

# مستقبل الطب:

الابتكار في الرعاية الصحية  
من خلال الطب الدقيق

مريم العمادي  
لطفى شوشان  
سعيد إسماعيل  
بوربالا ميفسود  
وليد قرنغلة

  
مؤسسة قطر  
Qatar Foundation

  
مؤتمر القمة العالمي للابتكار في الرعاية الصحية  
World Innovation Summit for Health

# مستقبل الطب:

الابتكار في الرعاية الصحية  
من خلال الطب الدقيق

# المؤلفون

**الدكتور مريم العمادي**، مدير العمليات السريرية بمؤسسة الرعاية الصحية الأولية في الدوحة بدولة قطر

**الدكتور لطفي شوشان**، أستاذ الطب الوراثي والمناعة بكلية وايل كورنيل للطب – قطر في الدوحة

**الدكتور سعيد إسماعيل**، مدير برنامج قطر جينوم بمؤسسة قطر في الدوحة بدولة قطر

**الدكتور بوروبالا ميفسود**، الأستاذ المساعد بكلية العلوم الصحية والحيوية بجامعة حمد بن خليفة في الدوحة بدولة قطر

**الدكتور وليد قرنغلة**، مدير البحوث وتطوير السياسات بمؤتمر القمة العالمي للابتكار في الرعاية الصحية "ويش" بمؤسسة قطر في الدوحة بدولة قطر

## لجنة السياسات التوجيهية

الدكتورة مريم عبد الملك، مدير عام مؤسسة الرعاية الصحية الأولية  
حورية أحمد، مدير مركز السياسات في مؤسسة قطر  
سلطان أفضل، الرئيس التنفيذي لمؤتمر القمة العالمي للابتكار في الرعاية الصحية "ويش"  
المهندس عمر الأنصاري، أمين عام مجلس قطر للبحوث والتطوير والابتكار  
علي عبدالله الدباغ، نائب المدير العام للتخطيط في صندوق قطر للتنمية  
خالد العمادي، الرئيس التنفيذي لمستشفى الأهلي  
أسماء علي آل ثاني، عميد كلية العلوم الصحية بمركز البحوث الطبية الحيوية  
الشيخ الدكتور محمد آل ثاني، مدير إدارة الصحة العامة بوزارة الصحة العامة  
يسرا حمد بغادي، اختصاصية صحية في صندوق قطر للتنمية  
الدكتور روبرتو بيرتوليني، مستشار وزير الصحة العامة  
الدكتور ديفيد فلوري، رئيس مجموعة المستشفيات المتخصصة بمؤسسة حمد الطبية  
الدكتور ريتشارد أوكيندي، نائب رئيس قطاع البحوث والتطوير والابتكار في مؤسسة قطر  
الدكتور وليد قرنفلة، مدير البحوث وتطوير السياسات بمؤتمر القمة العالمي للابتكار في الرعاية الصحية "ويش"  
البروفيسور جاويد شيخ، عميد وايل كورنيل للطب - قطر  
الدكتور إدوارد ستونكل، عميد كلية العلوم الصحية والحيوية بجامعة حمد بن خليفة  
البروفيسور إيجون توفت، نائب رئيس جامعة قطر للشؤون الطبية والصحية

## قائمة الاختصارات

التفاعلات الدوائية الضارة	ADR
جين سرطان الثدي	BRCA
مجهر القرنية متحد البؤر	CCM
التعليم الطبي المستمر	CME
سرطان الدم النخاعي المزمن	CML
التطوير المهني المستمر	CDP
مرض السكري العصبي	DN
مستقبل عامل نمو البشرة	EGFR
جامعة حمد بن خليفة	HBKU
مؤسسة حمد الطبية	HMC
تسلسل الجيل القادم	NGS
الطب الدقيق	PM
الطريق نحو جوائز الطب الدقيق	PPM
قطر بيوبنك	QBB
معهد قطر لبحوث الحوسبة	QCRI
برنامج قطر جينوم	QGP
الصندوق القطري لرعاية البحث العلمي	QNRF
معهد قطر للطب الدقيق	QPMI
جامعة قطر	QU
ثيوبورين S-ميثيل ترانسفيراز	TPMT
طب وايل كورنيل - قطر	WCMQ

