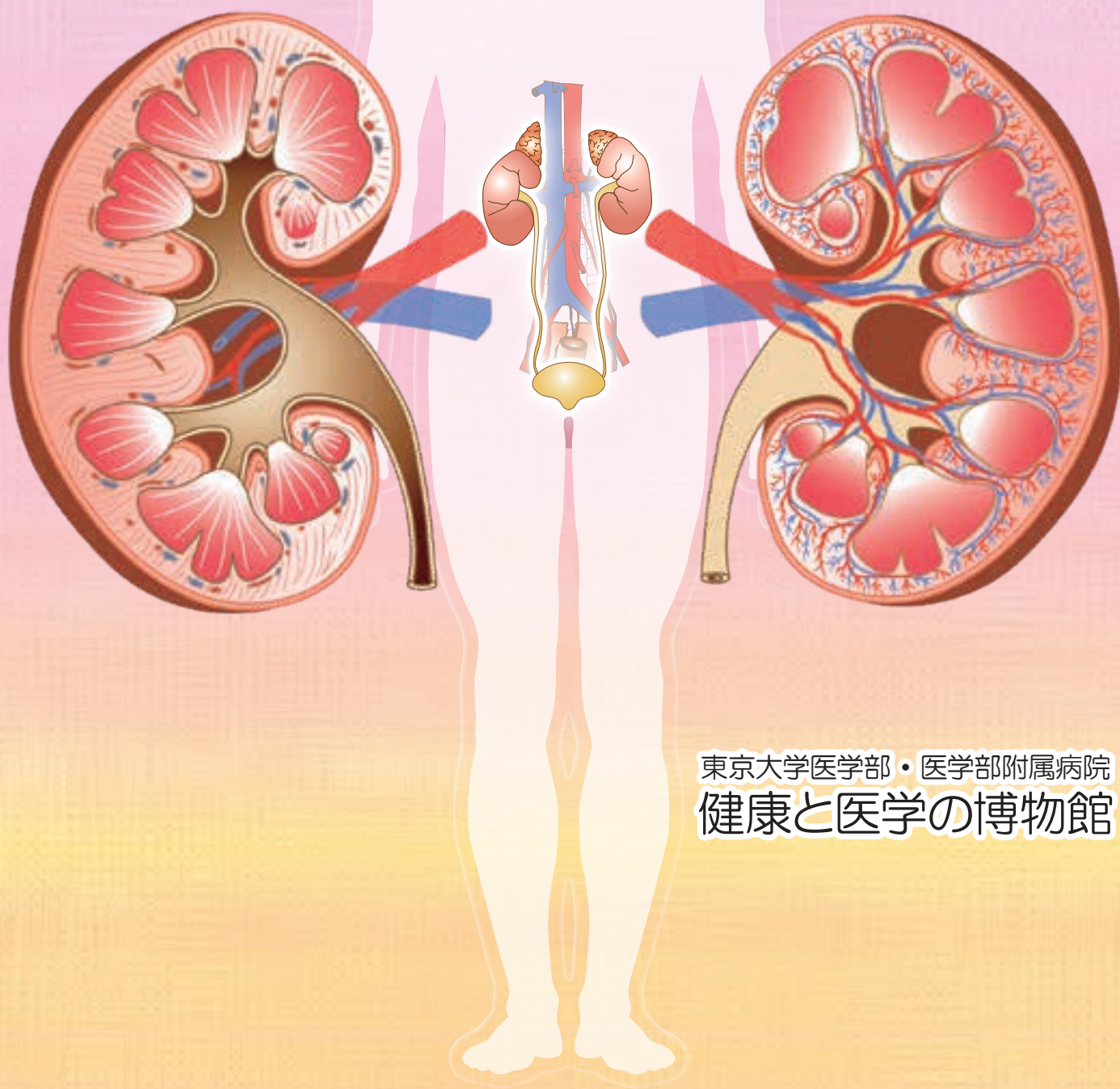


第11回企画展

縁の下で身体を 支える腎臓

— 生体恒常性の不思議 —



東京大学医学部・医学部附属病院
健康と医学の博物館

縁の下で身体を支える腎臓

— 生体恒常性の不思議 —

展示期間：2016年11月25日（金）～2017年4月9日（日）

企画展概要

第11回企画展では、「腎臓」を取り上げます。

腎臓は、背中側の腰の上あたりにある臓器で、右と左に一つずつ存在しています。空豆そらまめのような形をしており、大きさは長径10 cmと拳こぶし程度ですが、個体差もあるようです。

この腎臓が果たす役割の中で日常で馴染みがあるものは、老廃物を濾過して尿として排泄する機能でしょう。我々は排尿することによって、体内環境を保っています。

医学の歴史をたどっていくと、過去の偉人も腎臓に対して眼目を置いている様子が窺うかがいしれます。彼らの作成したスケッチには、必ず腎臓の様子が記されています。

また、「肝腎かんじん要かなめ」という慣用句もあり、「特に大切であること・ところ」を意味します。お気づきかと思いますが、この慣用句には「腎」の漢字が含まれています。東洋医学の「五臓六腑」という言葉が示す臓器群にも、腎臓が含まれています。

これらのことから、腎臓がヒトにとって重要な臓器と認識されてきたことが推測できます。

今回の企画展では、腎臓の基本的な構造・機能から、腎臓の代表的な疾患、そして腎臓に関する医療、そして本学で行われている腎臓の研究・診療まで紹介します。これらの展示を通して、ヒトにとって重要な臓器「腎臓」について、新たな理解を深めていただければ幸いです。

【Zone 1】

最初に腎臓の構造や機能について、歴史的な内容も含めて、概説します。これまであまり取り上げることがなかった、「内分泌系」も併せて紹介します。

【Zone 2】

腎臓の疾患の中心は、慢性腎臓病（CKD）です。これに至る原因となる病態を紹介します。また重要な腎臓疾患である結石やがんについても説明します。

【Zone 3】

腎臓の状態を調べる検査から、病態に対処するための治療を紹介します。

【Zone 4】

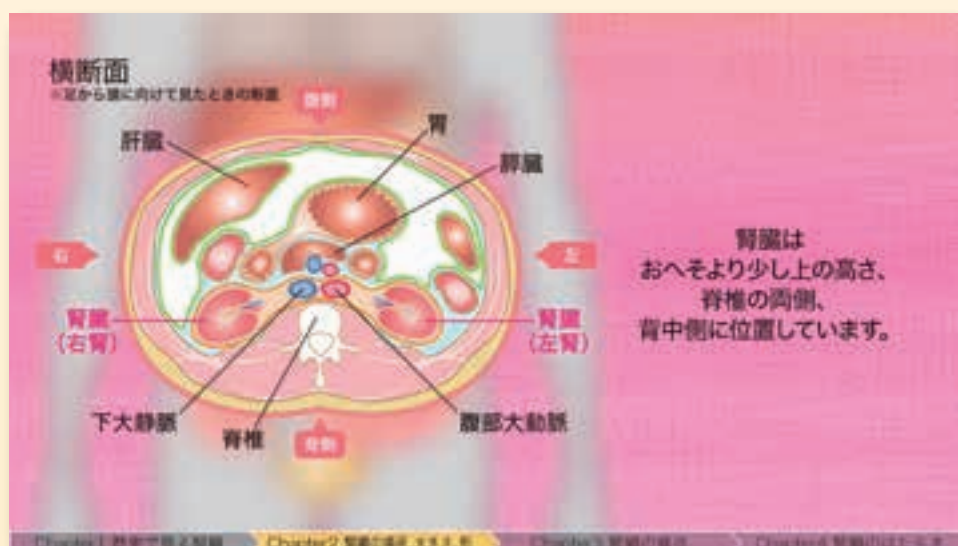
本学で行われている腎臓に関する研究や最新の診療について紹介します。また、腎臓病のデータベース事業も取り上げます。

本企画展は、腎臓・内分泌内科（科長：南学正臣）をはじめ、関係者が監修しました。

目次

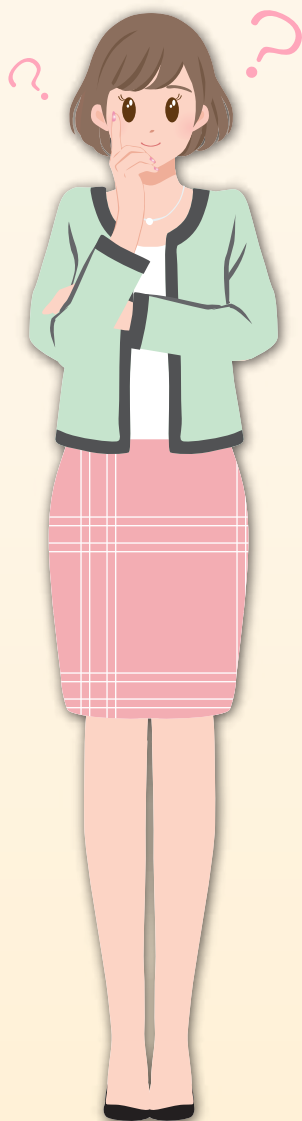
企画展概要	・・・P 1
目次	・・・P 2
ZONE 1 腎臓とは？	
縁の下で身体を支える腎臓とは(映像)	・・・P 3
腎臓Q&A①	・・・P 4
腎臓Q&A②	・・・P 5
腎臓Q&A③	・・・P 6
腎臓Q&A④	・・・P 7
ホルモンによる身体調節	・・・P 8
ホルモンの異常で起こる病気	・・・P 9
腎臓に関する知見の歴史①	・・・P 10
腎臓に関する知見の歴史②	・・・P 11
貝原益軒 著「養生訓」(展示)	・・・P 12
腎臓に関する絵本・腎臓の模型(展示)	・・・P 13
ZONE 2 腎臓の病気	
多くの種類がある腎臓病	・・・P 14
新たな国民病になりつつある慢性腎臓病	・・・P 15
CKDの原因となる病気①腎炎・急性腎炎・IgA腎症・ネフローゼ症候群-	・・・P 16
CKDの原因となる病気②腎硬化症	・・・P 17
CKDの原因となる病気③糖尿病性腎症	・・・P 18
腎臓結石や腎臓がんにも気をつけよう	・・・P 19
結石(展示)	・・・P 20
腎臓の病理標本観察(映像)・顕微鏡体験(展示)	・・・P 21
腎細胞がん・多嚢胞腎標本(展示)	・・・P 22
ZONE 3 腎臓の医療	
尿検査-腎機能全般を知ることができる-	・・・P 23
尿検査コラム	・・・P 24
血液検査-血液に老廃物がたまる様子を調べる-	・・・P 25
腎機能検査-腎機能を示す糸球体濾過量(GFR)-	・・・P 26
画像検査と腎生検	・・・P 27
腎臓病の治療に欠かせない食事療法	・・・P 28
塩分・栄養診断コーナー(展示)	・・・P 29
腎臓病の運動療法コラム	・・・P 30
薬物療法-腎臓病になると炎症や高血圧など症状と原因に応じた薬が使われます-	・・・P 31
腎不全が進行したときの治療法:腎移植	・・・P 32-34
多能性細胞を使って3次元の腎臓組織を作り出す試み	・・・P 35
腎不全が進行したときの治療法:透析療法	・・・P 36-37
透析療法の種類としくみ(映像)・濾過システム実験機(展示)	・・・P 38
透析装置・腹膜透析装置(展示)	・・・P 39
ZONE 4 東大の取組み	
よりよい診療のために始まった、腎臓病データベース作り	・・・P 40
腎臓が酸素不足に陥るしくみを解明し、治療に役立てる	・・・P 41
トルバプタンによる多発性嚢胞腎の新しい治療法	・・・P 42
重篤な腎不全に陥ることの多い非典型溶血性尿毒症症候群	・・・P 43
末期腎不全に対する東大の取り組み	・・・P 44
関連情報サイトの紹介	・・・P 45
本企画展の協力者	・・・P 46

映像 縁の下で身体を支える腎臓とは？



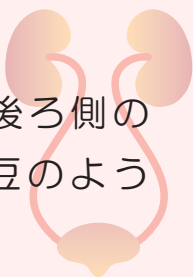
Q1

腎臓は体のどこにあるの？
どんな形をしているの？



A Q1 の答え

腎臓は肝臓や胃の後ろ側の後腹膜にあり、空豆のような形をしています。



腎臓は左右1対の臓器で、1つの腎臓の長さは10 cm程度、幅は7cm程度の大きさで、重さは100 g程度です。

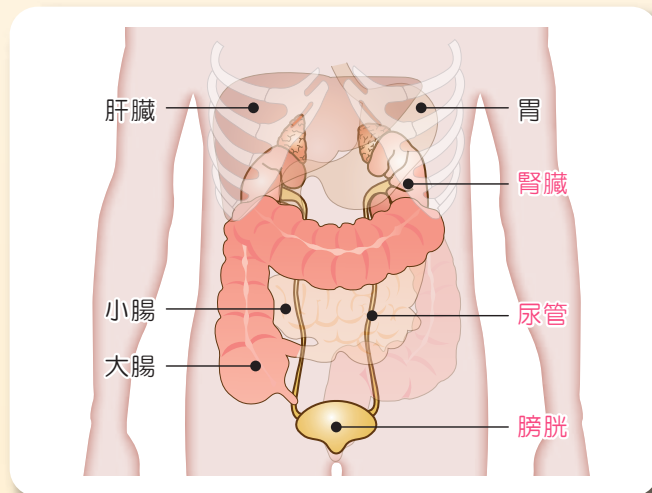
肝臓や胃の後ろ側の後腹膜にあり、脂肪に包まれています。おおよそ腰の高さの背中側で、脊髄のすぐ横、第12胸椎(一番下の胸椎)と第3腰椎(腰椎は全部で5つ)の間に位置し、左右と第12肋骨(一番下の肋骨)をまたいでいます。

右の腎臓は上部は肝臓と接し、十二指腸や結腸とも接触しています。また、左の腎臓は胃、脾臓、脾臓、結腸と接触しています。右側は肝臓に上から押されていて、左側よりもやや下にあります。腎臓の上には副腎が乗っています。

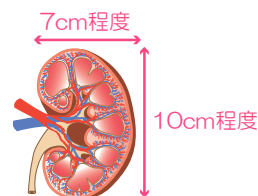
このように腎臓は体の後ろ側にあるため、腎臓が不調になると、背中や腰が痛むことがよくあります。また腎臓の組織を採る生検や手術は背中側から行います。

腎臓には腎動脈と腎静脈がつながっており、動脈からの血液が腎臓に酸素と栄養を与え、その血液が濾過されて、必要な成分は腎静脈へ、排泄する水分や老廃物は尿となって尿管へ流れます。

● 腎臓の位置



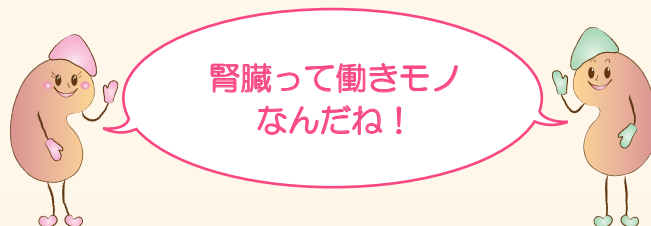
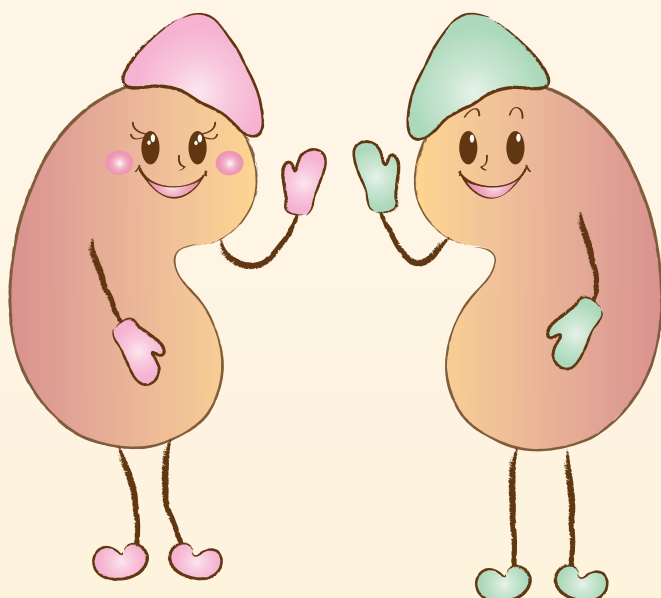
● 原寸大程度の腎臓(断面)※図録上では縮小



