

Hans Bendz, överläkare, verksamhetsområde psykiatri, Universitetssjukhuset, Lund

Göran Granerus, docent, överläkare, fysiologiska kliniken, Universitetssjukhuset, Linköping

Reinhard Volkmann, docent, överläkare, klinisk fysiologi, Sahlgrenska Universitetssjukhuset (SU/S), Göteborg

Metoder för njurfunktionsbestämning – vad har vi att erbjuda idag?

II I föregående nummer av Läkartidningen beskrevs olika metoder att bestämma glomerulär filtrationshastighet, det främsta måttet på njurarnas funktion. Här följer nu ett andra avsnitt, en sammanfattning av ett möte i Malmö förra hösten, som beskriver övrig njurfunktionsbestämning med mätning av koncentrationsförmåga, njurbloodflöde samt isotopdiagnostik.

II **Desmopressintest för koncentrationsförmåga**

Bestämning av njurarnas förmåga att koncentrera urin är sedan gammalt ett viktigt prov på njurfunktionen vid tubulointerstitiell njursjukdom, t ex kronisk pyelonefrit.

Desmopressintest (Minirintest) är det främsta, men inte enda, testet på njurens koncentrationsförmåga (Tabell I). Desmopressin är namnet på 1-deamino-8-D-argininvasopressin (dDAVP), som är det deaminerade kroppsegna antidiuretiska hormonet AVP, vars argininmolekyl dessutom ersatts av sin högervridande isomer. Desmopressin är en selektiv agonist till V_2 -receptorer belägna basolateralt på celler i samlingsrören. I jämförelse med AVP är desmopressin mer potent, har längre duration och lindrigare biverkningar [1].

Desmopressintestet används även för differentialdiagnostik vid diabetes insipidus. Vid nefrogen diabetes insipidus har njurarna helt eller delvis förlorat förmågan att reagera på både AVP och desmopressin. Vid central diabetes insipidus är hypofysens förmåga att insöndra AVP nedsatt eller saknas helt. Njurarnas koncentrationsförmåga är däremot bibehållen, och de reagerar därför på desmopressin på ett normalt sätt.

Litium är den i särklass vanligaste anledningen till nefrogen diabetes insipidus och till diabetes insipidus över huvud taget. En sökning nyligen i WHO's databas för biverkningar visade att av totalt 385 rapporter om läkemedelsinducerad diabetes insipidus var litium misstänkt substans i 159 av fallen. Litium blockerar den kaskad av intracellulära reaktioner som följer på AVPs förening med samlingsrörens V_2 -receptor och som därigenom upphäver koncentrationsmekanismen.

Standardiserat test. Det standardiserade desmopressintestet utförs på följande sätt: Vattenkarens från kl 22. Maximalt 150 ml vatten mellan kl 22 och 08 och därefter ingenting mellan

SAMMANFATTAT

Bestämning av njurens förmåga att koncentrera urin är sedan länge ett väsentligt prov på njurfunktion vid tubulointerstitiell njursjukdom, t ex kronisk pyelonefrit. Desmopressintest är det främsta, men inte enda, testet för att bedöma njurarnas koncentrationsförmåga.

Isotopundersökningar av njurarna utmärks av att de är enkla och skonsamma för patienten och utan kontraindikationer. Ofta kompletterar de röntgen- eller ultraljudsundersökningar, eftersom de är funktionella och kan ge kvantitativa mått på olika funktionsparametrar. Strålbekstrålningen är som regel betydligt lägre än för motsvarande röntgenundersökning.

Ultraljudsundersökning av blodflödet i njurartärerna och i njurparenkymet har blivit lättare sedan högupplösande 2D-färgduppler-ultraljudssystem tillkommit i klinisk praxis.

kl 08 och 11, återhållsamhet resten av dagen. Desmopressin ges kl 08 subkutant 4 µg eller intranasalt 40 µg. Blåsan töms någon gång före kl 10, denna urin kastas, samt någon gång mellan kl 11 och 16, prov från denna urin lämnas för osmolalitätsbestämning.

Desmopressintestets utfall kan påverkas av många omständigheter (Tabell II). Normalvärden utarbetade av Tryding och medarbetare [2] tar hänsyn till ålderns inverkan (Tabell III). Vattenkarensens betydelse är inte så stor som man förr trott [2]. Medlet kan ges per os (biologisk tillgänglighet 1 procent), intranasalt (biologisk tillgänglighet 10 procent), subkutant, intramuskulärt eller intravenöst, men de båda senare metoderna har inga fördelar. Den perorala vägen används i terapeutiska sammanhang, t ex för behandling av enures. Jämfört med subkutan tillförsel ger intranasal tillförsel likvärdig maximal effekt på urinens osmolalitet, men durationen är kortare (fast tillräcklig), och serumnivån av dDAVP är ej korrelerad till dosen [3].

