الفصل الثالث

الفحوصات المظهرية للبول

يبدأ تحليل البول بتدوين جميع الملاحظات الخاصة بمظهره من حيث اللون، والرائحة والعكارة أو أي ملاحظات أخرى. ولا تقل أهمية تسجيل هذه الملاحظات عن أهمية بقية الفحوصات، حيث إن لكل منها مؤشرًا عن الحالة الصحية لصاحب العينة إذا تم جمع العينة بالشكل السليم، وتم إحضارها للمختبر بالوقت المناسب. وإنه من الأهمية بمكان أن يتم تسجيل الملاحظات حول مظهر البول حال وصول العينة إلى المختبر، حيث إن تأخير ذلك قد يؤدي إلى إعطاء نتائج سلبية أو إيجابية كاذبة. يكتسب البول بعد مرور ساعتين على خروجه من الجسم لونًا ورائحة مختلفين، بل قد يصاحب ذلك حدوث ترسبات بلورية، مما يتعذر معه تدوين نتائج الفحوصات المظهرية.

اللون

يتأثر لون عينة البول بعوامل عدة، منها ما له علاقة بحالة المريض الصحية، ومنها ما له علاقة بما ما نتناوله من أطعمة وأشربة، أو بسبب تعاطي أدوية معينة (الشكل رقم ١٧). ويجب رج قارورة عينة البول قبل ملاحظة وتسجيل اللون. وإذا كان لون البول عمبريًا غامقًا عندها يجب أن ترج العينة لملاحظة تكوين رغوة. فإذا تكونت رغوة صفراء، عندها لزم فحص العينة لاحتوائها على صبغيات الصفراء. ويوضح الجدول رقم (٣) الحالات المرضية، وغير المرضية التي تحدث تغييرًا في لون البول.

الشكل رقم (١٧). صورة فوتوغرافية تظهر عينات بول بألوان مختلفة.

الجدول رقم (٣). الحالات المرضية وغير المرضية التي تحدث تغيرًا في لون البول.

لون البول	الأسباب المرضية	الأسباب غير المرضية	ملاحظات
قشي (له لون القش)	-----	صبغيات اليوروكروم Urochrome	
عديم اللون	عدم قدرة الكلية على تركيز البول		
فضي، حليبي	وجود بكتيريا، خلايا صديدية، خلايا طلائية		
أحمر	١- هيموجلوبين ٢- دم ٣- بورفورين	تعاطي أدويه مثل : Dilantin Bromsulfalein Phenosulfonphthalein - دواء الريفامابسين Rifampicin - تناول نبات الشمندر	يحسم الأمر بفحص الدم الخفي، وفحص إرليخ

تابع الجدول رقم (٣).

لون البول	الأسباب المرضية	الأسباب غير المرضية	ملاحظات
أصفر/ عمبري	صبغيات الصفراء - البيلوروبين - واليوروبلونجين	- تعاطي أدوية، مثل: Axulfidine Atabrine Nitrofurantin - تناول الجزر - تناول الكسكارا	
أخضر	- خضرة البيلوروبين Biliverdin - البكتيريا الصديدية الزائفة *Pseudomonanous*	تعاطي أدوية، مثل: Acriflavine Amitriptyline Methyleneblue	
أزرق	------	تعاطي أدوية، مثل: Triamterene	
برتقالي	------	تعاطي أدوية مثل Pyridium	
أسود/بني مسود	- الميلانين - ميثومجلوبين - حمى البول الأسود Black water fever، وهو نوع من الملاريا	- كسكارا - فينول - تعاطي أدوية، مثل: Aldomet - Flagyl -	
بني/ بني محمر	- بورفورين - هيموجلوبين - كريات دم حمراء	تعاطي أدوية السلفا	إذا تحول لون البول إلى بني غامق، فهذا دلالة على حالة التبول الكابتوني Alkaptonuria الناتج عن أكسيد الكابتون، وهو بروتين ينتج عن الأيض غير الطبيعي للتايروسين

الرائحة

يمكن تصنيف روائح عينات البول على النحو التالي:

١- **البول الطبيعي**: له الرائحة المعروفة، وهي عبارة عن رائحة أروماتية تسببها الحموض المتطايرة.

٢- **بول له رائحة الأمونيا**: يسبب هذه الرائحة على الأغلب التهاب جرثومي للمجرى البولي بأحد أنواع البكتيريا التي لها القدرة على تحليل اليوريا. كما تجدر الإشارة بأنه إذا تركت عينة البول فترة طويلة، فإنها تكتسب رائحة الأمونيا بسبب تحلل اليوريا إلى أمونيا بواسطة بعض أنواع البكتيريا.

