız qaraciyərdə rast gəlinir. Bu fermentlərin fəallığı sayəsində hepatositlər yeni piy turşusu moleküllərini β -oksidləşmə prosesinə uğratmaq üçün lazımlı gələn miqdarda koenzim A saxlamaq imkanı əldə edir. Müəyyən edilmişdir ki, qaraciyərdə koenzim A-nın nisbi miqdarı əzələrdəkinə nisbətən 20 dəfə, böyrəklərdəkinə nisbətən 2 dəfə çoxdur. Qaraciyərdə əmələ gələn asetsirkə və β -hidroksiyag turşuları (keton cisimcikləri) bu orqanda katabolizmə uğramır, yalnız qan vasitəsilə digər orqanlara daşınır, enerji substrati kimi istifadə edilir. Beləliklə, qaraciyər orqanizmin digər toxuma və orqanlarını asanlıqla oksidləşə bilən və yüksək enerji tutumuna malik olan katabolizm substrati ilə təmin edir.

Qaraciyərdə lipidlərin bütün növlərini sintez edən ferment sistemləri vardır. Burada triasilqliserinlərin sintezi piy hüceyrələrindəki prosesdən fərqlənmir. Qaraciyərdə sintez edilən triasilqliserinlər ya hepatositlərdə saxlanılır, ya da lipoproteinlərin tərkibində qana sekresiya edilir. Plazmanın pre- β -lipoproteinləri (çox aşağı sıxlaklıqlı lipoproteinlər) və α -lipoproteinləri (yüksek sıxlaklıqlı lipoproteinlər) əsasən qaraciyərdə sintez edilir. Plazmaya keçən pre- β -lipoproteinlərin bir hissəsi burada β -lipoproteinlərə (aşağı sıxlaklıqlı lipoproteinlər) çevrilə bilir. Bu prosesin başlangıcında qeyri-sabit strukturlu (qısa müddət «həyat sürən») lipoproteinlər əmələ gəlir, sonra isə onlar triasilqliserinlərin bir hissəsini itirir və xolesterinlə zənginləşib, β -lipoproteinlərə çevrilir.

Qaraciyərdə fosfolipidlərin sintezinin və parçalanmasının sürəti kifayət qədər yüksəkdir. Məlumdur ki, fosfolipidlərin biosintəzi üçün üzvi turşular dan və qliserindən əlavə, fosfat turşusu və azotlu birləşmələrdən (xolin, serin, kolamin) istifadə edilir. Hepatositlər üzvi turşuları və qliserini triasilqliserinlərin tərkibindən alır, fosfat anionları isə burada kifayət qədər olur. Hepatositlərə kifayət qədər xolin daxil olmadıqda burada fosfolipidlərin sintezi azalır və qaraciyərdə piy toplanır. Yəni qaraciyərin piy infiltrasiyası, daha ağır hallarda isə piy distrofiyası inkişaf edir. Metil qruplarının donoru funksiyasını yerinə yetirən üzvi maddələr (məsələn, metionin) qaraciyərdə xolinin sintezinə sərf edilməklə, piy infiltrasiyasının qarşısını alır. Belə maddələrə «lipotrop amillər» adı verilmişdir.

Qaraciyərdə 1 gün ərzində 1 q-a qədər xolesterin sintez edilir. Bu, gün

ərzində qidanın tərkibindən mənimsənilən xolesterinin miqdardından (0,3–0,5 q) çoxdur. Həzm sistemindən orqanizmə daxil olan xolesterinin miqdarı ilə bu birləşmənin endogen sintezi arasında əks-əlaqə vardır. Yəni qidanın tərkibində xolesterin azaldıqda onun orqanizm daxilində sintezi sürətlənir. Qaraciyərdə sintez edilən xolesterinin bir hissəsi orqanizmdən öd vasitəsilə xaric edilir, bir hissəsi isə ya öd turşularının sintezinə, ya da başqa orqanlarda steroid strukturlu hormonların və digər birləşmələrin sintezinə sərf edilir. Xolesterin qaraciyərdə müvafiq efirlərə də (xolesteridlər) çevrilə bilir. Həm xolesterinin, həm də onun efirlərinin müəyyən hissəsi qaraciyərdən qana keçir, burada plazma lipoproteinlərinin tərkibində başqa orqanlara nəql edilir.

Zülal və aminturşu mübadiləsində qaraciyərin rolu. Qaraciyər zülal mübadiləsinin ən yüksək sürətlə həyata keçdiyi orqandır. Orta bədən kütləsinə malik olan insanın toxumalarında 1 gün ərzində sintez edilən 100 q-a qədər zülalın təxminən 50 %-i qaraciyərdə əmələ gelir. Qan plazmasında olan albuminlərinin hamısı, α -qlobulinlərin 75-90 %-i, β -qlobulinlərin isə 50 %-i hepatositlərdə sintez edilir. Hepatositlərdə 1 gün ərzində 13-18 q-a qədər plazma albumini sintez edilir. Bu hüceyrələrdə sintez edilməyən yeganə plazma zülalı – γ -qlobulinlardır. Lakin γ -qlobulinların də yaridan çoxu qaraciyərdə olan Kupfer hüceyrələrində sintez edilir. Qaraciyərdə zülal biosintezinin yüksək intensivliyi bu orqana 1 gün ərzində öz zülallarının 9 %-ə qədərini, plazma albuminlərinin isə 25 %-ni yeniləşdirmək imkanı verir. Fibrinogen, protrombin, proakselerin, prokonvertin kimi mühüm zülallar da yalnız qaraciyərdə sintez edilir. Açıq zamanı qaraciyər öz ehtiyat zülallarını bütün başqa toxumalardan əvvəl itirməyə başlayır; bu zaman qaraciyərin ehtiyat zülallarının hidrolizi nəticəsində azad olan aminturşular başqa toxumaların tələbatının ödənilməsinə sərf edilir. Uzunmüddətli açıq zamanı başqa toxumalar öz zülal ehtiyatlarının yalnız 4 %-ə qədərini itirdikləri halda, qaraciyərin zülal itkisi 20 %-ə çatır. Qaraciyərin funksiyasının pozulması ilə nəticələnən patoloji proseslər zamanı burada zülal biosintezinin sürəti də kəskin şəkildə azalır. Buna görə, qaraciyər sirrozu zamanı qanda albuminlərin qatılığı 20 %-ə qədər azalır, nəticədə qanın kolloid-osmotik təzyiqi aşağı düşür. Bu, qaraciyər sirrozu zamanı assit və ödemlərin əmələ gəlməsinə səbəb olan amillərdən biridir.

Qaraciyərin ağır dərəcəli zədələnmələri zamanı qanda fibrinogenin və bir sıra mühüm prokoaqulyantların (protrombin, proakselerin, prokonvertin) da qatılığı azalır və qanaxmalara meyl müşahidə edilir.

Qaraciyərdə aminturşu mübadiləsinin bütün mərhələlərini kataliz edən ferment sistemləri vardır. Burada olan proteolitik fermentlər toxuma və qan serumu zülallarını hidroliz edib, aminturşulara çevirir; aminsizləşmə və oksidləşmə fermentlərinin fəallığı sayəsində peptid birləşmələri və aminturşular katabolizmə uğrayır, onların parçalanma məhsulları Krebs dövranına daxil olub, oksigenli mübadilənin son məhsullarına qədər (CO_2 , H_2O) deqradasiyaya uğrayır. Aminturşuların dezaminləşməsi nəticəsində əmələ gələn ammonyakın zərərsizləşdirilməsində (ornitin dövranı) iştirak edən ferment sisteminin bütün komponentləri kompleks şəklində yalnız hepatositlərdə olur. Buna görə, orqanizmdə ammonyakın karbamidə çevrilmək

yolu ilə zərərsizləşdirilməsi yalnız qaraciyərdə mümkündür.

Qaraciyər aminturşuların parçalanma məhsullarından qlükozanın sintezinin (qlükoneogenez) ən yüksək sürətlə həyata keçirildiyi orqandır. Bu orqanda leysindən başqa, bütün aminturşuların parçalanma məhsullarının qlükoza və qlikogen sintezinə sərf edilməsi ilə nəticələnən biokimyəvi reaksiyaları kataliz edən fermentlər vardır. Bundan əlavə, aminturşuların katabolizmi nəticəsində əmələ gələn xırdamolekullu hissəciklərdən piy turşuları və keton cisimcikləri də sintez edilə bilir. Qaraciyərdə transaminazaların fəallığının kifayət qədər yüksək olması bu orqanın bütün əvəzedilən aminturşuları biokimyəvi sintez yolu ilə əldə etməsinə imkan verir.

Qaraciyərin ağır zədələnmə və xəstəlikləri zamanı aminturşuların dezminkləşmə yolu ilə utilizasiyası pozulur. Belə hallarda qanda aminturşuların qatılığı artır (normal halda 2,9-4,3 mmol/l) və sidiklə həddindən artıq aminturşu ifraz edilir (aminasiduriya). Qaraciyər zədələnmələri zamanı ammonyakin zərərsizləşdirilməsi (karbamidə çevriləməsi) pozulduğuna görə, qan serumunda qalıq azotunun ümumi miqdardında karbamid azotunun nisbi miqdarı azalır, aminturşu azotu isə artır. Normal halda qan serumunda amin azotunun nisbi miqdarı 5-8 mq % olduğu halda, qaraciyərin ağır dərəcəli atrofiyası zamanı bu göstərici 30 mq %-ə qədər arta bilər. Karbamid azotunun amin azotuna nisbəti isə normal halda 2:1 olur, qaraciyər funksiyasının ağır pozulması hallarında isə 1:1 nisbətinə qədər azalır.

Nukleoproteinlərin mübadiləsi də qaraciyərin böyük əhəmiyyəti vardır. Digər hüceyrələrdə olduğu kimi, qaraciyərdə də nukleoproteinlərin zülal hissəsinin katabolizmi hidroliz reaksiyası ilə başlayır və ayrılan aminturşular orqanizmin tələbatına müvafiq şəkildə istifadə edilir. Nuklein turşularının tərkibinə daxil olan purin və pirimidin əsaslarının katabolizmi də əsasən hepatositlərdə həyata keçirilir. Bu orqanda ksantinoksidafermentinin fəallığının yüksək olması sayəsində purin əsasları katabolizminin aralıq məhsulları – hipoksantin və ksantin – asanlıqla oksidləşib, sidik turşusuna çevirilir.

Orqanizmdə kreatinin endogen sintezi qaraciyərdə baş verir (kreatin orqanizmə ət məhsullarının tərkibində həzm sistemindən də daxil ola bilər). Kreatin qaraciyərdən qana keçib, əzələlərə gətirilir, burada isə kreatinfosfata çevrilərək, əzələlərin enerji mübadiləsində iştirak edir.

Qaraciyər su - e le k t r o l i t mübadiləsi iştirak etməklə, orqanizm üçün təbii «filtr» funksiyası daşıyır. Bu orqan Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} ionlarının artıq hissəsini özündə saxlamaq və orqanizm üçün lazım geldikdə, onları qan damarlarına daxil etmək xassəsinə malikdir. Bundan əlavə, qaraciyər dəmir, mis və digər metal birləşmələrini ehtiyat üçün özündə toplayır və onların başqa toxumalara daşınmasına yardım göstərən nəqliyyat zülallarının (transferrin, seruloplazmin və s.) sintezində iştirak edir.

Qaraciyərin mühüm funksiyalarından biri vitamini mübadiləsi ilə əlaqədardır. Bu orqan yaşıda həll olan vitaminlər (A, D, E və K vitaminləri) üçün depo funksiyasını yerinə yetirir. A və D vitaminlərinin qaraciyərdəki ehtiyatı orqanizmin bu vitaminlərə tələbatını 3 aya qədər ödəyə bilir. Lakin qaraciyərin xronik xəstəlikləri zamanı qanda bu vitaminlərin miqdarı azalır. Yaşıda həll olan vitaminlərin bağırıqlardan sorulması qaraciyər-

dən öd sekresiyasının vəziyyətindən asılıdır. Bağırsağa öd daxil olmadıqda bu vitaminlərin sorulması pozulur.

B₁, B₂, B₁₂ vitaminləri və nikotin turşusu da qaraciyərdə toplana bilir. Bu orqanda B₁₂ vitamininin miqdarı xüsusilə çox olur. Buna görə, B₁₂ vitaminı çatışmazlığı ilə əlaqədar olan anemiyaların müalicəsində qaraciyərdən alınan preparatlardan geniş istifadə edilir. Bundan əlavə, qaraciyərdə bəzi vitaminlər (məsələn, nikotin turşusu) sintez edilir; suda həll olan vitaminlərin əksəriyyəti hepatositlərdə kofermentlərin sintezinə sərf edilir: bəzi provitaminlər qaraciyərdə müvafiq vitaminlərə (məsələn, karotin A vitamini) çevrilir. D vitamininin orqanizm daxilində «aktivləşməsinin» mərhələlərindən biri – kalsiferolun 25-hidroksikalsiferola çevrilməsi – qaraciyərdə həyata keçirilir. Qaraciyərin *hormon mübadiləsinde* iştirakı özünü bəzi hormonnəqlədici zülalların sintezi və bir sıra hormonların artıq hissəsinin inaktivləşdirilməsi ilə bürüzə verir. Məsələn, steroid hormonların nəql edilməsində mühüm rolü olan kortikosteroibirləşdirici zülləl, insulinı inaktivləşdirən insulinaza fermenti və steroid hormonlarını katabolizmə uğradan fermentlərin əksəriyyəti qaraciyərdə sintez edilir.

4.2. QARACİYƏRİN ANTİTOKSİK VƏ EKSKRETOR (İFRAZEDİCİ) FUNKSIYASI

Normal şəraitdə bağırsaqlardan qana müxtəlif zərərlər maddələr sorulur. Bu maddələr qapı venası vasitəsilə bağırsaqlardan qaraciyərə gətirilir. Toksik xassəli maddələrin zərərsizləşdirilməsinin müxtəlif fizioloji və biokimyəvi mexanizmləri vardır. Bunlara irimolekullu maddələrin, mikroblastın və hüceyrə hissəciklərinin faqositoza uğradılması (Kupfer hüceyrələrində), zəhərli məhsulların kimyəvi dəyişikliklərə (oksidləşmə, reduksiya, hidroliz və konyuqasiya reaksiyalarına) uğradılıb, orqanizmə az zərər vuran və asanlıqla ifraz edilə bilən maddələrə çevrilməsi və bəzi maddələrin öd yolları vasitəsilə ekskresiyası aiddir.

Qaraciyərin antitoksik fəaliyyətinin ən mühüm mexanizmi konyuqasiya reaksiyaları ilə əlaqədardır. Bu mexanizmə müxtəlif maddələrin qlükuron turşusu ilə (bilirubin, bromsulfoftalein, estrogenlər, antipirin, mentol və s.), sulfat turşusu ilə (indoksil, skatoksil, purin və pirimidin törəmələri və s.), qlisinlə (benzoy turşusunun hippur turşusuna çevrilməsi, öd turşularının qoşa birləşmələrə çevrilməsi və s.), glutaminlə, sirkə turşusu ilə, metil qrupları ilə və b. funksional qruplarla birləşməsi aiddir. Adətən konyuqasiyaya uğradılmış maddələr suda öz ilkin formalarına nisbətən yaxşı həll olur və orqanizmdən daha asanlıqla xaric edilir.

Ödün tərkibində orqanizmdən böyrək vasitəsilə (sidiklə) ifraz edilə bilməyən bir sıra birləşmələr xaric edilir. Orqanizmdən öd yolları vasitəsilə xaric edilən bəzi boyaq maddələrini (bromsulfoftalein, benqalrot, azorubin) qan damarlarına yeritmək yolu ilə aparılan sınaqlar qaraciyərin ekskretor fəaliyyətini öyrənməyə imkan verir. Bunlardan bromsulfoftalein sınağı daha geniş istifadə edilir. Adı çəkilən sınağı apararkən vena daxilinə 5 mq/kq dozada 0,5 %-li bromsulfoftalein məhlulu yeridilir. Məlumdur ki, insan orqanizmində qan plazmasının orta həcmi hər 1 kq çəkiyə 50 ml-dir.

Buna görə, vena daxilinə 5 mq/kq dozada bromsulfoftalein yeridildikdə, onun plazmadakı ilkin qatılığı 10 mq % olmalıdır. İnyeksiyadan 45 dəq sonra götürülən qanın plazmasında bromsulfoftaleinin qatılığını təyin edib, onu ilkin göstərici ilə müqayisə edirlər. Məsələn, əgər inyeksiyadan – 45 dəqiqə sonra qan plazmasında bromsulfoftaleinin qatılığı 0,8 mq % olarsa, bu, həmin boyaq maddəsinin 8 %-nin qanda qaldığını göstərir [(0,8mq% : 10,0 mq %) : 100=8%]. Belə hesab edilir ki, qaraciyərin fəaliyyəti normal olduqda bromsulfoftalein sınağının nəticəsi 5%-dən artıq olmamalıdır.