Tabell I. Översikt över test på njurarnas koncentrationsförmåga.

Test	Kommentar
24 timmars törst	Opraktiskt Kan vara påfrestande – särskilt vid polyuri
Pitressintest	Argininvasopressin (AVP) Kan ge blodtrycksstegring, huvudvärk, påverka uterus Ges intramuskulärt, vilket kan vara smärtsamt
Desmopressin-test (dDAVP-test)	Saknar AVPs effekter på blodtryck och uterus, har lindrigare biverkningar
24 timmars urinvolym	Av potentiellt stor praktisk betydelse för att bedöma tubulusfunktion hos patienter som behandlas med litium, men föga använt

Tabell II. Faktorer som påverkar desmopressintestets utfall.

Faktor	Effekt
Ålder	Lägre U _{max} med stigande ålder
Snuva	Eventuellt försämrad effekt vid intranasal tillförsel
Hydreringsgrad	Försvagad effekt om vattenintaget är stort
Farmaka:	
Litium	försvagad effekt
Karbamazepin	förstärkt effekt
Tricykliska antidepressiva	förstärkt effekt
Glibenklamid	förkortad verkningsstid
Klofibrat	förstärkt effekt
Indometacin	förstärkt effekt
Klorpromazin	förstärkt effekt

Tabell III. Åldersrelaterade referensvärden (nedre normalvärdesgräns) för njurarnas koncentrationsförmåga.

Ålder, år	Uriniosmolalitet ¹ , mosmol/kg H ₂ O	Urindensitet ¹ , g/l
1	600	1,018
2	700	1,020
>3	800	1,022
20	850	1,024
40	800	1,022
60	700	1,020
80	600	1,018

¹Mellan osmolalitet och densitet är korrelationen $r = 0,99$ ($P < 0,05$).

Desmopressintestet kan påverka utfallet av renala clearancebestämningar om de utförs samtidigt och ge en lätt, övergående sänkning av glomerulär filtrationshastighet (glomerulär filtration rate, GFR) på högst cirka 10 procent [opubl data].

Desmopressintest inom psykiatri. Den kliniska betydelsen av att bestämma tubulusfunktionen kan illustreras med exempel från psykiatri [4]. Nedsatt tubulusfunktion leder hos många patienter som behandlas med litium till polyuri, vilken är potentiellt letal på grund av risken för accidentell litiumintoxi-

kation. Bland 142 patienter som behandlats med litium i minst 15 år (genomsnitt 19 år) hade 44 procent reducerad urinkoncentrationsförmåga, och 12 procent hade nefrogen diabetes insipidus. Att döma av en utsättningsstudie hos 13 av dessa 142 patienter var reduktionen irreversibel [4].

Detta står i kontrast mot fynden i en annan litiumpopulation, där den genomsnittliga behandlingstiden var cirka sex år. Bland dessa patienter var andelen med nedsatt koncentrationsförmåga 21 procent, ingen hade diabetes insipidus och nedsättningen var åtminstone delvis reversibel. Emellertid försämrades patienternas njurfunktion under de följande cirka sju åren i den mån de fortfarande behandlades med litium, så att andelen med nedsatt tubulusfunktion då närmade sig långtidsstudiens [5]. De kliniska konsekvenserna av ovan nämnda fynd är flera. Regelbunden kontroll av njurfunktion, särskilt urinkoncentrationsförmågan, är nödvändig bland patienter som behandlas med litium.

Ett lämpligt screeningtest är dygnsmätning av urinvolym, eftersom polyuri bland dessa patienter nästan alltid orsakas av litium. Följaktligen är diabetes insipidus som regel av nefrogen typ. Det kan diskuteras om inte desmopressintest bör vara fast rutin, t ex före behandlingens igångsättande och därefter vart femte år.

Mätning av vätskeintag kan användas som alternativ till urinvolym. Patienter med polyuri bör erbjudas ett varningskort att bära i plånbok eller handväska som anger att litiumbehandling är insatt och att lågt vätskeintag kan leda till intorkning och litiumförgiftning.

II Isotopmetoder

Njurarna hör till de organ i kroppen som är väl lämpade att undersöka med isotopteknik, eftersom de radioaktiva markörer som används kan liknas vid naturliga slaggämnen som snabbt elimineras från blodbanan och utsöndras i urinen. Om dessutom markören utsöndras via en känd fysiologisk mekanism (glomerulusfiltration, tubulär sekretion av organiska anjoner) i njurarna föreligger de bästa betingelser för en bedömning av njurfunktionen.

De isotopmetoder som används i klinisk rutin är:

- Renografi, en dynamisk registrering av upptagshastigheten av en markör i njurparenkymet och dess utsöndring i urinen.
- Skintigrafi, en statisk avbildande registrering av upptaget av markör i njurparenkymet.
- Clearancemätningar med isotopmärkta markörer för bestämning av volymflöden, t ex GFR.
- Isotopmiktionsretrocystografi (MUC) för refluxdiagnostik.