Q&A

Q2

腎臓にはどんな役割があるの？



① 血液中の老廃物を取り除く

心臓から送られて腎動脈を通った血液から原尿を作り、それを濾過して、尿に排泄します。

② 体内の水分量をなどを一定に保つ

- 原尿を濾過する際に体内の水分と電解質（カリウムやカルシウム、ナトリウムなど）を調整します。

- 血液のpH（酸性とアルカリ性）を正しく保ちます。

③ 体の内部環境を整える

- レニンという血圧を調節するホルモンを作っています。レニンは、血管を収縮させて血圧を上げるアンジオテンシンというホルモンに働きかけ、血圧を上げます。

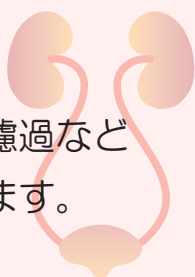
- 赤血球の生成を促すエリスロポエチンを作っています。

- 糖の取り込みに使われるホルモン、インスリンを分解し、体内にインスリンが増えすぎないようにします。

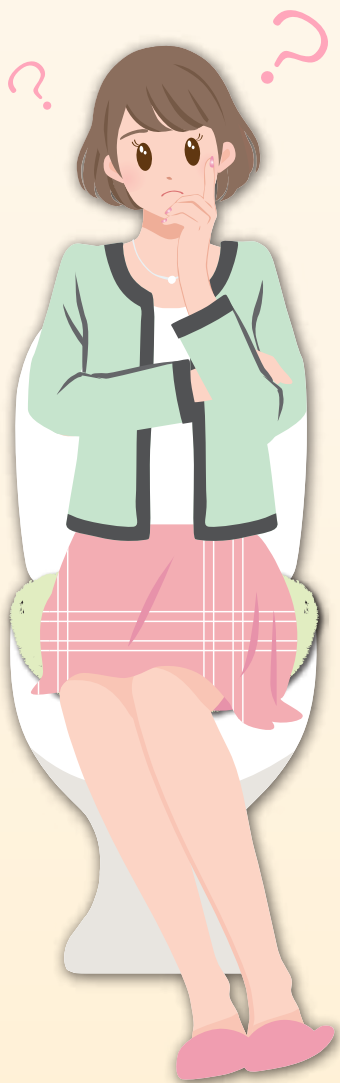
- ビタミンDを活性化して、骨を作るのを助けます。食べ物から摂ったビタミンDは尿細管で活性化され、腸でのカルシウムの吸収を助けることで、骨の成分であるカルシウムを増やすのです。

A Q2 の答え

腎臓には、血液の濾過など重要な働きがあります。



Q3 人間は1日にどれくらいの尿を作っているの？



A Q3の答え

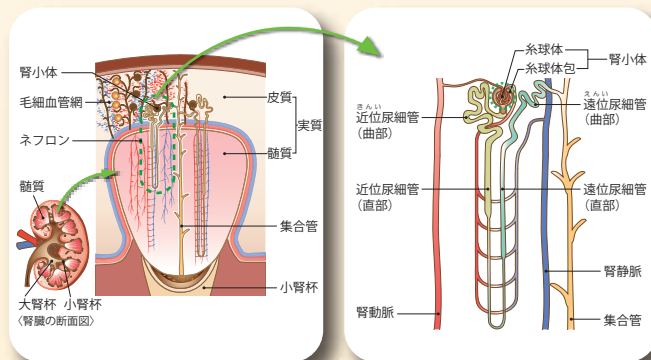
成人では**1.5～1.8リットル**を尿として排泄します。

腎臓の腎動脈には1分間に1リットル、1日に1,500リットルの血液が流れ込み、そこから成人では1日に約150リットルの原尿ができます。その原尿が尿として排泄されるときには1.5～1.8リットルと、およそ100分の1になるのです。

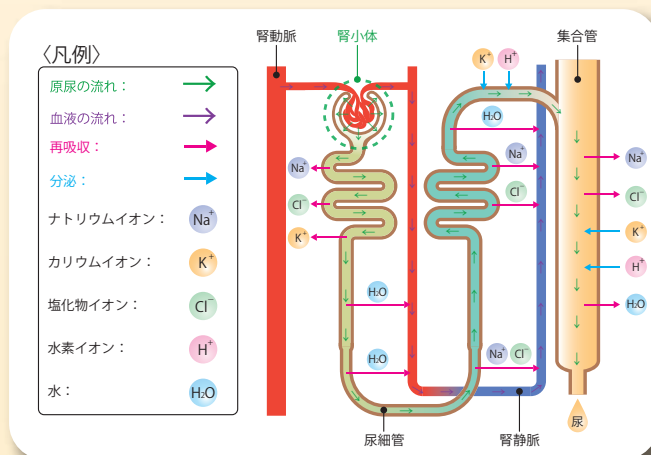
腎動脈から入った血液は腎臓の大部分を占める実質に入り、腎小体(糸球体と糸球体包)や尿細管を経て原尿となります。1本の尿細管と1腎小体は「ネフロン(腎単位)」とよばれます。このネフロンがいくつも働くことで腎臓の機能が保たれています。

その後、尿は小腎杯10個とそれが2、3個まとまった大腎杯からなる空間＝腎盂に入り、尿管を経て排泄されます。

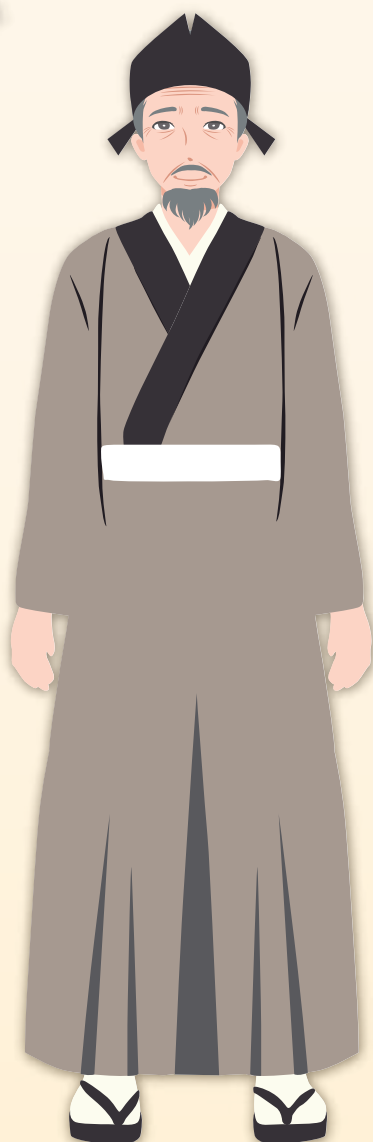
● 腎小体と血管、尿細管 ● ネフロン(腎単位)



● 尿の生成



Q4 東洋医学では、腎臓はどんな臓器と考えられているの？



A Q4 の答え

発育、成長、生殖能力、水分代謝、排尿、思考力、判断力などと関連するとされています。



東洋医学では、人間の胸やお腹には「五臓六腑」があるとしています。「五臓」とは肝・心・脾・肺・腎という、管状ではない、実質臓器と呼ばれる臓器です。一方、六腑は管状の胆・小腸・胃・大腸・膀胱・三焦で、三焦が何を指すのは諸説あります。

それぞれの臓器は単に臓器だけをさすのではなく、幅広い概念でとらえられています。腎は、発育、成長、生殖能力、水分代謝、排尿、思考力、判断力などと関連します。また、細胞や筋肉ともつながっていて、「腎虚^{じんきょ}」は体幹部の筋力が弱り、緊張感のなさ、だるさなどの症状が出ている様子を指します。

これとは別に、古代中国では、自然界は木・火・土・金・水という5つの基本要素からできていると認識されており、それぞれが五臓と結びついています。腎臓は、自然をうるおして下方に流れる「水」と対応し、寒さや涼しさなども表します。

生命活動の五行分類

五行	木	火	土	金	水
五臓	肝	心	脾	肺	腎
五腑	胆	小腸	胃	大腸	膀胱
五体	筋	血脈	肌肉	皮毛	骨
五官	眼	舌	口	鼻	耳
五華	爪	面色	唇	体毛	髪
五神	魂	神	意	魄	志
五志	怒	喜	思	憂	恐
五声	呼	笑	歌	哭	呻
五労	歩	視	坐	臥	立

ホルモンによる身体調節

Physical conditioning using hormone

腎臓の役割の1つである「体の内部環境を整える」働きは「内分泌系」によって担われています。ホルモンを情報伝達物質として使う「内分泌系」と「外分泌系」の違い、臓器から分泌される各種ホルモンを紹介します。

分泌には管を通る「外分泌」と情報物質ホルモンをやりとりする「内分泌」がある

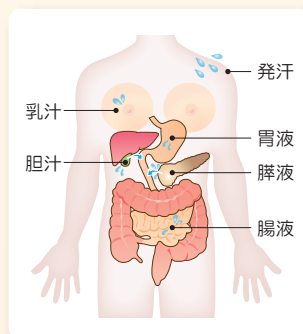
体ではさまざまな部分で「分泌」が起こっています。

たとえば、唾液、胃液・胆汁・膵液・腸液のような消化酵素、汗、母体からの乳汁などは、分泌する組織から専用の管を通して体内の必要な部位、あるいは体表に届くようになっていきます。このような分泌のしくみが「外分泌」です。

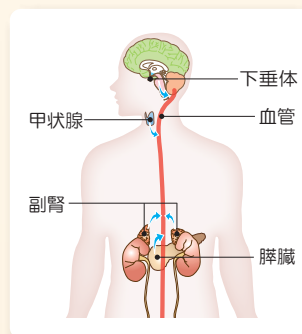
一方、脳の下垂体、甲状腺、腎臓、副腎、膵臓などでは、ホルモンという物質を生成し、血液中に放出します。ホルモンは種類ごとに受け取る標的細胞が決まっています、その細胞の受容体に結合することで働きます。このような分泌のしくみは「内分泌」と呼ばれます。ホルモンはいわば臓器間の情報物質で、それを血液が運んでいるのです。

ホルモンは標的細胞に受け取られると、そこで代謝され、何らかの働きをします。その結果、今度は代謝物質が情報となって血液を介して分泌した臓器の細胞の受容体に結合し、それによってホルモンを出す臓器はさらにホルモンを分泌するか、分泌をストップするかを判断します。このようにホルモンを出す臓器と受け取る臓器の間には、フィードバック機構が備わっています。

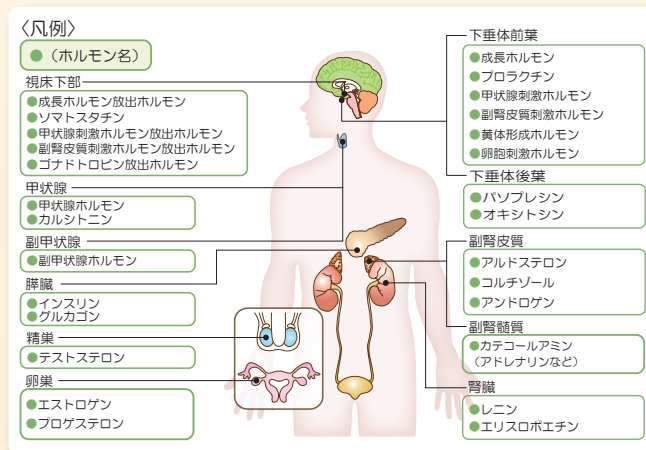
外分泌



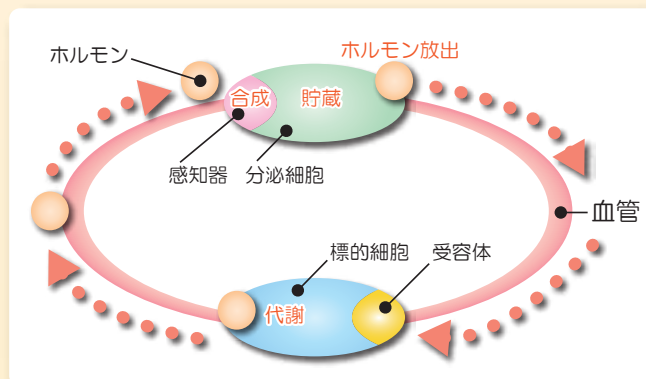
内分泌



主なホルモン



フィードバック機構



ホルモンの異常で起こる病気

Diseases caused by abnormality of hormone

ホルモンを出す臓器やホルモンを受け取る臓器が不調になり、ホルモンの分泌、受容、代謝、フィードバックがうまくいかなくなると、そのホルモンの働きに関連する症状が出てきます。

よく起こるホルモンの異常：

甲状腺機能亢進症・甲状腺機能低下症

よく起こるホルモン異常の病気としては、甲状腺機能障害が挙げられます。甲状腺では全身の代謝を上げる甲状腺ホルモンが合成・分泌されます。この甲状腺ホルモンは、脳の下垂体から分泌される甲状腺刺激ホルモンによって分泌が調整されています。さらに甲状腺刺激ホルモンは間脳の視床下部から分泌される甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンによって調節されます。

このため、甲状腺、下垂体、視床下部のいずれかが病気になると、甲状腺ホルモンの分泌が過度に増えたり、減ったりします。甲状腺ホルモンが過剰に合成・分泌されると、バセドウ病に代表される甲状腺機能亢進症が起こります。バセドウ病では、甲状腺の腫れ、眼球の突出、手足の震え、頻脈や動悸、大量の汗、体重の減少、高血圧や高血糖などの症状が出ます。一方、甲状腺ホルモンの低下による甲状腺機能低下症では、だるさ、皮膚の乾燥、体重の増加、声のかすれ、便秘などが起こります。

意外に頻度が高いホルモンの異常： 原発性アルドステロン症

腎臓の上にある副腎の皮質からはコルチゾールやアルドステロンといったホルモンが出ています。アルドステロンは血圧を上げる働きがあり、アルドステロンが過剰に分泌さ

れる原発性アルドステロン症では、高血圧や低カリウム血症などを起こします。高血圧の8%が原発性アルドステロン症によるという報告があります。

身体の変化が特徴的なホルモン異常： 先端巨大症

ほとんどが下垂体腫瘍による成長ホルモンの分泌過剰に起因するもので、特徴的な顔つきの変化や、靴や指輪のサイズが合わなくなるなど手足の腫れを来します。徐々に進行するため、本人や家族は気づかないことも多いのです。しばしば、いびきや頭痛、高血圧や糖尿病を合併します。

● 先端巨大症



出典：国立病院機構 京都医療センター

見逃すと命にかかわるホルモンの異常： 副腎不全

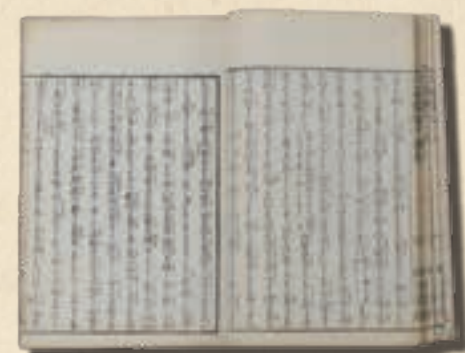
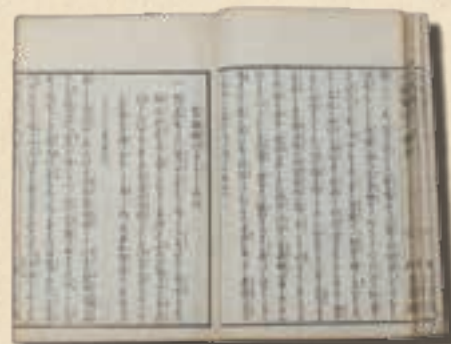
副腎皮質から分泌されるコルチゾールは生命維持に不可欠なホルモンで、これが不足すると致命的です。だるさ、食欲低下、体重減少などの漠然とした症状しかなく、診断までに時間がかかることもあります。低ナトリウム血症が診断の鍵になります。



腎臓に関する知見の歴史①

History of knowledge regarding the kidney(1)

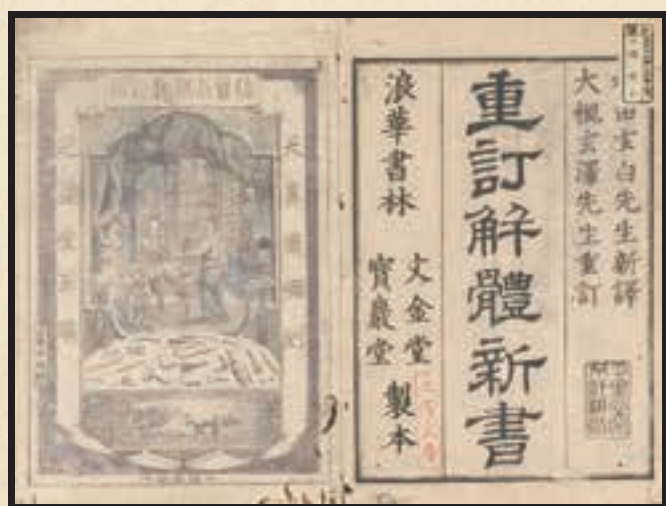
● 和蘭医話



ふせや そてき ろくせつ
伏屋素狄作。1805年刊行。尿生成の漉説。動物実験にて、
腎動脈に墨汁を注入しても尿路管から澄んだ水が出るこ
とを確認、尿生成の漉説を述べた。

提供：総合図書館

● 解剖図：重訂^{かいたい}解體新書銅版全図



『解體新書』の原典を翻訳・重訂するよう、大槻玄沢が師の杉田玄白より依頼され、1843年に刊行された。1774年刊行のものより、さらに正確さを増し、江戸時代の解剖図として最も完備されたもの。

提供：医学図書館



腎臓に関する知見の歴史②

History of knowledge regarding the kidney(2)

● 解剖図：海都満氏解剖圖



明治時代に、オーストリアのカール・ハイツマンの
”Die descriptive und topographische Anatomie des Menschen”
2 Bde.1870 Wien を山崎元脩^{げんしゅう}が模写したものです。