Qaraciyərin antitoksik fəaliyyətini tədqiq etmək üçün aparılan sınaqlardan biri Kvik sınağı (hippur sınağı) adlanır. Kvik sınağının klinikada tətbiqi artıq öz əhəmiyyətini itirmişdir. Hazırda bu sınaqdan yalnız eksperimental tədqiqat işlərində istifadə edilir. Bundan ötrü vena daxilinə sodium-benzoat (benzoy turşusunun sodium duzu) yeridilir və müəyyən müddət ərzində orqanizmdən sidiklə xaric edilən hippur turşusunun miqdarı təyin edilir. Hippur turşusu sodium-benzoatin qlisinlə konyuqasiyaya uğramış törəməsidir. Bu sınaq yalnız qaraciyərin ağır zədələnmələri zamanı müsbət nəticə verir. Həssaslıq dərəcəsi çox yüksək olmadığına görə, hazırda Kvik sınağından geniş istifadə edilmir.

V FƏSİL

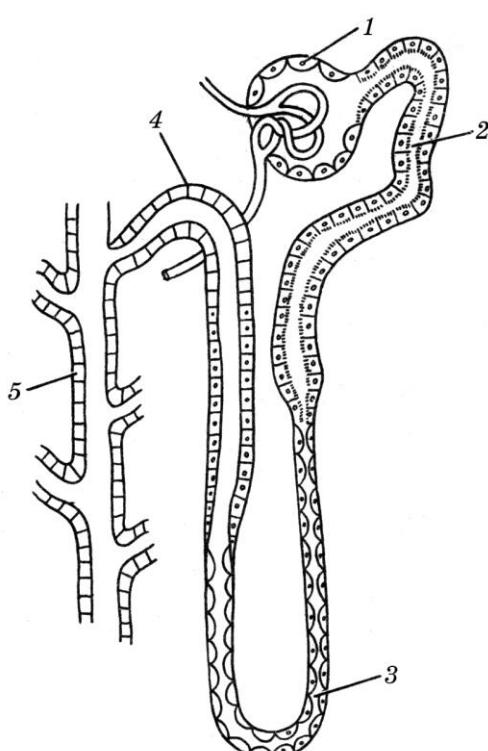
BÖYRƏYİN FUNKSİONAL BİOKİMYASI

Böyrək – əsas funksiyası orqanizmin daxili mühitinin sabitliyini mühabizə etməkdən ibarət olan orqandır. Bu orqanın əsas funksiyası hüceyrələrdən hüceyrəarası sahəyə, oradan isə qana keçən metabolizm məhsullarının orqanizmdən kənar edilməsi ilə əlaqədardır. Bu funksiya böyrəklərin sidikyaradıcı fəaliyyəti sayəsində təmin edilir. Böyrəklərin sidikyaradıcı fəaliyyəti sayəsində azotlu maddələr mübadiləsinin son məhsulları orqanizmdən kənar edilir, bioloji mayelərdə su-elektritolit balansı və turşu-qələvi müvazinəti təmin edilir (*requlyator-homeostatik funksiya*), arterial qan təzyiqi sabit səviyyədə saxlanır. Böyrəklərin requlyator-homeostatik funksiyasından əlavə, *zərərsizləşdirici* və *daxili sekresiya* (endokrin) funksiyaları da vardır.

Böyrəyin daxili sekresiya *fəaliyyəti* bu orqanda hormonal və humorallı tənzimedicilərin sintezi ilə əlaqədardır. Böyrək parenximində sintez edilən eritropoetin qana keçib, sümük iliyində eritropoez (eritrositlərin əmələ gəlməsi) prosesini stimulyasiya edir. Bundan əlavə, böyrəklər damar tonusunun və arterial təzyiqin tənzimində iştirak edirlər. Onların yukstaqlomerulyar (yumaqcıqətrafi) hüceyrələrindən sekresiya edilən renin qan plazmasının α_2 -globulin fraksiyasına daxil olan angiotenzinə təsir göstərib, ondan I angiotenzin adlanan peptid zəncirini (dekapeptid) ayıır; I angiotenzin isə karboksikatepsinin təsirindən II angiotenzinə çevrilir (bax: I hissə, səh 168-169). II angiotenzin həm bilavasitə arteriolların tonusuna qüvvətləndirici təsir göstərir, həm də böyrəküstü vəzilərin qabiq maddəsindən aldosteronun sekresiyasını sürətləndirməklə, natriumun və suyun böyrəklər vasitəsilə xaric olmasına azaltmaq yolu ilə dövran edən qanın həcmini artırır. Hər iki proses arterial təzyiqin artımına xidmət edir. Böyrəyin arterial təzyiqin tənzimində iştirakında ikinci mexanizm bu orqanın beyin maddəsində sintez edilən E₂ prostaqlandininin təsiri ilə əlaqədardır. E₂ prostaqlandini beyin maddədən yunstaqlomerulyar hüceyrələrə keçib, renin fəaliyyətini birbaşa – sintez edildiyi hüceyrələrin daxilində azalda bilir, qana keçən E₂ prostaqlandini isə arteriolların tonusunu azaldır. Beləliklə, böyrəklər arterial təzyiqin universal tənzimləyiciləridir. Bu orqan orqanizmin tələbatından asılı olaraq, arterial təzyiqin həm azalmasına, həm də artmasına şərait yarada bilir. Böyrəklərdə baş verən *zərərsizləşdirilmə* prosesinin əsasını hidrofob xassəli maddələrin qlisin, sirkə turşusu və qlükuron turşusu kimi maddələrlə reaksiyaya girib, qoşa birləşmələrə çevrilməsi və ya bəzi toksik təsirli birləşmələrin (məsələn, spirlər) oksidləşdirilməsi təşkil edir. Bu reaksiyalar sayəsində hidrofob xassəli toksik maddələr hidrofil xassə əldə edir və asanlıqla orqanizmdən xaric edilir (sidiyin tərkibində).

5.1. BÖYRƏYİN MORFOLOJİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ HAQQINDA ÜMUMİ MƏLUMAT

Orta bədən ölçülərinə malik olan insanın 1 cüt böyrəyinin ümumi kütləsi 250-300 q-dır. Böyrəyin parenximatoz maddəsi 2 əsas hissədən ibarətdir: 1) xarici qatı təşkil edən *qabıq maddə* və 2) daxili hissədə yerləşən *beyin maddə*. İnsan böyrəyinin boylama kəsiyində 8-12 piramidaşəkilli hissə (pay) nəzərə çarpir. Onlar beyin maddədən ibarət olan konusabənzər hissələrdir. Piramidaların zirvələri böyrək ləyənənə tərəf yönəlmüş vəziyyətdə olur, əsasları isə qabıq maddə ilə əhatələnir. Qabıq və beyin maddələr bir-birindən böyrəyin sidikyaradıcı funksional vahidləri olan nefronların və qan damarlarının yerləşmə xüsusiyyətləri ilə fərqlənir.



Şəkil 5.1. Nefronun quruluşu:
1 – yumaqcıq; 2 – proksimal borucuq;
3 – Henle ilgəyi; 4 – distal borucuq;
5 – yiğici borucuq.

arteriya hesab edilir. Qan böyrək borucuqlarına gətirici damarlar (*vaz afférente*) *vasitəsilə gətirilir və buradan aparıcı damarlar* (*vaz efferente*) vasitəsilə geriyə qayıdır. Aparıcı damarların diametri normal halda gətirici damarlarla nisbətən 30 %-ə qədər qısa olur. Yumaqcıqlar borucuq epitelindən ibarət olan ikiqat divarlı kapsulla əhatələnir. Buna *Boumen-Şumlyanski kapsulu* deyilir. Kapsulun qışaları arasında böyrək borucuqları ilə əlaqəli olan boşluq yerləşir. Bütün yumaqcıqlar böyrəyin qabıq hissəsində yerləşir. Bunlardan bir hissəsi böyrəyin xarici təbəqələrinin yaxınlığında, bir hissəsi isə nisbətən dərində olur. Xarici hissəyə yaxın olan yumaqcıqlara *qabıq yu-*

Nefronlar böyrəklərin struktur-funksional vahidini təşkil edən və sidikəmələtgitmə fəaliyyətini həyata keçirən hissələridir. İnsanın hər bir böyrəyində 1 mln-a qədər nefron olur. Nefron yumaqcıqdan və böyrək borucuğundan ibarətdir (şəkil 5.1.). Böyrək borucuqlarının (qıvrım borucuqlar) proksimal hissəsi yiğici borucuqlara açılır.

Yiğici borucuqlar embrional mənşeyinə və sitoloji strukturuna görə, böyrəyin qıvrım borucuqlarından fərqlənir və onların hər birinə bir neçə qıvrım borucuq birləşir. Yiğici borucuqların funksiyası təkçə sidiyi toplamaqla başa çatmir, onlar həm də son sıdiyin əmələ gəlməsində də fəal iştirak edirlər. Buna görə, yiğici borucuqlar da nefronun bir hissəsi hesab edilir.

Böyrək yumaqcığı kapillyar kələfi şəklindədir. Damar sisteminin digər hissələrindən fərqli olaraq, qanı böyrək yumaqcığına gətirən və oradan aparan damarların hər ikisi

maqcıqları, dərində yerləşənlərə isə – *yukstamedullyar yumaqciqlar* adı verilmişdir. Böyrək borucuqlarının başlanğıcı Boumen-Şumlyanski kapsulu ilə əlaqəlidir. Buradan başlanan birinci dərəcəli qıvrım borucuqlar böyrəyin beyin maddəsinə doğru uzanaraq, düz borucuqlarla birləşir. Düz borucuqlar beyin maddənin xarici təbəqələrinə qədər davam edir. Onlar birinci dərəcəli qıvrım borucuqlarla birlikdə nefronların proksimal hissəsini təşkil edir. Proksimal hissənin düz borucuğu distal düz borucuqla nazik seqment vasitəsilə birləşir. Onları birləşdirən ilgəkşəkilli borucuğa *Henle ilgəyi* adı verilmişdir. Bu ilgəkdən başlayaraq, yenidən böyrəyin qabiq maddəsinə istiqamət alan düz borucuq Henle ilgəyinin qalxan hissəsi adlanır; qalxan hissə ilgəyi ikinci dərəcəli qıvrım borucuqla (və ya distal qıvrım borucuqla) birləşdirir. Həm proksimal, həm də distal qıvrım borucuqlar böyrəyin qabiq maddəsində yerləşir. Distal qıvrım borucuqlar həm də nefronların yumaqciqlarında olan aparıcı arteriollarla təmasda olur. Onların təmas sahəsi yüksək (10-15 mm pleks adlanır). Böyrək borucuğun ümumi uzunluğu 35-50 mm-dən artıq olmur. Lakin bir cüt böyrəkdə olan nefronların sayının 2 mln-dan artıq olduğunu nəzərə alsaq, aydın olar ki, bütün borucuqların ümumi uzunluğu 70-100 km-ə qədərdir; onların sorucu sahəsi isə bir neçə kvadratmetrlik sahəni əhatə edir.

Distal qıvrım borucuq qabiq maddədə yığıcı borucuğa birləşir. Bu borucuğun şaxələri həm qabiq maddədə, həm də beyin maddənin daxili təbəqələrində yerləşir. Yığıcı borucuqlar böyrək kasaciqlarında olan məməciklərin üzərində ləyənciklərə açılır. Onların orta uzunluğu 22 mm-dir. Böyrəklər qanla ən çox təchiz edilən orqanlardan biridir. 1 dəq ərzində böyrəklərdən 1-1,3 l-ə qədər qan keçir. Qan böyrəklərə böyrək arteriyası vasitəsilə gətirilir. Böyrək arteriyası orqanın daxilində böyrək payı arteriyalarına bölünür; bu arteriyaların qabiq və beyin maddələrin sərhəddində əmələ gətirdiyi arterial qövslərdən payçıqarası arteriyalar ayrılır. Sonuncu arteriyaların şaxələri böyrək yumaqciqlarının gətirici arteriollarını təşkil edir. Hər bir arterioldan 50-yə qədər kapillyar ayrıla bilər. Bu kapillyarlar böyrək yumaqciğinin damar sistemində daxildir. Onlar yumaqciq kələfini dövr etdikdən sonra birləşib, yumaqciğın aparıcı arteriolunu təşkil edirlər. Bu arteriollardan keçən qan isə böyrəyin venoz damarlarına toplanır. Böyrəyə gətirilən qanın 80%-ə qədəri yumaqciqların damar kələfindən, 20%-ə yaxını isə böyrəyin beyin və qabiq təbəqələrinin sərhəddində yerləşən yukstaqlomerulyar kələflərdən keçir. Yukstaqlomerulyar qan dövranının fizioloji rolü tam aydın olmasa da, məlumdur ki, böyrəkdə sintez edilən bioloji aktiv maddələr (eritropoetin, renin və s.) bu damarlara sekresiya edilir.

5.2. BÖYRƏYİN SİDİKYARADICI FƏALİYYƏTİNİN MEXANİZMİ

Yuxarıda göstərildiyi kimi, böyrəklərdə sidiyin əmələ gəlməsi nefronların funksiyası ilə əlaqədardır. Nefronların sidikyaradıcı funksiyası ultrafiltrasiya-reabsorbsiya nəzəriyyəsi ilə izah edilir. Bu nəzəriyyəyə görə, nefronların funksiyası 3 prosesdən – yumaqciqlarda baş verən filtrasiyadan, həmçinin böyrək borucuqlarındaki reabsorbsiya və sekresiyadan ibarətdir.

Yumaqcıq filtrasiyası. Sidiyin yaranması yumaqcıqlarda baş verən filtrasiya prosesi ilə başlayır. Yumaqcıqların damarlarından keçən qanın məye hissəsinin bir qismi Boumen-Şumlyanski kapsulunun divarları arasına süzülür. Bu zaman əmələ gələn filtratin tərkibi plazmanın tərkibində yalnız zülalların cüzi miqdarda olması ilə fərqlənir. «İlk sidik» adlanan yumaqcıq filtratinin tərkibində zülalların miqdarı o qədər az olur ki, onu adı tədqiqat üsulları ilə aşkarla çıxarmaq mümkün olmur. Buna görə, «ilk sidiyi» qan plazmasının zülalsız ultrafiltrati hesab etmək olar. Lakin böyrək yumaqcıqlarında olan damarların keçiriciliyi kəskin surətdə artıqdır (patoloji proseslərlə əlaqədar) ultrafiltratin tərkibinə zülal daxil ola bilər. Belə hallarda orqanizmdən xaric edilən son sidiyin də tərkibində zülal (xüsusən albumin) aşkar edilir. Buna proteinuriya və ya albuminuriya deyilir.

Orta bədən kütləsinə malik olan insanın böyrəklərində normal halda 1 dəq. ərzində 120-125 ml ilk sidik əmələ gəlir; 1 gün ərzində əmələ gələn ilk sidiyin həcmi isə 170-180 litrə bərabər olur. Əgər 1 gün ərzində böyrəklər dən keçən qanın 1700-1800 litrə bərabər olduğunu nəzərə alsaq, aydın olar ki, buradan keçən qanın ümumi həcminin 10%-ə qədəri yumaqcıqlarda filtrasiyaya uğrayır. Orqanizmdən xaric edilən son sidiyin həcmi isə ilk sidiyin 1 %-nə yaxın (1 gün ərzində 1,5-2,0 l) olur.

Filtrasiya passiv prosesdir. Bu prosesin əsas hərəkətverici qüvvəsi yumaqcıq kapillyarlarında olan hidrostatik təzyiqdir (təxminən 70 mm c.st.). Qanın onkotik təzyiqi (30 mm c.st.) və Boumen-Şumlyanski kapsulundakı hidrostatik təzyiq (20 mm c.st.) filtrasiya prosesinə əks-təsir göstərir. Bunu nəzərə alaraq, filtrasiya təzyiqini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$FT = KT - (OT + KapsT)$$

Burada FT – filtrasiya təzyiqi, KT – yumaqcıq kapillyarlarındakı hidrostatik təzyiq, OT – qanın onkotik təzyiqi, KapsT isə kapsuldaxili hidrostatik təzyiqdir. Beləliklə, filtrasiya təzyiqi təxminən 20 mm c.st. səviyyəsində olur $[70-(30+20)=20]$. Şəraitdən asılı olaraq, bu göstərici 20 mm c.st. ilə 30 mm.c.st. arasında tərəddüb edə bilər. Arterial təzyiq kəskin surətdə aşağı endikdə (məsələn, travmatik şok zamanı) və ya yumaqcıqların gətirici arteriyalarında spazm olduqda (məsələn, güclü ağrı nəticəsində törənən hipoadrenalinemiya zamanı) yumaqcıq kapillyarlarındakı hidrostatik təzyiq 50 mm c.st. səviyyəsindən aşağı enərsə, filtrasiya prosesi dayana bilər. Travmatik şok və güclü ağrı hissi ilə əlaqədar olan reflektor anuriyanın əmələ gəlməsi təsvir edilən mexanizmlə izah edilir. Böyrəyə gələn qanın miqdarının artması, yumaqcıqların aparıcı damarlarının tonusunun qüvvətlənməsi və ya onların mənfəzinin digər səbəblərlə əlaqədar daralması, yumaqcıq kapillyarlarının keçiriciliyinin artması filtrasiyanın sürətlənməsinə səbəb olur və bu zaman diurezin həcmi də artır.