# ملخص تنفيذي

نشر مؤتمر القمة العالمي للابتكار في الرعاية الصحية "ويش" في عام ٢٠١٦ التقرير الصادر عن منتدى الطب الدقيق التابع له بعنوان "الطب الدقيق: خطة عمل عالمية لإحداث التأثير". ونرى في هذا التقرير أن مجال الرعاية الصحية يمر بمرحلة من التحوّل تحتّم علينا استغلال ما يطرأ على الساحة من تكنولوجيات حديثة حتى نستمد منها بيانات جديدة تدعم مجال الطب الدقيق خلال نشأته. ولولا الاكتشافات العلمية الحديثة والتقدم التكنولوجي لما تمكّنا من توسيع دائرة معارفنا بالأمراض أو ابتكار وسائل بديلة لتشخيصها وعلاجها، إذ أتاح لنا ذلك توفير خدمات رعاية صحية تمتاز بقدر أكبر من الدقة وإمكانية التنبؤ بمسار المرض واتخاذ المزيد من الإجراءات الطبية الوقائية والشخصية التي تناسب كل مريض حسب حالته.

يفضل ثورة البيانات الضخمة التي شهدها العالم، أتاحت لنا الفرصة لتطبيق خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في تعدين وجمع هذا الكم الهائل من البيانات. كما أن مجال الطب الشخصي يعدنا بإحداث ثورة في مجال الرعاية الصحية ككل انطلاقًا من غايته الأساسية الرامية إلى توفير العلاج المناسب للمريض المناسب في الوقت المناسب وبالجرعة المناسبة، مما قد يسهم في تحسين نوعية حياة الأفراد وفي الحدّ من تكاليف خدمات الرعاية الصحية.

سيتناول موجز السياسة الذي بين أيدينا بشكل تفصيلي عدداً من القضايا المعنية بالتنمية المستمرة والاستثمار المستدام وعوامل الخطر وإخضاع الابتكارات للاختبار قبل إقرارها للخروج باستراتيجية أفضل وإجراءات تشغيلية أسرع في مجال الرعاية الصحية. فسيكون هذا المبحث بمنزلة مسار سياسي لا غنى عنه للجهات المعنية في دولة قطر حتى تستطيع اتخاذ قرارات واعية عند وضع آلية يمكن من خلالها تحقيق الموازنة بين مختلف الجهات المسؤولة والأنشطة ذات الصلة في قطاع الصحة. ومبلغ سعينا من وراء هذا المبحث هو تمكين دولة قطر من تعزيز الوعي العام ومشاركة المجتمع واستيعاب ما أحرز من تقدم رائغ في مجال البحوث داخل أنظمة الرعاية الصحية بما يعود بالنفع على جميع المرضى.

ويتضمن موجز سياسة الطب الدقيق عدداً من التوصيات الواقعية والمحددة والتي ترسم لنا مسار مستقبلي لمبادرات الطب الدقيق في دولة قطر وفي العالم. ولا نخفل هنا مدى أهمية إدراج الطب الدقيق في مرافق الرعاية الأولية، وإنشاء تحالف من ممثلي المجتمع وهيئاته عبر تعزيز الوعي والدعوة إلى ترسيخ هذا المجال، وأخيرًا التعريف بفوائد الطب الدقيق وتعزيز مشاركة/ تمكين المرضى، وتوفير برامج التنمية المهنية التعليمية/ المستمرة للعاملين في مجال الرعاية الصحية.

أهم التوصيات بشأن تطبيق الطب الدقيق داخل دولة قطر وخارجها:

- إنشاء برامج توعية مجتمعية وبرامج لتعليم الطب الدقيق
- إشراك المرضى وتمكينهم
- التعريف بفوائد الطب الدقيق
- إنشاء البنية التحتية المناسبة ونظم إدارة المعلومات
- دمج مجال الطب الدقيق في النظام الأساسي للرعاية الصحية وضمان الحصول على تلك الرعاية

لم يعد الطب الدقيق رؤية مستقبلية، بل أصبح واقعًا نعيشه في حاضرننا، إلا أن تطبيقه ضمن خدمات الرعاية السريرية المعتادة يستلزم معه ضخ المزيد من الاستثمارات وتطوير البنى التحتية. فدائمًا ما تشير الأعمال البحثية إلى أن التكلفة ونقص الخبرة هما من العوائق التي تحول دون تطبيق الطب الدقيق. وبالمثل، ينعكس ذلك على كل من المناهج الدراسية الخاصة بهذا المجال وبرامج التطوير المهني لخبراء الرعاية الطبية.