腎臓・膀胱



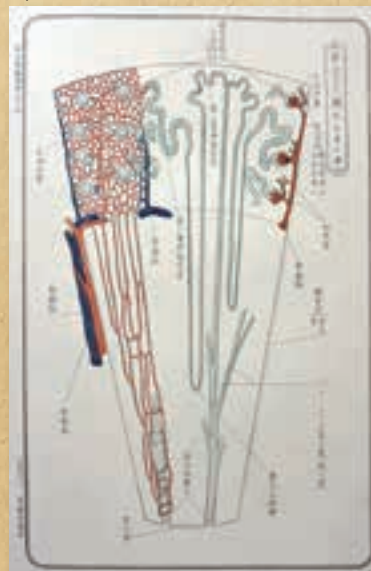
腎臓・副腎



腎臓 断面図



ネフロン



かいばらえきけん ようじょうくん
展示 貝原益軒 著「養生訓」

● 展示：貝原益軒 著「養生訓」



出典：医学図書館

養生訓 飲食の上より

「五臓の初めて生ずるは、腎を以て本とす。
生じて後は脾胃を以て五臓の本とす。」

腎は、精気を蓄え、水を主り、気を納める機能を分担する。人間の生命現象の維持に必要な機能のほかに、生殖、成長、老化、骨、骨髄など人間の長期に及ぶ生命機能に重要な役割を果たしている。五臓の根源、「先天の本(もと)」とされている。

展示 腎臓に関する絵本・腎臓の模型

● 展示：絵本「おしっこ」



色、味、においが違うものを飲んでも、大体同じ色やにおいのおしっこが出るのはなぜ？ この1冊で、おしっこのたくさんの秘密がわかります。

La ZOO・作
株式会社 学研教育みらい 2010年 3月

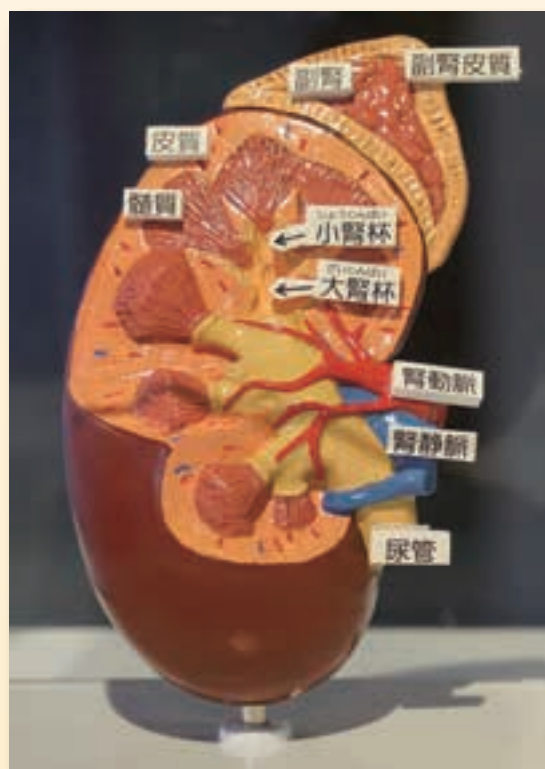
● 展示：絵本「ぼくのおしっこ」



公園のトイレは汚いから嫌だなあと思った、かいくん。「でも、出たばかりのおしっこは、汚くないんだよ。」そう教えてくれたのは、小便小僧のショーン。探偵ピッピーと一緒に、おしっこの秘密を探っていきます。

牧田栄子・作
岩崎書店 2003年 12月

● 展示：腎臓の模型





多くの種類がある腎臓病

Various types of kidney diseases

腎臓病は、腎組織が傷つき、腎臓の機能が悪くなる病気の総称です。原因は多岐にわたりますが、長期にわたって進行する慢性腎臓病（Chronic Kidney Disease：CKD）、数時間から数日以内に急速に症状が悪化する急性腎障害、遺伝子の異常による遺伝性腎疾患などに分けることができます。

慢性に経過するものと急性のものがある

毒素や老廃物の除去、水分や電解質の調節など、腎臓は体内環境を一定に保つ役割を担っています。このような腎機能が悪くなる病気を総称して腎臓病といいます。タンパク尿、血尿、むくみ（浮腫）、高血圧、尿量の変化などで異常に気づくこともありますが、自覚症状がない場合も少なくありません。

腎臓病のなかでもっとも多いのは、機能が長期間にわたって少しずつ障害される慢性腎臓病（CKD）で、日本には約1,300万人の患者さんがいるとされています。腎機能はいったん低下すると元に戻ることはなく、治療しないで放っておくと病気が進んでいきます。高血圧、肥満、糖尿病、脂質異常症、加齢などがCKDの危険因子とされ、心臓病や脳卒中などのリスクを高める点が問題視されています。

一方、急速に腎機能が低下する状態は急性腎障害とよばれます。おおまかには、腎臓への血流が悪いために起きるもの（肝硬変、大量出血などによるショック、脱水症などが原因）、腎臓自体に問題があるもの（腎動脈血栓、急性糸球体腎炎、急性尿細管壊死、急性間質性腎炎など）、尿管・膀胱・尿道からなる尿路に問題があるもの（膀胱・尿道の閉塞、骨盤内腫瘍

など）に分けられます。急性腎障害は命の危機に瀕した状態なので、ただちに透析などの治療を行う必要があります。救命できても、完全に回復せず、CKDに移行する例が多くみられます。

そのほか、患者数は多くありませんが、特定の遺伝子の異常による遺伝性腎疾患もあります。たとえば、腎臓に水のたまった袋（^{のうほう}嚢胞）がたくさんできる多発性嚢胞腎、尿路内にシスチンという物質からなる結石ができるシスチン尿症などが知られています。

腎臓病の種類

病気の種類	病名	症状、体の異常
腎機能が低下して、透析療法や腎移植が必要になることがある病気	慢性腎不全	むくみ、だるさ、息苦しさ、貧血、食欲低下
	急性腎不全	むくみ、だるさ、息苦しさ、尿量の低下、吐き気
慢性腎不全の原因となる病気	慢性糸球体腎炎（IgA腎症を含む）	血尿、タンパク尿、高血圧
	糖尿病性腎症	高血糖、眼底出血、インポテンツ、足の感覚がなくなる、脳卒中、動脈硬化、心筋梗塞
	多発性嚢胞腎	腎臓や肝臓の肥大による腹部膨満感、血尿、高血圧、くも膜下出血の危険性（10%以下）、大腸憩室
	良性腎硬化症（高血圧を長年放置することが原因）	高血圧
むくみのひどい腎臓病	ネフローゼ症候群（リポイド腎症、巣状糸球体硬化症、膜性腎症を含む）	むくみ（主に顔、ひどくなると全身）、高度のタンパク尿、だるさ
	急性糸球体腎炎	むくみ、高血圧、血尿
	急性腎不全（薬剤性が多い）	むくみ、息苦しさ（心不全の症状）、高血圧
	水腎症（両方の尿管ががんや結石で詰まることが原因）	



新たな国民病になりつつある慢性腎臓病

Chronic kidney diseases becoming more prevalent nationwide

長期にわたって腎臓が障害され、腎機能が低下する病気を総称して慢性腎臓病(CKD)といいます。現在、成人8人に1人はCKDにあてはまるとされ、国民病ともいえる病気になっています。

初期には自覚症状がほとんどない

慢性腎臓病(CKD)は、①尿にタンパクが漏れ出る、②血液に含まれるクレアチニンの値から計算される推定糸球体濾過量(estimated Glomerular Filtration Rate: eGFR)が健康な人の60%以下に低下するという異常が、いずれか1つ、または両方みられ、3ヵ月以上続いた場合に診断されます。尿タンパクもeGFRも健康診断や人間ドックなどで簡単に調べることができるため、早い段階で診断することが可能ですが、初期のCKDにはほとんど自覚症状がないために、無治療のままでいる人も少なくありません。

CKDの早期発見と早期治療が重要視されるのは、病気が進行するにつれて腎不全になって透析療法が必要になること、また、動脈硬化、心筋梗塞、心不全、脳卒中などの生命に関わる血管の病気が起きやすくなることからです。とくに「透析療法に入る患者さんよりも、血管の病気で命を落とす患者さんのほうが多い」との報告があるほど、血管の病気の合併は深刻です。

CKDの危険因子とされるのは、高血圧、糖尿病、肥満、脂質異常症などの生活習慣病と、喫煙や加齢です。逆にいえば、食事や運動などに気をつけて生活習慣病を回避できれば、CKDや血管の病気を予防できるのです。

CKDの重症度は、eGFRの値を6ステージ

に、尿タンパク(糖尿病の場合には尿アルブミン)の値を3つに区分した上で両者を組み合わせて判定されます。治療は重症度に応じて、タンパク質制限などの食事療法、降圧薬、利尿薬、透析療法などが用いられます。同時に、糖尿病や高血圧といったCKDの原因となっている病気を治療することが重要です。

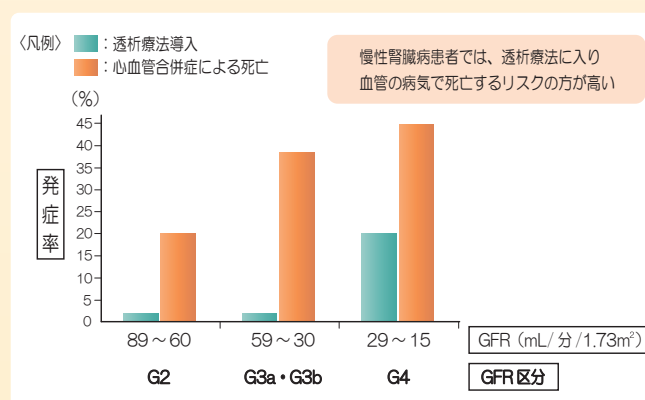
CKD重症度分類

原疾患	タンパク尿区分	A1	A2	A3
糖尿病	尿アルブミン定量 (mg/日)	正常	微量アルブミン尿	顕性アルブミン尿
	尿アルブミン/Cr比 (mg/gCr)	30未満	30~299	300以上
高血圧 腎炎 多発性嚢胞腎 移植腎 不明 その他	尿タンパク定量 (g/日)	正常	軽度タンパク尿	高度タンパク尿
	尿タンパク/Cr比 (g/gCr)	0.15未満	0.15~0.49	0.50以上
GFR区分 (mL/分/1.73m ²)	G1 正常または 高値	≥90		
	G2 正常または 軽度低下	60~89		
	G3a 軽度~ 中等度低下	45~59		
	G3b 中等度~ 高度低下	30~44		
	G4 高度低下	15~29		
	G5 末期腎不全 (ESKD)	<15		

重症度は原疾患・GFR区分・タンパク尿区分を合わせたステージにより評価する。CKDの重症度は死亡、末期腎不全、心血管死亡発症のリスクを緑、黄、オレンジ、赤の順にステージが上昇するほどリスクは上昇する。

出典:日本腎臓学会「CKD診療ガイド2012」より引用

CKDのステージと心血管病発症の頻度



出典:Keith DS:Arch Int Med 164:659-663,2004.

CKDの原因となる病気①

腎炎 - 急性腎炎・IgA 腎症・ネフローゼ症候群 -

Diseases causing CKD(1)

Nephritis - Acute nephritis, IgA nephropathy, Nephrotic syndrome -

CKDにつながる主な病気の1つに、急性腎炎、慢性糸球体腎炎(IgA 腎症、ネフローゼ症候群など)があります。いずれも、血液中の不要な物質を濾し出す糸球体に炎症が起きることで発症します。

レンサ球菌の感染の後に起こる急性腎炎

腎炎は、発症後の経過などにより、急性腎炎と慢性糸球体腎炎(慢性腎炎)に分けられます。

急性腎炎のほとんどは、レンサ球菌という細菌の感染による咽頭炎や皮膚炎にかかった後で発症します。レンサ球菌による感染が判明したら、ただちに抗菌薬を服用して急性腎炎を予防することが重要です。

急性腎炎は2~10歳の子どもに多く、子どもの場合はほぼ完治しますが、成人では約25%がCKDに移行するとされています。

ゆっくり進行して深刻化する慢性糸球体腎炎

一方、慢性糸球体腎炎は、タンパク尿、血尿、円柱が長期にみられる進行性の病気です。円柱は、尿細管でできるゼリー状のタンパク質で、尿沈渣という検査で調べることができます。

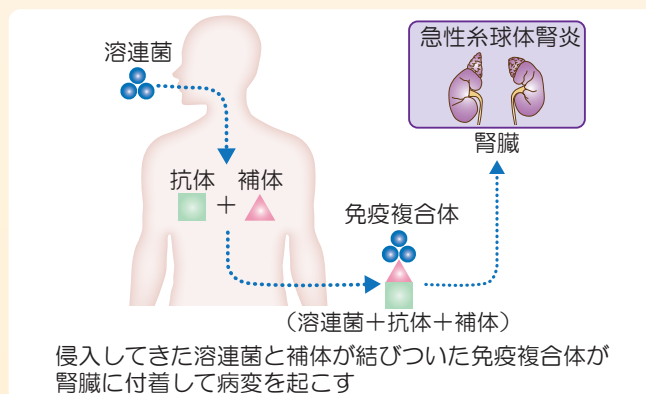
初期の慢性糸球体腎炎には自覚症状がほとんど見られませんが、進行するとむくみ(浮腫)がひどくなり、20年後には約40%の患者さんで透析療法が必要になるといわれています。安静や生活改善だけでは治癒せず、利尿薬、降圧薬、副腎皮質ステロイド薬、免疫抑制薬などによる治療が必要です。

代表的な慢性糸球体腎炎にIgA 腎症とネフローゼ症候群があります。IgA 腎症は、細菌やウイルスの感染症候群による扁桃炎後に悪化

することがあります。病原体を攻撃するために作られたIgA抗体が糸球体に付着し、組織を攻撃するのが原因ですが、そのメカニズムはよくわかっていません。手術による扁桃摘出が検討される場合もあります。

ネフローゼ症候群は、高度のタンパク尿以外に、脂質異常症とむくみがみられるのが特徴です。糖尿病、ウイルス感染、アレルギーなどが引き金になるとされ、糸球体にIgG自己抗体という異常な抗体がみられる場合もあります。

レンサ球菌感染後に発症する急性腎炎



さまざまな慢性糸球体腎炎

種類	症状
IgA腎症	糸球体に免疫グロブリンAが沈着して起こる。20 ~ 30代に多く見られる。自覚症状はほとんどなく、健康診断などで血尿などを指摘されて発見されることが多い。確定診断には腎生検が行われる。早期より適切な診断と治療を受けることが重要。
ネフローゼ症候群	糸球体の異常によって、1日に3.5g以上の大量のタンパクが尿を通じて漏出し、血液中のタンパクの不足(低タンパク血症)やむくみを来す。とくに子どもによく起こる。治りやすいが、再発しやすく、注意が必要。
膜性腎症	比較的高齢者に多い。原因は不明。感染やがん、膠原病、薬などがきっかけでタンパク尿や下肢のむくみなどが長期に続く。患者さんの半数は自然に治るが、ネフローゼ症候群になることもある。



CKD の原因となる病気②腎硬化症

Diseases causing CKD(2) Nephrosclerosis

腎硬化症は、高血圧が続くことで腎臓内の血管が硬化した状態です。高血圧を治療せずに放っておくと、腎硬化症による糸球体の障害が進み、CKDへ移行します。

高血圧で腎臓が徐々に硬くなる

血圧が高いと、糸球体の血管にも大きな圧力がかかり、防衛反応が起きて壁の細胞が増殖します。その結果として、血管の内腔が狭く、壁が固くなった状態が腎硬化症です。腎硬化症にも自覚症状はなく、高血圧以外には、軽度のタンパク尿が認められる程度です。

腎硬化症からCKDに移行した患者さんは、心臓や脳など、腎臓以外の血管の動脈硬化も進行しており、心筋梗塞や脳卒中などの危険性が非常に高いといえます。

高血圧が続いている場合には、血液中のクレアチニンを測定し、推定糸球体濾過値(eGFR)を調べるのが重要です。

治療は、降圧薬、利尿薬、減塩、運動、禁煙などにより、血圧を正常値にコントロールすることが基本となります。糖尿病や高コレステロール血症などの脂質異常症も動脈硬化を進めるので、これらの合併症があれば同時に治療し、動物性脂肪や糖質の摂り過ぎにも注意します。

若い人に多い悪性高血圧

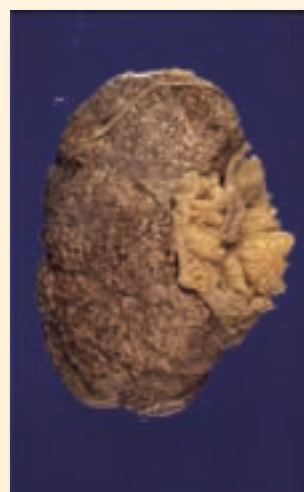
極度の高血圧により引き起こされる急性かつ重篤な腎機能低下に、悪性高血圧症があります。

腎臓自体は腎硬化症のために血流が悪くなっており、腎臓は自らの組織を保護するた

めに、血圧を上げるホルモン(レニン)を分泌するようになるため、さらに全身の血圧が上がります。このような悪循環に陥った状態が、悪性高血圧です。最高血圧が220mmHg以上、最低血圧が130mmHg以上にもおよび、眼底の乳頭部の細い動脈にむくみを来たすのが特徴で、すぐに血圧を下げないと、急激な腎機能低下により命に危険がおよびます。