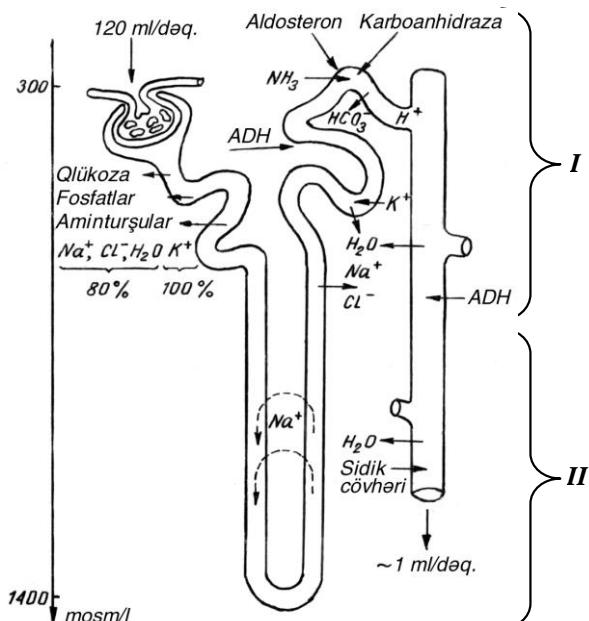
Reabsorbsiya və sekresiya. Yuxarıda göstərildiyi kimi, 1 gün ərzində böyrək yumaqcıqlarından Boumen-Şumlyanski kapsuluna filtrasiya edilən mayenin həcmi 170-180 l-ə bərabərdir. Bu, orqanizmdə olan mayenin ümumi həcmindən 3-3,5 dəfə çoxdur. İlk sidik böyrək borucuqları üzrə hərəkət etdikcə, onun 99 %-ə qədəri geriyə sorulub, qana keçir, yalnız 1 %-i son

sidik şəklində orqanizmdən xaric edilir. Bu proses *reabsorbsiya* adlanır. Reabsorbsiya prosesinə sudan başqa, ilk sidiyin tərkibində məhlul şəklində olan müxtəlif üzvi və qeyri-üzvi maddələr də uğrayır. Bu prosesin normal gedisi zamanı plazmanın ultrafiltratından (ilk sidikdən) qlükoza və zülalların hamısı, suyun, aminturşuların, Na^+ , Cl^- və HCO_3^- ionlarının 99%-ə qədəri, K^+ ionlarının 93 %-i, karbamidin 45%-i geriyə sorulur; bəzi metabolizm məhsullarının reabsorbsiyaya uğrayan hissəsinin faizlə miqdarı nisbətən az olur, bəziləri isə (məssələn, kreatinin) ümumiyyətlə, reabsorbsiyaya uğramır.

Reabsorbsiya zamanı ilk sidikdən əvvəl ikincili və nəhayət son sidik əmələ gəlir. Son sidik böyrək kasaciqlarından və ləyənciklərindən keçib, sidik axarı vasitəsilə sidik kisəsinə gətirilir.

Böyrək borucuqlarının müxtəlif şöbələrinin sidikyanma prosesindəki rolü bir-birindən fərqlənir. Proksimal borucuqlara daxil olan ilk sidiyin osmolyarlığı (290-310 mosm/l) və xüsusi çəkisi (1,010) qan plazmasının eyni göstəriciləri ilə bərabər olur. Burada ilk sidikdən qlükoza, zülallar, aminturşular Na^+ , K^+ və xlor ionları, suyun 75%-ə qədəri, fosfatların əksəriyyəti, karbamidin bir hissəsi və digər maddələr reabsorbsiyaya uğrayır (Şəkil 5.2).

Proksimal borucuqlarda suyun reabsorbsiyası izoosmotik şəraitdə gedir və antidiuretik hormonun təsirindən asılı olmur; natriumun reabsorbsiyası elektrokimyəvi və osmos qradiyentinin əks-istiqamətində olduğuna görə, enerji sərfi ilə (aktiv nəqlolunma üsulu ilə) həyata keçirilir. Buna görə, aktiv nəqlolunma prosesinə sərf edilən enerjinin yaranması üçün böyrəklərdə katabolizmin sürəti və oksigen sərfi digər orqanların əksəriyyətindəkinə nisbətən çoxdur. Xlorid anionu reabsorbsiya prosesində Na^+ kationunun ardınca, elektrostatik cazibə qüvvələri üzrə hərəkət edir; suyun reabsorbsiyası da passiv nəqlolunma üsulu üzrə həyata keçir; bunun nəticəsində natrium və xlor ionlarının böyrəklərin interstisial sahəsində yarada biləcəyi osmos qradiyentinin qarşısı alınır. Böyrəyin beyin maddəsində yerləşən Henle ilgəyinin daxilində hərəkət edən mayenin (ikincili sidik) osmos təzyiqi plazmadakına nisbətən bir neçə dəfə yüksək olur. Bu ilgəyin enən hissəsi həm suyu, həm də Na^+ ionunu maneəsiz keçirir. Burada su passiv surətdə borucuqdan interstisial sahəyə, Na^+ ionları isə interstisial sahədən boru-



Şəkil 5.2. Nefronda sekresiya, reabsorbsiya və qatilaşdırma prosesinin gedisi ($s \times e \cdot m$):

- nefronun böyrəklərin qabiq maddəsində (I) və beyin maddəsində (II) lokalizasiya edən hissələri.

cuqlara geçirir. Nəticədə ikincili sidik Henle ilgəyinin enən hissəsi üzrə hərəkət etdikcə qatılışır və onun osmolyarlığı artır. İlgəyin ən aşağı nöqtəsində ikincili sidiyin osmolyarlığı ən yüksək səviyyəyə – 1200-1400 mosm/l-ə çatır. Bundan sonra Henle ilgəyinin qalxan hissəsinə keçən ikincili sidiyin tərkibindən Na^+ ionları aktiv nəqlolunma üsulu ilə xaricə çıxır və bu hissənin suyu keçirməsi sayəsində sidiyin osmolyarlığı sürətlə azalıb, təxminən 100 mosm/l-ə çatır. Beləliklə, Henle ilgəyinin qalxan hissəsində hipotonik maye olur, onu əhatə edən interstisial maye isə hiperosmolyarlığı ilə fərqlənir. Bu sahədə yerləşən damarlar suyu və natriumu asanlıqla keçirir. Buna görə, həmin damarlarda mayenin osmolyarlığı böyrəyin beyin maddəsinin interstisial mayesinin osmolyarlığına bərabər olur. Lakin beyin maddədə qan damarları nisbətən az olduğuna görə, bu hissənin interstisial sahəsindən kationların «yuyulmasına» sürəti nisbətən zəif olur. Bu, interstisial sahədə böyük enerji sərfi sayəsində yaranan hiperosmolyarlığın saxlanması şərait yaradır (bu zona böyrəyin ümumi kütləsinin 10 %-ni təşkil edir, buradan keçən qanın həcmi isə böyrəklərə gələn qanın ümumi həcminin 1 %-dən artıq deyil).

Beləliklə, böyrək borucuqlarının distal hissəsinə gələn sidiyin osmos təzyiqi aşağı səviyyədə olur. Burada borucuqlardan interstisial sahəyə böyük miqdarda su çıxır və postqlomerulyar qan dövranının güclü olması sayəsində asanlıqla böyrəklərdən aparılır.

Qıvrım borucuqların distal hissəsində və yiğici borucuqlarda suyun reabsorbsiyasına antidiuretik hormon da (ADH, vazopresin) təsir göstərir. Qıvrım borucuqlarda sidiyin osmolyarlığı 100 mosm/l-dən 300 mosm/l-ə qədər artır. Lakin ADH sekresiyası pozulduqda (şəkərsiz diabet xəstəliyi zamanı) qıvrım və yiğici borucuqlarda sidiyin qatlaşması mümkün olmadığını görə, gün ərzində 6-20 l və daha artıq hipotonik xassəli sidik ifraz edilə bilər. Yiğici borucuqlar böyrəyin beyin maddəsində yerləşir. Buranın interstisial mayesinin osmos təzyiqi yüksək olur. ADH sekresiyası maksimal səviyyədə olduqda yiğici borucuqlardan 1-2 l-ə qədər su reabsorbsiyaya uğrayır və burada sidiyin osmos təzyiqi 1200 mosm/l-ə qədər yüksələ bilir. Böyrəyin beyin maddəsi zədələndikdə burada suyun reabsorbsiyası pozulur; bu zaman ADH-nin reabsorbsiyaya təsiri də zəifləyir və orqanizmdən böyük miqdarda (gündə 2-3 l və daha artıq) izotonik xassəli sidik xaric olur.

Sidiyin tərkibində reabsorbsiyaya uğramayan (və ya reabsorbsiyaya uğramaq xassəsi zəif olan) osmotik aktiv maddələrin qatılığı artdıqda ADH-nin reabsorbsiyaya təsiri zəifləyir və diurez artır. Buna *osmotik diurez* deyilir. Şəkərli diabet xəstəliyi zamanı qlükozuriyanın diurezin artması ilə müşayiət edilməsində son sidiyin osmos təzyiqinin artmasının müəyyən rolü vardır.

Böyrək borucuqlarının distal hissəsində aktiv mexanizm üzrə reabsorbsiyaya uğrayan Na^+ ionlarının bir hissəsi sonradan K^+ və H^+ kationları ilə əvəz olunur. Bu kationlar aldosteronun təsiri altında aktiv nəqlolunmayı kataliz edən ferment sistemi uğrunda rəqabət aparır. Aldosteron bu yolla natriumun orqanizmdə saxlanması şərait yaradır və K^+ ionlarının xaric olmasını artırır. Beləliklə, böyrək borucuqlarının distal hissəsində natriumun reabsorbsiyası və kaliumun sekresiyası aldosteron sekresiyasının

sürötindən asılıdır. Hipervolemiyaya (qanın həcminin azalması), dehidrasiyaya və böyrəklərin qanla təchizatının azalmasına səbəb olan amillər böyrəküstü vəzinin qabıq maddəsindən aldosteron sekresiyasını artırır. Böyrəklərin qanla təchizatı azaldıqda renin sekresiyası da sürətlənir. Renin isə angiotenzinin əmələ gəlməsini sürətləndirir. Angiotenzinin hətta arterial təzyiqin artmasına səbəb olmayan dozaları da aldosteron sekresiyasını bir neçə dəfə artırır bilir. Bu dəyişikliklər orqanizmdə natrium və suyun saxlanması, K^+ və H^+ kationlarının isə böyrək borucuqlarından sıdiyin tərkibinə sekresiya edilməsinə şərait yaradır.

Böyrək borucuqlarında müxtəlif üzvi və qeyri-üzvi maddələrin reabsorbsiya və sekresiyası bir-birilə paralel surətdə və ya növbələşmə yolu ilə davam edir. Bu prosesin nəticəsi yumaqcıq ultrafiltratının sıdiyə çevrilməsindən ibarətdir. Bu proses zamanı ilk sıdiyin tərkibindən su ilə birlikdə orqanizm üçün faydalı olan maddələr də (qlükoza, aminturşular, bəzi mineral maddələr və s.) geriyə sorulur. Mübadilənin bəzi son məhsulları isə ya reabsorbsiyaya uğramır, ya da suya nisbətən zəif sürətlə sorulduğuna görə, onların böyük hissəsi son sıdiyin tərkibində qalır. Buna görə, belə maddələrin son sidikdəki qatılığı ilk sidikdə və plazmadakına nisbətən dəfələrlə artıq olur (cədvəl 5.1.).

Cədvəl 5.1

Qan plazmasının və sıdiyin tərkibində müxtəlif maddələrin qatılığı (%-lə)

Maddənin adı	Qan plazması	Sidik
Qlükoza	0,1	-
Karbamid	0,003	2,0
Ammoniak	0,001	0,04
Sidik turşusu	0,004	0,05
Kreatinin	0,001	0,075
Kalium	0,02	0,15
Natrium	0,3	0,35
Kalsium	0,008	0,015
Maqnezium	0,002	0,006
Fosfatlar	0,009	0,15
Sulfatlar	0,002	0,18
Xloridlər	0,37	0,6

Həm reabsorbsiya, həm də sekresiya ya aktiv, ya da passiv nəqleldilmə yolu ilə baş verə bilər. Yuxarıda suyun və bəzi mühüm ionlarının (Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^-) reabsorbsiya və sekresiyası haqqında məlumat verməklə, sidikyanma prosesini ümumi şəkildə izah etmişik. Lakin nefronların fəaliyyəti təkcə həmin maddələrin reabsorbsiya və ya sekresiyası ilə məhdudlaşdır. Bir sıra mühüm üzvi və qeyri-üzvi maddələrin böyrək borucuqlarındakı yerdəyişmələrinin xüsusi qanunauyğunluqları vardır. İndi isə bu qanunauyğunluqları nəzərdən keçirək.

Qlükozanın reabsorbsiyası. Qlükoza böyrək yumaqcıqlarında asanlıqla filtrasiyaya uğrasa da, normal sıdiyin tərkibində olmur (və ya əhəmiyyətsiz dərəcədə olur). Bu, qlükozanın böyrək borucuqlarında tam

reabsorbsiyaya uğraması ilə əlaqədardır. Yalnız qanda qlükozanın qatılığı 9 mmol/l-i (170-180 mq %) ötüb keçidikdə, sidiyin tərkibində şəkər ifraz edilir (buna qlükozuriya deyilir). Borucuqlarda qlükozanın reabsorbsiyası ilə Na^+ ionlarının geriyə sorulması arasında əlaqə vardır. Qlükoza böyrək borucuqlarının proksimal hissəsində olan epitel hüceyrələrinin membranlarından ikincili aktiv nəqlolunma yolu ilə (yəni aktiv surətdə nəql edilən Na^+ ionları ilə birlikdə) keçir. Borucuqların başlangıç hissəsində qlükozanın 98%-ə qədəri reabsorbsiyaya uğrayır; nefronun proksimal şobəsinin düz hissəsi (Henle ilgəyinin enən hissəsi) qlükozani qırım borucuğa nisbətən zəif keçirir.

A m i n t u r s u l a r i n böyrək borucuqlarından reabsorbsiyası da qlükozanın geriyə sorulmasına oxşardır. Onlar da böyrək filtrini maneəsiz keçir və sonradan reabsorbsiyaya uğrayırlar və bu proses də Na^+ kationunun iştirakı ilə baş verir. Müxtəlif aminturşu qruplarının biomembranlardan nəql edilməsi müxtəlif nəqledici sistemlərin fəaliyyəti ilə əlaqədardır. İndiyə qədər neytral, tsiklik, qələvi xassəli, turş xassəli aminturşuların və prolinin spesifik nəqledici zülalları aşkar edilmişdir. Aminturşular böyrək borucuqlarının proksimal hissəsindəki epitel hüceyrələrinin membranlarından da həmin nəqledici zülallar vasitəsilə və ikincili aktiv nəqlolunma yolu ilə (natrumla birgə simport üsulu ilə) keçir. Nəqledici sistemlərin pozulması sidiklə ifraz edilən aminturşuların miqdarının artmasına (aminasiduriya) səbəb ola bilər (insan normal halda 1 gün ərzində 1,1 qrama qədər aminturşu ifraz edir).

İrsi aminasiduriyanın ən çox rast gəlinən növlərindən biri – *sistinuriyadır*. Bu xəstəliyin 2 forması ayırd edilir. Onlardan birində sidikdə yalnız sistin, digərində isə sistinlə birlikdə qələvi xassəli aminturşular artıq miqdarda ifraz edilir. Sistinin həllolma qabiliyyəti zəif olduğuna görə, sistinuriyalı xəstələrdə erkən uşaqlıq dövründə böyrək daşları əmələ gələ bilər.

Fankoni sindromu adlanan irsi patologiya zamanı proksimal borucuqlarda eyni zamanda bir neçə nəqledici sistemin fəaliyyəti pozulur. Bu zaman xəstələrdə aminasiduriya, qlükozuriya, fosfaturiya ilə birlikdə, hidrogen ionlarının və sidik turşusu duzlarının ifraz edilməsinin pozulması müşahidə edilir.

Züllələrin reabsorbsiyası. Məlumdur ki, yumaqcılarda baş verən filtrasiya prosesi zamanı ilk sidiyin tərkibinə az da olsa, plazma albumini keçə bilir (yumaqcıq filtratının hər 1 l-də 10 mq-dan 100 mq-a qədər albumin olur). Lakin son sidiyin tərkibində normal halda zülal aşkar edilmir. Nefronların proksimal borucuqlarında olan epitel hüceyrələri böyrək filtratının tərkibində olan zülalları pinositoza uğradır (udur). Sonradan bu zülallar həmin hüceyrələrin lizosomlarında hidroliz edilir və əmələ gələn sərbəst aminturşular ya qan vasitəsilə orqanizmin toxumalarına daşınır, ya da böyrək zülallarının sintezinə sərf edilir. Belə hesab edilir ki, böyrəklərdə 1 dəq ərzində 30 mq-a qədər zülal reabsorbsiyaya uğradıla bilər. Əgər yumaqcıq membranlarının zədələnməsi nəticəsində zülalların filtrasiyası artarsa, son sidiyin tərkibində zülal ifraz edilə bilər (buna proteinuriya və ya albuminuriya deyilir).

Qüvvətli üzvi turşular və qələvilər nefronların daxilinə

əsasən aktiv sekresiya mexanizmi ilə, zəif turşu və qələvilər isə passiv sekresiya üsulu ilə daxil olur. Onlardan bir qrupu eyni üsullarla reabsorbsiyaya da uğraya bilir. Nefronların proksimal hissəsində müxtəlif (xüsusən yad xassəli) maddələrin sekresiyasına şərait yaranan 3 nəqledici sistem aşkar edilmişdir. Onlardan biri əsas etibarı ilə üzvi turşuların (paraaminhippur turşusu, tərkibinə fenol qalığı daxil olan boyaq maddələri, penisillin və s.), ikincisi nisbətən qüvvətli qələvi xassəli üzvi birləşmələrin (N' -metilnikotinamid, tetraethylammonium və s.), üçüncüüsü isə etilendiamintetraasetatın (EDTA) sekresiyası üçün cavabdehdir. Bu nəqledici sistemlər bir-birindən asılı olmadan fəaliyyət göstərir. Lakin hər bir sistemin sekresiya edə bildiyi birləşmələr arasında rəqabətli inhibisiya hadisəsi müşahidə edilir.