لذلك، يتعين على صناع السياسات إدارة الجهود وتنسيقها فيما بين الجهات المعنية ووضع المنظور الثقافي والدينيّ في عين الاعتبار حرصًا على تحقيق النجاح المنشود. ويتحتم على صناع السياسات كذلك إدراج أساليب الطب الدقيق في الاستراتيجيات الوطنية بغية تحسين الصحة العامة وخدمات الرعاية الصحية للجميع.

# المقدمة

### نظرة عامة

#### الطب الدقيق في مجال الرعاية الصحية

لم يكن الطب الدقيق قبل بضع سنوات سوى حلم بعيد المنال وودنا لو تحقق، إلا أنه أصبح الآن واقعًا يُستغل في عدد من الأمراض، مثل مرض السرطان، حيث يستخدم عقار إيماتينيب (المعروف أيضًا باسم جليفيك)، وهو أحد مثبطات إنزيم الكيناز على مستوى الجزيئات الصغيرة، لعلاج سرطان الدم النخاعي المزمن، وسنستخدم هنا أكثر تعريفات الطب الدقيق استخدامًا من قبل المجلس الرئاسي لمستشاري العلوم والتكنولوجيا، إذ ينص على أنه: «تصميم العلاج الطبي بما يتناسب مع الخصائص الفردية لكل مريض لتصنيف الأفراد إلى مجموعات فرعية استنادًا إلى درجة قابلية كل مجموعة للإصابة بمرض معين أو الاستجابة لعلاجات محددة، ما يسمح بتركيز التدخلات الوقائية أو العلاجية على أولئك الذين سيستفيدون منها، وتجنيب الأفراد المرجح عدم استفادتهم منها آثارها الجانبية وإففاق الأموال بلا جدوي». ويتماشى هذا التعريف مع التعريف الأصلي<sup>١</sup> الذي تبنته الجمعية الأوروبية للأورام الطبية في مسردها للطب الدقيق<sup>٢</sup>.

وتتنوع الخصائص الفردية المستخدمة في تصنيف المرضى في سياق الرعاية الصحية إلى عدة أنواع<sup>٤</sup>، على النحو التالي:

- الأنماط الظاهرية السريرية التقليدية
- تاريخ العائلة
- العوامل البيئية ونمط الحياة
- خصائص المريض غير المتغيرة (التركيب الجيني)
- الخصائص المتغيرة بالمجالات المنتهية باللاحقة أوميكس

(المعنية بالخلية بشكل محدد التي تتغير مع مرور الزمن) ويتم تسجيل النوعين الأولين من المعلومات للمريض بشكل روتيني في إحدى البيئات السريرية. ورغم أن هذه المعلومات يتم جمعها عادة عبر الاستبيانات، فإنها تفتقر إلى الدقة في أغلب الأحيان، وبالنسبة للعوامل البيئية وأنماط الحياة، فقد فتحت الأجهزة القابلة للارتداء<sup>٥</sup> الباب أمام المزيد من مقاييسها، وتعدّ هذه الأجهزة وسيلة عملية لتوفير البيانات بشكل أكثر تفصيلًا وأعلى دقة في أغلب الأحيان مما يتيح استغلالها لأغراض الطب الدقيق، إلا أن هناك قصورًا في الاستفادة منها عند جمع البيانات السريرية، وبالنسبة للبيانات الخاصة بالنوعين الرابع والخامس، فيمكن جمعها عبر منهجيات ذات إنتاجية عالية، مثل تقنيات تسلسل الجيل التالي<sup>٦</sup>.