腎硬化症自体は加齢が関係するため、高齢の患者さんが多いのですが、悪性高血圧は若い人によく見られるのが特徴で、注意が必要です。

腎硬化症



腎表面



腎断面

出典：日本病理学会

腎臓は萎縮し、小型化している。腎表面には細顆粒状の変化を無数に認める。断面では、皮質が軽度萎縮している。腎動脈に動脈硬化が見られ、動脈断面は軽度に黄色く変化している。



CKD の原因となる病気③糖尿病性腎症

Diseases causing CKD(3) Diabetic nephropathy

(*1)
糖尿病性腎症は、その名の通り、糖尿病の合併症として引き起こされる病気です。CKDに移行すると透析療法が必要となる場合が多く、透析治療に入る原因の第1位が糖尿病性腎症です。

*1 日本糖尿病学会では「糖尿病腎症」とよんでいます。

治療には血糖のコントロールが不可欠

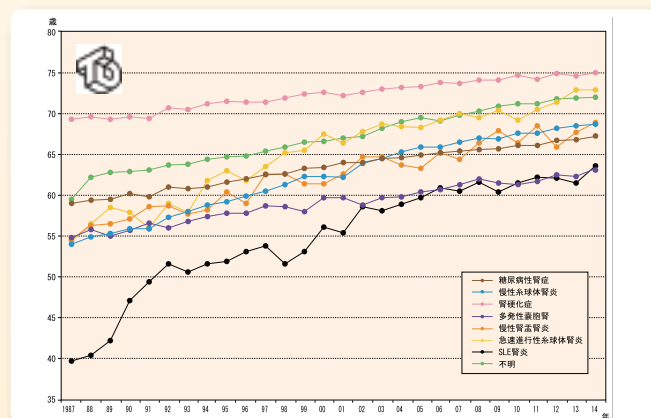
糖尿病は、血液中の糖(血糖)の濃度が慢性的に高くなる病気です。血糖を下げるホルモン(インスリン)の分泌量が不足したり、インスリンの効きが悪くなるのが原因で、生まれつきの異常や膵臓の炎症などにより若年期に発症する1型糖尿病と、肥満、喫煙、加齢などによって40歳以降に多く発症する2型糖尿病に分けられます。日本人の糖尿病は生活習慣に伴う2型糖尿病が圧倒的に多く、糖尿病性腎症のほかに糖尿病網膜症や糖尿病神経障害の合併症も多く見られます。

高血糖が続くと、全身の血管が少しずつ硬化していきます。10年、20年と経過するうちに毛細血管が密集する糸球体にも硬化がおよぶと、糖尿病性腎症を発症します。適切な治療を行わないと、CKDへと移行します。

糖尿病性腎症の主な症状は、タンパク尿、高血圧、むくみなどで、早期には自覚症状がほとんどありません。そのため、糖尿病だと判明したら、薬、食事、運動などによる厳密な血糖コントロールを行い、グリコヘモグロビン値(HbA1C)を7.0未満で維持し、定期的に尿タンパクや推定糸球体濾過値(eGFR)を調べるのが重要です。試験紙による尿タンパクが陰性でも、微量アルブミン尿検査を3回行い、30~299 mg/g・Cr が2回以上見られた場合には、早期の糖尿病性腎症と診断

されます。比較的早期の第2期までに発見して糖尿病の治療をきちんと行い、糖尿病性腎症の進行を食い止めることが重要です。病期が進んだ場合には降圧薬やタンパク摂取制限などの治療が、さらに腎不全まで進むと透析療法や腎移植も必要となります。

透析療法を導入する患者さんの主要原疾患別平均年齢の推移



出典：日本透析医学会「わが国の慢性透析療法の現況」「2014 年末の慢性透析患者に関する基礎集計」より引用

糖尿病性腎症の病期分類と治療

病期	尿タンパク値 (g/gCr) あるいは 尿アルブミン値 (mg/gCr)	腎機能・GFR(eGFR) (ml/分/1.73m ²)	有効な治療法
第1期 (腎症前期)	正常 (30未満)	30以上	血糖コントロール
第2期 (早期腎症期)	微量アルブミン尿 (30~299)	30以上	厳格な血糖コントロール 降圧治療
第3期A (顕性腎症期)	顕性アルブミン尿(300以上) あるいは 持続性タンパク尿(0.5以上)	30以上	厳格な血糖コントロール 降圧治療、タンパク摂取制限
第4期 (腎不全期)	問わない	30未満	降圧治療 低タンパク食、透析療法導入
第5期 (透析療法期)	透析療法中		透析療法 腎移植

出典：一般社団法人全国腎臓病協議会のホームページより引用



腎臓結石や腎臓がんにも気をつけよう

Renal calculus and kidney cancer

CKD以外に気をつけたい腎臓の病気として、腎臓結石や腎臓がん(腎がん)が挙げられます。血中の尿酸値が高まる痛風(高尿酸血症)や原発性副甲状腺機能亢進症(高カルシウム血症)の患者さんは、腎臓結石ができやすいとされています。無自覚のまま、健康診断や人間ドックで腎がんが見つかることもあります。

結石が腎臓から移動すると症状が出る

腎臓結石は、老廃物として濾し出されたカルシウム、シュウ酸、尿酸、リン酸などが結晶化し、石のように成長したものです。結石ができて腎臓内にとどまっている場合には、痛みや尿の異常はほとんどありません。ところが、結石が尿管や膀胱に移動すると、痛み、血尿、頻尿、尿が出にくくなるといった症状が出てきます。痛みがそれほど激しくない場合には、水分を多く摂って自然な排出を促しますが、痛みが激しい(疝痛^{せんつう})、疝痛発作を繰り返す、腎盂炎があるといった場合には、尿道に尿管鏡を挿入して結石を摘出する経尿道的尿管結石摘出術(TUL)、外部から衝撃波^{はさい}を与えて破砕する体外衝撃波腎結石破砕術(ESWL)などが行われます。慢性的に尿酸値が高い、水分摂取量が少ない、副甲状腺の機能が亢進しているといった場合には、腎臓結石のリスクが高くなるので、注意が必要です。

初期は自覚症状が少ない腎がん

腎がんは、腎臓の組織(実質)にできるがんのことです。腎がんの三大病状は、血尿、腹部のしこり、脇腹の痛みとされていますが、これらは腎がんがかなり進んだ状態で生じる症状であり、近年では自覚症状のない状態で、健康診断や人間ドックで見つかるケースが増

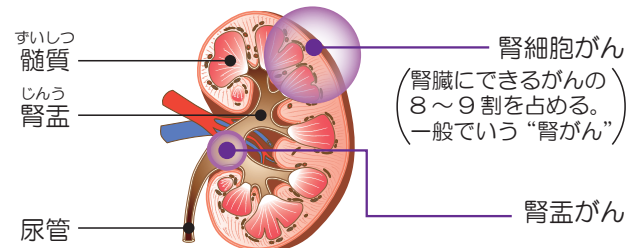
えています。腎がんは早期に見つければ転移も少なく、完治も期待できますが、進行した後には血尿、痛み、骨転移による骨折などでわかる例もあります。抗がん剤や放射線治療が効きにくいいため、手術による摘出が基本となり、転移がある場合には分子標的薬や免疫療法が行われます。

腎臓結石



提供：泌尿器科・男性科

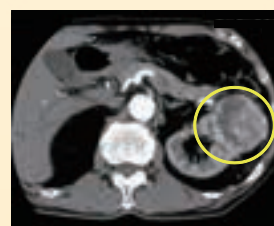
腎臓に発生する主な腫瘍



腎臓内の嚢胞(左)と腎がん(右)



提供：腎臓・内分泌内科



提供：泌尿器科・男性科
ZONE2 腎臓の病気

展示 結石

● 展示：結石

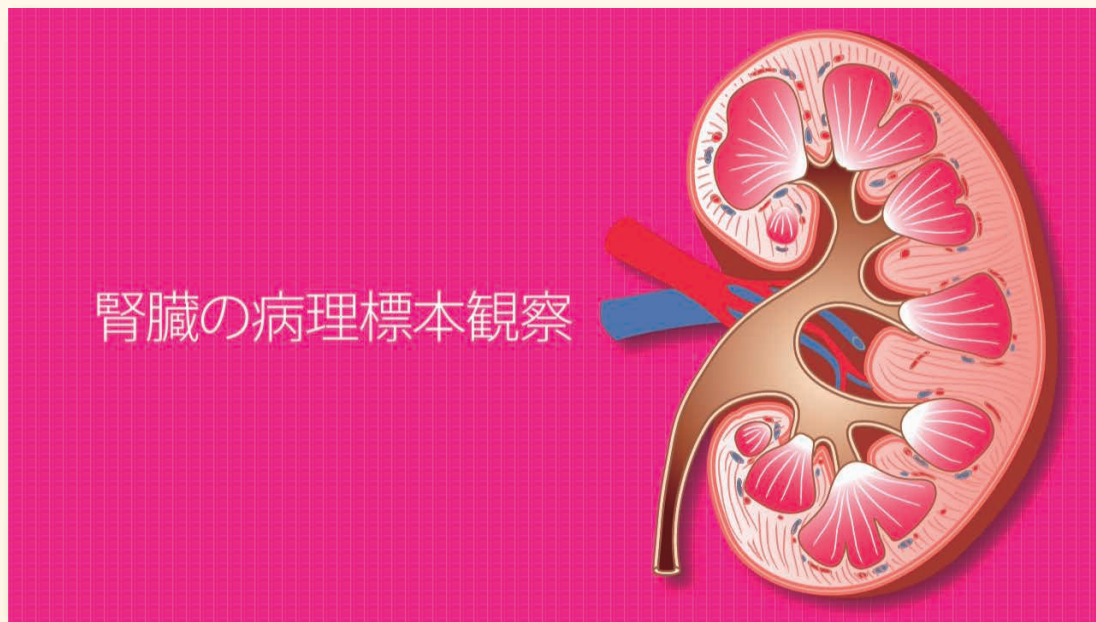


腎臓内で形成された結石が、尿管を通り、膀胱へ。膀胱内で大きくなり、最終的には手術により摘出した。

※この結石は非常に大きく、稀なものです。

映像 腎臓の病理標本観察

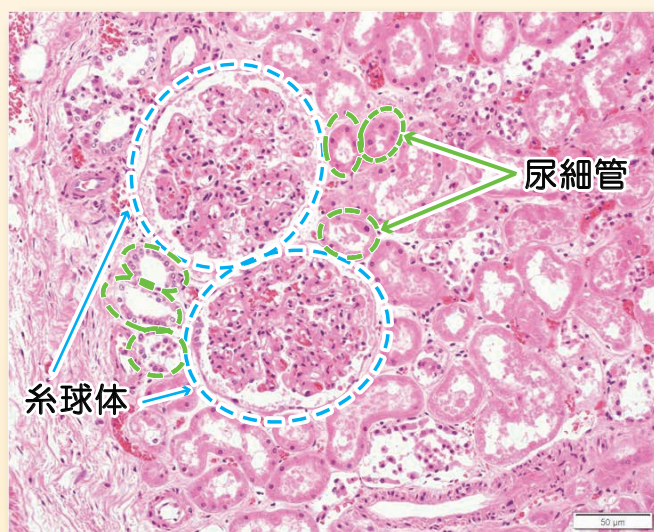
映像：腎臓の病理標本観察



提供：人体病理学・病理診断学

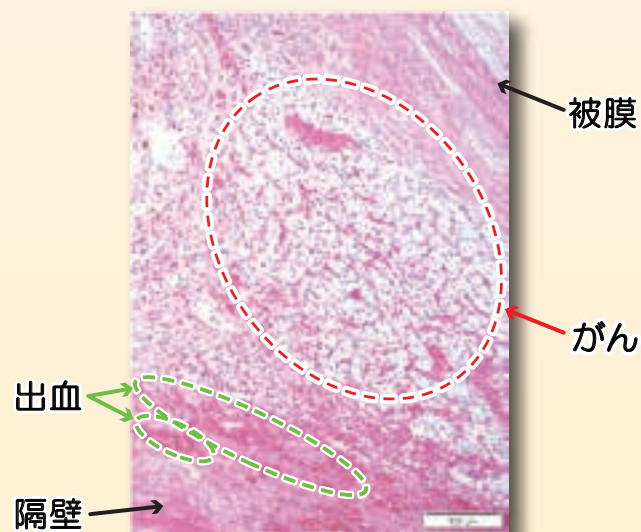
展示 顕微鏡体験

顕微鏡体験(1)：正常な腎臓



系球体と尿細管の様子を見ることができる。

顕微鏡体験(2)：腎臓がん

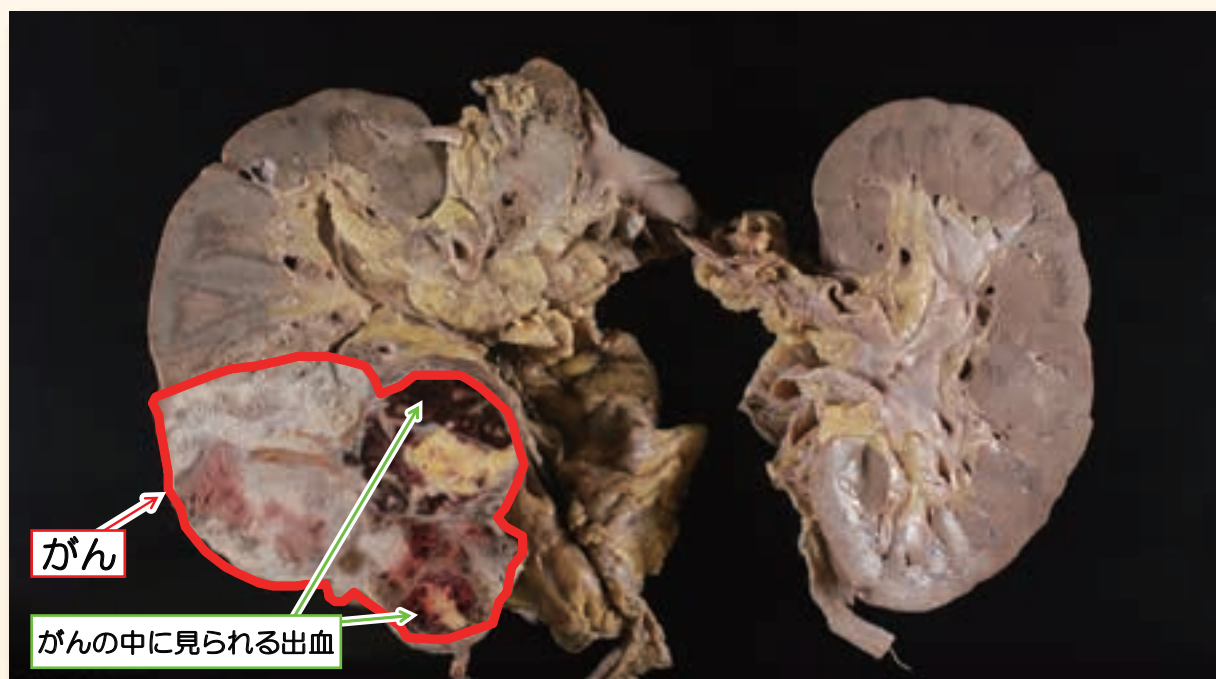


がん細胞と周りに出血を伴っている様子を見ることができる。

提供：人体病理学・病理診断学

展示 腎細胞がん・多嚢胞腎標本

● 標本展示：腎細胞がん(剖面)



左：がんが含まれる腎臓

右：正常な腎臓

● 標本展示：多嚢胞腎(表面)



正常な腎臓（右腎）



多嚢胞腎（右腎）

提供：人体病理学・病理診断学



尿検査 - 腎機能全般を知ることができる -

Urinalysis to diagnose the overall renal functions

腎臓の機能や病気を調べるために、尿、血液、腎機能検査、腎生検、画像検査などが行われます。尿検査からは腎臓あるいは尿路のさまざまな情報を得ることができます。主に調べる必要がある物質の有無を知るための定性検査と物質の量を測定する定量検査、顕微鏡で調べる尿沈渣^{にようちんさ}に分けられます。

試験紙法や化学反応で腎臓の状態を予測

尿検査のうちの定性検査では、比重、pH、タンパク、糖、ビリルビン、ウロビリノーゲン、潜血反応、ケトン体、白血球、亜硝酸塩、色調、混濁などが調べられます。このうちとくに腎臓の健康状態と直接関係する検査項目は、比重、タンパク、潜血反応、ケトン体です。

尿に含まれるタンパクは通常1日に150 mg未満です。タンパク成分のうち、とくにアルブミンはCKDの早期発見の目安となるため、その量を化学反応で調べます(微量アルブミン尿検査)。1日に30 mg未満が正常です。

潜血反応は、腎臓の糸球体の異常(糸球体腎炎やIgA腎炎など)や尿細管の病気(腎盂腎炎や間質性腎炎)、結石やがんなどの尿路の異常、ケガなどで陽性となります。

なお、尿糖は糖尿病の検査として重要で、陽性の場合、糖尿病の精密検査が必要になります。

展示：検査用 尿試験紙



尿潜血、尿タンパク質、尿中ブドウ糖の値を、自己検査が出来る試験紙です。新鮮な尿を試験紙に浸み込ませ、判定された色を、色調表で照らし合わせ、各項目の濃度を確認することが出来ます。