Zəif üzvi turşu və qələvilər böyrəklər vasitəsilə asanlıqla orqanizmdən xaric edilir. Bəzən bu birləşmələrin sidikdəki qatılığı çox yüksək səviyyədə olduğuna görə, belə təəssürat yaranır ki, onlar sidiyin tərkibinə aktiv sekresiya mexanizmi üzrə keçirlər. Əslində isə bu maddələr sidiyin tərkibinə ionlaşmamış şəkildə həm filtrasiya, həm də sekresiya mexanizmi vasitəsilə keçir. Onların sidikdəki qatılığının geniş hüdudda dəyişməsi isə mühitin pH-dan asılıdır. Borucuqlardakı sidiyin pH-1 zəif turşu və qələvilərin dissosiasiya etmə qabiliyyətini dəyişdirir; pH nisbətən aşağı olduqda zəif turşuların əsas hissəsi dissosiasiyaya uğramır, zəif qələvilər isə dissosiasiya etmiş vəziyyətdə olur. Buna görə, sidiyin reaksiyası turş olduqda zəif turşuların reabsorbsiyası artır və onların sidiklə ifrazı azalır. Bunun əksinə olaraq, həmin şəraitdə zəif qələvilərin reabsorbsiyası azalır, sidiklə xaricedilmə sürəti isə artır. Sidiyin reaksiyası qələvi olduqda, yuxarıda izah edilənin əksi müşahidə edilir.

Qeyri-polyar xassəli xırdamolekullu birləşmələr hüceyrə membranından asanlıqla keçə bilirlər. Belə maddələrin əksəriyyəti yumaqcıqlarda asanlıqla filtrasiyaya uğrayır. Nefronların proksimal hissəsində suyun reabsorbsiyası sürətli olduğuna görə, ilk sidikdə belə maddələrin qatılığı artır və onların bir hissəsi diffuziya mexanizmi üzrə qatılıq qradiyentinə müvafiq olaraq, borucuqlardan hüceyrəarası sahəyə keçir. Belə maddələrə karbamidi misal göstərmək olar. Nefronların daxili hissəsində suyun sürətlə reabsorbsiyaya uğraması nəticəsində buraya filtrasiya yolu ilə daxil olan karbamidin qatılığı artır. Nəticədə karbamidin bir hissəsi reabsorbsiyaya uğrayır. Lakin karbamidin reabsorbsiyası suya nisbətən aşağı sürətlə baş verdiyinə görə, nefronların daxilində bu maddənin qatılığı qan plazmasındakına nisbətən yüksək səviyyədə qalır.

5.3. ORQANİZMİN TURŞU-QƏLƏVİ MÜVAZİNƏTİNİN TƏNZİMİNDE BÖYRƏKLƏRİN ROLU

Məlumdur ki, toxumalardan qana fasıləsiz surətdə turş və qələvi xassəli maddələr keçir. Adı qida rasionu şəraitində fiziki sakitlik halında olan orqanizmin toxumalarında 1 gün ərzində 11 mol-a qədər CO_2 əmələ gəlir; züllələrin parçalanması və digər biokimyəvi reaksiyalar zamanı isə hüceyrədə böyük miqdarda qüvvətli turşu (sulfat turşusu, fosfat turşusu və s.) anionları yaranır. Bu turşuların yaranması hidrogen kationlarının da (H^+) əmələ

gəlməsi ilə müşayiət edilir (gündə 40-88 mmol-a qədər). Orqanizmdə turşu-qələvi müvazinətinin mühafizəsindən və bioloji mayelərdə (qan, limfa, hüceyrəarası maye) pH-in sabit saxlanmasından ötrü, turş xassəli birləşmələr vaxtında neytrallaşdırılmalıdır, ya da xarici mühitə ifraz edilməlidir. Bu proses pozulduqda asidoz əmələ gəlir. Turşu-qələvi müvazinətinin mühafizəsi üçün təkcə turşuların orqanizm daxilində neytrallaşdırılması kifayət deyil. Çünkü, adətən metabolizm prosesləri zamanı orqanizmdə əmələ gələn və ya qida vasitəsilə qəbul edilən qələvilərin miqdarı turşulara nisbətən az olur. Buna görə, fizioloji və patoloji şəraitdə turşu-qələvi müvazinətinin asidoz istiqamətində dəyişmələrinə daha çox təsadüf edilir. Orqanizmdə qələvi xassəli maddələrin toplanmasına vegetaryan pəhrizi ilə uzunmüddətli qidalanma zamanı təsadüf edilir. Digər hallarda isə metabolizm prosesi zamanı uçucu olmayan turşuların əmələ gəlməsi qələvilərin əmələ gəlməsini üstələyir. Buna görə, turşu-qələvi müvazinətinin mühafizəsinə xidmət edən sistemlər adətən asidozon qarşısının alınması istiqamətində daha qüvvətli fəaliyyət göstərməli olurlar. Müvafiq fizioloji sistemlərin (əsasən tənəffüs sistemi və böyrəklər) fəaliyyəti sayəsində qanda hidrogen ionlarının qatılığı daimi surətdə müəyyən səviyyədə saxlanılır (normal halda qanın pH-ı 7,36-dan 7,44-ə qədər ola bilər).

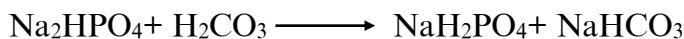
Orqanizmdən uçucu xassəli (qaz halında olan) turş metabolizm məhsulları ağciyərlər, qaz halında olmayan turşular isə böyrəklər vasitəsilə xaric edilir. Toxumalardan qana keçən turşuların artıq hissəsi ilk növbədə qanın bufer sisteminin neytrallaşdırıcı təsirinə məruz qalır. Bufer sistemi turşuları nisbətən tez müddətdə (30 san ərzində) neytrallaşdırır bilir. Lakin bu zaman qanın bufer tutumu azaldığından, turşuların yeni porsiyalarının neytrallaşması yalnız ağciyərlərin və böyrəklərin fasiləsiz fəaliyyəti şəraitində mümkün olur. Ağciyərlər qana daxil olan uçucu xassəli turş məhsulları (karbonat turşusu) təxminən 3 dəq-yə yaxın müddətdə orqanizmdən xaric edə bilir. Böyrəklərdən isə uçucu xassəyə malik olmayan turşuların artıq miqdarı nisbətən zəif sürətlə (10-20 saata qədər) ifraz edilir.

Qan plazmasında olan anionlar böyrək yumaqcıqlarından filtrasiya edilir və borucuqlarda əsasən sodium ionları vasitəsilə neytrallaşdırılır. Lakin anionların hamisinin sodiumla birlikdə xaric edilməsi fizioloji cəhətdən əlverişli deyil. Çünkü, belə halda orqanizm çox böyük miqdarda sodium itirə bilər. Buna görə, təkamül prosesində anionların böyrəklər vasitəsilə ifraz edilməsinin xüsusi mexanizmləri yaranmışdır. Yumaqcıqlardan Boumen-Şumlyanski kapsuluna filtrasiya edilən sodiumun 80%-dən artıq borucuqlardan reabsorbsiya edilir və turşuların neytrallaşdırılması üçün böyrəklər başqa kationlardan (xüsusən ammonium kationu) istifadə edir. Bundan əlavə, sodiumun bir hissəsi borucuqlara sekresiya edilən kaliumla əvəz olunur. Böyrəklər ammonium kationunu glutaminin və aminturşuların dezaminləşməsindən əldə edir. İonlara dissosiasiya etmə xassəsi zəif olan üzvi turşular böyrək borucuqlarından müvafiq duzların bikarbonatlarla reaksiyası sayəsində xaric edilir, qüvvətli turşuların (sulfat və fosfat turşuları) neytrallaşdırılmasında isə ammonium ionu iştirak edir.

Böyrəklərin qanda hidrogen ionlarının qatılığının sabitliyini mühafizə etməsi sodiumuretik funksiya ilə və hidrogen ionlarının sekresiyası ilə sıx

surətdə əlaqədardır. Bu prosesin mexanizmi aşağıdakı biokimyəvi proseslərlə əlaqədardır:

1. *Fosfat turşusunun ikiəvəzli natrium duzunun birəvəzliyə çevriləsi nəticəsində natriumun bir hissəsinin reabsorbsiyaya uğradılması.* Böyrək borucuqlarının distal hissəsində fosfat turşusunun qələvi reaksiya verən ikiəvəzli törəməsi (Na_2HPO_4) karbonat turşusu ilə reaksiyaya girib, birəvəzli fosfat törəməsinə (NaH_2PO_4) çevrilir. Bu zaman ayrılan Na^+ kationu bikarbonat ionu ilə birləşmə şəklində reabsorbsiyaya uğrayır, turş xassəli natrium-dihidrofosfat isə sıdiyin tərkibində orqanizmdən xaric edilir.



Bələliklə, böyrəklər həm natrium itkisinin qarşısını alır, həm də asidoz şəraitində qanın ehtiyat qələviliyini artırır. Qanda fosfat turşusunun birəvəzli (turş) törəmələrinin ikiəvəzli (qələvi) törəmələrinə nisbəti normal halda 1:4, yumaqcıq filtratında isə 9:1-ə bərabər olur; nefronun distal seqmentində ikiəvəzli fosfat duzunun artması, birəvəzli duzun isə azalması nəticəsində bu nisbət 50:1-ə qədər artır. Bu, borucuqların distal hissəsində natriumun spesifik (seçici) mexanizmlə reabsorbsiyaya uğraması ilə əlaqədardır. Burada reabsorbsiyaya uğradılan natriumun əvəzinə borucuqların mənfəzinə H^+ kationları keçir. Nəticədə birəvəzli fosfat duzunun tərkibində orqanizmdən hidrogen kationlarının artıq hissəsi xaric edilir, borucuqların epitel hüceyrələrində karbonat turşusundan bikarbonat anionu əmələ gəlir ki, bu da qanın qələvi ehtiyatını və bufer tutumunu artırır.

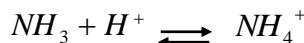
2. *Böyrək borucuqlarının mənfəzində bikarbonat anionunun karbonat turşusuna çevriləsi.* Bu proses Na^+ kationlarının reabsorbsiya edilib, orqanizmdə saxlanması və H^+ kationlarının sekresiya yolu ilə sıdiyin tərkibinə daxil olmasına şərait yaradır. Böyrək borucuqlarında Na^+ kationlarının H^+ kationları ilə əvəz edilməsi antiport üsulu ilə gedən asanlaşdırılmış diffuziya yolu ilə həyata keçirilir. H^+ ionlarının yüksək sürətlə borucuqlara sekresiya edilməsi sayəsində bu ionlarla bikarbonat anionları arasındaki reaksiyanın tarazlığı kəskin surətdə sağ tərəfə istiqamətlənir:



Bu zaman böyrək borucuqlarının mənfəzində bikarbonatların karbon qazına çevrilməsinin sürəti H^+ ionlarının sekresiyasının sürətindən asılı olur. Karbon qazı molekülləri asanlıqla borucuqların epitel hüceyrələrinə daxil olur, burada isə yuxarıdakı reaksiya eks-istiqamətdə gedir. Reaksiya *karboanhidraza* fermentinin katalizatorluğu şəraitində baş verir. Əmələ gələn bikarbonat anionu Na^+ kationu ilə birlikdə epitel hüceyrələrindən aktiv surətdə qana sorulur və hüceyrələrdə qalan H^+ kationları borucuqların mənfəzindən hüceyrələrə reabsorbsiya edilən Na^+ kationlarının əvəzinə sekresiyaya uğramaq imkanı əldə edir. Karboanhidraza fermentinin inhibitorları təsvir edilən biokimyəvi prosesi pozmaqla, diurezin artmasına şərait yaradır. Bu mexanizmlə təsir göstərən farmakoloji preparatlar (məsələn, diakarb) natriumun reabsorbsiyasını ləngidir, sıdiyin tərkibində natriumun qatılığının artması isə osmos təzyiqinin artımına səbəb olmaqla, suyun reabsorbsiyasını azaldır və poliuriyaya (sidiyin ifrazının artması) səbəb olur.

Qan plazmasında bikarbonat anionunun qatılığı 25 mmol/l-dir; 1 gün ərzində böyrək yumaqcıqlarında filtrasiyaya uğrayan mayenin həcmiin 180 l-ə bərabər olduğunu nəzərə alsaq, aydın olar ki, həmin müddətdə yumaqcıqlardan 4500 mmol bikarbonat filtrasiya edir ($25 \times 180 = 4500$). Filtrasiya edilən bikarbonatın 99%-ə qədəri borucuqlarda reabsorbsiyaya uğrayır və bu miqdarın 90%-ə qədəri yumaqcıqların distal hissəsində H^+ ionları ilə «dəyişdirilir». Beləliklə, böyrəklər vasitəsilə orqanizmdən xaric edilən H^+ ionlarının miqdarı kifayət qədər çoxdur.

3. Turş xassəli sekresiya məhsullarının nefronlardan sekresiya edilən ammonyakin ammonium ionuna çevriləməsi nəticəsində neytrallaşdırması. H^+ kationları sıdiyin pH-1 4,5-ə qədər olan şəraitdə böyrəklərdən ifraz edilə bilir. Bu şəraitdə hidrogenin ifrazedilmə sürəti əsasən filtrasiyaya uğrayan və reabsorbsiya edilməyən bufer anionlarının miqdardından asılı olur. Böyrək borucuqlarının epitel hüceyrələrində əmələ gələn və ikincili sıdiyin tərkibinə daxil olan ammonyak H^+ ionlarının orqanizmdən xaricedilmə sürətini artırır. Bu, ammonyakin hidrogen kationu ilə birləşib, ammonium ionuna çevriləməsi ilə əlaqədardır. Böyrək borucuqlarının epitel hüceyrələrində ammonyak əsasən glutaminin aminsizləşməsi sayəsində əmələ gəlir. Bundan əlavə, aminturşuların (xüsusən glutamin turşusunun) aminsizləşməsi nəticəsində də ammonyak əmələ gələ bilər. Glutamin *glutaminaza* fermentinin katalizatorluğunu şəraitində parçalanıb, glutamin turşusuna və ammonyaka çevirilir. Ammonyak nefronların epitel hüceyrələrində əmələ gəlir və onların mənfəzinə sekresiya edilir. Burada ammonyakla ammonium arasında dinamik tarazlıq vəziyyətinin yaranmasına ekvimolyar nisbətdə H^+ ionu sərf edilir:



Ammonyakin və ammonium ionunun lipidlərdə həllolma qabiliyyəti bir-birindən fərqlənir. Buna görə, onlar hüceyrə membranından da müxtəlif sürətlə keçirlər. Ammonyak lipidlərdə asanlıqla həll olduğuna görə, difuziyaya uğrayıb, epitel hüceyrələrdən borucuqların mənfəzinə keçə bilir. Ammonium ionu isə lipidlərdə çətinliklə həll olur və bunun nəticəsində hüceyrə membranını da çətin keçir. Borucuqlarda olan filtratın pH-1 aşağı oludquda onun tərkibinə daxil olan ammonyak asanlıqla ammonium ionuna çevirilir. Bunun sayəsində ammonyak yığıcı borucuqlarda olan turş xassəli sıdiyin tərkibində qalır və orqanizmdən xaric edilir. Beləliklə, sıdiyin pH-1 nə qədər aşağı (yəni turşuluğu nə qədər çox) olarsa, onun tərkibində bir o qədər çox ammonium birləşmələri ifraz edilir. Xronik asidoz vəziyyəti zamanı böyrəklərdə ammonyakin əmələ gəlməsi sürətlənir. Belə hallarda sıdikdə ammonium birləşmələri 10 dəfəyə qədər arta bilər. Asidoz prosesi nə qədər ağır olsa da, adətən sıdiyin pH-1 4,5-dən aşağı düşmür. Buna baxma-yaraq, turşu-qələvi müvazinətinin asidoz istiqamətində pozulmalarının aradan qaldırılmasında böyrəklərin çox böyük əhəmiyyəti vardır. Ağır asidoz halları zamanı sıdikdə hidrogen ionlarının qatılığı qan plazmasındakına nisbətən 800 dəfə artıq ola bilər.