٣- **بول له رائحة العفن**: لهذا البول رائحة عفنة دنسة تنتج بسبب التهاب أحد أعضاء الجهاز البولي التناسلي، خاصة بأنواع من بكتيريا سالبة جرام.

٤- **بول له رائحة الأسيتون**: ويلاحظ هذا النوع من البول عند الأشخاص المصابين بالسكري، حيث يرتفع تركيز الأجسام الكيتونية في بولهم.

كما إن لبول الأطفال المصابين بالتبول الفنيل كيتوني Phenylketonuria رائحة نفاذة خاصة.

العكارة

البول الطبيعي شفاف غير متعكر، وتتوقف درجة العكارة في البول على تركيز ونوع مسبباتها، مثل البلورات، والخلايا الطلائية. تعود أسباب العكارة في الحالات المرضية إلى احتواء البول على بكتيريا، دم، خلايا صديدية، بلورات مترسبة، وخلايا طلائية. كما يتعكر البول الطبيعي القلوي بسبب بلورات الفوسفات التي تذوب عند إضافة حمض لها. وإذا ظهرت عكارة وردية للبول دل ذلك في الأغلب على وجود بلورات اليورات.

الكثافة النوعية

تتراوح الكثافة النوعية Specific gravity لبول الإنسان الطبيعي ما بين ١,٠١ - ١,٠٣. ويستدل بهذا الفحص على قدرة الكلية على تركيز وتخفيف الأملاح بالبول. وكلما زادت العكارة زادت الكثافة النوعية، وكلما كان البول صافيًا قلت كثافته النوعية. وتكون الكثافة النوعية للبول مرتفعة في العينات الصباحية، وأقلها بعد شرب كميات كبيرة من الماء. ويكون البول مرتفع الكثافة النوعية عند الأشخاص الذين يعانون من حالة التبول القليل بينما تنخفض الكثافة النوعية في بول الأشخاص الذين يشكون من حالة التبول المتعدد باستثناء بول مرضى السكري، حيث يدرون كميات كبيرة من البول، لكن بولهم مرتفع الكثافة النوعية بسبب احتوائه على الجلوكوز ومواد أخرى. كذلك تختلف الكثافة النوعية تبعًا لكمية السوائل التي تدخل الجسم، أو درجة الجفاف التي يعاني منها. وترتفع الكثافة النوعية للبول في الحالات التالية:

١- مرض السكري *Diabetes mellitus*.

٢- اضطراب الغدة الكظرية.

٣- أمراض الكبد.

٤- قصور القلب الاحتقاني Congestive cardiac failure.

٥- الحالات التي يفقد بها الجسم كثيرًا من السوائل، كالتعرق، والقيء، والإسهال.

٦- التهاب الكلى الملازم للتبول البروتيني.

وتنخفض الكثافة النوعية للبول في الحالات التالية:

١- القصور الكلوي المزمن.

٢- مرض البيلة التفهة Diabetes incipedes وهو عصبي المنشأ ينتج عن غياب أو نقص الهرمون المنظم (المضاد) لإدرارالبول (ADH) بسبب خلل في الجهاز العصبي ينتج عنه عدم مقدرة الكلية على تركيز البول. وتكون الكثافة النوعية للبول بهذا المرض مابين ١,٠٠١ - ١,٠٠٣.

٣- اضطراب في عمل الكلية الذي يحد من قدرة الكلية على تركيز البول، خاصة عندما تكون الإصابة في النبيبات البولية.

٤- اضطراب في عمل بعض الغدد الصماء.

٥- ثبات الكثافة النوعيه للبول Isothenuric عند مستوى منخفض، مقداره ١,١. وينتج عن هذه الحالة تلف حاد لأنسجة الكلية يتسبب في تعطيل لقدرة الكلية على تركيز وتخفيف البول.

تقاس الكثافة النوعية بعدة طرق منها:

١- استخدام جهاز مقياس البول Urinometer، وهو مدرج ما بين ١ -١,٠٦ حيث الكثافة النوعية للماء المقطر ١,٠٠٠ عند حرارة ٢٠°م (الشكل رقم ١٨).

٢- استخدام الأشرطة القرصية MULTISTIK، وهي سهلة الاستخدام، ودقيقة أيضًا.

الشكل رقم (١٨). صورة فوتوغرافية لجهاز قياس الكثافة النوعية للبول.

وعند قياس الكثافة النوعية بالمقياس البولي، فإنه يجب عمل التصحيحات التالية:

١- يحذف من القيمة مقدار ٠,٠٠٤ لكل تركيز ١٠ جم/ل من الجلوكوز الذائب.