顕微鏡で「円柱」を観察する

より詳しい検査として、尿中の物質を顕微鏡で観察する尿沈渣があります。尿沈渣の項目の1つである円柱状の物質(尿円柱)は腎臓の障害の種類を区別するのに重要です。

尿検査に使う尿は、朝起きた直後の「早朝尿」、受診や健康診断のときの「随時尿」、24時間の尿を溜める「蓄尿」があり、調べる項目によって指定されます。早朝尿は運動などの影響を受けないため、腎臓の状態をもっとも正確に反映するとされています。

尿の主な検査項目

検査項目	基準値	検査内容・目的
尿のpH	5.0 ~ 8.0	尿の酸性/アルカリ性を測ります。酸性尿(5.0未満)では、腎炎や高尿酸血症などが疑われます。
尿の比重	1.007 ~ 1.025	尿に含まれる物質の、おおよその濃度を測ります。数値が高い場合は、糖尿病や腎障害、低い場合は腎不全などが疑われます。
尿タンパク	試験紙 ー ~ ± 定量 150mg/日未満 150mg/mgCr未満*	尿に含まれるタンパクの量を測ります。試験紙法で陽性(+)の場合は、定期検査を行います。※CKD早期発見の指針となります。
尿潜血	ー (陰性)	尿に含まれるヘモグロビン(Hb)の量を測ると血尿の有無がわかります。陽性(+)の場合、腎障害や尿路、膀胱の疾患が疑われます。
尿糖	ー (陰性)	尿に含まれるブドウ糖の量を測ります。陽性(+)の場合、糖尿病や腎性糖尿が疑われます。
微量アルブミン尿	30mg/日未満 30mg/gCr未満*	尿に含まれる、タンパク質の一種(アルブミン)の量を測ります。※CKD早期発見の指針となります。
尿沈渣	円柱類が見られないなど	尿のさまざまな成分を、顕微鏡で詳しく調べます。円柱などが見られる場合、その内容により腎障害の種類などがわかります。

※基準値は、検査を受ける医療機関などにより、異なることがあります。

*クレアチニン濃度により補正した値。

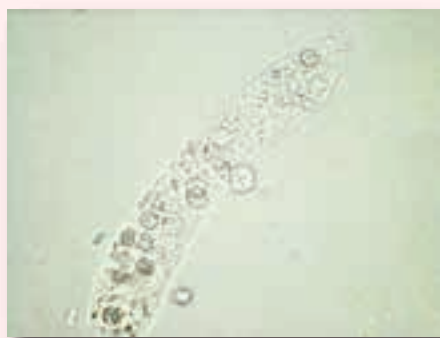
COLUMN

尿円柱^{えん ちゆう}は、尿細管から分泌されるムコタンパクと、尿に含まれているアルブミンなどの血漿タンパクが混じり合い、ゲル状になって固まったものです。尿細管を通るときに、尿細管の内腔が鑄型となって円柱の形になります。

円柱ができるのは、尿中の血漿^{けっしょう}タンパクの濃度が上がったとき、尿が濃縮されたとき、尿のpHが下がったとき、尿の流れが遅くなったときといった条件があり、このような条件が腎臓や尿路の状態と関係するため、円柱を見ることで腎臓や尿路の健康状態がわかります。

透明の硝子円柱は健康な人でも見られ、とくに運動後には出やすくなります。何度も繰り返して出ている場合には要注意です。尿細管の上皮細胞の一部が入っている上皮円柱は急性尿細管壊死、糸球体腎炎が疑われます。硝子円柱に赤血球が3個以上含まれている赤血球円柱は、急性糸球体腎炎、IgA腎症など、白血球が3個以上含まれている白血球円柱は、腎盂腎炎のような感染症や間質性腎炎、脂肪の顆粒が3個以上ある脂肪円柱はネフローゼ症候群や腎不全などの可能性があります。ネフローゼ症候群や腎不全などの重い腎臓病では尿が比較的長く滞留し、円柱そのものが蠟^{ろう}のように固まっている蠟様円柱が見られます。

● 尿円柱(白血球円柱)



提供：検査部



血液検査 - 血液に老廃物がたまる様子を調べる -

Weakened kidney functions causing waste to remain in blood

尿の成分の多くは、血液由来のものです。腎臓が機能低下に陥ると、濾過がうまくいかず、血液中に老廃物がたまっていきます。そのため、血液を調べると腎機能がわかります。

健康診断などでもお馴染みの血液検査で、とくに腎臓の健康状態を示すのは、血清クレアチニン、尿素窒素、尿酸、血清シスタチンC、電解質などです。

クレアチニン

筋肉中のアミノ酸クレアチンの代謝産物であるクレアチニンは、尿検査同様、血液検査でも調べられます。クレアチニンの値が高いと血液から尿への濾過がうまく行われていない証拠です。基準値よりも少し高いだけで腎機能が半分以下に落ちていることもあるくらいで、数ある腎機能の検査のなかで、もっとも腎機能を反映しているとされます。ただ、筋肉量が多いと血清クレアチニンの値が上がるため、男性はやや高めに、女性や高齢者、子どもは低めになりやすく、基準値も補正されていますが、それでも個人差があることが知られています。また、筋肉量が少ないと腎機能低下が見つかりにくいのも特徴です。

尿素窒素

尿素窒素はタンパクの分解物である尿素を無毒化するために二酸化炭素が結合したもので、本来は尿に排泄されます。この値が高いと腎機能が落ちていることになります。ただし、タンパクの摂り過ぎや脱水、消化管の出血、がんなどの病気でも数値が上がるため、腎臓そのものの機能を知るには曖昧で、1つの目安ということになります。

電解質

電解質は、とくにカリウムやカルシウム、リンなどを測定します。カリウムとリンは腎機能が落ちると排泄ができなくなり、血中濃度が上がります。カルシウムは腎不全になると腸から吸収しにくくなり、血中濃度が低下します。

他に、血清シスタチンCと尿酸も腎臓機能を知るため重要な項目です。また、腎不全で貧血になっている場合があるため、血液の一般的な検査項目である赤血球数、ヘモグロビン量、ヘマトクリット値もチェックします。

※糖尿病は腎臓に大きな影響を与えるため、血液検査では血糖やHbA1cも参考にします。

血液検査の基準値

		検査項目	基準値		単位
			男	女	
血液 一般検査		赤血球数(RBC)	427 ～ 570	376 ～ 500	$\times 10^4 \mu\text{L}$
		白血球数(WBC)	35 ～ 92		$\times 10^3 \mu\text{L}$
		ヘモグロビン量(Hb)	13.5 ～ 17.6	11.3 ～ 15.2	g/dL
		ヘマトクリット値(Ht)	39.8 ～ 51.8	33.4 ～ 44.9	%
		血小板数(PLT)	15.5 ～ 36.5		$\times 10^4 \mu\text{L}$
血液 生化学検査		クレアチニン(Cr)	0.7 ～ 1.1	0.5 ～ 0.8	mg/dL
		尿素窒素(BUN)	8.0 ～ 22.0		
		尿酸(UA)	3.1 ～ 6.9	2.2 ～ 5.4	
		総タンパク(TP)	6.5 ～ 8.0		
		アルブミン(Alb)	3.8 ～ 5.3		
		随時血糖	140未満		mg/dL
		空腹時血糖	65 ～ 109		
		HbA1c	4.6 ～ 6.2		%
		総コレステロール(TC)	120 ～ 219		mg/dL
		LDLコレステロール(LDL-C)	70 ～ 139		
		HDLコレステロール(HDL-C)	40以上		
		中性脂肪(TG)	30 ～ 149		
		フェリチン(※)	40 ～ 100	20 ～ 70	ng/dL
		ナトリウム(Na)	135 ～ 145		mEq/dL
		カリウム(K)	3.5 ～ 5.0		
	カルシウム(Ca)	8.5 ～ 10.2		mg/dL	
	無機リン(P)	2.5 ～ 4.5			

※水溶性の鉄貯蔵タンパクで、組織中の鉄の濃度により変化することから、鉄欠乏性貧血を始めとする鉄代謝異常の指標となります。



腎機能検査 - 腎機能を示す糸球体濾過量（GFR） -

Glomerular filtration rate (GFR) to measure kidney functions

腎臓の機能を知る重要な指標である糸球体濾過量（Glomerular Filtration Rate：GFR）は、クレアチニン・クリアランス、血清クレアチニンから換算するeGFR、イヌリン・クリアランスの3つの方法から見ることができます。

蓄尿をして調べるクレアチニン・クリアランス

腎機能を示す重要なポイントは、糸球体が老廃物などをどのくらいの量と速さで濾過できているのか、ということであり、糸球体濾過量（GFR）が目安となります。GFRは1分間または1日といった単位時間あたりに腎臓の糸球体が濾過する血液の量を指します。GFR値が低いと、腎機能が下がっています。

クレアチニン・クリアランスはこのGFRを知る正確な方法です。尿を数時間分、あるいは1日分ため（蓄尿）、その間に血液中の筋肉中のアミノ酸クレアチンの代謝産物クレアチニンを血液検査で測定し、尿と血液のクレアチニンの濃度を比較して、1分あたりのGFRを計算します。正常値は100 ml / 分です。

血液検査の血清クレアチニンから換算するeGFR

クレアチニン・クリアランスは正確にGFRを見る良い方法ですが、尿をためたり採血したりと手間がかかるため、診療の場では替わりに血液検査の血清クレアチニンから計算する推定GFR値（eGFR）がよく使われます。

■男性のeGFR

$$= 194 \times (\text{血清クレアチニン値})^{-1.094} \times (\text{年齢})^{-0.287}$$

■女性のeGFR

$$= \text{男性のeGFR} \times 0.739$$

この値が60ml / 分 / 1.73m²未満であると、慢性腎臓病と診断されます。

日本慢性腎臓病対策協議会のホームページ (<http://j-ckdi.jp/>) では、自身の血清クレアチニン値から、eGFR値を自動換算できます。

クレアチニン・クリアランスによってわかること

増加 130 ml / 分以上	➡	糖尿病性腎症(初期)、高タンパク食、妊娠など
基準値内 91~130 ml / 分 未満	➡	クレアチニン・クリアランスは正常
減少 71~90 ml / 分 以下	➡	腎機能軽度低下
さらに減少 51~70 ml / 分 以下	➡	腎機能中度低下
さらに減少 31~50 ml / 分 以下	➡	腎機能高度低下
さらに減少 11~30 ml / 分 以下	➡	腎不全
さらに減少 10 ml / 分 以下	➡	尿毒症期

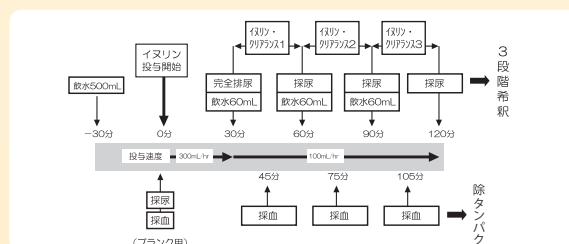
※基準値は目安です。男性の数値は、女性に比べて高値になります。

正確なGFRがわかるイヌリン・クリアランス

GFRを最も正確に知る方法として、イヌリンという物質を点滴して、その濾過量を見るイヌリン・クリアランスがあります。イヌリン・クリアランスは国際的には標準的な方法ですが、手順が煩雑で患者さんの負担が大きいことから、多くの場合、eGFRで代用されます。

イヌリン・クリアランスを実施するときには、朝食を摂らずに医療機関に行きます。検査の30分前に500 mlの水を飲み、イヌリンを投与してからは30分ごとに採尿と60 mlの水を飲むことを3回繰り返し、それぞれ15分後に採血します。検査には3時間ほどかかります。

イヌリン・クリアランスの測定法





画像検査と腎生検

Image examination and kidney biopsy

超音波検査、CT検査などの画像検査は病名の診断に大きな役割を果たします。各種検査の結果、腎臓の病気の疑いが強いとき、確定診断をするために腎生検が行われます。

超音波検査が主となる画像検査

画像検査は腎臓の状態を知り、病名を診断するときに有効です。

最初に行われるのは超音波検査で、腹部に高周波の音波を当てることで、腎臓の形や空洞を見て、腫れや嚢胞、結石、尿路の閉塞（水腎症）などがないかを調べます。

超音波検査で異常が見つかったら、CT（コンピュータ断層撮影）検査やMRI（磁気共鳴画像）検査を行います。CT検査では胴の部分にX線を照射して連続撮影し、腎臓をスライスした画像にして見ることで、腫れや嚢胞、結石などをさらに詳しく観察できます。がんかどうかの判別にも用いられます。

通常のX線検査は、結石や人間が立つと腎臓が異常に下がる遊走腎の検査に用いられます。

腎がんや腎盂がん、腎動脈の血栓などが疑われる場合には、腎動脈に造影剤を入れてX線で撮影する腎動脈造影も行われます。太ももの付け根からカテーテルを入れて腎臓まで通し、そこに造影剤を注入して観察するものです。この方法は、腎臓で栄養をがんに与えないように動脈に塞栓物質を詰める動脈塞栓術や、腎動脈狭窄による腎血管性高血圧症に対してバルーン（風船）で動脈を拡げるときなど、治療としても使われます。

また、造影剤を点滴し、数回X線撮影をして造影剤が腎臓を通り、膀胱まで排出される様子

を見る経静脈的腎盂尿管造影もあります。この検査は血尿が出ていて原因がわからないときなどに行われます。

腎臓の組織を調べる腎生検

腎臓の組織を採って、糸球体や尿細管の様子を顕微鏡で観察する腎生検は、尿検査、血液検査、画像検査などで腎臓の病気の疑いが強いとき、確定診断をするために行われます。

腎臓は背中側にあるので、患者さんはうつぶせになり、局所麻酔をかけた後、超音波で腎臓の位置を確認し、針で組織を採ります。採取するのは1～1.5 cmで直径1～2 mmほどの索状の組織です。

この検査は生検の前にも麻酔に関する検査などがあり、生検後に出血がないことを確認するため、4～5日間の入院が必要になります。

超音波の画像



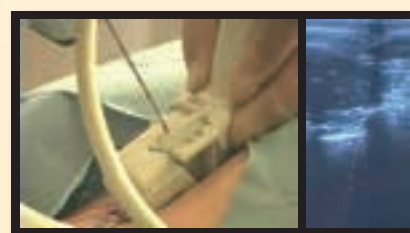
正常



水腎症

提供：腎臓・内分泌内科

腎生検の様子



出典：日本腎臓学会

ZONE3 腎臓の医療



腎臓病の治療に欠かせない食事療法

Diet therapy indispensable for the treatment of kidney diseases

CKDを始めとする腎臓病では食事の制限が必要になります。主に対象となるのは、食塩とカリウム、タンパクです。医師や管理栄養士、薬剤師と相談して、自分の病状や生活に合う制限方法を選びます。

試験紙法や化学反応で腎臓の状態を予測

食塩の摂りすぎは高血圧やむくみ（浮腫）につながり、体内に水分が滞留しやすく、腎臓に負担がかかります。そこで、食塩は1日に6 g未満を目安とします（健康な人は10 g未満）。

カリウムは腎機能の低下に伴って排泄できなくなり、血中濃度が高くなります（高カリウム血症）。高カリウム血症になると不整脈を起こすことがあります。そのため、CKDであればステージ4以上の場合に、カリウムを多く含む野菜、果物、芋類、豆類、海藻類、ジュースなどの量を減らします。

腎臓の負担を減らすために、タンパクの制限も必要です。タンパクは体内で消化されると窒素代謝物（主に尿素窒素）に変わり、腎臓で処理されます。腎機能が落ちていると、腎臓の糸球体が窒素代謝物を過剰に処理しようとするため、だんだん疲弊します。それを防ぐためにタンパクを制限し、腎臓を休めるのです。CKDではステージ3以上の場合に必要で、1日に標準体重1kgあたり0.8 g前後にします。

一方で、タンパクの摂取量を減らすときにエネルギー量も不足してしまうと、タンパクを分解してエネルギー源としようとして（体タンパク異化亢進）。そうすると分解されたタンパクが体内に増えてしまうので、タンパク制限をした意味がなくなります。

このように塩分、カリウム、タンパクと総エネルギー量のバランスを取るのは難しく、病状や体格、生活によって制限量の個人差が大きいため、医師や管理栄養士、薬剤師とよく相談することが大切です。まずは、どの食品にどのくらいの塩分やカリウム、タンパクが含まれているかを知ることが第一歩です。

また、腎機能が落ちていると水分の代謝が落ち、むくみやすくなります。体内の水分が増えすぎると心不全を起こすこともあります。どのくらいの水分を摂るべきかも把握しておくことが重要です。

さらに肥満や高血糖、脂質異常症、高尿酸血症はCKDの危険因子でもあることから、食事の内容や肥満には気をつけたいものです。

腎臓病の食事や生活などの管理

CKD ステージ	生活習慣 の改善	食事管理		血圧管理	血糖管理 (糖尿病の場合)	脂質管理
G1 G2	禁煙・ BMI25 未満	高血圧があれば減塩 3 g/日 以上 6 g/日 未満		130/80 mmHg 未満	HbA1c 7.0 %未満	LDL-C 120 mg/dL 未満
G3a/b		タンパク制限 G3a :0.8 ~ 1.0 g/kg/日 ----- G3b :0.6 ~ 0.8 g/kg/日	高カリウム 血症があれば カリウム制限			
G4		食塩摂取量 3 g/日 以上 6 g/日 未満	タンパク制限 0.6 ~ 0.8 g/kg/日			
G5						