5.4. BÖYRƏK TOXUMASINDA MADDƏLƏR MÜBADİLƏSİNİN BƏZİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Böyrəklər intensiv fəaliyyətdə olduqlarına və mürəkkəb fizioloji prosesləri həyata keçirdiklərinə görə, digər orqan və toxumaların əksəriyyətinə nisbətən çox enerji sərf edirlər. Buna görə, böyrəklərin oksigen tələbatı və onlarda enerjiyanma proseslərinin sürəti olduqca yüksəkdir. Bu orqanlar kütlə vahidinə düşən oksigen sərfinə görə, bütün orqan və toxumalar arasında birinci yeri tutur. Böyrək toxumasının hər 1 q-ı 1 dəq ərzində 55 mkl oksigen sərf edir. Sakitlik vəziyyətində olan orqanizmin sərf etdiyi oksigenin ümumi miqdarının 8-10 %-i böyrəklərdə istifadə edilir. Lakin böyrək damarlarında oksigenin arteriovenoz fərqi o qədər də böyük deyil (bu göstərici böyrək damarları üçün 1,5 ml/dl-ə, ümumi qan dövranı üçün 4-5 ml/dl-ə bərabərdir). Böyrəyin arteriya və venasında oksigenin parsial təzyiqi arasındaki fərqi azlığı bu damarlarda qanın hərəkət sürətinin çoxluğu ilə əlaqədardır; məlumdur ki, böyrəyə gələn qanın çoxluğu onun oksigen sərfi ilə deyil, yumaqcıq filtrasiyasının yüksək sürəti ilə əlaqədardır.

Böyrəkdə oksigenli mübadilə sayəsində əldə edilən enerjinin böyük hissəsi reabsorbsiya prosesinə sərf edilir. Buna görə, belə mülahizələr vardır ki, böyrəyin oksigen tələbatı Na^+ ionlarının reabsorbsiyasından asılıdır. Məlumdur ki, yumaqcıqlardan Boumen-Şumlyanski kapsulunun divarları arasına nə qədər çox Na^+ filtrasiya edilirsə, bu kationun reabsorbsiyaya uğradılmalı olan hissəsi də bir o qədər artır. Buna görə, filtrasiya prosesinin sürətlənməsi də böyrəklərin oksigen sərfinin artması ilə müşayiət edilir.

Böyrəyin qabıq maddəsində mübadilənin aerob (oksigenli), beyin maddəsində isə – anaerob (oksigensiz) tipi üstünlük təşkil edir. Qabıq və beyin maddələr metabolizm prosesinin həm kəmiyyətinə, həm də keyfiyyətinə görə bir-birindən fərqlənir. Qabıq maddədə kapillyar şəbəkəsi beyin maddədəkinə nisbətən sıx, qan cərəyanının sürəti isə yüksək olur. Böyrək borucuqlarının fəaliyyəti üçün lazım gələn enerjinin də böyük hissəsi qabıq maddədə – oksigenli mübadilə sayəsində – əmələ gəlir. Burada enerjiyiaradıcı substrat funksiyasını sərbəst piy turşuları, keton cisimcikləri, süd və piroüzüm turşuları və limon turşusu dövranının aralıq məhsulları yerinə yetirir.

Böyrəklərdə katabolizm prosesinin intensivliyi yüksək olsa da, çox vaxt böyrək venaları ilə geriyə qayidian qanda qlükozanın qatılığı eyniadlı arteriya ilə buraya gətirilən qandakına nisbətən artıq olur. Bu, karbohidrat strukturlu olmayan bir sıra birləşmələrdən (qlikoplastik amintursular, süd turşusu, limon turşusu dövranının aralıq məhsulları) qlükoza sintez edilməsi ilə, yəni qlikoneogenezlə əlaqədardır. Görünür, böyrəklərdə qlikoneogenet prosesinin intensivliyi beyin maddədə enerji substratı kimi əsasən qlükozadan istifadə edilməsi ilə əlaqədardır. Beyin maddədə enerjiyanma prosesi əsasən anaerob mübadilənin (qlikolizin) hesabına olduğuna görə, qabıq maddədə qlikoneogenet sayəsində əmələ gələn qlükozanın bir hissəsi böyrəyin bu şöbəsinin tələbatına sərf edilir.

Böyrək fermentlərlə çox zəngin olan orqanlardan biridir. Bu orqanda olan fermentlərin əksəriyyəti digər orqanlarda da geniş yayılmışdır. Lakin onların bəzilərinin müxtəlif orqanlarda olan izofermentləri bir-birindən

fərqlənir. Məsələn, böyrəyin qabıq maddəsinin homogenatında laktatdehidrogenazanın (LDH) birinci və ikinci izofermentlərinin (LDH₁ və LDH₂), beyin maddəsində isə dördüncü və beşinci (LDH₄ və LDH₅) izofermentlərinin aktivliyi üstünlük təşkil edir. Buna baxmayaraq, böyrəyin ümumi kütləsinə görə hesablama aparıldığda aydın olur ki, LDH₁ və LDH₂-nin nisbi fəallığı daha yüksəkdir. Kəskin böyrək çatışmazlığı zamanı qanda LDH-nin məhz birinci və ikinci izofermentlərinin fəallığı artır. Böyrəklərdə alanilaminpeptidazanın 3-cü izofermenti (AAP₃) geniş yayılmışdır. Qaraciyərdə bu fermentin birinci (AAP₁), mədəaltı vəzidə ikinci (AAP₂), bağırsaq divarının müxtəlif hissələrində dördüncü və beşinci (AAP₄ və AAP₅) izofermentləri aşkar edilir. Böyrək toxuması zədələndikdə qanda və sidikdə AAP₃ izofermenti aşkar edilir. Bu, böyrək toxuması zədələnməsinin spesifik əlamətlərindən biridir.

Bəzi fermentlərin fəallığının yüksək olması böyrək toxumاسını digər orqan və toxumalardan fərqləndirir. Qlisinamidintransferazanı belə fermentlərə misal göstərmək olar. Bu ferment böyrəkdə və mədəaltı vəzidə geniş yayılsa da, digər toxumalarda əhəmiyyətsiz dərəcədə olur (və ya tamamilə olmur). Qlisinamidintransferaza L-arginin molekulunda olan amidin qrupunu qlisin molekuluna köçürən fermentdir. Bu fermentin kataliz etdiyi reaksiyanı aşağıdakı sxematik tənliklə ifadə etmək olar:



Bu reaksiya kreatin sintezinin ilk mərhələsini təşkil edir (yuxarıda göstərildiyi kimi, əzələlərin fəaliyyəti üçün böyük əhəmiyyəti olan kreatin böyrəklərdə sintez edilir).

Böyrəyin və ya mədəaltı vəzinin zədələnməsi qanda qlisin-amidintransferaza fermentinin fəallığının artması ilə müşayiət edilir. Qanda bu fermentin fəallığının ən yüksək səviyyəsi xronik pielonefritin gecikmiş (sidiklə azotlu maddələr ifrazının pozulması ilə nəticələnən) mərhələlərində aşkarla çıxır. Böyrəyin digər xəstəlikləri də adı çəkilən fermentin yüksək aktivliyi ilə müşayiət edilə bilər.

5.5. SİDİYİN ÜMUMİ XASSƏLƏRİ VƏ TƏRKİBİ

5.5.1. Sidiyin ümumi xassələri

Orta yaşlı sağlam insan gündə orta hesabla 1500 ml (1000-2000 ml) sidik ifraz edir. İfraz edilən sidiyin həcmi şəraitdən aslidir. İçilən suyun miqdarı sidiyin ümumi həcmində xüsusilə böyük təsir göstərir. Xarici mühit şəraitindən asılı olaraq, insan içdiyi suyun 50 %-dən 80 %-ə qədərini sidiklə ifraz edə bilər. Suyun qalan hissəsi isə tər vəziləri, tənəffüs sistemi və həzm traktı vasitəsilə orqanizmdən xaric edilir. İsti hava və gərgin əzələ fəaliyyəti orqanizmdən tər vəziləri vasitəsilə xaric olan suyun həcmini artırır, sidiyin həcmini isə - azaldır. Diurezin artması (poliuriya) su və sulu qida maddələrinin qəbulu ilə əlaqədar ola bilər. Böyrək xəstəlikləri, şəkərli və şəkərsiz diabet diurezin artması ilə müşayiət edilir.

Qızdırma zamanı bədən temperaturunun qalxmağa başladığı dövrdə diurez artır, sonra isə normal və hətta normadan az olur. Şəkərli diabet

xəstəliyi zamanı 1 gün ərzində ifraz edilən sidiyin həcmi 5-6 litrə, şəkərsiz diabet zamanı isə 15-20 litrə çata bilər.

Sidik ifrazının azalması olikuriya adlanır. Buna içilən suyun həcminin azlığı, qusma, orqanızmin ishal və şiddetli tərləmə ilə əlaqədar çoxlu su itirməsi, kəskin nefrit xəstəliyi və digər patoloji proseslər səbəb ola bilər. Qızdırmanın enmə mərhələsində tər ifrazi sürətləndiyinə görə, olikuriya törənir. Kəskin diffuz qlomerulonefrit; civə, arsen və qürğuşun duzları ilə zəhərlənmələr, sidik yollarının daşla tutulması (sidikdaşı xəstəliyi) zamanı sidik ifrazi dayana bilər. Buna *anuriya* deyilir. Bəzən böyrəklərdən birinin operativ üsulla çıxarılması (nefrektomiya) və ya ağır travmatik zədələnməsi zamanı digər böyrəyin sidikyayadıcı funksiyası reflektor yolla, müvəqqəti dayanır. Buna «küsmüş» böyrək sindromu deyilir.

Normal halda gündüz saatlarında ifraz edilən sidiyin həcmi gecə saatlarındakına nisbətən 3-4 dəfə artıq olur. Qan dövranının xronik çatışmazlıqları və sidik ifrazi sisteminin bəzi xəstəlikləri gecə ifraz edilən sidiyin həcminin artması ilə müşayiət edilir. Buna *nikturiya* deyilir. Sidik kisəsinin və sidik kanalının iltihabi xəstəlikləri zamanı tez-tez az həcmli sidik ifraz edilir. Buna *pollakiuriya* deyilir.

Sidiyin rəngi samanı-sarı rəngdən tünd sarı rəngə qədər dəyişir. Bu, sidiyin tərkibindəki uroxrom, uroeritrin, urozein, urobilin və digər piqment maddələrinin miqdardından asılıdır. İnsan sidiyinin tərkibində uroxrom piqmenti xüsusilə çox olur (1 gün ərzində ifraz edilən sidikdə 70-75 mq). Sidiyə sarı rəng verən uroxromun kimyəvi strukturu və əmələgəlmə mexanizmi hələlik aydın deyil. Orqanizmdən gün ərzində xaric edilən uroxromun miqdarı sabit olduğuna görə, sidiyin rəngi ilə həcmi arasında mütənasib asılılıq olur. Yəni gün ərzində ifraz edilən sidiyin həcmi çox olduqda rəngi samanı-sarı, az olduqda isə tünd kəhrəba rəngində olur. Sidiyin tərkibində məhlul halında olan digər maddələrin də qatılığı eynişiqliqamətli dəyişikliklərə uğradığına görə, samanı-sarı rəngli sidiyin xüsusi çəkisi az, tünd kəhrəba rəngli sidiyin xüsusi çəkisi isə çox olur. Bəzi patoloji proseslər zamanı sidiyə normal halda onun tərkibində olmayan piqment maddələri qarışır. Bu zaman sidiyin rəngi də dəyişir. Məsələn, hematuriya (sidikdə qan ifraz edilməsi) və hemoqlqobinuriya zamanı sidik qırmızı rəngli ola bilər. Amidopirin və antipirin kimi dərman maddələri də sidiyi qırmızı rəngə boyayır; nitrofurantin törəmələri qrupundan olan dərman preparatlari (furadonin, furazolidon) isə sidiyi tünd sarı rəngə boyayır. Orqanizmə metilen abisi yeridildikdən sonra ifraz edilən sidik göy rəngdə olur. Tərkibində urobulin və ya bilirubinin miqdarı çox olan sidik isə yaşıl və ya qonur-qırmızı rəngə boyanır. Alkaptonuriya xəstəliyi olan insanın sidiyi ifraz edildiyi anda normal rəngdə olsa da, sonradan tərkibindəki homogentizin turşusunun alkaptona çevrilməsi nəticəsində qara rəngə boyanır.

Təzə ifraz edilən sidik $\text{S} \circ \text{f} \text{f} \text{a} \text{f}$ olur. Sidik-cinsiyyət orqanlarının iltihabi xəstəlikləri zamanı sidiyin tərkibinə zədələnmiş leykositlər (irin hüceyrələri), bakteriyalar və epitel hüceyrələri qarışır. Belə hallarda sidik tutqunlaşır. Sidikdə zülal ifraz edilməsi və sidiyin tərkibində urat, fosfat, oksalat və karbonat duzlarının həddindən artıq olması da onun şəffaflığını azalda bilər. Urat, fosfat və oksalat duzlarının həllolma qabiliyyəti zəif olduğun-

dan, asanlıqla çöküntü əmələ gətirirlər. Belə çöküntülər qızdırıldıqda və ya sidiyə turşu əlavə edildikdə yenidən həll olur. Sidiyin sentrifuqatında mikroskopik üsulla aşkar edilən belə çöküntülərə *qeyri-mütəşəkkil sidik elementləri* deyilir. Onlardan fərqli olaraq, sidiyin tərkibindəki hüceyrəvi elementlər (epitel hüceyrələri, leykositlər, eritrositlər, bakteriyalar), selik və digər qarışıqlar fiziki-kimyəvi amillərin təsirindən dəyişikliyə uğramır. Bu na görə, onlara *sidiyin mütəşəkkil elementləri* deyilir.

Normal sidiyin XÜSUSI ÇƏKİSİ (nisbi sıxlığı) 1,008-dən 1,030-a qədər ola bilər (orta hesabla 1,018). Bu göstərici sidiyin qatılığından asılıdır. Sidiq nə qədər az miqdarda ifraz edilirsə, qatılığı və xüsusi çəkisi bir o qədər artıq olur. 1 günlük sidiyi buxarlandırdıqda 50-80 q quru qalıq alınır. Təxminini hesablamalara görə, sidiyin hər 1 litrində olan quru hissənin (qramlarla) kütləsini onun xüsusi çəkisinin son iki rəqəmini 2,6-ya vurmaqla hesablamaq olar. Böyrək fəaliyyətinin ağır dərəcəli pozulmaları zamanı sidiyin xüsusi çəkisi qan plazması ultrafiltratının (ilk sidiyin) xüsusi çəkisinə (1,010–1,012) bərabər olur. Buna *izostenuriya* deyilir. Bəzi böyrək xəstəlikləri (xronik pielonefrit, qlomerulonefritin başlangıç mərhələsi, birlincili və ikincili böyrək büzüşməsi) və şəkərsiz diabet xəstəliyi xüsusi çəkisi 1,010-dan aşağı olan sidik ifrazi ilə müşayiət edilir. Buna *hipostenuriya* deyilir. Sidiyin xüsusi çəkisinin yüksək (1,025 və daha artıq) olmasına isə *hiperstenuriya* adı verilmişdir. Kəskin qlomerulonefrit xəstəliyi zamanı hiperstenuriya oliquriya ilə, şəkərli diabet zamanı isə poliuriya ilə müşayiət edilir.

Sidiyin reaksiyası qarışiq qidalanma şəraitində turş və ya zəif turş olur və pH-1 5,3-lə 6,5 arasında tərəddüb edir. İnsanın qida rasionunda ətli ərzaq məhsulları üstünlük təşkil etdikdə sidiyin turşuluğu artır. Bitki mənşəli ərzaq məhsullarının qəbulu isə sidiyin reaksiyasının zəif qələvi xarakterli olması ilə nəticələnir. Buna müvafiq olaraq, ətlə qidalanan heyvanların sidiyi turş, otla qidalananların isə – qələvi reaksiyalı olur. Sidiyin pH-1 tərkibindəki maddələrin miqdar nisbətindən asılıdır. Tərkibində fosfat turşusunun birevəzli duzları (NaH_2PO_4 , KH_2PO_4) çox olan sidik turş reaksiya verir; qələvi reaksiyalı sidiyin tərkibində isə bikarbonatlar və ikiəvəzli fosfat duzları daha çox olur. Sidikdə keton (aseton) cisimciklərinin artması onun reaksiyasını turşlaşdırır, sidik-cinsiyət sisteminin iltihabi xəstəlikləri isə sidiyin pH-nin qələvilik istiqamətində dəyişməsinə səbəb olur. Çünkü, bu zaman sidik kisəsində olan mikroorqanizmlər karbamidi və ammonium duzlarını parçalayıb, qələvi xassəli ammonium-hidroksid əmələ gətirir. Qələvi xassəli dərman maddələrinin (məsələn, bikarbonatların) qəbulu və qələvi mineral suların içilməsi də sidiyin pH-ni artırır bilər.

5.5.2. Sidiyin kimyəvi tərkibi

Sidiyin kimyəvi tərkibi həm qəbul edilən qida maddələrinin kəmiyyət və keyfiyyətindən, həm içilən suyun həcmindən, həm də orqanizmdə gedən maddələr mübadiləsinin xarakterindən asılıdır. Bundan əlavə, böyrəkdə və bir sıra digər orqanlarda olan patoloji proseslər sidiyin kimyəvi tərkibinin müxtəlif dəyişiklikləri ilə müşayiət edilir.

Yuxarıda göstərildiyi kimi, insanın 1 günlük sidiyinin tərkibində 50-80 q quru qalıq olur. Bu hissənin tərkibində üzvi və qeyri-üzvi maddələr vardır. Sidiyin bütün kimyəvi inqrediyentləri haqqında tam məlumat vermək olduqca çətindir. Çünkü, onların sayı həddindən artıq çoxdur. Buna görə, aşağıda normal halda və patoloji proseslər zamanı sidiklə ifraz edilən ən mühüm üzvi və qeyri-üzvi maddələr haqqında məlumat veririk.