I Faktaruta 1 ges en översikt över dessa metoders användbarhet och begränsningar. Här följer några kommentarer till uppgifterna.

Radioaktiva farmaka för njurundersökningar. ⁵¹Cr-EDTA och ^{99m}Tc-DTPA är filtrationsmarkörer och kan följaktligen båda användas för bestämning av GFR, den senare kommer dock till användning endast i samband med renografi.

Rutinmässigt utförs undersökningen med engångsinjektion (single injection), dvs intravenös injektion av markören och blodprovstagning för analys av försvinnandehastigheten i plasma och ingen urinsamling. För närmare beskrivning av tekniken, referensvärden och metodfel hänvisas till Granerus [6]. Iohexolclearance har visat god överensstämmelse med ⁵¹Cr-EDTA-clearance.

^{99m}Tc-MAG₃ har till skillnad från filtrationsmarkörerna en hög grad av proteinbindning, vilket förhindrar filtration, och MAG₃ elimineras enbart via tubulär sekretion. Extraktionen i

II Fakta 1

Isotopmetoder för njurfunktionsbestämning

GFR-bestämning

(plasmaclearance med $^{51}\text{Cr-EDTA}$ eller $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$)

Indikationer:

Absolut njurfunktion

Kontraindikationer:

Inga

Användbarhet:

Kräver intravenös injektion och intravenös blodprovstagning

Eventuell urinsamling vid kraftigt nedsatt njurfunktion

Från 1 års ålder

Mycket låg stråldos

Tillförlitlighet:

Säkraste metoden för bestämning av njurarnas absolutfunktion

Tillgänglighet:

Sjukhus med isotopdiagnostik

Tidsåtgång:

Undersökningen skall göras på förmiddagen och tar minst 2 timmar för provtagning hos barn och 4 timmar för vuxna

Renografi ($^{99\text{m}}\text{Tc-MAG3}$ eller -DTPA)

Indikationer:

Relativfunktion = njurskador

Screening renovaskulär hypertoni

Avflödesförhållanden i övre urinvägarna

Kontraindikationer:

Inga

Användbarhet:

Kräver intravenös injektion

Stillaliggande 15–20 minuter, helst på rygg

Alla åldrar

Blåsan bör vara tömd före undersökningen

Blåskateter vid behov för bedömning av övre urinvägarna

Kan kompletteras med residualurinbestämning och indirekt refluxstudie

Stråldos: 0,2 mSv (1/10 av DMSA eller urografi)

Tillförlitlighet:

Mycket god avseende relativfunktion

God avseende avflödesbedömning

God till mycket god beträffande kvantifiering av residualurin

Tillgänglighet:

Sjukhus med gammakamera

Tidsåtgång:

Förberedelser 1 timme + 30 minuters registrering

DMSA-skintigrafi

Indikationer:

Relativfunktion

Påvisa parenkymiska, akut eller kronisk (pyelonefritärr)

Abnormt njurläge (bäckennjure, hästskonjure, aplasi)

Kontraindikationer:

Inga

Användbarhet:

Kräver intravenös injektion

Stillaliggande minst 3 × 5 minuter

Alla åldrar, dock gärna över 3 månader

Blåsan helst tömd före undersökningen

Kan kompletteras med tomografi

Standardiserat utvärderingsprogram under utveckling

Strålbekämlande

Tillförlitlighet:

Mycket god avseende relativfunktion (variationskoefficient 2 %)

God avseende parenkymiska, känsligare än urografi

Tillgänglighet:

Sjukhus med gammakamera

Tidsåtgång:

Eventuell förberedelse 1 timme för lokalbedövning (Emla), injektion och vänta 2–4 timmar, bildtagning 1 timme

Isotop-MUC (direkt alternativt indirekt metod)

Indikationer:

Refluxdiagnostik

Volymbestämning av reflux + blåsa

Kontraindikationer:

Inga

Användbarhet:

Direkt metod innebär blåskateterisering och kräver viss kooperation

Den indirekta metoden kräver att patienterna kan kissa på kommando (alltså är toaletträdnade), de bör därför vara några år gamla

Stråldos försumbar

Tillförlitlighet:

God beträffande dilaterade refluxer, missar en del grad 3-refluxer

Tillgänglighet:

Väsentligen universitetssjukhus/regionsjukhus när det gäller den direkta metoden

Indirekt metod kan utföras av alla avdelningar som gör renografi

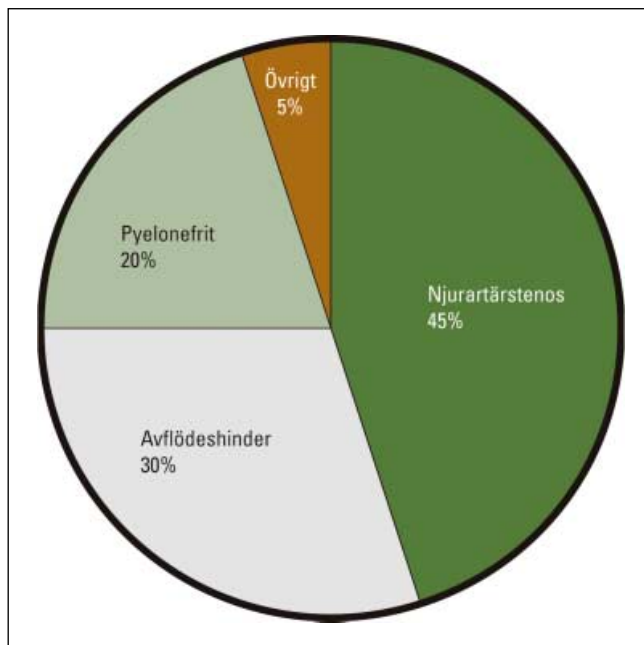
Tidsåtgång:

Tid för blåskateterisering + undersökningstid cirka 1 timme

njurarna är ca 2,5 gånger högre än för en filtrationsmarkör, och MAG3 har blivit den mest använda markören för gammakamerarenografi. Med sitt högre upptag i njuren ger MAG3 en säker funktionsbedömning även vid mycket nedsatt njurfunktion.

$^{99\text{m}}\text{Tc-DMSA}$ är annorlunda som markör genom att den binds till intracellulära proteiner i cytoplasman i de proximala tubuluscellerna och utsöndras i mycket liten utsträckning till urinen. Följaktligen är den lämplig för statisk bildregistrering och för tomografi.

Vid direkt-isotop-MUC instilleras $^{99\text{m}}\text{Tc}$ som perteknetat löst i kroppsvårt koksalt i blåsan. Instillationen sker under kontinuerlig bildtagning och under kontroll av blåsfyllnad och blåstryck. Eventuell vesikoureteral reflux diagnostiseras genom påvisbar aktivitet i uretärer och njurbäcken. Metoden anses mer skonsam och mer fysiologisk än motsvarande röntgenundersökning, men den ger inte samma anatomiska vägledning. De båda metodernas känslighet för att påvisa en reflux anses väsentligen likvärdig.



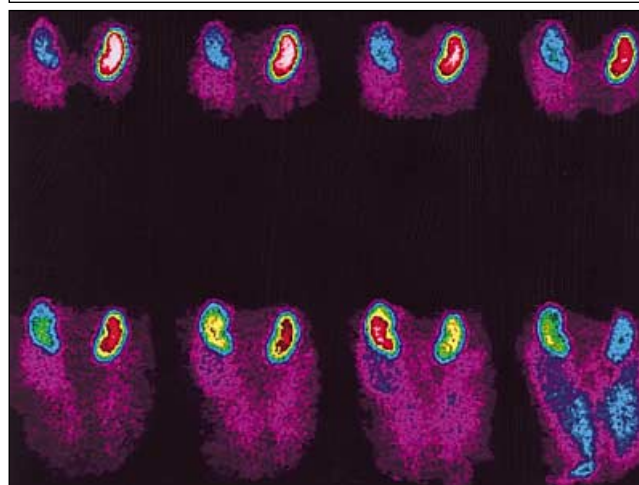
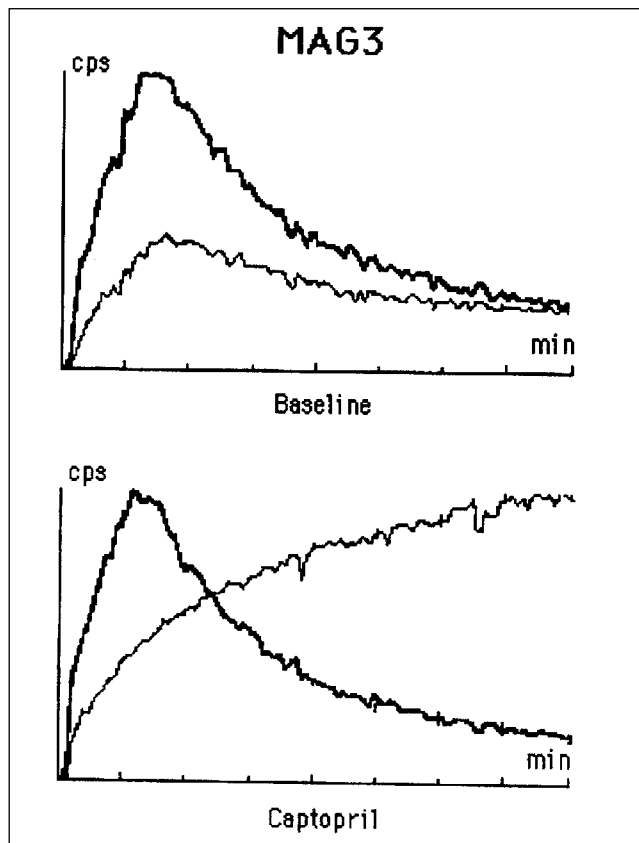
Figur 1. Indikationer för renografi/njurskintigrafi vid Universitetssjukhuset i Linköping år 2000 (n=401).