展示 塩分・栄養診断コーナー

● 展示：塩分・栄養診断



1日分の食事内容を入力して、栄養素摂取量を診断してみよう♪

出典：株式会社マッシュルームソフト

COLUMN

● 腎臓病の運動療法

腎臓病の予防や治療には、運動を考慮することも欠かせません。

肥満が慢性腎臓病（CKD）の進行を早めることがわかっており、肥満の解消や予防、また、CKDと関連する糖尿病や高血圧の治療や予防のためにも、運動療法が推奨されています。

また、腎臓病の患者さんは身体の活動量が落ちると生命予後が悪化することも知られています。とくに透析療法を受けるようになると、患者さんは運動不足になりがちで、高齢の患者さんでは筋力の低下から転倒などによる骨折の危険も高まります。また、ホルモンバランスの異常や尿毒症によって筋肉や骨が変性するのも筋力低下や骨折につながります。

腎機能の低下を抑えるとともに、全身の健康、生活の質を保つために、適度な運動は重要なのです。

ただし、腎臓病の状態、タンパク尿や高血圧の程度、心臓疾患の有無によって、運動の種類や量には注意しなければなりません。極度に激しい運動は腎機能を落とす可能性があり、また、透析療法を受けている患者さんは体調の変化が激しいという特徴があります。内科医や整形外科医などのアドバイスを受けましょう。

筋肉に負荷を与えて筋力や筋持久力を伸ばすレジスタンストレーニングと歩行のような有酸素運動の組み合わせなど、医師や理学療法士に運動の処方をしてもらうとよいでしょう。施設によってはまずは歩く時間を10分延ばすというような無理のない範囲で始めます。血液透析中にエルゴメーターをゆっくり漕ぐなどの試みも行われています。

なお、腎臓病の治療においては、食事療法や薬物療法、運動療法、精神的なケアなどを組み合わせた「腎臓リハビリテーション」という概念が生まれ、生活全般を見通した包括的な治療が実施されるようになっていきます。

● 運動量の目安

CKD ステージ	運動強度
G1	5～6メッツ以下
G2	
G3a	4～5メッツ以下
G3b	
G4	3～4メッツ以下
G5	

出典：日本腎臓学会

● メッツの定義

[METs] = $\frac{[\text{活動時のエネルギー代謝量}]}{[\text{安静時のエネルギー代謝量}]}$ = $\frac{[\text{活動時の酸素消費量}]}{[\text{安静時の酸素消費量}]}$
(例) 運動中のエネルギー消費量を算出する場合、体重あたり、1時間あたりで表すと、メッツとほぼ同じ値を示す。 ただし、酸素1リットルあたりの熱量数を5kcalとする。 例えば、体重50kgの人が、6メッツの運動強度で30分運動したならば、 エネルギー消費量 = 6kcal/kg/時 × 0.5時間 × 50kg = 150kcal となる。

● 運動のメッツ表

運動のメッツ表	
メッツ	3メッツ以上の運動の例
3.0	ボウリング、バレーボール、社交ダンス（ワルツ、サンバ、タンゴ）、ピラティス、太極拳
3.5	自転車エルゴメーター（30～50ワット）、自体重を使った軽い筋力トレーニング（軽・中等度）、体操（家で、軽・中等度）、ゴルフ（手引きカートを使って）、カヌー
3.8	全身を使ったテレビゲーム（スポーツ・ダンス）
4.0	卓球、パワーヨガ、ラジオ体操第1
4.3	やや速歩（平地、やや速めに＝93 m/分）、ゴルフ（クラブを担いで運ぶ）
4.5	テニス（ダブルス）、水中歩行（中等度）、ラジオ体操第2
4.8	水泳（ゆっくりとした背泳）
5.0	かなり速歩（平地、速く＝107 m/分）、野球、ソフトボール、サーフィン、バレー（モダン、ジャス）
5.3	水泳（ゆっくりとした平泳ぎ）、スキー、アクアビクス
5.5	バドミントン
6.0	ゆっくりとしたジョギング、ウェイトトレーニング（高強度、パワーリフティング、ボディビル）、バスケットボール、水泳（のんびり泳ぐ）
6.5	山を登る（0～4.1kgの荷物を持って）
6.8	自転車エルゴメーター（90～100ワット）
7.0	ジョギング、サッカー、スキー、スケート、ハンドボール
7.3	エアロビクス、テニス（シングルス）、山を登る（約4.5～9.0kgの荷物を持って）
8.0	サイクリング（約20 km/時）
8.3	ランニング（134 m/分）、水泳（クロール、ふつうの速さ、46 m/分未満）、ラグビー
9.0	ランニング（139 m/分）
9.8	ランニング（161 m/分）
10.0	水泳（クロール、速い、69 m/分）
10.3	武道・武術（柔道、柔術、空手、キックボクシング、テコンドー）
11.0	ランニング（188 m/分）自転車エルゴメーター（161～200ワット）
メッツ	3メッツ未満の運動の例
2.3	ストレッチング、全身を使ったテレビゲーム（バランス運動、ヨガ）
2.5	ヨガ、ビリヤード
2.8	座って行うラジオ体操

出典：日本腎臓学会

薬物療法

- 腎臓病になると炎症や高血圧など症状と原因に応じた薬が使われます -

Different medicines used for kidney diseases in accordance to the symptoms and causes

腎臓病では炎症や免疫異常、高血圧などが起こるため、それらに対応する薬が処方されます。また、腎機能の低下が原因で体内にたまるカリウムやリンの吸収を抑制する薬などが処方されることもあります。

腎臓病には特効薬というような効き目の強い薬がありません。そのため、腎臓を守ったり、腎臓の機能を補ったりする、さまざまな薬物を単独で、あるいは組み合わせて使うことになります。

とくによく使われるのが、血圧を下げる降圧薬です。高血圧は腎臓の中の細い血管に大きなダメージを与えます。また、腎臓の病気によって血圧が上がるため、血圧の管理は非常に重要です。降圧薬には多くの種類があり、中でも腎臓を保護する作用を持つアンジオテンシン変換酵素(ACE)阻害薬とアンジオテンシン受容体拮抗薬(ARB)が処方されます。ACE阻害薬やARBの効きが悪いときには、カルシウム拮抗薬や利尿薬を組み合わせることがあります。

むくみのひどいとき、尿の量が少ないときには、血圧が高くなくても、利尿薬が使われます。

ネフローゼ症候群やIgA腎症、全身性エリテマトーデスに伴うループス腎炎など免疫の異常によって炎症が強くなる病気では、炎症を抑える副腎皮質ホルモン(ステロイド)の飲み薬が処方されます。副腎皮質ホルモンの飲み薬は効果が高い一方で、潰瘍、感染症にかかりやすい、高血圧、肥満、顔が丸く腫れる^{こつそしょうしょう}ムーンフェイス、耐糖能異常、骨粗鬆症のような副作用があるため、飲み方や薬の止め方に注意が必要です。

副腎皮質ホルモンの効果が出にくい場合、副作用が強い場合は免疫抑制薬が使われること

もあります。

糸球体や尿細管のような細い血管の流れをよくするため、血小板や血液凝固因子を働かせず、血液を固まりにくくする抗血小板薬や抗凝固薬も使われます。

腎臓の働きが落ち、腎臓でビタミンDを活性化できない場合には活性型ビタミンDを飲む場合があります。

また、カリウムやリンの排泄がうまくいかなくなっていたら、それらを消化管内で吸着して体内への吸収を抑制する薬も処方されます。

腎臓病で使用する代表的な薬

一般名 (薬に共通な名称、 または効能による種類)	効果	目的となる病気	主な副作用	併用禁止薬 (注意薬は含まない)
アンジオテンシン 変換酵素(ACE) 阻害薬	・血圧を下げる ・腎保護作用 ・尿タンパクを減らす	・高血圧 ・腎性高血圧 ・腎血管性高血圧	・血管浮腫 ・肝障害 ・急性腎不全 ・皮疹 ・空咳 ・無顆粒球症	
アンジオテンシン 受容体拮抗薬 (ARB)	・血圧を下げる ・腎保護作用 ・尿タンパクを減らす	・高血圧	・血管浮腫 ・肝炎 ・腎不全	
利尿薬	・尿量を増やす ・むくみを取る	・浮腫 ・高血圧 ・心不全 ・尿路結石の排泄を促進	・低カリウム血症 ・肝性昏睡 ・大量で難聴	・テルフェナジン ・アステミゾール (不整脈を起こす)
ステロイド製剤	・免疫を抑える	・ネフローゼ症候群 ・慢性糸球体腎炎(一部) ・IgA腎症 ・ループス腎炎	・胃潰瘍 ・感染を起こしやすい ・肥満 ・顔が丸く腫れる	
免疫抑制剤	・免疫を抑える	・一部の難治性ネフローゼ症候群や慢性糸球体腎炎(一般的ではない) ・腎臓移植後の拒絶反応を抑える ・膠原病		
活性型 ビタミンD3剤	・血清カルシウム濃度を上げる ・血清PTH濃度を下げる	・二次性副甲状腺機能亢進症 ・低カルシウム血症	・高カルシウム血症 ・無形成骨	



腎不全が進行したときの治療法 腎移植

Renal transplantation

腎機能が正常の15%未満の末期腎不全では、腎移植と透析療法のどちらかの治療の選択をすることになります。多くの場合、正常の10%以下で実際に治療が始まります。ここでは腎移植について解説します。

腎移植とは

腎移植は透析療法と異なり、腎臓の機能のほぼすべてを代替できる治療法です。生きている家族や血縁者から2つの腎臓のうち1つの提供を受ける生体腎移植と、脳死や心臓死の方から腎臓を提供してもらう献腎移植があります。いずれも健康保険が適応されます。臓器提供意思表示の説明などで、提供できる臓器に腎臓も含まれているのを見たことがある人も多いでしょう。

移植においては、臓器を受け取る患者さんをレシピエント、臓器を提供する人をドナーとよびます。日本のほとんどの施設で、生体腎移植のドナーは6親等以内の血族、3親等以内の姻族、配偶者に限られており、実際には親子、兄弟姉妹、夫婦と近い間での移植が行われています。ドナーになるには、自発的に腎臓の提供を申し出ていて、見返りを求めない、ドナー自身の手術リスクを理解し、手術前から手術後の医学的ケアに協力できる、心身ともに健康といった条件があります。

臓器提供意思表示カード



《1. 2. 3. いずれかの番号を○で囲んでください》

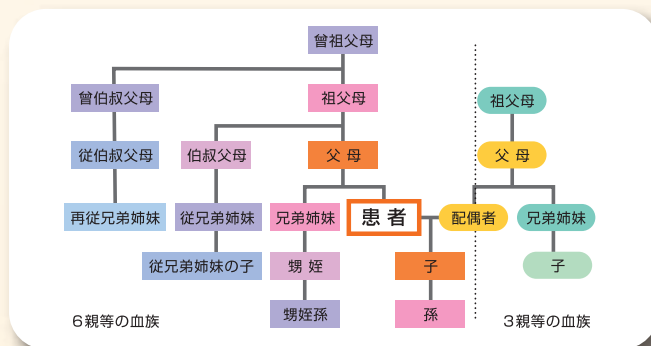
- 私は、**脳死後及び心臓が停止した死後のいずれでも**、移植のために臓器を提供します。
- 私は、**心臓が停止した死後に限り**、移植のために臓器を提供します。
- 私は、臓器を提供しません。

《1又は2を選んだ方で、提供したくない臓器があれば、×をつけてください》
【心臓・肺・肝臓・腎臓・脾臓・小腸・胆臓】

（特記欄）
署名 年 月 日： _____ 年 月 日 _____
本人署名（自筆）： _____
家族署名（自筆）： _____

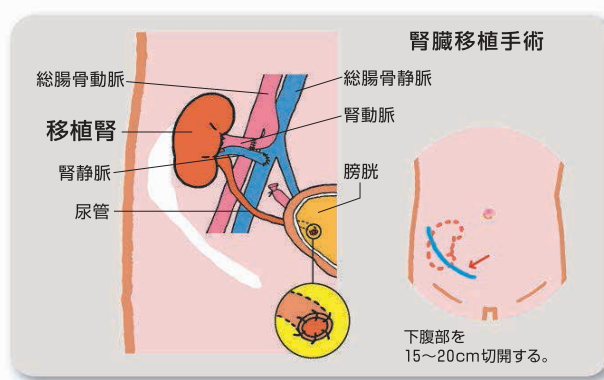
出典：公益社団法人 日本臓器移植ネットワークウェブサイトより

生体ドナーとして日本移植学会で認められている範囲



出典：日本腎臓学会「腎不全 治療選択とその実際」より引用

腎移植手術



出典：日本腎臓学会

ドナーの腎臓は、内視鏡手術か開腹手術で腎動脈・腎静脈・尿管とともに切除される。手術時間は約3時間、入院は1週間程度。レシピエントは左右どちらかのわき腹を開き、腸骨の下あたりで、ドナーとレシピエントの腎動脈と総腸骨動脈、腎静脈と総腸骨静脈、尿管と膀胱をそれぞれつなぐ。レシピエントの腎臓は摘出せず、そのまま残される。レシピエントの手術時間は約4時間、入院は2~4週間。

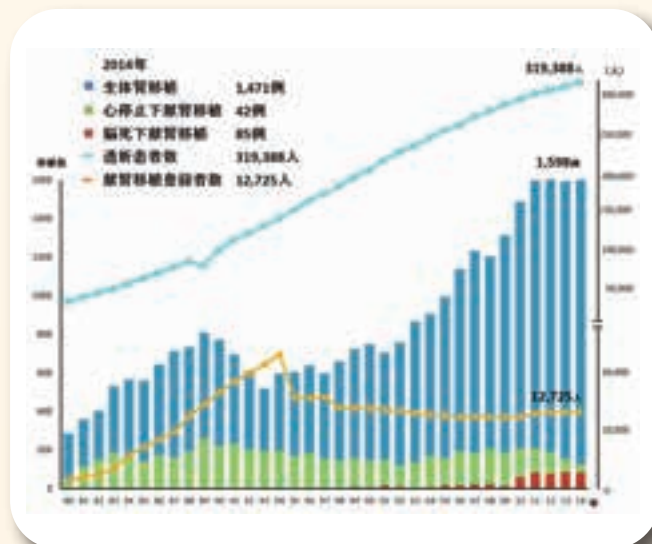
通常、生体腎でも献腎でも、レシピエントとなった患者さんの体はドナーの腎臓を異物と認識して排除しようとするため、移植後、患者さんは免疫抑制剤を飲み続けることになります。

腎移植を行った後の患者生存率と、提供された腎臓が機能して透析が必要ではない状態の割合(生着率)は、1980年代以降のカルシニューリン阻害薬を始めとする免疫抑制剤の進歩により、目覚ましく向上しました。2006～2012年では生体腎では5年生存率は96.2%、献腎では91.2%です。生着率も延びており、生体腎の5年生着率は92.8%、献腎は83.9%です。

透析療法に比べると、腎移植には、生存率が上がり、CVDの危険性が下がる、透析の合併症を避けられる、透析による生活の制限がなくなることで心身ともに開放される、妊娠を望める、また長い目で見ると国民医療費が下がるというメリットが期待できます。また、維持透析を受けないで行う腎移植(先行的腎移植)も可能で、透析を経てから行う腎移植よりも成績がよいとされています。

一方で、献腎移植を待っている患者さんがたくさんいるにもかかわらず(2014年には12,725名)、2014年に実施された献腎移植は127例のみです。日本では、献腎移植に比べて生体腎移植が圧倒的に多くなっています。生体腎移植では、ドナーの心身の健康に対する配慮・ケアが手術後も長期にわたって必要になります。

● 腎移植数の推移



出典: 日本移植学会「2015臓器移植ファクトブック」より引用

● リーフレット: 「いのちの贈りもの」他



出典: 公益社団法人 日本臓器移植ネットワーク

生体腎移植の研究開発にノーベル賞

世界で最初に動物で腎移植を成功させたのは、ハンガリー人でウィーン大学の講師をしていた外科医エメリッヒ・ウルマン(Emerich Ullmann)です。1902年、イヌの腎臓を同じイヌの首の動脈・静脈とつないで、腎臓が機能したことを報告しました。

ヒトとヒトの間の腎移植は、1936年にウクライナのユ・ユ・ボロノイ(Yu.Yu.Voronoy)が心臓死からの移植を報告したのが最初です。ただし、生存率や生着率は高くありませんでした。

1950年代には生体腎移植がフランスや米国で開始され、そのときに現在も用いられている方法(レシピエントの腎臓はそのままにして、ドナーの腎臓を腸骨の横の空間でつなぐ。)が開発されました。

長期に生着する生体腎移植に成功したのは、1956年、米国ハーバード大学のジョセフ・エドワード・マレー(Joseph Edward Murray)らのグループです。マレーは第2次世界大戦に従軍した際に兵士の火傷を皮膚移植で治療した経験から、移植への興味を深めたといえます。その手術は24歳の一卵性双生児の弟から兄への腎移植でした。兄は尿毒症で血圧が上がり、うっ血性心不全も起こしていましたが、移植によって回復し、8年間にわたって弟の腎臓を使用しました。

マレーは骨髄移植の開発者である米国の医師エドワード・ドナル・トーマス(Edward Donnall Thomas)と同時に、「人間の病気の治療に関する臓器および細胞移植の研究」に関して、1990年にノーベル生理学・医学賞を受賞しています。