٢- يحذف من القيمة مقدار ٠,٠٠٣ لكل تركيز ١٠ جم/ل من البروتين الذائب.

٣- يحذف من القيمة مقدار ٠,٠٠١ لكل ٣°م تحت حرارة ١٥°م.

٤- يضاف إلى القيمة مقدار ٠,٠٠١ لكل ٣°م فوق ١٥°م.

ولا تثبت الكثافة النوعية للبول خلال اليوم، وتتراوح ما بين ١,٠٠٨-١,٠٣ وهذا المبدأ هو أساس فحص موسنثال Mosenthal test، حيث تجمع عينات البول بمعدل عينة كل ساعتين، وتقاس كثافتها النوعية، فإذا كانت قيمتها تقريبًا ثابتة لكل العينات دل ذلك على أن الكلية فقدت قدرتها على التركيز وتخفيف الأملاح بالبول.

وتجدر الإشارة إلى أن البول غامق اللون تكون كثافته النوعية مرتفعة، بينما البول شديد الشفافية يكون منخفض الكثافة النوعية.

الرقم الهيدروجيني للبول PH

تُعد الكلى إضافة إلى الرئتين المصدر الأساسي للمحافظة على التوازن القاعدي والحمضي بالجسم. تقوم الكليتان بالعمل على إخراج الحموض غير المتطايرة، والتي تنتج من عمليات الأيض المختلفة للأنسجة. ويعود السبب الأساسي لحموضة البول إلى الفوسفات الحمضية، وإلى أملاح حمضية، مثل أملاح حمض البيورفيك، والستريك، واللاكتيك. كما تقوم الكلية بتنظيم إعادة امتصاص أيونات الصوديوم من النبيبات البولية، وكلما زاد احتباس أيون الصوديوم بالجسم زادت حموضة البول. ولهذا، فإن الرقم الهيدروجيني هو مرآة لحالة التوازن الحمضي - القاعدي لكل من بلازما الدم والبول في النبيبات البولية.

يعتمد مقدار الرقم الهيدروجيني للبول على حالة المريض الصحية، وعلى وقت جمع العينة ونوع الغذاء الذي تناوله الشخص صاحب العينة (الشكل رقم ١٩). ويكون البول قلويًا إذا جمع بعد الأكل مباشرة؛ لأن التركيز المرتفع لأيونات الهيدروجين التي تفرزها المعدة بعد الأكل تجعل الكلية تقوم بإفراز أيونات قلوية لمنع ارتفاع حموضة الدم.

الشكل رقم (١٩). قراءة الرقم الهيدروجيني بالبول من الفحوصات المهمة وذات دلالة.

يتراوح الرقم الهيدروجيني للبول الطبيعي ما بين ٥,٥ – ٧,٨ ولكنه على الأغلب حمضي بمعدل ٠٦ ، ويعتبر البول حمضيًا عندما يكون أسه الهيدروجيني ٥,٤–٥,٥ وقلويًا ما بين ٧,٨– ٠٨ ويكون البول قلويًا في الحالات التالية :

١ – التهاب المجرى البولي التناسلي بسبب تحلل اليوريا من قبل البكتيريا الممرضة ، خاصة بكتيريا بروتيس *Proteus*، وسيدومنس (بكتيريا الصديد الكاذبة) *Pseudomonas*.

٢ – القوت النباتي من الخضار والفواكه.

٣– انحصار البول.

٤ – في حالة التقلون الشامل Systematic alkalosis ، التي تنتج عن القيء الشديد ، وسرعة التنفس ، وتناول مواد قاعدية.

ويصبح البول حمضيًا في الحالات التالية :

١ – احتواء البول على الأجسام الكيتونية الناتجة عن مرض السكري ، أو بسبب الجوع.

٢ – مرض الحماض Acidosis.

٣- التعب العضلي.

٤- الحمى.

٥- تعاطي الأدوية التي تمنع من ترسب أملاح الفوسفات والكربونات وبخاصة الأدوية المستخدمة في علاج التهاب المجرى البولي.

وتجدر الإشارة إلى أن ثبات الرقم الهيدروجيني للبول Isohydruria يؤدي إلى ترسب بلورات بولية، حيث تترسب بلورات الأوكزلات، وبلورات حمض اليوريك في البول الحمضي، بينما تترسب بلورات الفوسفات والكربونات في البول القلوي. ويُعد ثبات الرقم الهدروجيني للبول من أهم مسببات تكوين الحصوات البولية.

وأفضل الطرق لقياس الرقم الهيدروجيني للبول هي باستخدام الأشرطة الورقية الحديثة، والتي يتم حفظها بالظروف الملائمة.