Vid den indirekta metoden utnyttjas den till blåsan utsöndrade aktiviteten efter en utförd renografiundersökning, och blåsan behöver således inte kateteriseras. Nackdelen med metoden är att viss aktivitet kan finnas kvar i njurbäcken och uretärer och försvåra bedömningen av små refluxer.

Indikationer. Den vanligaste indikationen för renografi är screening av njurartärstenos i samband med hypertoniutredning. Hos barn är huvudindikationen för isotopundersökning av njurarna påvisandet av parenkymkada/njurlåskador efter misstänkt pyelonefrit, vilket kan göras med DMSA-skintigrafi alternativt MAG3-renografi. Kontroll av avflödesförhållandena i övre urinvägarna är också en vanlig indikation hos såväl barn som vuxna (Figur 1). Relativfunktionen (sidofördelningen, »differential function, split function«) uttrycks i procent av totalfunktionen. Isotopmetoderna renografi respektive njurskintigrafi är de metoder som står till buds i klinisk praxis för kvantitativ bestämning av sidofördelning av njurfunktionen. Med god teknik är bestämningen mycket exakt och har mycket god reproducerbarhet. I allmänhet gäller att det är likvärdigt att använda DMSA, en filtrationsmarkör som DTPA eller en tubulärt secernerad markör som MAG3 för bestämning av relativfunktion. Alla tre typer av markörer ger samma relativfunktion med adekvat teknik. Normalt är sidofördelning av njurfunktion mycket nära 50/50 procent.

Njurarnas sammanlagda njurfunktion bestäms i kliniken vanligen med ^{51}Cr -EDTA-clearance eller som alternativt iohexolclearance. Med njurarnas separاتفunktion menas vardera njurens funktion i absoluta tal. Vanligtvis bestäms separاتفunktionen genom att kombinera en relativbestämning utförd med renografi med en absolut GFR-bestämning med ^{51}Cr -EDTA eller iohexol. Vissa utvärderingsprogram för gammakamerarenografi innehåller också en beräkningsalgoritm för en separاتفunktionsbestämning. Denna clearancebestämning är något mindre tillförlitlig än en konventionell bestämning med blodprov men många gånger tillfyllest för den kliniska frågeställningen.

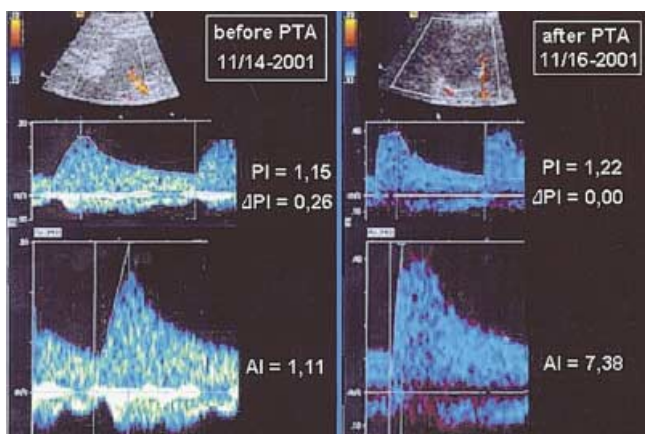
Njurartärstenosdiagnostik. För screening av patienter med misstänkt renovaskulär hypertoni görs kaptoprilrenografi,



Figur 2. Övre bilden: Baslinjerenogram och efterföljande kaptoprilrenogram hos patient med unilateral vänstersidig njurartärstenos. Med ACE-hämning fås minskad glomerulär filtration och kraftigt reducerad urinproduktion i den afficerade njuren, vilket orsakar en retention av isotopen i njurparenkymet och en stigande kurva med tiden (den tunnare kurvlinjen). Nedre bilden: Det kontinuerliga parenkymupptaget och oförmågan till utsöndring av isotopen till njurbäckenet efter ACE-hämning åskådliggörs tydligt i den samtidigt registrerade bildserien (8 × 2 minuter). Som jämförelse utsöndrar den kontralaterala högra njuren isotopen omgående till njurbäckenet, vilket motsvaras av den fallande amplituden i denna njures renogram. Njurarna är avbildade bakifrån, det vill säga höger njure till höger på bilden.

dvs ett renogram efter akut hämning av renin-angiotensinsystemet. Ett sådant har ett specifikt utseende vid en hemodynamiskt signifikant njurartärstenos (Figur 2).