#### تكنولوجيا تسلسل الجيل التالي

نجحنا في عام ٢٠٠٣ في وضع أول تسلسل للجينوم البشري بتكلفة تقدر بـ٣ مليارات دولار أمريكي، إلا أنه منذ ذلك الحين، شهدت أساليب تسلسل الجيل التالي تطورًا تكنولوجيًا سريعًا قللت تكلفة إجرائه إلى بضعة آلاف من الدولارات. وبفضل الجهود العالمية المتواصلة من أجل تجميع بيانات أكثر دقة بشكل أسرع وبتكلفة مناسبة، نجحنا في الوصول إلى أساليب عملية لإجراء عمليات التسلسل في أوقات قياسية تناسب البيئات السريرية وبتكاليف منخفضة جدًا. فعلى سبيل المثال، صار بالإمكان حاليًا إجراء عملية تسلسل الجينوم بأقل من ألف دولار أمريكي، وهو ما يفتح الباب أمام إجراء عمليات التسلسل الجينومي وإدراج بياناته بشكل اعتيادي في قطاع الرعاية الصحية. وبالنسبة للمجالات الأخرى التي تنتهي بالاحقة الأوميكس، فما يزال من الصعب جمع بياناتها على المنوال نفسه نظرًا للتكلفة العالية وخصوصية الأنسجة وتنوعها بمرور الوقت، إلا أن ما يطمئننا في هذا الصدد أن كثيرًا من هذه البيانات لا ترتبط ارتباطًا وثيقًا ببعضها البعض<sup>٧</sup>، وهو ما يدفعنا إلى التركيز حاليًا على تحديد البيانات الأكثر إفادة ومجموعة السمات التي يمكن إخضاعها للاختبارات بشكل روتيني. علاوة على ذلك، يمكن أيضًا تحديد قوائم الواسمات البيولوجية لمرض بعينه، والمستمدة من بيانات مجالات متعددة تنتهي باللاحقة «أوميكس»، واستخدامها في عمليات التشخيص، بل وربما الفحص أيضًا.

#### الجينوم السكاني

حصرت غالبية الاكتشافات العلمية التي أجريت على الجينوم السكاني على مجموعات عرقية بعينها ولا يمكن استعارتها لمجموعات عرقية أخرى. فركزت معظم هذه الدراسات إما على سكان أوروبا الغربية أو أمريكا الشمالية<sup>٨</sup>. بل إن الدراسات التي أجريت على نطاق عالمي لمعرفة طبيعة التنوع في الجينوم البشري، مثل مشروع «هاب ماب»<sup>٩</sup> أو مشروع الألف جينوم، فلم تغطي مجموعات عرقية بعينها. فعلى سبيل المثال، لم يكن هناك أية معلومات شاملة حول الجينوم العربي إلا بعد انتهاء برنامج قطر جينوم. ورغم ما نشهده من مبادرات جديدة في هذا الصدد، ما زلنا حتى يومنا هذا ينقصنا دراسة تغطي منطقة الشرق الأوسط بحجمها الضخم وتنوعها العرقي الكبير.

وتمتاز الفئات السكانية المنعزلة التي يسود فيها زواج الأقارب بعوامل وراثية مميزة، وقد أجريت العديد من المشروعات المبكرة على هذه الفئات، مثل مشروع "deCODE"<sup>١٠</sup> في آيسلندا، ومشروع "Sardinia"<sup>١١</sup> في إيطاليا، وفيما بعد مشروع "FarGen" في جزر فارو الدنماركية، أو الدراسات التي أجريت على الدول الصغيرة، مثل دولة إستونيا. ومع ذلك، فإننا نشهد في الآونة الأخيرة ازديادًا مضطربًا في عدد مشروعات الجينوم السكانية الموجهة للدول الكبيرة، فنجد أن المملكة المتحدة تحتل الريادة في هذا السياق بأكثر من ١٠٠ ألف جينوم<sup>١٢</sup> جرى تسلسلها، بجانب مشروعات أخرى واسعة النطاق في كل من الولايات المتحدة الأمريكية والصين وأستراليا وتركيا، ودول أخرى.

ولا يمكن تحقيق استفادة عالمية من وراء الطب الدقيق إلا إذا عبّرت البيانات المستمدة من مشروعات الجينوم عن جميع الفئات السكانية البشرية بمختلف مناطقها الجغرافية وأعراقها. وتبرز هنا الدول النامية بإمكانياتها الضعيفة واقتنارها للوسائل التي تتيح لها الإسهام في هذا المسعى الدولي. ومع ذلك، فإننا نرى نموذجًا مهمًا لمشاريع الجينوم في هذه الدول، مثل مبادرة "H3Africa"<sup>١٣</sup> أو «مشروع الجينوم الإفريقي» الذي تمؤله المعاهد الوطنية الأمريكية للصحة و صندوق «ويلكم» البريطاني. وتجدر الإشارة هنا إلى ضرورة تعدين وجمع مجموعات البيانات العائلية المستمدة من مشروعات الجينوم السكانية هذه عبر تعاون دولي يرمي إلى تحقيق أفضل النتائج الصحية للجميع.