أزمولية البول

تتراوح أزمولية Osmolality البول مابين ٣٩٠ - ١٢٠٠ ميلي أزمول/كجم بول وذلك تبعًا لنوع الطعام، والسوائل، والماء، التي يتم تناولها، إضافة إلى حالة الجسم الفسيولوجية. وتقاس أزمولية البول للكشف على مقدرة الأنابيب الكلوية على تركيز البول. ويعتمد قياس الأزمولية على عدد الجسيمات في الوحدة الحجمية للبول، بينما تعتمد الكثافة النوعية على كمية وطبيعة هذه الجسيمات. لذلك، فإن وجود جسيمات كبيرة، مثل الجلوكوز، والبروتين تزيد من مقدار الكثافة النوعية أكثر من زيادة أزمولية البول.

وتستطيع الكلى القيام بتركيز وتخفيف البول بمدى ٤٠ - ٨٠ ميلي أزمول/كجم ماء عند توفر تناول ما يكفي من السوائل، وإلى مدى ٨٠٠ - ١٤٠٠ ميلي أزمول/كجم ماء عند الحرمان من تناول السوائل. وهنالك فحص يعرف الفسح الأزمولي Osmolal clearance وهو عبارة عن النسبة بين أزمولية البلازما إلى أزمولية البول، ويتراوح مقدار الفسح الأزمولي في الكلى التي تؤدي وظائفها بشكل طبيعي

مابين ٣ – ٤,٧ وهو انعكاس لقدرة الكلية على الاحتفاظ أو طرح الماء. وفي حالات انحصار البول تزيد أزمولية البول عن أزمولية البلازما. وكذلك تحدث اضطرابات في قيمة أزمولية البول في حالات الإفرازات الزائدة من الهرمون المضاد للإدرار ADH وعند المرضى الذين يعانون من تلف بأنسجة الكبد وهبوط بالقلب. وكذلك عند اضطراب عمل الغدة جار الكلوية.

تقاس أزمولية البول من خلال الانخفاض في درجة التجمد للبول، أو من خلال قياس الضغط البخاري للبول. وكما هو معروف، فإنه إذا وصلت أزمولية الماء ١٠٠٠ ميلي أزمول/كجم ماء، فإنه يحدث هبوط بدرجة التجمد مقداره ١,٨٦ °م. وتقاس الأزمولية بواسطة مقياس الأزمولية لنقطة التجمد للبول Freezing point osmometer، أو مقياس الأزمولية للضغط البخاري للبول Vapor pressure osmometer.

المخاط

في كثير من الأحيان يكون ظهور المخاط أمرًا طبيعيًا مصدره السائل المنوي في بول الذكور، أو من إفرازات المهبل عند الإناث. كما يكون وجود المخاط في البول مؤشرًا غير طبيعيًا في العديد من الحالات المرضية، مثل التهاب الجزء السفلي من القناة البولية التناسلية. كذلك قد يكون مصدر المخاط من كشط بروتيني من السطح الحر لمخاطية النبيبات البولية.

الفحص بالأشرطة والأقراص الورقية

تستخدم الأشرطة والأقراص الورقية في فحص البول على نطاق واسع، وهي عبارة عن مستحضرات تجارية يتم غمسها بالبول فيحدث تبدل في اللون عندما تكون النتيجة إيجابية (الشكلان رقما ٢٠ و٢١). تمتاز هذه الطريقة لفحص البول بأنها سريعة، وسهلة، ونتائجها دقيقة ولا يتطلب القيام بها توفر زجاجيات، وموازين، وأجهزة، ومواد كيميائية، إضافة إلا أنها اقتصادية وغير باهظة التكاليف.

الشكل رقم (٢٠). صورة ضوئية تظهر بعض أنواع الأشرطة الورقية المستخدمة في فحص البول.

الشكل رقم (٢١). صورة ضوئية تظهر طريقة استخدام الأشرطة الورقية في فحص البول.

تحمل الأشرطة الورقية أقراصاً منفصلة عن بعضها، حيث يكون كل قرص مشبع بمادة تتفاعل مع أحد المواد التي يحتمل وجودها في البول في الحالات المرضية كما يلي:

١- القرص الخاص بالكشف عن الجلوكوز مشبع بأكسيد الجلوكوز، حيث يتبدل اللون إلى بنفسجي مزرق عندما تكون النتيجة إيجابية.

٢- القرص الخاص بالكشف عن البروتين مشبع بمادة بروموفينول الأزرق، حيث يتبدل اللون إلى أخضر مزرق عندما تكون النتيجة إيجابية.