Metoden är etablerad sedan tioalet år och utförs i Sverige på ett standardiserat sätt för att underlätta uppföljning och värdering av tekniken [6]. År 1995 utfördes 2 300 kaptoprilrenogram i Sverige, och prevalensen av renovaskulär hyper-



Figur 3. Ultraljudsundersökning av höger njure före och efter perkutan transluminal artärdilatation (PTA) av proximal njurartär. Njurens kraniala pol visas i en bild med färgdoppleravbildning av a interlobaris. Spektraldoppler avslöjar före artärdilatationen något dämpade blodflödesprofiler med nedsatt accelerationsindex (AI). Det absoluta värdet för pulsattilt index (PI) är normalt, men differensen mellan värdet i vänster och höger är signifikant för högersidig njurartärstenos. Efter artärdilatation ses normalisering av accelerationsindex samt ökning av pulsattilt index; inga sidoskillnader i pulsattilt index.

toni bland de undersökta patienterna kunde uppskattas till knappt 4 procent.

Metoden har hög sensitivitet och specificitet (90 procent) för täta huvudstamsstenoser och ej alltför nedsatt njurfunktion (>30 procent av totalfunktionen på den sjuka njuren) men är sämre vid grenstenoser, bilaterala stenoser och vid kraftigt nedsatt njurfunktion. Metoden kan även utnyttjas för uppföljning av patienter som genomgått operation eller ballongdilatation av stenosen.

Parenkymskada. DMSA-skintigrafi har i upprepade studier visat högre sensitivitet än urografi eller ultraljud för påvisandet av såväl njurpåverkan vid akut pyelonefrit som pyelonefritär hos barn [7]. Även om åsikterna varierar anses påvisande av njurskada efter pyelonefrit vara av värde för ställningstagandet till fortsatt profylaktisk behandling och kontroller. Frågan om behovet av DMSA-skintigrafi i det akuta skedet av misstänkt pyelonefrit är mer kontroversiell, eftersom hälften av alla parenkymförändringar i det akuta skedet har försvunnit vid uppföljning efter några månader [8].

II Undersökning av blodflöde med duplexultraljud

Ultraljudsundersökning av blodflödet i njurartärerna och i njurparenkymet har blivit lättare sedan tillkomsten av högupplösande 2D-färgdoppler-ultraljudssystem. Man brukar välja mellan kurvlinjär 5-MHz- (mager patient) eller 3-MHz-givare (adipös patient). Njurartärens förgreningar lokaliserar lätt i njurparenkymet (t ex a arcuata och a interlobaris). Färgdopplern är särskilt känslig för mycket låga volymflöden i små kortikala kärl och underlättar analys av genombldningsmönstren i vävnader, men den differentierar varken mellan olika flödesriktningar eller mellan arteriellt och venöst blodflöde. När man med färgdopplern har lokaliserat ett kärlavsnitt av intresse bör man med pulsad doppler mäta blodflödes hastigheternas variation under hjärtyckeln. Undersökningstiden kan totalt variera mellan 30 och 60 minuter för de båda njurarna tillsammans.

Direkt diagnostik av njurartärstenos. Oftast undersöks njurartärerna framifrån med patienten i rygggläge. Man kan lätt hitta njurartären proximalt vid dess avgång från aorta, vilket är

det vanligaste predilektionsstället för aterosklerotiskt betingade njurartärstenoser, men det är svårt att hitta dess mellersta portioner där fibromuskulär dysplasi brukar finnas. Flerdubblade njurartärer eller högt sittande förgreningar kan ställa till praktiska problem. Förhoppningsvis kan kortvarig intravenös infusion av ekoförstärkande mikrosfärer underlätta undersökningar av tekniskt svåråtkomliga njurartärsegment.

Man mäter blodflödesaccelerationen [9] med hjälp av spektraldopplern i en eventuellt förekommande stenosis. Dessutom dokumenteras de maximala systoliska flödes hastigheterna i relation till flödes hastigheterna i aorta (s k reno-aortal relation) [10]. Långsam acceleration och förhöjda flödes hastigheter talar starkt för signifikant njurartärstenos (Tabell IV).

Indirekt diagnostik av njurartärstenos. Patienten undersöks i sidoläge efter cirka 10 minuters vila så att systemblodtrycket och njurbloodflödet närmar sig steady state. Njurarnas parenkymala och hilusnära kärl hittas oftast genom ett lateralt fönster strax nedanför revbensbågen, men ibland behövs ett mer dorsalt eller abdominellt givarläge. Spektraldopplerns mätområde placeras i interlobarartärerna tillhörande fyra olika parenkymregioner. Dopplerspektrumet registreras för beräkning av blodflödespulsattilitet och -acceleration. Ett medelvärde för pulsattilt index (PI) med standardavvikelse presenteras tillsammans med ett representativt överarmsblodtryck.