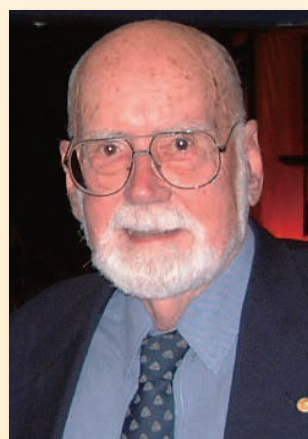
エメリッヒ・ウルマン



ジョセフ・エドワード・マレー



エドワード・ドナル・トーマス





多能性細胞を使って3次元の腎臓組織を作り出す試み

An attempt to produce three-dimensional kidney tissues with pluripotent cells

進行したCKDを回復させるのは難しく、末期腎不全の治療としては透析療法か腎移植しかありません。そこで、胎児期に腎臓が作られるしくみを解明し、人工的に腎臓を作り出して再生医療を実現するための模索が始まっています。

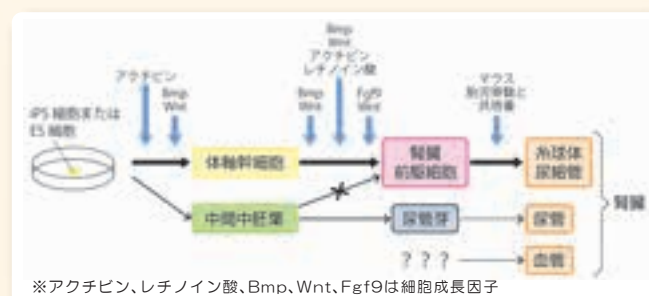
熊本大学発生医学研究所教授の西中村隆一は、20年も前から、母胎内での発生過程を逆にたどることで、マウスの体内で腎臓が作られるしくみを探ってきました。さまざまな細胞や組織に変化(分化)できる性質(多能性)をもつ幹細胞を利用し、患者さんのための「第2の腎臓」を人工的に作りたいと考えたからです。

西中村らはまず、腎臓を作るためには特定の遺伝子(Sall1など)が重要であることを突き止めました。その上で、マウスの胚から作り出した多能性細胞(ES細胞)を使って、「発生のどのタイミングで、どのような遺伝子や因子を働かせると腎臓の組織を作らせることができるのか」について試行錯誤を続けました。そして、当時、大学院生として入ってきた太口敦博(現・助教)の斬新なアイデアを加えることで、2013年にマウスのES細胞とヒトのiPS細胞(人工多能性幹細胞)から糸球体と尿細管からなる立体的な腎臓の構造を作り出すことに成功しました。

西中村らは複雑に枝分かれした尿管の形成や尿の生成を目指し、研究を続けています。

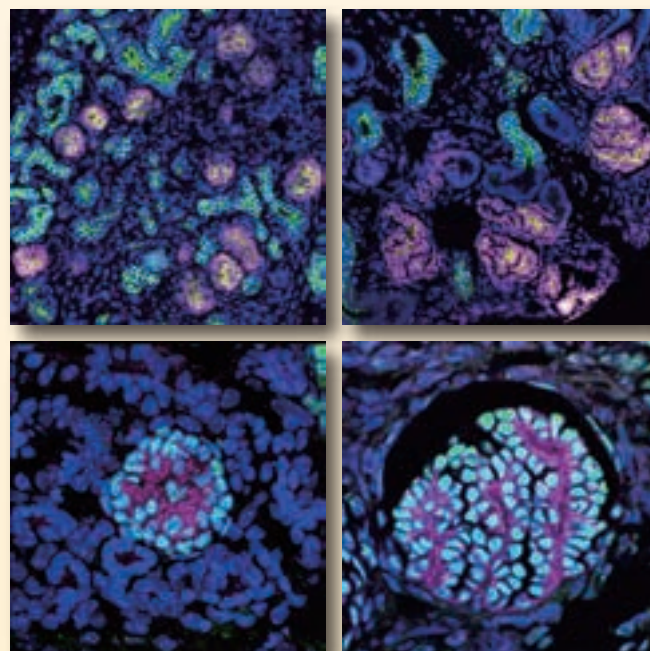
ブタ胎児の体内でヒトの腎臓を作らせるといったことを検討しているグループもあります。

腎臓組織を万能細胞から作る流れ



出典:熊本大学発生医学研究所

マウスES細胞やヒトiPS細胞から作成された3次元の腎臓組織



出典:熊本大学発生医学研究所

上段は、マウスES細胞(左上)およびヒトiPS細胞(右上)から作成された3次元腎臓組織。ピンク色が糸球体、緑色が尿細管。下段はそれぞれの糸球体を拡大した画像(上段とは配色が異なる。明るい部分が糸球体)。

腎不全が進行したときの治療法

透析療法

Dialysis therapy

糸球体濾過量（GFR）が15%未満になる末期腎不全では、自らの腎臓で余分な水分や血液中の老廃物を排泄できなくなっているため、透析療法か腎移植を導入する準備をします。医学的条件以外に、患者さんの意思や年齢、ライフスタイルなどを踏まえて治療の方法を決めていきます。

透析療法には、血液を体外の濾過装置（ダイアライザー）を通して体内に戻す血液透析（HD）と自分の腹膜を使って血液を濾過する腹膜透析（PD）があります。

体外に血液を循環させ、濾過する血液透析（HD）

血液透析は、通常、週に3回通院して1回4時間ほどかけて行います。着替えや診察などを入れると5時間ほどかかります。仕事を持つ人が夜間に医療機関に行き、朝まで血液透析を行う夜間透析、自宅で本人や家族の手で行う在宅血液透析も一部の施設で行われています。

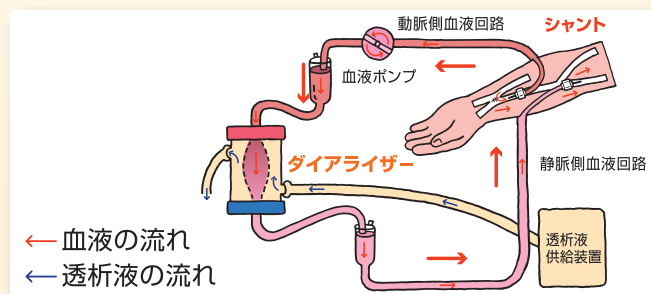
まず血液透析を始める少なくとも2週間以上前に、利き腕ではない腕の静脈と動脈を手術でつないで、内シャントとよばれる、血液の通り道を作ります。内シャントを作るのに適した静脈がない場合は人工血管やカテーテルを入れることもあります。

血液は静脈（シャント血管）から1分間に約200mlの速さで体外に取り出されてダイアライザーに入り、血液中の余分な水分と老廃物が取り除かれて浄化され、体内に戻ります。ダイアライザーが腎臓の替わりとなるのです。

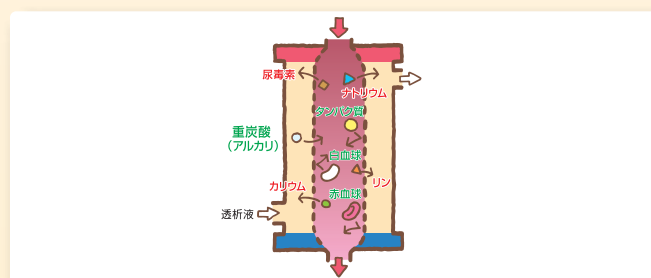
血液透析を受ける患者さんは自分の腎臓が機能せず、尿が出なくなるため、電解質や水分の調節ができなくなっています。そこで、食塩、カリウム、リン、水分をきびしく制限しなければなりません。入浴やスポーツは可能です。腎機能が低下すると、心筋梗塞・狭心症、脳梗塞・脳出血、手足の血管の詰

まりといったCVD（Cardio-Vascular Disease、心臓と血管の病気）が起こりやすくなります。透析療法を受けている人、とくに血液透析を受けている患者さんはCVDの危険性が高まるため、医学的な管理が求められます。また、血液が固まらないようにするための抗凝固薬を使うため、出血傾向があります。高カリウム血症にも注意が必要です。

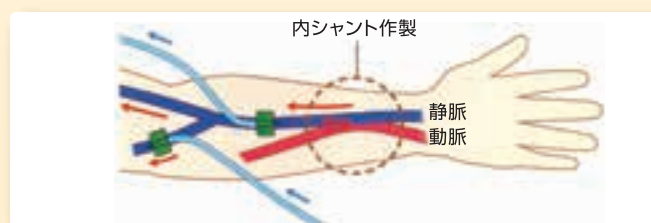
● 血液透析のしくみ



● ダイアライザーのしくみ



● シャントのしくみ



出典：日本腎臓学会「腎不全 治療選択と実際」より

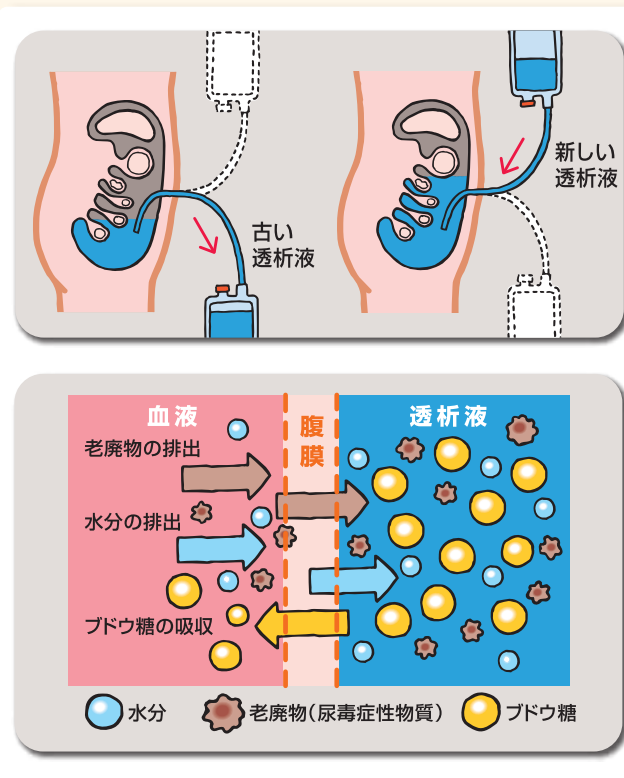
腹膜透析(PD)

腹膜透析では、手術で埋め込んだカテーテルを通じて透析液をお腹の中(腹腔内)に入れ一定時間貯留させます。貯留している間に腹膜を介して体内の老廃物や余分な水分が透析液側に移動します。十分移動した時点で透析液を外に出すことで透析が行われます。透析液の出し入れの操作は自宅や職場でも可能で、1回30分ほどです。透析液を貯留している間に仕事や家事をすることもできます。自動的にお腹に透析液を出し入れできる器械を使って睡眠中に腹膜透析を行い、日中は透析をせず自由に過ごす方式もあります。

連日行う腹膜透析は体への負担が少なく、ライフスタイルに合わせた治療が可能で、通院は月1～2回程度ですみます。血液透析よりも腎臓の機能を長く活かしながら透析を行うことができるのが特徴です。食事のカリウム制限が緩めであること、社会復帰しやすいこと、治療に主体的に取り組むことができるというメリットもあり、入浴やスポーツもできます。

合併症としては、細菌によるカテーテル関連感染症や腹膜炎、長年の使用や炎症によって腹膜が癒着する被嚢性腹膜硬化症があります。腹膜の変化や腎臓機能の低下のために、腹膜だけでは十分な透析ができない場合は、血液透析(週1回の血液透析との併用も可能です)や腎移植を考慮します。

腹膜透析のしくみ



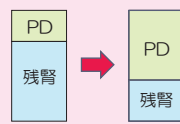
出典：日本腎臓学会「腎不全 治療選択とその実際」より

腹膜透析のメリット

PDは患者の状態に合わせた治療が可能

インクリメンタルPD

残腎機能に応じて透析量を徐々に増量



Assisted PD

家族や訪問看護がサポート



PD+HD療法

残腎機能が低下したら週1回HDを併用

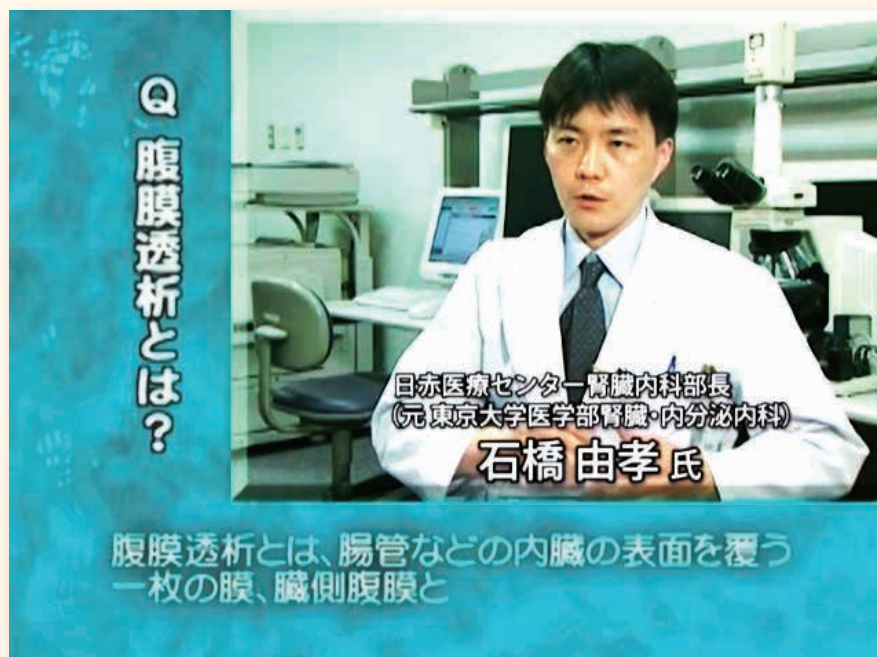
月	火	水	木	金	土	日
PD	PD	PD	PD	PD	HD	透析休み

腹膜休止の時間を確保できる

提供：腎臓・内分泌内科

映像 透析療法の種類としくみ

● 映像：透析療法の種類としくみ



素材提供：テルモ株式会社

展示 濾過システム実験機

● 展示：濾過システム実験機



濾過のしくみを見てみよう♪

展示 血液透析用装置・腹膜透析装置

● 展示：血液透析用装置「多用途監視装置」



● 展示：昔使用されていた透析装置



1969年に国産透析装置の第一号が開発されました。透析患者の安全を第一に考え、電子回路基板や軽量化素材もないなか製造された第一号機は、総重量170kgと非常に大きいものでした。

1970年に、当時の厚生省から製造承認を取得した本機（患者監視装置SR-1）は、国内第一号機をコンパクトに改良したものです。

● 展示：連続携行式腹膜透析



提供：テルモ株式会社

自分で約4～8時間ごとに、透析液バッグを交換し、24時間連続して透析を行います。

● 展示：自動腹膜透析



提供：テルモ株式会社

寝ている間に、装置が自動的に何回か透析液の出し入れを行います。夜間だけでは不足になる場合、昼間に追加する方法もあります。



よりよい診療のために始まった、腎臓病データベース作り

Forming database of kidney diseases to advance treatment

CKDの急増を受け、日本腎臓学会では2016年より3年間の予定で「腎臓病データベースの拡充・連携強化と包括的データベースの構築」というプロジェクトを始めています。

日本腎臓学会はこれまでも、全国の医療機関に対し、腎臓病と診断された患者さんの腎生検データの登録を呼びかけ、診断名、病理組織的な分類、年齢、性別、尿・血液・腎機能の検査値などについてデータベース化を図ってきました。また、得られたデータを健康な人のものと比較することで、難治性ネフローゼ症候群、IgA腎症、糖尿病性腎症などの疫学的な研究を行っています。今回のプロジェクトでは、こうした先行データを踏襲・拡大し、まずは数十万人、最終的には100万人規模のデータを集めるのが目標です。

対象は、2014年にプロジェクトに参加している病院を受診した18歳以上の患者さんのうち、「尿タンパク1+以上」、または「GFR 60ml/分/1.73m²未満」の症例です。各医療機関は、診断名、合併症、各種検査値、処方内容を統一された電子データで登録し、さらに「透析療法や腎移植を行っている」といった例外的な情報も付加することになっています。

データセンターに集約された登録情報には、統合や解析などの処理が施され、臨床医や研究医が必要に応じて幅広く利用できるよう整備される予定です。先行して集められてきたIgA腎症などの難治性腎疾患データベースや糖尿病性腎症データベースなどとも連携し、包括的に腎臓疾患をみることで、CKDの実態調査、治療の有効性評価、費用対効果の分析、ガイドラ