٣- القرص الخاص بالكشف عن المواد الكيتونية مشبع بمادة نيتروبروسيد الصوديوم، حيث يتبدل اللون إلى بنفسجي عندما تكون النتيجة إيجابية.

٤- القرص الخاص بالكشف عن اليوروبيلوجين Urobilogen مشبع بمادة ثنائي مثيل أمين البنزلدهيد، حيث يتبدل اللون الى أحمر عندما تكون النتيجة إيجابية.

٥- القرص الخاص بالكشف عن البيلوروبين مشبع بمادة ثنائي كلور الأنلين ثنائي الدسترة Diazotized dichloraniline، حيث يتبدل اللون إلى أسمر مصفر عندما تكون النتيجة إيجابية.

٦- القرص الخاص بالكشف عن الدم مشبع بمادة الأورثوتوليدين Orthotolidine، حيث يتبدل اللون إلى أزرق عندما تكون النتيجة إيجابية.

٧- القرص الخاص بالكشف عن النيتريت مشبع بمادة أزرق بروموثايمول Bromothymol blue، حيث يتبدل اللون إلى زهري عندما تكون النتيجة إيجابية.

٨- القرص الخاص بالكشف عن الخلايا الصديدية مشبع بمادة Pyrrol amin acid ester التي تتحلل بفعل إنزيمات الحبيبيات السيتوبلازمية في الخلايا الصديدية المحببة، فيتبدل اللون إلى بنفسجي عندما تكون النتيجة إيجابية.

ويجب أن يتم الفحص بالأشرطة الورقية عند درجة حرارة ما بين ٤-٣٠°م.

ويمكن استخلاص التشخيص والمسببات المرضية من محتويات البول باستخدام الأشرطة

الورقية كما يوضح الجدول رقم (٤). وتجدر الإشارة الى أنه تتوفر أجهزة خاصة (الشكل رقم ٢٢) لقراءة نتائج الفحص بالأشرطة والأقراص الورقية من خلال تحليل الألوان المتكونة على الأقراص المختلفة التي يحملها الشريط الورقي.

وكما هو ملاحظ، فإن استخدام الأشرطة والأقراص الورقية في فحص البول يعطي نتائج سريعة حول أيض الكربوهيدرات، ووظائف الكبد، والكلية، وعلى التوازن الحمضي القاعدي بالجسم، إضافة إلى الاستدلال على وجود عدوى جرثومية في المجرى البولي التناسلي.

الجدول رقم (٤). العلاقة بين المكون المرضي للبول والأعضاء المستهدفة.

المكون المرضي للبول	المسببات المرضية
الدم	١- عدوى في الكلية والقناة البولية ٢- الإصابة بالحصوات البولية Urolithiasis ٣- احتمالية أورام في المجرى البولي خاصة المثانة
البروتين	إصابة في المجرى البولي، خاصة الكبب الكلوية، وضعف مقدرتها على الترشيح
النيتريت	التهاب جرثومي في المجرى البولي
الأجسام الكيتونية	- أيض لا نمطي - مؤشر على الحماض الكيتوني
اليوروبلوبجثن	- تلف أنسجة الكبد (حاد أو مزمن) - اليرقان التحللي - مؤشر على مرض في القناة المعدية .
البيلوروبين	- تلف أنسجة الكبد - اليرقان الانسدادي Obstructive jaundice
حمض الأسكوربيك	خلل في الترشيح الكبيبي
الجلوكوز	تشخيص للإصابة بمرض السكري

الشكل رقم (٢٢). صورة فوتوغرافية لجهاز خاص يستخدم لقراءة الأشرطة بعد غمسها في البول.

ويجب أخذ الأمور التالية بالاعتبار عند استخدام الأشرطة، الأقراص الورقية:

١- يجب أن يتم الفحص على عينة بول طازجة تم جمعها في وعاء نظيف جاف.

٢- يجب رج عينة البول جيداً قبل غمس الشريط الورقي فيها.

٣- يجب غمس جميع الأقراص المحملة على الشريط بالبول، والتقيد بزمن الغمس الموصى به.

٤- يجب طرق الشريط بجدار الوعاء الداخلي؛ وذلك لإزالة الزائد العالق به من البول.

٥- يجب حمل الشريط لملاحظة النتائج بشكل أفقي؛ وذلك لتجنب احتمالية انسياب محتوى بعض الأقراص، ومن ثم حصول خطأ بالنتائج.

٦- يجب أن يتم مقارنة ألوان الأقراص بتلك التي على علبة الأشرطة بشكل دقيق، وأن يتم أخذ النتائج قبل مرور دقيقتين على الأكثر من وقت نزع الشريط من عينة البول.