Blodflödes hastighetsprofilen dämpas distalt om en höggradig artärstenos. Denna poststenotiska dämpning av blodflödespulsattiliteten används som diagnostiskt tecken på en proximalt belägen förträngning med hjälp av några indexberäkningar, som har fördelen att vara oberoende av vinkeln mellan blodflödesriktningen och ultraljudsstrålen (för vinklar <60 grader):

- Accelerationsindex (AI) beskriver den tidiga systoliska flödes hastighetsökningen.
- Pourcelots »resistive index« $[V_{\text{syst}} - V_{\text{diast}}]/V_{\text{syst}} = RI$ [11].
- Goslings »pulsatility index« $[V_{\text{syst}} - V_{\text{diast}}]/V_{\text{medel}} = PI$ [12].

Många undersökare utför RI-mätningar, men PI är att föredra, eftersom det tar hänsyn till hastighetsspektrumets kurvform. Som nackdel har nämnts att PI-mätningar kräver relativt lång undersökningstid och att de påverkas av olika apparatinställningar (förstärkning). Stor intraindividuell spridning kan förekomma på grund av resistansändringar i andra organ, varierande kärldiameter, kardiella faktorer (hjärtfrekvens, klaffel), pulstryck, väggstyvhet och blodviskositet. Dessa hemodynamiska faktorer är dock tämligen konstanta hos en och samma vilande patient. Därför talar AI- och PI-förändringar starkt för ändrad renal hemodynamik (Figur 3) – framför allt när de tillkommer vid uppföljande undersökningar.

Ett antal publikationer visar att ett reducerat distalt PI(RI)-värde kan urskilja patienter med renovaskulär hypertoni. I en prospektiv studie på 122 konsekutiva hypertoni-patienter [13] avslöjade AI- och PI-mätningarna 84 procent av alla förekommande njurartärstenoser med angiografisk diameterreduktion >50 procent. Specificiteten var 94 procent. Inga tekniskt misslyckade undersökningar förekom. I denna studie exkluderades dock patienter med kraftigt sänkt njurfunktion (serumkreatinin >200 $\mu\text{mol/l}$), hos vilka höga PI-värden kan förekomma. Vid njurartärstenosmisstanke hos uremiska patienter bör man därför tills vidare avstå från rutinmässiga duplexundersökningar av njurparenkymflöden.

Hos patienter med endast en fungerande njure blir PI-mätningarna svårtolkade, eftersom jämförelsen med den friska sidan bortfaller. Hos hypertensiva patienter med ovanligt låga PI-värden ($PI < 0,9$) i parenkymala njurartärer bör dock en proximal njurartärstenos misstänkas. Å andra sidan kan ett

Tabell IV. Normalvärden för olika blodflödesindex angivna som medelvärde (± 1 SD) eller övre/nedre gräns. Pulsatilit index beräknat som ett medelvärde (\pm SD) för vardera sidan på basen av fyra olika mätningar i olika parenkymregioner. Samtliga mått utom accelerationsindex är utan sort.

	Normalvärde
Reno-aortal relation (RAR)	1,57 \pm 0,92
Accelerationsindex (AI)	>2,3 (m/s ²)
Resistivt index (RI)	0,60 \pm 0,05
Pulsatilitetsindex (PI):	
Normotoniker	0,96 \pm 0,12
Hypertoniker	1,14 \pm 0,12
Sidodifferens	<0,20

onormalt lågt AI-värde också tala för proximal kärilstenos och därmed avslöja såväl bilateral njurartärstenos som kärllängagemang i en singel-njure.

Bedömning av renovaskulär resistans. Perifer vasodilatation medför ökat blodflöde främst genom en ökning av det diastoliska antegrada flödet och dess flödeshastighet, medan det systoliska flödet och flödeshastighet knappast påverkas. Pulsatiliteten av blodflödet minskar således inte enbart vid njurartärstenos, utan även vid vasodilatation. Hos normotona, frivilliga försökspersoner och patienter med primär hypertoni har vi kunnat visa en övertygande samvariation mellan PI och av renovaskulär resistans [14, 15]. Flera kliniska och experimentella resultat talar samstämmigt för att blodflödeshastigheten ändras proportionellt med renovaskulär resistans [16].

Tillfälliga ändringar i systemblodtrycket eller andra sjukdomstillstånd kan vara av betydelse för tolkning av PI-fynd, t ex prerenalt hinder (se ovan, PI minskar), akuta postrenala hinder (PI ökar), njurvenstrombos (PI ökar), njurinsufficiens (PI ökar) samt aortavitium. Under beaktande av dessa faktorer ger dock duplex teknik möjlighet att semikvantitativt värdera förändringar av renovaskulär resistans.