Normal sidikdə olan əsas **üzvi maddələrə** karbamid, aminturşular, sidik turşusu, hippur turşusu, kreatinin, qoşa sulfat və qlikuron turşuları və s. aididir. Patoloji proseslər zamanı bu maddələrin qatılığı arta və ya azala bilər.

Karbamid (sidik cövhəri). Sidiyin tərkibindəki üzvi maddələr arasında karbamidin miqdari üstünlük təşkil edir. Sağlam şəxslərin sidiyində karbamidin miqdari qida rasionunun zülallarla zənginliyindən aslidir. Orta bədən kütləsinə malik olan insan adı qarışq qidalanma şəraitində sidiklə gündə 25-30 q karbamid ifraz edir. Karbamid sidiyin ən əsas azotlu maddəsidir. Sidikdəki azotun 80-90 %-ə qədəri karbamidin tərkibində olur. Qaraciyər xəstəlikləri sidikdə karbamidin azalması ilə müşayiət edilir. Çünkü, bu zaman orqanizmdə karbamidin sintezi pozulur. Böyrəklərdə filtrasiyanın azalması (glomerulonefrit xəstəliyi) zamanı sidiklə karbamid ifrazi azalır. Bu zaman qanda karbamidin və digər xırdamolekullu azotlu üzvi birləşmələrin qatılığı artır.

Aminturşular. İnsan 1 günlük sidiyin tərkibində 1,1 q-a qədər aminturşu ifraz edir. Sidikdə aminturşuların müxtəlif növlərinin qatılığı bir-birindən fərqli olur. Adətən, qlikokol, histidin, glutamin, alanin və serin digər aminturşulara nisbətən çox ifraz edilir. Lakin sidikdə hansı aminturşunun daha çox olması qan plazmasının tərkibindən də asılıdır.

Sidikdə aminturşuların miqdarının normal göstəricilərə nisbətən çox olmasına *hiperaminasiduriya* (aminasiduriya) deyilir. Buna çox vaxt qaraciyərdə dezaminləşmə və transaminləşmə proseslərinin (qaraciyərin parenximatoz zədələnmələri ilə əlaqədar) pozulması zamanı rast gəlinir. Bəzi infeksiyon-iltihabi xəstəliklər, iri travmatik zədələnmələr, miopatiyalar, bədxassəli şışlər, qlükokortikoidlərlə və AKTH ilə aparılan uzunmüddətli müalicə hiperaminasiduriya ilə müşayiət oluna bilər. Bundan əlavə, əsas əlaməti müxtəlif aminturşu növlərinin sidiklə ifrazının artmasından ibarət olan irsi xəstəliklər də vardır. Bunlara *hipervalinemiyanı* (valin mübadiləsinin pozulması ilə əlaqədar olan irsi xəstəlik), *hiperprolinemiyanı* (prolinoksidaza fermentinin irsi çatışmazlığı ilə əlaqədar olan xəstəlik), *sitrullinemiyani* (karbamid sinteziinin aralıq mərhələsində iştirak edən argininsuksinatsintetaza fermentinin irsi çatışmazlığı ilə əlaqədar olan xəstəlik) misal göstərmək olar. Bu irsi xəstəliklər zamanı sidikdə müvafiq surətdə – valinin, prolinin və sitrullinin qatılığı artır. Bəzən hiperaminasiduriya başqa maddələrin də sidiklə ifrazının artması ilə müşayiət olunur. Məsələn, irsi qalaktozemiya xəstəliyi zamanı sidikdə qalaktoza ilə birlikdə, aminturşuların da miqdarı artır. İrsi sistinuriya xəstəliyi zamanı sidikdə sistinin artması bu aminturşunun reabsorbsiyasının pozulması ilə əlaqədardır. Orqanizmdə zülalların parçalanması sürətləndikdə (məsələn, yanıqlar zamanı) hiperaminasiduriya müşahidə edilir. Bəzi xəstəliklər zamanı sidiklə aminturşu mübadiləsinin pozulması ilə əlaqədar olan aralıq məhsullar ifraz edilir. Fenilalaninin tiro-

zinə çevrilməsində iştirak edən fenilalanin-4-hidroksilaza fermentinin irsi çatışmazlığı zamanı sidiklə bu aminturşunun ketotörəmələrinin ifraz edilməsini (fenilketonuriya), alkaptонuriya xəstəliyi zamanı sidiklə homogenitizin turşusu (tirozin mübadiləsinin aralıq məhsullarından biri) ifraz edilməsini bunlara misal göstərmək olar. Sidiyin tərkibində aminturşuların başqa üzvi maddələrlə birləşmələri də olur. Məsələn, 1 günlük sidikdə 0,1-0,2 q-a qədər h i p p u r t u r s u s u ola bilər. Hippur turşusu qlikokolun (qlisinin) benzoy turşusu ilə birləşməsidir. Benzoy turşusu qaraciyərdə qlikokolla birləşməklə zərərsizləşdirilir və orqanizmdən böyrək vasitəsilə xaric edilir. Bitki mənşəli ərzaq maddələrinin tərkibində olan aromatik birləşmələrin bir hissəsi orqanizmdə benzoy turşusuna çevirilir və qaraciyərdə zərərsizləşdirilir. Buna görə, qida rasionunda bitkilərin miqdarı çox olduqda, sidikdə hippur turşusunun miqdarı artır.

Sidik turşusu. Sidiyin tərkibində olan əsas azotlu maddələrdən biri də sidik turşusudur. Normal halda insan sidiklə 1 gün ərzində 0,6-0,7 q sidik turşusu ifraz edir. Sidik turşusu nuklein turşuları mübadiləsinin son məhsullarından biridir. Buna görə, hüceyrələrin sürətlə parçalanması ilə əlaqədar olan xəstəliklər (leykozlar, krupoz pnevmoniya, polisitemiya) sidikdə bu turşunun duzlarının (uratlar) artması ilə müşayiət olunur. Sidikdə uratların artması (uraturiya) podaqra xəstəliyinin əsas əlamətlərindən biridir. Bundan əlavə, asetilsalisil turşusu (aspirin) və steroid hormonları ilə aparılan müalicə zamanı da sidikdə uratların miqdarı artır. Qida maddələrinin və içilən suyun tərkibində molibdenin yol verilən həddən artıq olması qanda və sidikdə uratların qatılığını artırır. Çünkü, molibden hipoksantin və ksanitini (purin katabolizminin aralıq məhsulları) sidik turşusuna çevirən *ksantinoksidaza* fermentinin aktivatorudur. Uratlar suda çətin həll olduğunu görə, onların sidikdəki miqdarının artması sidik daşlarının əmələ gəlməsinə meyl törədir. Belə hallarda xəstələrə müvafiq farmakoloji preparatlarla (allopurinol, atofan, maqrulit və s.) birlikdə, tərkibində purinlərin miqdarı az olan pəhriz təyin edilir. Çünkü, qidada purin törəmələrinin miqdarı nə qədər az olarsa, sidiklə ifraz edilən uratların da miqdarı bir o qədər azalır.

Kreatinin. Kreatininin əzələlərdə fosfokreatindən əmələ gələn mübadilə məhsuludur. Orqanizmdə əmələ gələn kreatininlə əzələlərin kütləsi arasında mütənasib asılılıq vardır. Buna görə, hər bir insanın orqanizmindən 1 gün ərzində sidiklə xaric olan kreatininin miqdarı kifayət qədər sabitdir və skelet əzələlərinin ümumi kütləsindən asılıdır. 1 gün ərzində kişi orqanizmdən bədən kütləsinin hər 1 kq-na 18-32 mq, qadın orqanizmindən isə 10-25 mq/kq kreatinin ifraz edilir. Əzələ sisteminin inkişafi yaxşı olan şəxslərin sidiyində kreatininin qatılığı normal göstəricilərin yuxarı həddindən yaxın olur. Normal halda yaşlı şəxslərin sidiyində kreatininində fərqli olaraq, kreatin olmur. Kreatin sidikdə ya yalnız qidanın tərkibində həddindən artıq çox qəbul edildikdə, ya da patoloji proseslər zamanı aşkar edilir. Sidiklə kreatin ifraz edilməsi *kreatinuriya* adlanır. Kreatinuriya fizioloji hallarda yalnız erkən uşaqlıq yaşlarında ola bilər. Görünür, bu, körpə uşaq orqanizmində kreatin sintezinin sürətinin əzələ inkişafından üstün olması ilə əlaqədardır. İnsanın qanında kreatinin qatılığı 0,12 mmol/l-dən (1,6 mq %) yüksək olduqda kreatinuriya meydana çıxır. Proqressiv əzələ distrofiyası, mio-

patiyalar patoloji kreatinuriya ilə müşayiət edilir. Bəzən qocalıq dövründə sürətlə inkişaf edən əzələ atrofiyası da kreatinuriya ilə müşayiət edilir. Qaraciyər hüceyrələrinin kütləvi surətdə zədələnməsi, bəzi infeksion xəstəliklər və endokrin sistem xəstəlikləri (şəkərli diabet, hipertiroz, Addison xəstəliyi, akromeqaliya) zamanı da kreatinuriya ola bilər.

İndikan. Bağırsaq bakteriyalarının ferment sisteminin təsiri altında cürrümə prosesinə məruz qalan triptofandan indoksil əmələ gəlir. İndoksilin bağırsaqlardan sorulan hissəsi qaraciyərdə zərərsizləşdirilir. Onun zərərsizləşdirilməsi nəticəsində isə indikan (indoksilsulfat turşusunun natrium və ya kalium duzu) əmələ gəlir. Normal sidikdə az miqdarda (1 günlük sidikdə 0,2-0,4 q) indikan olur. Sidikdə indikanın artması bağırsaqlarda cürümə prosesinin sürətləndiyini göstərir. Buna qəbizlik və bağırsaq keçməzliyi ki-mi patoloji hallar səbəb ola bilər.

Qoşa qlükuron turşuları. Aromatik aminturşuların bağırsaqlarda cürüməsi nəticəsində əmələ gələn zəhərli maddələrin qaraciyərdə zərərsizləşdirilməsi nəticəsində əmələ gələn məhsulların bir qrupunu qoşa qlükuron turşuları (fenilqlükuron, krezolqlükuron, indoksilqlükuron və s.) təşkil edir. Bu birləşmələr orqanizmdən böyrəklər vasitəsilə xaric edilir. Bitki mənşəli qida maddələrinin tərkibində aromatik aminturşular çox olduğuna görə, vəgetaryan pəhrizi saxlayan şəxslərin sidiyində qoşa qlükuron turşularının miqdari artır. Cürümə məhsullarından başqa, bəzi hormonlar (xüsusən steroid hormonlar) və bir sıra dərman maddələri (xloralhidrat, kamfora, morfin və s.) də orqanizmdən sidik vasitəsilə qlükuron turşusu ilə birləşmə şəklində xaric edilir. Qaraciyərin parenximasının zədələnməsi ilə əlaqədar olan xəstəliklər zamanı sidikdə bilirubinin qlükuronidləri aşkar edilir.

Zülallar. Normal sidiyin tərkibində olan zülalları adı vəsfî analiz üsulları ilə aşkara çıxarmaq mümkün deyil. Çünkü, normal sidiyin tərkibində olduqca az miqdarda (1 günlük sidikdə 3,9-7,4 mq) zülal olur. Lakin bəzi xəstəliklər (xüsusən böyrək xəstəlikləri) zamanı sidikdə zülalların miqdarı kəskin surətdə artır. Sidikdə zülal ifraz edilməsinə p r o t e i n u r i y a deyilir. Sidiyin tərkibində olan zülalların əksəriyyəti plazma mənşəli olur, lakin böyrək toxumasının zülalları da sidikdə ifraz edilə bilər. Patoloji proseslər zamanı sidikdə həm albuminləri, həm də qlobulinləri aşkar etmək mümkündür. Lakin böyrək yumaqcıqlarının keçiriciliyi artıqdə, ilk növbədə albuminlər filtrasiyaya uğrayır və sidikdə onların miqdarı qlobulinlərə nisbətən artıq olur. Buna görə, çox vaxt proteinuriya termininin sinonimi kimi, albuminuriya termini də işlədir. Lakin patoloji proseslər zamanı sidikdə albuminlərlə birlikdə, qlobulinlərin də olduğunu nəzərə alsaq, bu terminin özünü doğrultmadığı aydın olar (nefroz xəstəliyi zamanı sidikdə qlobulinlərin miqdarı albuminlərdən çox ola bilər).

Proteinuriya böyrək və böyrəkdənkənar mənşəli ola bilər. Böyrək mənşəli (böyrək xəstəlikləri ilə əlaqədar olan) proteinuriyalar zamanı sidiyin tərkibinə əsasən qan plazması zülalları və qismən borucuq epitelindən ayrılan zülallar daxil olur. Plazma zülallarının sidiyə keçməsinə böyrək yumaqcığı damarlarının keçiriciliyinin artması, nefronların struktur zədələnmələri və yumaqcıqda qanın hərəkətinin yavaşılması səbəb ola bilər. Böyrəkdənkənar proteinuriyalar sidik yollarının zədələnmələri və prostat vəzisinin xəstə-

likləri zamanı müşahidə edilir.

Sidikdə bəzi fermentlər də (α -amilaza, lipaza, ribonukleaza, amintransfirazalar, LDH, urokinaza, fosfataza, leysinaminpeptidaza və s.) olur. Bu fermentlərin əksəriyyətinin fəallığı cüzi dərəcədə olduğundan, onları aşkar etmək olduqca çətindir. Lakin α -amilazanın fəallığı nisbətən asanlıqla müəyyənləşdirilir. Sidikdə α -amilazanın fəallığının artması mədə-altı vəzinin iltihab və nekrozunun əlamətlərindən biridir. İnsan sidiyindən alınan urokinaza fermentindən qanın fibrinolitik fəallığını artırın dərman vasitəsi kimi istifadə edilir. Lakin bu preparatın istehsalı çox baha başa gəldiyindən, hələlik istifadə edilməsi də məhduddur.

Zülal mübadiləsinin son məhsullarından əlavə, lipid mübadiləsinin bəzi məhsulları da orqanizmdən sidiklə xaric edilir. Bunların ən mühüm növlərindən biri – keton cisimcikləridir. Keton cisimciklərindən aset-sirkə və β -hidroksiyağ turşuları orqanizmdən yalnız sidiyin tərkibində, uçucu maddə olan aseton isə həm sidiyin tərkibində, həm də tənəffüs sistemi vasitəsilə xarici mühitə verilə bilər. Normal halda sidikdə keton cisimciklərinin miqdarı az olur (1 günlük sidikdə 10 mq-a qədər). Lakin qidada həddindən artıq yağı olduqda sidikdə keton cisimcikləri arta bilər. Şəkərlə diabet xəstəliyinin ağır formaları zamanı sidikdə keton cisimciklərinin miqdarı xüsusilə çox olur (1 günlük sidikdə 60 q-a qədər). Bundan əlavə, uzunmüddətli achiq və qızdırma ilə keçən xəstəliklər də hiperketonuriya ilə müşayiət edilir.

Normal sidikdə şəkər mübadiləsinin aralıq məhsullarından piroüzüm və süd turşularını aşkar etmək mümkündür. Piroüzüm turşusunun sidikdəki miqdarı B₁ vitamini çatışmazlığı zamanı artır; intensiv əzələ fəaliyyəti sidikdə süd turşusunun artması ilə müşayiət edilə bilər. Normal halda 1 günlük sidiyin tərkibində 0,05-0,2 q-a qədər süd turşusu olur.

Adətən sidikdə bütün sudan olan vitaminlər olur. Onların sidikdəki miqdarı qəbul edilən qidanın tərkibindən, orqanizmin vitaminlərə tələbatından və bağırsağın selikli qişasının sorma qabiliyyətindən asılıdır. Sağlam insan 1 gün ərzində sidiklə orta hesabla 20-40 mq C vitamini, 100-150 mq B₁ vitamini, 100 mkq B₂ vitamini, 5 mq PP vitamini ifraz edir. Bundan əlavə, sidikdə PP vitamini mübadiləsinin əsas məhsulu olan N-metilnikotinamid də olur.

Bəzi hormonlar və onların mübadilə məhsulları da orqanizmdən böyrəklər vasitəsilə xaric edilir. Məsələn, normal sidikdə cüzi olsa da, adrenalin aşkar etmək mümkünür; xromaffinoma (böyrəküstü vəzinin beyin maddəsinin şisi) zamanı sidikdə adrenalinin miqdarı artır. Böyrəküstü vəzi hormonlarının katabolizm məhsulları – 17-oksikortikosteroidlər sidiklə həm sərbəst halda, həm də qlükuronidlər şəklində ifraz edilir. Onların 1-günlük sidikdəki miqdarı 4-10 mq-dir; oksikortikosteroidlərin sidikdəki miqdarı İtsenko-Kuşinq xəstəliyi zamanı artır, Addison xəstəliyi zamanı isə azalır. Steroid hormonların (xüsusən qeyri-spesifik cinsiyyət hormonlarının) mübadiləsinin son məhsulu olan 17-ketosteroidlərin 1 günlük sidikdəki miqdarı 4-25 mq-dir. Qeyri-spesifik cinsiyyət hormonları kişi orqanizmində həm böyrəküstü vəzilərdə, həm də kişi cinsiyyət vəzilərində sintez edildiyinə görə, onların son məhsulunun sidikdəki miqdarı qadınlardakına nis-

bətən çox olur (qadınlarda – 4-15 mq, kişilərdə 15-25 mq). Qlükokortikoidlərdən əlavə, mineralokortikoidlərin əsas növü olan aldosteron da orqanizmdən sidiklə xaric edilir (1 günlük sidikdə – 3,2-18,9 mkq).