インの作成や改訂への反映、医療機関におけるガイドラインの遵守や普及率調査、医療情報の技術化や標準化支援などに利用できると期待されています。

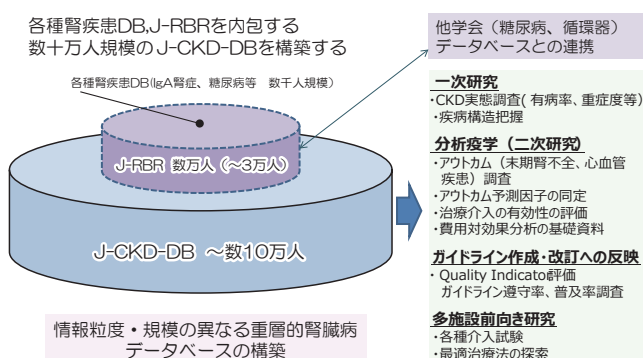
登録データと登録基準

登録データ・登録基準

1. 用いる記録: 2014年1月1日～12月31日の診療記録
2. 年齢: 18歳以上
3. 登録基準:
「尿タンパク1+以上」または「GFR 60ml/分/1.73m²未満」
 男性: 推算GFR (ml/分/1.73m²) = $194 \times \text{Cr} - 1.094 \times \text{年齢} - 0.287$
 女性: 推算GFR (ml/分/1.73m²) = $194 \times \text{Cr} - 1.094 \times \text{年齢} - 0.287 \times 0.739$
 ※ 期間中の検査値、処方を(登録基準を満たす日以前も含め)すべて記録
4. 例外登録: 例外区分とともに登録
 - a. 血液透析症例
 - b. 腹膜透析症例
 - c. 腎移植症例
 - d. その他の例外的に登録する症例: 難治性腎疾患、J-RBR例
各施設で患者番号(各施設における患者ID)のリストを用意

プロジェクトの最終目標

最終成果物: 重層的構造を有する包括的腎臓病データベース



出典: 腎臓病データベースの拡充・連携強化と包括的データベースの構築 研究班第一回会議より



腎臓が酸素不足に陥るしくみを解明し、治療に役立てる

Elucidating the structure in which the kidney falls short of oxygen

CKD患者さんの腎臓は、慢性的な酸素不足に陥ることが知られています。本学の腎臓・内分泌内科の南学正臣らは、腎臓の酸素状態をモニターする手法や、酸素不足を改善する治療法の開発を進めています。

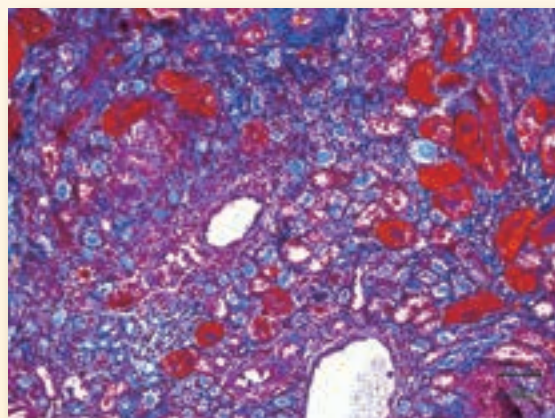
CKDの患者さんの腎臓では慢性的に血流が不足し、組織が低酸素状態に陥っています。その主な原因は、2つあると考えられています。1つは、腎組織が硬く線維化するとともに酸素を運ぶ血管が破壊され、うまく血液を運べなくなる。もう1つは、血管の緊張度を調節するシステム（たとえばレニン・アンジオテンシン系）が異常になるために血流量が低下することです。ただし、このようなメカニズムによる酸素不足は動物実験などによる研究レベルで確認されたもので、患者さんの腎臓で調べる手法はまだありません。

そこで、本学の腎臓・内分泌内科教授の南学正臣らは、「腎臓の酸素状態を評価するための新しい方法」の開発を進めています。腎臓の細胞が低酸素状態に陥ると働きが強まる遺伝子を見つけ出し、そのような遺伝子を目印にして、酸素状態を調べようという戦略で、すでにマウスを使った研究では、目印となる遺伝子を光らせることで、腎臓細胞の酸素状態を可視化することに成功しています。また、工学系の研究者との共同研究により、新規プローブによる腎酸素濃度の定量化にも取り組んでいます。

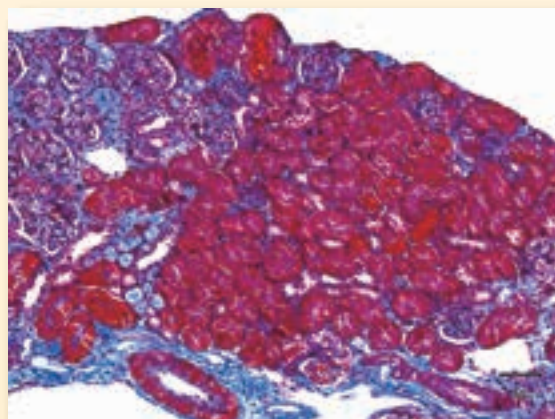
腎臓が酸素不足に陥ると、患者さんの腎機能はますます低下していきます。そこで南学らは、酸素不足と腎機能低下との関連についても研究しており、これまでに、線維化した腎臓細胞では、遺伝子スイッチのオン・オフを調節す

るしくみの1つ（エピジェネティクス）が異常になり、腎機能を維持するための遺伝子が長期にわたって働かなくなることを見出しています。そして、解明したしくみを応用した新たな治療法の開発も進めているところです。

● エピジェネティックな機構をターゲットとする新しい腎臓病治療薬の開発



投与前



投与後

腎細胞の酸素状態を新規プローブにより可視化したもの。新しい治療薬候補を投与する前の線維化したマウスの腎組織(上)と、投与後の腎組織(下)。

提供：腎臓・内分泌内科
ZONE4 東大の取り組み



トルバプタンによる多発性嚢胞腎の新しい治療法

New treatment for polycystic kidney disease using tolvaptan

多発性嚢胞腎(ADPKD)は、両方の腎臓にたくさんの小さな袋(嚢胞)ができ、腎不全に進行してしまう遺伝性の病気です。2014年にトルバプタンという薬が使えるようになり、治療効果を上げています。

日本には約3万人の多発性嚢胞腎(ADPKD)の患者さんがいると推定されています。嚢胞があっても40歳くらいまでは無症状のことが多いのですが、やがて、嚢胞の感染症、尿路結石、血尿、腎盂腎炎などが認められるようになり、多くは60歳までに重篤な腎不全に陥ります。腎臓以外にも高血圧、脳動脈瘤、心臓弁などの異常を生じるリスクが高く、腎臓以外の臓器に嚢胞ができることもあります。

ADPKDの原因となる遺伝子として、PKD1とPKD2の2種が知られています。患者さんの85%がPKD1遺伝子の、残りの15%がPKD2遺伝子の異常によるとされ、PKD1遺伝子によるADPKDの方が重い症状であることが明らかになっています。

診断は、遺伝子検査ではなく、家族内での発症状況や画像検査による嚢胞の数などが基準になります。以前は有効な治療薬がなかったのですが、利尿薬として使われてきたトルバプタンが2014年にADPKDにも適応拡大されました。ADPKDの患者さんは、腎嚢胞を形成する細胞内のカルシウム濃度が低下するために、ある信号(cAMP)の働きが過剰に高まっており、その結果として病気が進んでいきます。トルバプタンは、強すぎるcAMPの信号を抑えます。臨床試験の結果では、腎臓が増大する速度を約50%遅くし、腎機能が悪化する速度を約3分の2にします。

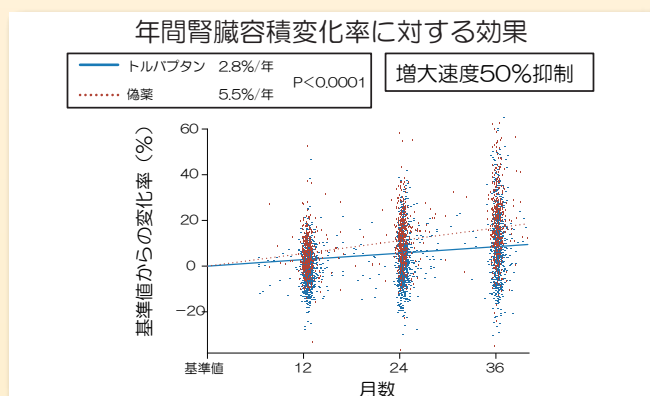
トルバプタンを使う場合には、腎臓が2つ合わせて750ml以上の容積に達していること、容積の増加率が1年におおむね5%以上あることなどの条件を満たす必要があります。進行の速いときに使うことができます。

● 多数の嚢胞ができ、腫大化した多発性嚢胞腎の腎臓



提供: 人体病理学・病理診断学

● トルバプタンにより、腎容積の増大速度が50%抑制される



出典: Torres et al, N Engl J Med.367,2407,2012



重篤な腎不全に陥ることの多い非典型溶血性尿毒症症候群

A typical hemolytic uremic syndrome(aHus)

非典型溶血性尿毒症症候群(aHUS)は、免疫に關与する補体という因子が異常に活性化されることで、血管が傷つき、血栓を生じる病気です。進行すると重篤な腎不全に移行することが知られています。

非典型溶血性尿毒症症候群(aHUS)は、発症率が100万人に2人ときわめてまれな病気で、重篤な腎不全(末期腎不全)に陥り、死に至ることも珍しくない難病です。異常に活性化された補体が血管の内皮を傷つけて炎症を引き起こすと、傷を修復するために血小板が活性化され、そこに白血球が集まることで血液の塊(血栓)を作り出します。また、血小板減少や赤血球が溶け出す溶血が見られることもあります。こうした血管と血液の異常は、TMA(血栓性微小血管障害)とよばれています。

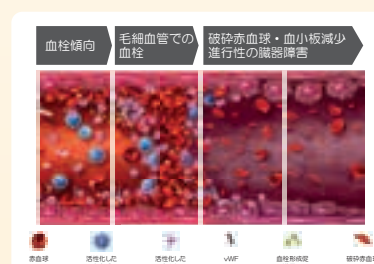
TMAは全身の血管で起きるため、臓器ごとに異なる症状を引き起こします。心臓であれば、高血圧や心筋梗塞など、脳なら脳卒中、胃腸なら吐き気や腹痛、肺なら呼吸困難といった具合です。以前は血栓を改善させる血漿療法が行われていましたが、近年、補体の働きを抑える薬が用いられ、患者さんの病状はかなり改善しています。

aHUSの多くは、生まれつき特定の遺伝子が異常になっているために起きると考えられます。これまでに、複数の遺伝子(CFH、MCP、CFIなど)が250以上もの部位に関連していることや、異常のタイプによって予後が異なることが明らかにされ、患者さんの遺伝子検査をして原因を突き止めるのが望ましいとされています。ただし、30~50%の患者さんにはすでに知られている遺伝子の異常が見つからず、さらなる原因遺伝子の探索や、

遺伝子の異常に基づいた新たな治療法の開発が急がれています。

本学の腎臓・内分泌内科教授の南学正臣らは、aHUSの正しい診断のための溶血検査や抗体検査、遺伝子検査を全国の医療機関から受けており、また次世代シーケンサーによる遺伝子解析も研究しています。

● 非典型溶血性尿毒症症候群(aHUS)を含む血栓性微小血管障害(TMA)の病態



出典：アレクシオンファーマ合同会社 aHUS疾患情報サイトより改変

● aHUSが引き起こす、さまざまな臓器障害



● 遺伝子異常のタイプと予後

遺伝子	タンパク名	変異の割合	発症年齢(日本)	自家免疫性溶血性貧血の割合	血小板減少の割合	腎臓病の割合
CFH	Factor H	非常に稀な変異	20~30% (10%)	頻発 60%	頻発 70~80%	頻発 80~90%
CFHR1/3	Factor HRF1, R3	非常に稀な変異	6% (6%)	頻発 70%	頻発 30~40%	頻発 20%
CD46 (MCP)	Membrane cofactor protein	非常に稀な変異	10~15% (13%)	頻発 30~40%	頻発 20%以下	頻発 15~20%
CFI	Factor I	非常に稀な変異	4~10% (6%)	頻発 30~40%	頻発 20~30%	頻発 70~80%
CFB	Factor B	C3 convertase 活性化	1~2% (3.3%)	頻発 30%	頻発 70%	1例報告あり
C3	Complement C3	C3不活化低下	5~10% (4.3%)	頻発 40~50%	頻発 60%	頻発 40~50%
THSD7	Thrombospondin	C3不活化低下	6% (3.3%)	頻発 60%	頻発 60%	1例報告あり
DSG1	Discliplined stress sensor	DAGシグナルによる膜形成	不明 (2013年に1例の報告、2015年に1例の報告)	不明	20歳までの発症が多い	3歳から1歳が頻発報告あり
PLG	Plasminogen	急性発症	5% (報告なし)	不明	不明	不明

出典：アレクシオンファーマ合同会社

ZONE4 東大の取組み



末期腎不全に対する東大の取り組み

University of Tokyo's treatment of the end-stage renal failure

末期腎不全で透析が必要になったとしても、生活の質を維持するために、本学では腹膜透析を推奨しています。また、泌尿器科を始めとする専門家との緊密な連携を築き、腎移植にも積極的に取り組んでいます。

腹膜透析の合併症の抑制に注力

末期腎不全における透析療法には、血液透析と腹膜透析があります。本学では他の医療機関から紹介を受けた患者さんの状態、意思やライフスタイルに合った治療法が選択できるように努めています。そして、血液透析に比べて生活の制限が少なく、かつ腎臓の働きを長く残せる腹膜透析をスムーズに導入できるよう、末期腎不全に進行する前から十分な時間をかけて準備することを心がけています。

また、腹膜透析導入後の合併症の抑制にも力を入れています。たとえば、代表的な合併症であり、腹膜が癒着する被嚢性腹膜硬化症（EPS）は本学ではこれまでに発症例がありません。また、腹膜透析関連の腹膜炎は全国平均で患者さん1人あたり年間0.21回の発症のところ、本学では0.14回です。腹膜透析の残腎機能が低下してきた場合には、計画的に血液透析を併用し、また、スムーズに血液透析に移行できるようにしています。

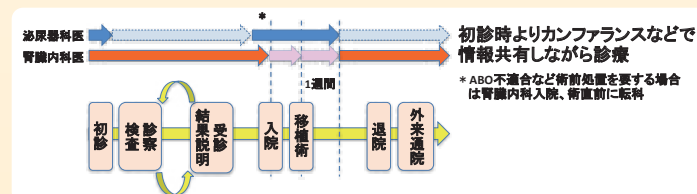
さらに、腹膜透析でリスクが高まるCVD（Cardio-Vascular Disease：心筋梗塞・狭心症、脳梗塞・脳出血、手足の血管の詰まりといった心臓と血管の病気）のリスクの予測・改善を目指した研究を行っています。

また、腹膜透析における腹膜の劣化を防ぐための新しい腹膜保護薬を東北大学とともに研究開発しているところです。

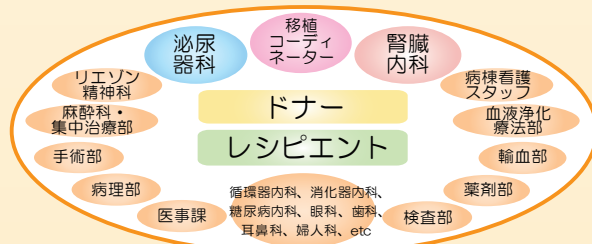
泌尿器科との連携で患者さんをサポート

本学での腎移植の特徴は、腎臓内科が腎臓病の経過を見ながら、腎移植の提示、術前の検査、腎移植後のフォローアップ、またドナーの術前検査や術後のフォローアップ、献腎移植を待つ患者さんの定期診察など、腎移植の各プロセスに包括的に関わり、手術を担当する泌尿器科を始めとする関連部門との連携を図っていることです。また、生体腎移植を希望する患者さんを本学の腎臓内科へ、より早期に紹介してもらうことで、透析導入から生体腎移植までの期間が短くなるよう努めています。2007～2009年に生体腎移植を行った患者さんの移植前透析期間は平均約3年でしたが、2013～2015年には1.4年になっています。また、献腎移植を希望する患者さんの数も増加しています。

● 本学の生体腎移植の流れ



● 腎移植はさまざまな分野の専門家が連携して行う集学的治療





関連情報サイトの紹介

- 一般社団法人 全国腎臓病協議会
<http://www.zjk.or.jp/index.html>
- 一般社団法人 日本移植学会
<http://www.asas.or.jp/jst/>
- 一般社団法人 日本生活習慣病予防協会
<http://www.seikatsusyukanbyo.com/statistics/2016/009095.php>
- 一般社団法人 日本腎臓学会
<http://www.jsn.or.jp/>
- 公益社団法人 日本臓器移植ネットワーク
<https://www.jotnw.or.jp/>
- 一般社団法人 日本透析医学会
<http://www.jsdt.or.jp/>
- 一般社団法人 日本病理学会
<http://pathology.or.jp/>
- 日本慢性腎臓病対策協議会
<http://j-ckdi.jp/index.html>
- 帝人株式会社（先端巨大症ねっと）
<http://acro-net.jp/net/acro-general/>
- 熊本大学発生医学研究所 腎臓発生分野
http://www.imeg.kumamoto-u.ac.jp/bunya_top/kidney_development/
- 医学図書館（デジタル史料室）
<http://www.lib.m.u-tokyo.ac.jp/digital/index.html>

本企画展の協力者

アレクシオンファーマ合同会社

テルモ株式会社

日機装株式会社

株式会社マッシュルームソフト

一般社団法人 全国腎臓病協議会

一般社団法人 日本移植学会

一般社団法人 日本腎臓学会

公益社団法人 日本臓器移植ネットワーク

一般社団法人 日本透析医学会

一般社団法人 日本病理学会

独立行政法人 国立病院機構 京都医療センター

熊本大学発生病学研究所 腎臓発生分野

東京大学 以下各図書館

医学図書館

総合図書館

医学系研究科・医学部附属病院 以下各科・部

検査部

腎臓・内分泌内科

人体病理学・病理診断学

泌尿器科・男性科

(以上50音順)



健康と医学の博物館
Museum of Health and Medicine