Undersökning av transplanterade njurar. Transplanterade njurar ligger ytligt i nedre delen av buken och är lätt åtkomliga för ultraljudsundersökning. Vid flera transplantationscentrum har RI och PI använts i klinisk rutin för att diagnostisera rejektion [17, 18]. Man har dock mött svårigheter att särskilja PI-ökningar av annan orsak, t ex akut tubulär nekros, toxisk inverkan av ciklosporin eller njurvenstrombos från dem man ser vid vaskulär rejektion. För att patienten ska kunna vara sin egen kontroll i longitudinella uppföljningar bör undersökningarna ske under reproducerbara vilobetingelser.

Det behövs sannolikt fler kontrollerade studier för att slutgiltigt bedöma om rejektionsdiagnostik med ultraljud har en plats i klinisk rutin.

*

Hans Bendz har skrivit avsnittet om desmopressintest, Göran Granerus har skrivit om isotopmetoder för avbildning/kvantifiering och Reinhard Volkmann om undersökning av blodflöde med duplexultraljud.

Referenser

- Andersson KE, Bengtsson B, Paulsen O. Desamino-8-D-arginine vasopressin DDAVP: Pharmacology and clinical use. *Drugs of Today* 1988;24:509-28.
- Tryding N, Berg B, Ekman S, Nilsson JE, Sterner G, Harris A. DDAVP test for renal concentration capacity. Age-related reference intervals. *Scand J Urol Nephrol* 1988;22:141-5.
- Tryding N, Sterner G, Berg B, Harris A, Lundin S. Subcutaneous and intranasal administration of 1-deamino-8-d-arginine vasopressin in the assessment of renal concentration capacity. *Nephron* 1987;45:27-30.
- Bendz H, Sjödin I, Aurell M. Renal function on and off lithium in patients treated with lithium for 15 years or more. A controlled, prospective, lithium-withdrawal study. *Nephrol Dial Transplant* 1996;11:457-60.
- Bendz H, Aurell M, Lanke J. A historical cohort study of kidney damage in long-term lithium patients: continued surveillance needed. *Eur Psychiatry* 2001;16:199-206.
- Granerus G, redaktör. *Njurarna och övre urinvägarna. Metoder använda inom klinisk fysiologi för diagnostik och funktionsvärdering.* Lund: Studentlitteratur; 2000.
- Consensus on renal cortical scintigraphy in children with urinary tract infection. *Semin Nucl Med* 1999;29:160-74.
- Jacobsson B. Importance of timing when using Tc-99m DMSA scan in urinary tract infection. In: Taylor A, Nally JV, Thomsen H, editors. *Radionuclides in nephrology.* Reston, VA: Society of Nuclear Medicine; 1997. p. 185-9.
- Handa N, Fukunaga R, Etani H, Yoneda S, Kimura K, Kamada T. Efficacy of echo-Doppler examination for the evaluation of renovascular disease. *Ultrasound Med Biol* 1988;14:1-5.
- Taylor DC, Kettler MD, Moneta GL, Kohler TR, Kazmers A, Beach KW, et al. Duplex ultrasound scanning in the diagnosis of renal artery stenosis: a prospective evaluation. *J Vasc Surg* 1988;7:363-9.
- Pourcelot L. Applications cliniques de l'examen Doppler transcutané. *Coleques de l'Institut Nationale de la Santé et de la Recherche Medicale* 1974;34:213-40.
- Gosling RG, Dunbar G, King DH, Newman DL, Side CD, Woodcock JP, et al. The quantitative analysis of occlusive peripheral arterial disease by a non-intrusive ultrasonic technique. *Angiology* 1971;22:52-5.
- Johansson M, Jensen G, Aurell M, Friberg P, Herlitz H, Klingensstierna H, et al. Evaluation of duplex ultrasound and captopril renography for detection of renovascular hypertension. *Kidney Int* 2000;58:774-82.
- Bardelli M, Jensen G, Volkmann R, Caidahl K, Aurell M. Experimental variations in renovascular resistance in normal man as detected by means of ultrasound. *Eur J Clin Invest* 1992;22:619-24.
- Jensen G, Bardelli M, Volkmann R, Caidahl K, Rose G, Aurell M. Renovascular resistance in primary hypertension. *J Hypertens* 1994;12:959-64.
- Norris CS, Pfeiffer JS, Tanley ER, Barnes RW. Noninvasive evaluation of renal artery stenosis and renovascular resistance. *J Vasc Surg* 1984;1:192-201.
- Rigsby CM, Burns PN, Weltin GG, Chen B, Bia M, Taylor KJW. Doppler signal quantification in renal allografts: comparison in normal and rejecting transplants, with pathologic correlation. *Radiology* 1987;162:39-42.
- Allen KS, Jorkasky DK, Aeger PH, Velchik MG, Grumbach K, Coleman BG, et al. Renal allografts: prospective analysis of Doppler sonography. *Radiology* 1988;169:371-6.