Sidiyin qeyri-üzvi tərkib hissələri. İnsanın 1 günlük sidiyinin tərkibində 15-25 q-a qədər qeyri-üzvi maddə olur. Bunlar qan plazmasının tərkibinə daxil olan bütün mineral maddələrin müxtəlif nisbətli qarışığından ibarətdir. Qeyri-üzvi maddələr arasında natrium, xlor, kalium, kalsium və maqnezium birləşmələri xüsusi yer tutur.

İnsan qida maddələrinin tərkibində qəbul etdiyi xörək duzunun (natrium-xlorid) 90%-ə qədərini sidiklə ifraz edir. Buna görə, 1 günlük sidiyin tərkibində 8-15 q NaCl (və ya 3-6 q natrium) olur. Bundan əlavə, orta bədən kütləsinə malik olan insan sidiklə 1 gün ərzində 1,7-3,4 q kalium, 0,11-0,36 q kalsium, 0,03-0,18 q maqnezium ifraz edir.

Göründüyü kimi, sidiyin tərkibində natr i u m - x l o r i d i n miqdari başqa qeyri-üzvi maddələrə nisbətən çoxdur. Gərgin əzələ fəaliyyəti və ishal zamanı sidiklə ifraz edilən natrium-xloridin miqdarı azalır. Çünkü, bunlardan birincisində natriumun tərlə, ikincisində isə nəcislə ifraz edilməsi üstünlük təşkil edir.

Qızdırma ilə keçən xəstəliklər, nefrit və revmatizm zamanı natriumun orqanizmdən xaricedilmə sürəti azalır. Nefrit xəstəliyi zamanı ekskresiya-nın pozulması nəticəsində toxumalarda toplanan natrium osmos təzyiqini artırığına görə, toxumalarda həddindən artıq su saxlanması səbəb olur. Bu, böyrək xəstəlikləri ilə əlaqədar olan ödemin mexanizmində iştirak edən əsas amillərdən biridir.

Adətən turş reaksiyalı sidikdə kaliyunun miqdari nisbətən az olur. Buna görə, belə mülahizələr vardır ki, böyrək yumaqcıqlarında filtrasiya prosesi zamanı ilk sidiyin tərkibinə keçən kalium nefronların proksimal hissəsindən geriyə sorulur. Sidiklə ifraz edilən kalium isə distal hissədə sidiyin tərkibinə sekresiya edilir; bu proses hidrogen ionları ilə əvəzedilmə yolu ilə həyata keçirildiyindən, qanın turşuluğunun artması nəticəsində zəifləyir.

Orqanizmdən xaric edilməli olan kalsium və maqneziumun yalnız 30 %-ə qədəri sidik vasitəsilə ekskresiyaya uğradılır. Bu metalların birləşmələri əsasən nəcislə ifraz edilir. Sidiklə ekskresiya edilən kalsium və maqneziumun miqdarı orqanizmin turşu-qələvi müvəzinətinin vəziyyətdən asılıdır; asidoz zamanı onların sidiklə ifraz edilən hissəsinin faizlə miqdarı artır. Hamiləlik və raxit xəstəliyi zamanı sidikdə kalsiumun miqdarı azalır.

Sidiyin pH-1 ilə tərkibindəki bikarbonatların miqdari arasında asılılıq vardır. Onların sidiklə ifraz edilməsi asidoz zamanı azalır, alkaloz zamanı isə artır. Adətən orqanizmdən xaric edilməli olan fosfatların sidikdəki miqdari 1,8 q-a çatır; asidoz zamanı bu göstərici arta bilər. Fosfatların sidikdəki miqdari qidanın tərkibində qəbul edilən fosforlu birləşmələrin (kazein, nukleoproteinlər, fosfolipidlər) miqdardından asılıdır. Orqanizmdə sümük toxumasının yaranması sürətləndikdə (skeletin inkişafı, hamiləlik) sidiklə ifraz edilən fosfatların miqdarı azalır. Sümük toxumasının xəstəlikləri (raxit, osteomalyasiya) isə sidikdə fosfatların artmasına səbəb olur. Qalxa-

nabənzərətrafi vəzilərin hiperfunksiyası zamanı sidikdə nisbətən çox fosfat birləşmələri ekskresiya edilir. D vitamininin hipervitaminozu isə fosfatların ekskresiyasını azaldır.

İnsan 1 gün ərzində böyrəklər vasitəsilə 1,8 q-a qədər sulfat birləşmələri ifraz edir (bu hesablama SO_4^{2-} ionlarına görə aparılmışdır). Onların əsas mənbəyi kükürdlü aminturşuların (sistein, sistin, metionin) mübadiləsi nəticəsində əmələ gələn məhsullardır. Bu aminturşular orqanizm daxilində oksidləşdikdə sulfat ionu əmələ gəlir. Sulfat ionları orqanizmdən qeyri-üzvi duzlar və efir-sulfat turşuları (fenol-sulfat, krezolsulfat, indoksilsulfat) və onların duzları şəklində xaric edilir.

Orqanizmdən sidiyin tərkibində xaric edilən dəmirin 1 günlük miqdarı 1 mq-dan artıq deyil. Hemolitik sarılıq və bədxassəli anemiya xəstəliyi zamanı sidikdə dəmirin miqdarı artır.

1 gün ərzində ifraz edilən sidiyin tərkibində 0,7 q-a qədər ammonyak olur. Ammonyak sidikdə ammonium duzlarının tərkibində xaric edilir. Bu duzların böyrək vasitəsilə ekskresiyası orqanizmin turşu-qələvi müvazinətinin tənzimi ilə əlaqədardır. Onların sidikdəki miqdarı asidoz zamanı artır, alkoloz zamanı isə – azalır.

5.5.3. Sidiyin patoloji komponentləri

Sidiyin patoloji komponentləri ifadəsi ilə nəzərdən keçirilən maddələrin əksəriyyəti normal sidikdə də olur. Bu maddələrin bir qrupu normal sidikdə cüzi miqdarda olduğundan, adı analitik üsullarla aşkar çıxarılmır, digər qrupu isə normal hallarda sidikdə aşkar edilsə də, bəzi patoloji proseslər zamanı artır. Buna görə, onların əksəriyyəti haqqında yuxarıdakı bölmədə məlumat verilmişdir. Burada isə sidiyin diaqnostika üçün müəyyən əhəmiyyət kəsb edən bəzi patoloji komponentləri haqqında məlumat veririk. Belə maddələrə ilk növbədə zülal, şəkər, keton cisimcikləri, öd və qan piqmentləri aiddir.

Yuxarıda göstərildiyi kimi, sidikdə az miqdarda zülal və zülal cisimcikləri aşkar etmək mümkündür. Normal halda sidikdə zülalların miqdarı əhəmiyyətsiz dərəcədə olsa da, böyrək xəstəlikləri (xüsusən nefroz) zamanı qeyri-adi dərəcədə arta bilər. Müxtəlif böyrək xəstəlikləri zamanı sidikdə adı zülallardan başqa, onların böyrək borucuqlarında denaturasiya uğraması nəticəsində əmələ gələn «silindrər» də aşkar edilir.

Normal sidikdə qlükozanın qatılığı adı biokimyəvi sinaqlarla aşkar çıxarıla bilən səviyyədən aşağı olur. Bəzi patoloji proseslər (xüsusən şəkərli diabet xəstəliyi) zamanı sidikdə şəkərin qatılığı nəzərəçarpacaq dərəcədə artır və hətta 5%-dən də artıq ola bilir. Bəzən sidikdə şəkərin başqa növləri də (fruktoza, qalaktoza, pentozalar) olur. Bunlar əsasən müvafiq şəkərlərin mübadiləsində iştirak edən ferment sistemlərinin irsi qüsurları ilə əlaqədar olur.

Normal sidikdə az miqdarda eritrosit və leykosit olur. Böyrəyin və sidik yollarının xəstəlik və zədələnmələri zamanı sidikdə eritrositlərin miqdarı artır (eritrosituriya) və hətta makroskopik müayinə zamanı qan izləri aşkar edilir (hematuriya). Eritrosituriya və hematuriya həm böyrək mənşəli,

həm də böyrəkdənkənar səbəblərdən ola bilər. Böyrək mənşəli eritrosituriya qlomerulonefrit xəstəliyinin əsas əlamətlərindən biridir. Sidik yollarının xəstəlik və travmaları zamanı böyrəkdənkənar hematuriya müşahidə edilir. Sidiklə hemoqlobin ifraz edilməsinə h e m o q l o b i n u r i y a deyilir. Hemoqlobinuriya – hemolizin sürətlənməsi ilə əlaqədar olan xəstəliklərin əlamətidir. Belə hesab edilir ki, qanın 1 l-də 1 q-dan artıq sərbəst (eritrositlərdən azad olmuş) hemoqlobin olduqda hemoqlobinuriya törənir.

Sidiyin tərkibində leykositlərin orta dərəcədə artmasına leykosituriya, tərkibində həddindən artıq dəyişikliyə uğramış leykosit (irin cisimcikləri) olan tutqunlaşmış sidik ifrazına piuriya deyilir. Leykosituriya böyrəyin iltihabi xəstəliklərinin (xüsusən pielonefrit) əsas əlamətlərindən biridir. Sidik yollarının və cinsiyyət orqanlarının iltihabi xəstəlikləri zamanı böyrəkdənkənar mənşəli leykosituriya və piuriya müşahidə edilir.

Normal sidikdə bilirubinin miqdarı o qədər aşağı olur ki, onu adı vəsfî analiz üsulları ilə aşkarla çıxarmaq mümkün olmur. Sidikdə bilirubinin adı analitik testlər vasitəsilə aşkar edilə bilən həddən artıq olmasına b i l i r u - b i n u r i y a deyilir. Bilirubinuriya – öd yollarının tutulmasının və qaraciyərin parenximatoz zədələnmələrinin əsas əlamətlərindən biridir. Adətən qanda birləşmiş bilirubinin (bilirubinin qlükuronidləri) qatılığı 2 mq%-dən (3,4 mmol/l) artıq olduqda bilirubinuriya aşkar edilir. Birləşmiş bilirubindən fərqli olaraq, sərbəst bilirubin böyrək yumaqcıqlarından filtrasiya etmir və yalnız yumaqcıqların keçiriciliyi həddindən artıq yüksəldikdə sidiyə keçə bilir.

Sidikdə az miqdarda urobilin (daha dəqiq desək, sterkobilinogen) olur. Lakin ödün bağırsaqlara ifrazi pozulduqda sidikdə böyük miqdarda bilirubin olmasına baxmayaraq, sterkobilinogen olmur. Çünkü, sterkobilinogenin əmələ gəlməsi üçün bilirubin bağırsaqlara tökülməlidir. Hemolitik və parenximatoz sarılıqlar zamanı qaraciyərin bağırsaqlardan sorulan mezo-bilinogeni (urobilinogeni) zərərsizləşdirmək xassəsi zəiflədiyinə görə, urobilinuriya törənir.

Normal sidikdə az miqdarda porfirinlər (1 günlük sidikdə 300 mkq-yə qədər) olur. Qaraciyər paranximasının zədələnməsi ilə əlaqədar olan xəstəliklər və B₁₂ vitamini çatışmazlığı ilə əlaqədar olan anemiyalar zamanı sidikdə porfirinlərin qatılığı 10-12 dəfə arta bilər. Sidikdə porfirinlərin artması ümumi şəkildə p o r f i r i y a adı almış bir qrup irsi xəstəliyin əlamətlərindən biridir. Bu xəstəliyin müxtəlif formaları protoporfirin IX-un sintezində iştirak edən bu və ya digər fermentlərin irsi çatışmazlığı nəticəsində törənir.

5.6. BÖYRƏKLƏRİN FUNKSIYASINI ÖYRƏNMƏK ÜÇÜN İSTİFADƏ EDİLƏN BİOKİMYƏVİ ÜSULLAR

Böyrəklərin funksional vəziyyətini öyrenmək üçün istifadə edilən üsullar 4 qrupa bölünür: 1) sidiyin fiziki-kimyəvi xassələrinin və biokimyəvi tərkibinin tədqiqi; 2) böyrəyin qatlaşdırıcı və durulaşdırıcı funksiyalarının tədqiqi; 3) qanın biokimyəvi tərkibinin və bəzi fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi; 4) hemorenal göstəricilərin təyini.

Sidiyin fiziki-kimyəvi xassələrinin və kimyəvi tərkibinin normal vəziyyəti və patoloji şəraitdə baş verən dəyişiklikləri haqqında yuxarıda məlumat verilmişdir.

Böyrəyin qatlaşdırıcı və durulaşdırıcı funksiyalarını öyrənmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə edilir. Aşağıda belə üsullardan bir neçəsi haqqında məlumat veririk.

Qatlaşdırma sınağı. Xəstəyə 36 saat ərzində su və sulu xörəklər verilmir. Su qəbulu kəsildikdən 12 saat sonra başlamaqla, hər 3 saatdan bir (cəmi 8 dəfə) ifraz edilən sidik porsiyalarının xüsusi çəkisi və həcmi ayrılıqda təyin edilir. Sağlam şəxslərdə su qəbulu kəsildikdən 18-24 saat sonra sidiyin xüsusi çəkisi 1,028-1,030 və daha yüksək səviyyəyə qalxır. Böyrəklərin qatlaşdırıcı funksiyası pozulduqda xüsusi çəkinin kəskin artımı müşahidə edilmir.

Durulaşdırma sınağı. Xəstəyə səhər vaxtı acqarına (30-45 dəqiqə ərzində) 1,0-1,5 l su içirilir və 4 saat ərzində hər yarım saatda bir dəfə ifraz edilən sidiyin xüsusi çəkisi və həcmi ayrılıqda təyin edilir. Sağlam şəxslərdə sınaq vaxtı sidiyin xüsusi çəkisi 1,001-1,003-ə qədər enir və içilən suyun 75%-ə qədəri 4 saat ərzində ifraz edilir. Böyrəyin funksiyası pozulduqda bu müddətdə ifraz edilən sidiyin həcmi qəbul edilən suyun həcminin 70%-dən artıq olmur və müxtəlif porsiyaların hər birinin xüsusi çəkisi 1,006-dan aşağı düşmür.

Zimnitski sınağı ilk iki sınaqdan adı qidalanma və su qəbulu şəraitində aparılması ilə fərqlənir. 1 gün ərzində hər 3 saatda bir dəfə (cəmi 8 dəfə) sidik ifraz edilir. Hər bir porsiyanın xüsusi çəkisi və həcmi ayrılıqda təyin edilir. Normal halda gündüz diurezi gecə diurezinə nisbətən orta hesabla 2 dəfə çox olur. Müxtəlif porsiyaların ayrılıqda həcmi 50 ml-lə 250 ml arasında, xüsusi çəkisi 1,005-lə 1,028 arasında dəyişir. Böyrəyin funksional çatışmazlığı zamanı gecə diurezinin həcmi artıq olur (nikturiya), porsiyaların xüsusi çəkiləri bir-birindən az fərqlənir və 1,012-dən yuxarı qalxmır.

Qanın biokimyəvi analizi. Böyrəyin funksional vəziyyətini qiymətləndirmek üçün ən çox istifadə edilən göstəricilərdən biri – qanda qaliq azotunun qatılığıdır. Bu biokimyəvi meyar plazmanın xırdamolekullu azotlu maddələrinin (karbamid, aminturşular, kreatinin, ammonyak, indikan və s.) tərkibində olan azotun ümumi miqdarnı ifadə edir. Normal halda plazmanın qaliq azotu 0,2-0,4 q/l (20-40 mq %) olur. Qaliq azotun artması (azotemiya) böyrəyin azotlu mübadılə məhsullarını ifrazetmə qabiliyyətinin zəiflədiyini göstərir. Bu, böyrək fəaliyyəti çatışmazlığının əsas əlamətlərindən biridir. Lakin bəzən başqa orqanların xəstəlik və zədələnmələri də azotemiya ilə müşayiət edilə bilər. Bunlara qaraciyərin və mədəaltı vəzilərin ağır xəstəlikləri, sepsis, pnevmoniya, bədxassəli şişlər, qan dövrəni çatışmazlığı, uzunmüddətli ishal və s. aiddir.

Bəzi xırdamolekullu azotlu maddələrin qandakı miqdarı böyrək çatışmazlığının başlangıç mərhələlərində, hələlik qaliq azotunun normal olduğu dövrdə artır. Bunlara karbamid (normal halda 20-40 mq %) və indikan (normal halda 0,2-0,8 mq %) aiddir. Qanda karbamidin qatılığının artması böyrəkdən kənar amillərlə də (zülallarla zəngin olan qida maddələrinin qəbulu, toxuma və hüceyrələrin irisahəli zədələnmələri, hemoliz) əlaqədar ola bilər. Buna görə, plazma karbamidinin tərkibinə daxil olan azotun miqd-

rının qalıq azotunun miqdarına nisbətinin müəyyənləşdirilməsinin böyrək çatışmazlığının diaqnostikası üçün böyük əhəmiyyəti vardır. Normal halda bu nisbət 48 %-dən az olur, böyrək çatışmazlığı zamanı isə 90 %-ə qədər arta bılır.

Müasir dövrdə böyrək funksiyasının qiymətləndirilməsi məqsədilə qan plazmasında sistatin C-nin qatılığının təyin edilməsinə xüsusi önəm verilir. Tədqiqatlardan aydın olmuşdur ki, plazmada sistatin C-nin qatılığı böyrəklərin filtrasiyaedici funksiyası haqqında təsəvvür əldə etmək üçün kreatinin səviyyəsinə nisbətən daha aydın təsəvvür yaradır. Çünkü kreatinindən fərqli olaraq, sistatin C-nin orqanizm daxilində sintez edilməsinin sürətinə cinsiyyət, yaş, əzələ kütləsi, qidalanmanın xarakteri, iltihabi xəstəliklər kimi amillər təsir göstərmir.

S i s t a t i n C serin proteinazalarının inhibitorları olan və ümumilikdə sistatinlər adlanan xirdamolekullu plazma zülallarının bir növüdür; onun molekul zəncirinə 120 aminturşu qalığı daxildir (molekul kütləsi 13 minə yaxındır). Orqanizmin bütün nüvəli hüceyrələrində sabit sürətlə sistatin C sintez edilir. Qanda sistatin C-nin qatılığı yumaqcılarda filtrasiya prosesinin sürətindən asılıdır. Çünkü molekulunun ölçülüri kiçik olan bu zülali maddə normal böyrək yumaqcılarda asanlıqla filtrasiyaya uğrayıb, ilk sıdiyin tərkibinə keçir və sıdiyin tərkibində orqanizmdən xaric edilir. Buna görə plazmada sistatin C-nin səviyyəsi böyrəyin filtrasiyaedici funksiyasından asılıdır və filtrasiyanın sürəti azaldıqca plazmada sistatin C artır. Plazmada bu zülali maddənin qatılığı normal halda 14 yaşıdan 50 yaşa qədər 0,63-1,33 mq/l, yaşı 50-dən yuxarı olan şəxslərdə isə 0,74-1,55 mq/l-dir. Ürək-damar sisteminin funksiyasının xronik çatışmazlığı və miokard infarktı xəstəliyi də plazmada sistatin C-nin qatılığının artması ilə müşayiət edilir. Bunu həmin xəstəliklər zamanı qan dövranında olan durğunluğun böyrəklərin sidikyaradıcı fəaliyyətinə göstərdiyi mənfi təsirlə izah etmək olar.

Böyrək çatışmazlığının ilk dövrlərində qan plazmasında indikanın da qatılığı artır. Bundan əlavə, böyrək xəstəlikləri qan plazmasında natrium, xlorun, maqneziumun artması ilə müşayiət edilir. Xronik böyrək çatışmazlığının başlanğıc mərhələsində hiponatriemiya, hipoxloremiya, hipovə ya hiperkaliemiya ola bilər. Qanda maqneziumun artması və kalsiumun azalması da böyrək çatışmazlığı üçün xarakterik əlamətlərdən biridir. Bundan əlavə, böyrək çatışmazlığı zamanı qanın turşu-qələvi müvazinəti pozulur (asidoz əmələ gəlir) və osmos təzyiqi artır. Lakin elektrolit mübadiləsinin, turşu-qələvi müvazinətinin və qanın osmos təzyiqinin müvafiq dəyişiklikləri başqa orqanların xəstəlikləri zamanı da müşahidə edildiyinə görə, diaqnostik baxımdan böyük əhəmiyyət kəsb etmir.

Böyrəyin funksional çatışmazlığının yardımcı əlamətlərindən biri də – qanın zülal spektrinin dəyişməsidir. Bir sıra böyrək xəstəlikləri zamanı sidiklə albuminlər qlobulinlərə nisbətən çox itirildiyindən, qan plazmasında hipoalbuminuriya aşkar edilir. Böyrək mənşəli ödemlərin əmələ gəlməsində hipoalbuminemianın da rolu vardır.

Hemorenal göstəricilər. Böyrək xəstəliklərinin ağırılıq dərəcəsi haqqında mühakimə yürütmək üçün vaxt müxtəlif maddələrin qanda və sıdikdə qatılığı tədqiq edilir. Bu tədqiqata əsasən, böyrəyin qanı təmizləmə göstəri-

cisi müəyyənləşdirilir. Təmizləmə göstəricisi və ya *klirens* (ingiliscə: *clear* – təmiz) qan plazmasının 1 dəq ərzində müəyyən bir maddədən tam təmizlənə bilən hissəsinin millilitrlərlə miqdarnı ifadə edir.

Klirens göstəricisini müəyyənləşdirmək üçün 1 dəq ərzində əmələ gələn sidiyin millilitrlərlə həcmini və tədqiq edilən maddənin qanda və sidikdəki qatılığını bilmək lazımdır. Klirens göstəricisi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$C = \frac{U \cdot V}{p}$$

Burada C – klirens göstəricisi, V – 1 dəq ərzində əmələ gələn sidiyin həcmi, U – tədqiq edilən maddənin sidikdəki, p – isə qan plazmasındakı qatılığıdır. Klirensi ya orqanizmdə əmələ gələn və böyrəklər vasitəsilə xaric edilən maddələrə görə, ya da bu məqsədlə qan damarlarına yeridilən xüsusi maddələrə (məsələn, inulin) görə tə'yin edirlər. Müxtəlif maddələrin klirens göstəricisi bir-birindən fərqlənir. Normal klirens göstəricisi inulin üçün 120 ml/dəq, kreatinin üçün 100 ml/dəq, karbamid üçün 70 ml/dəq, fenolrot üçün 400 ml/dəq-dir. Bu fərq həmin maddələrin böyrəklərdən hansı mexanizmlə xaric edilməsindən aslidir. Məsələn, inulin böyrək yumaqcığında filtrasiyaya uğrayır, borucuqlardan isə geriyə sorulmur; karbamid filtrasiyaya uğrayır, lakin onun bir hissəsi geriyə sorulur; fenolrot isə həm filtrasiya yolu ilə, həm də aktiv sekresiya üsulu ilə ifraz edilir.

Inulinin klirens göstəricisi (120 ml/dəq) bir dəqiqliğə ərzində əmələ gələn ilk sidiyin miqdarına bərabərdir. Çünkü, inulin qan plazmasında hansı qatılıqda olursa, ilk sidiyin tərkibinə də həmin qatılıqda filtrasiya edir və sonradan reabsorbsiyaya uğramır. Bu maddənin klirens göstəricisinin azalması böyrəyin filtrasiya funksiyasının zəiflədiyini göstərir.

Sübut edilmişdir ki, paraaminhippur turşusu sidiyin tərkibinə aktiv sekresiya mexanizmi ilə keçir; böyrəklərdən geriyə qayıdan qanın tərkibində paraaminhippur turşusu qalmır. Buna görə, adı çəkilən turşunu qana yeridib, klirens göstəricisini təyin etməklə, 1 dəq ərzində böyrəklərdən keçən plazmanın miqdarını aydınlaşdırmaq mümkündür. Sağlam adamlarda bu göstərici 550-650 ml/dəq-yə bərabərdir. Yəni böyrəklər 1 dəq ərzində 550-650 ml plazmanı paraaminhippur turşusundan tam təmizləyir. Bu göstəriciyə və hematokrit ədədinə əsasən, 1 dəq ərzində böyrəklərdən keçən qanın ümumi həcmi hesablanır (sağlam insanda – 1150-1250 ml/dəq). Böyrəkdən 1 dəq ərzində keçən qanın həcminin müəyyənləşdirilməsi xronik qlomerulonefrit xəstəliyinin hipertensiya ilə müşayiət edilən formasını essensial hipertoniya xəstəliyindən fərqləndirməyə imkan verir. Bu göstərici qlomerulonefrit xəstəliyi zamanı ya artır, ya da normal olur, hipertoniya xəstəliyi zamanı isə azalır.

Orqanizmdə əmələ gələn kreatinin filtrasiya yolu ilə ilk sidiyin tərkibinə keçir, bu birləşmə böyrəklərdə parçalanmir və sintez edilmir. Müəyyən edilmişdir ki, kreatinin böyrək borucuqlarına sekresiya edilmədiyinə görə, filtrasiya prosesi kreatininə görə təyin edildikdə, alınan nəticələr inulinin tədqiqindən alınan nəticələrə yaxın olur. Bunu nəzərə alan Reberq filtrasiya prosesini qanda və sidikdə kreatininin qatılığını təyin etmək yolu ilə hesablamaq üsulu təklif etmişdir. Sonralar «Reberq sınağı» adı almış bu tədqiqat üsulu eyni zamanda, həm yumaqcıq filtrasiyası, həm də reabsorbsiya haqqında nəticə çıxarmağa imkan verir və qan damarlarına ekzogen

maddələrin yeridilməsi ilə əlaqədar olmadığına görə, fizioloji cəhətdən da-ha əlverişlidir. Bu sınağı aparmaq üçün xəstəyə 400-500 ml su və ya kəmşirin çay içirdilir və dərhal sidik buraxmaq tapşırılır. İlk ifraz edilən sidik atılır və sidiyin buraxıldığı vaxt qeyd edilir. 1 saat keçəndən sonra sidik kisəsinə toplanan sidik bütünlükə ifraz edilib, toplanır. Bu müddətin ortasında, yəni su içildikdən yarım saat sonra xəstənin venasından 5-8 ml qan götürülür. Qanda və sidikdə kreatininin qatılığı təyin edilir; toplanmış sidiyin həcmində əsasən 1 dəq-lik diurez hesablanır. Bunlara əsasən, filtrasiya və reabsorbsiya hesablanır. Yumaqcıq filtrasiyasını $[C_s/C_q] \cdot V$ düsturu üzrə hesablayırlar. Burada C_s – kreatinin sidikdəki, C_q – qandakı qatılığı, V – isə də-qiqəlik diurezin həcmidir. Bu düsturda olan C_s/C_q nisbətini qatlaşdırma indeksi (Qi) adlandırmaq olar. Bu nisbət nefronların yumaqcıq filtratında olan kreatinini neçə dəfə qatlaşdırduğunu əks etdirir. Bunu nəzərə alaraq, yumaqcıq filtrasiyasını (Y_f) $Y_f = Qi \cdot V$ düsturu ilə, reabsorbsiya faizini (R) isə aşağıdakı düsturlarla hesablamaq olar:

$$R\% = [(Y_f - V) / Y_f] \cdot 100 \text{ və ya } R\% = (Qi - 1) / Qi \cdot 100$$

Böyrəyin fəaliyyəti normal olduqda yumaqcıq filtrasiyası 80-120 ml/dəq-yə, reabsorbsiya faizi isə 97-99 %-ə bərabər olur.

5.7. BÖYRƏKDAŞI XƏSTƏLİYİ

Böyrək daşlarının əmələgəlmə səbəbləri müxtəlifdir və tam aydınlaşdırılmışdır. Məlumdur ki, sidik müxtəlif duzların qarşıq məhluludur. Bu məhlulun tərkibində olan bir sira maddələrin həllolma qabiliyyəti zəifdir və onlar doymuş məhlullardan asanlıqla çöküntüyə keçə bilirlər. Belə proses böyrəklərdə və ya sidik ifrazi sisteminin digər şöbələrində baş verdikdə sidik daşları əmələ gəlir. Böyrək daşları müxtəlif ölçüdə (qum dənəciklərindən iri konqlomeratlara qədər) ola bilər. Normal sidikdə daşların əmələgəlmə ehtimalı böyük olmur. Çünkü, sidiyin tərkibində olan xondroitinsulfat, mutsin və serum albuminlərinin cüzi miqdarı bu prosesin qarşısını ala bilir. Bunlara mühafizədici kolloidlər deyilir. 1 günlük sidiyin tərkibində 1 q-a qədər mühafizədici kolloid olur. Patoloji proseslər zamanı sidikdə mühafizədici kolloidlərin qatılığı azalır və bu, sidik daşlarının əmələgəlmə ehtimalını artırır. Lakin sidik daşlarının əmələ gəlməsində mühafizədici kolloidlərin azalmasının rolü o qədər də böyük deyil. Bəzi müəlliflər (məsələn, O.Şik, 1967) bu prosesin mexanizmində sidiyin tərkibində mukoproteinlərin artmasının daha böyük rolü olduğunu qeyd edirlər. Elektroforez üsulu ilə aparılan tədqiqatlardan aydın olmuşdur ki, böyrəkdaşı olan xəstələrin sidiyindəki mukoproteinlər fiziki-kimyəvi xassələrinə görə, sağlam şəxslərin mukoproteinlərindən fərqlənir. Böyrəklərdən sidiyin axıb getməsinin çətinləşməsi, qalxanabənzərtrafi vəzilərin funksiyasının pozulması kimi hallar sidikdə mukoproteinlərin artmasına səbəb ola bilər. Sidik daşının əmələ gəlməsində sidiyin tərkibində asanlıqla çöküntü verə bilən bir sira maddələrin (kalsium birləşmələri, sidik turşusu duzları, sistin və s.) müəyyən rol oynayır. Bundan əlavə, temperaturun və hidrogen ionlarının qatılığının dəyişmələri də mineral maddələrin çöküntüyə keçməsinə şərait yaradır.

Sidik daşlarının mərkəzi hissəsini, yəni «özəyini» adətən mukopolisa-

xarıdlar və mukoidlər təşkil edir. Sonradan bu özəyin üzərinə müxtəlif duzlar çökür. Sidik daşının üzvi maddələrdən ibarət olan özəyinin əmələ gəlməsinə çox vaxt böyrəklərdə olan iltihabi proseslər şərait yaradır. Onların üzərinə duzlardan əlavə, kolloid xarakterli səthi aktiv maddələr də çökür; bu maddələr isə daşın daha da böyüməsinə şərait yaradır və onlara təbəqəli forma verir.

Sidik daşlarının kimyəvi tərkibinin aydınlaşdırılması böyrəkdaşı xəstəliyinin müalicəsi üçün böyük əhəmiyyətə malikdir. Bu daşların çox hissəsi (75%-ə qədər) kalsiumun oksalat, fosfat və karbonat duzlarından ibarət olur. Nisbətən az hallarda (12 %-ə qədər) tərkibində fosfat turşusunun maqnezium və ammonium duzları üstünlük təşkil edən daşlara və sidik turşusunun sodium duzundan ibarət olan daşlara (12 %-ə qədər) rast gəlinir. Nadir hallarda sidik yollarında sistin və çox nadir hallarda ksantin daşları da olur. Lakin təmiz şəkildə oksalat, fosfat və ya urat daşlarına praktikada təsadüf edilmir. Adətən sidiyin reaksiyası qələvilik istiqamətində dəyişikdə kalsium, maqnezium və ammoniumun fosfat duzları daha asanlıqla çöküntüyə keçib, sidikdaşı əmələ gətirir. Lakin qələvi mühit uratların sidik yollarında möhlul şəklində qalmasını asanlaşdırır və urat daşlarının əmələ gəlməsinin qarşısını alır. Kalsiumun oksalat duzları isə mühitin reaksiyasından asılı olmayıaraq, pH-in bütün qiymətlərində çöküntüyə keçə bilir. Sidik daşlarının əmələ gəlməsində qidanın xarakterinin və içilən suyun keyfiyyətinin də rolü vardır.

Böyrəkdaşı xəstəliyinin müalicəsi zamanı xəstələrin pəhrizinə daxil edilən ərzaq maddələrinin tərkibində daşların tərkibindəki maddələrin az olmasına diqqət yetirilir və onlara mübadilə zamanı belə maddələrin əmələ gəlməsinə səbəb olmayan ərzaqlarla qidalanmaq tövsiyə edilir. Məsələn, oksalat daşlarının əmələ gəlməsinə meylli olan xəstələrin pəhrizindən bu turşu ilə zəngin olan qida maddələri (alma, ispanaq, turşəng və s.) çıxarılmalıdır, urat daşlarının əmələ gəlməsi ehtimalı yüksək olduqda, xəstəyə nukleoproteinlərlə zəngin olan qida maddələrinin (ət, noxud və s.) qəbulunu məhdudlaşdırmaq məsləhət görülür. Lakin müalicəni təkcə pəhrizlə məhdudlaşdırmaq olmaz. Bu xəstəliyin müalicəsində maddələr mübadiləsinin normallaşdırılmasının xüsusilə böyük əhəmiyyəti vardır. Məsələn, sistin daşları qaraciyərdə mübadilə proseslərinin pozulması zamanı asanlıqla əmələ gəlir; bu daşlara irsi sistinuriya xəstəliyi olan şəxslərdə də nisbətən çox rast gəlinir (çünki, bu xəstəlik zamanı sistinin reabsorbsiyası pozulur); leykemiya və polisitemiya sidik yollarında urat daşlarının əmələ gəlməsinə meyl törədir. Ksantinoksidaza fermentinin fəallığının azalması və ksantinin böyrək borucuqlarından reabsorbsiyasının sürətlənməsi ksantin daşlarının əmələgəlmə ehtimalını artırır.

Beləliklə, böyrək daşının əmələ gəlməsi müxtəlif daxili (yumaqcıq membranlarında keçiriciliyin pozulması, nefronların epitel hüceyrələrindən ibarət olan «özəyin» əmələ gəlməsi, maddələr mübadiləsinin pozulması və s.) və xarici (qidanın xarakteri, şirin su hövzələrindəki suyun tərkibi və s.) amillərdən asılı olan mürəkkəb prosesdir. Buna görə, adı çəkilən xəstəliyin müalicə və profilaktikasında yuxarıda sadalanan bütün amillər nəzərə alınmalıdır.