#### اقتصاديات الصحة في الطب الدقيق

تخصص ميزانيات محدودة لقطاع الرعاية الصحية، ويتحتم على صناع القرار تحقيق أقصى عائد صحيّ ممكن على جميع السكان مستخدمين هذه الموارد المحدودة، ومن ثمّ، فإن تطبيق الطب الدقيق داخل الأنظمة الصحية يتوقف إلى حد كبير على العائد الاقتصادي المتوقع منه. ولا شك أن الطب الدقيق يعمل على تحسين الصحة السكانية بفضل اختبارهات التشخيصية التي تقسّم المرضى إلى فئات مما يسمح باتخاذ تدخلات علاجية أكثر فعالية أو أمنًا. فبتم وصف الأدوية لفئة سكانية فرعية نعلم أنها ستعود عليها بالنفع من الناحية السريرية، مثل دواء «جيفيتنيب» إذ يوصف لمرضى سرطان الرئة غير صغيرة الخلايا الذين يعانون من طفرات نشطة في مستقبلات عامل نمو البشرة، وتمنح صفات دوائية بعينها للمرضى الذين يرجح معهم حدوث تفاعلات دوائية ضارة وخطيرة، مثل دواء الأزوثيوبرين المثبط للمناعة الذي قد يسبب نقصًا حادًا في الخلايا المتعادلة لدى المرضى الذين يعانون من طفرات في إنزيم ناقلة ميثيل التيوبورين<sup>١٤</sup>، وعليه، فلا بدّ من إجراء تقييم للتكلفة الاقتصادية قبل إدخال الطب الدقيق في الممارسات السريرية، بحيث تتم مقارنة المنهجية المستخدمة في تطبيق الطب الدقيق مع الاستراتيجيات البديلة الأخرى. وبوجه عام، توصلت الدراسات التي أثبتت الفعالية الاقتصادية للطب الدقيق أن السبب في ذلك يرجع إلى قدرته على توفير تشخيص أكثر دقة، مما يتيح اتخاذ خيارات علاجية مستهدفة وتفاضلية. وتجدر الإشارة هنا إلى أن قيمة الطب الدقيق وفوائده على صحة السكان تتوقف أيضًا على حجم الفئة السكانية الفرعية التي تخضع للاختبار<sup>١٥</sup>.

# مبادرات دولة قطر

ووضع خطط لتمويل البحوث الوراثية مثل منحة الطريق نحو الطب الدقيق التي تقدم بالتعاون مع الصندوق القطري لرعاية البحث العلمي. وأطلق البرنامج مبادرات عديدة أخرى من بينها إجراء استطلاعات رأي قياسية على الجمهور والمتخصصين في مجال الرعاية الصحية لقياس مستوى الوعي العام ومواقف المجتمع تجاه الطب الوراثي وتحديد مواطن الخلل في نظام الرعاية الصحية لإصلاحها قبل الإقدام على مرحلة التنفيذ الشامل. وقام البرنامج كذلك بإطلاق عدد من برامج الدراسات العليا في مجال الاستشارات الوراثية والطب الوراثي، بجانب العديد من البرامج التثقيفية والتوعوية الأخرى.

ومن المقرر أن تشهد المرحلة الحالية من المشروع، وهي المرحلة الثانية، إجراء عملية تسلسل لما يقرب من 10٪ من السكان القطريين. ولا شك أن هذا الكم الهائل من البيانات الشاملة للأنماط الظاهرية التي يعمل عليها البرنامج ستوفر معلومات صحية لا تتوفر إلا لقلّة من المجتمعات السكانية في العالم. وفي المرحلة الثالثة من البرنامج المقررة في عام 2021، وهي المرحلة السكانية، يهدف البرنامج إلى إجراء عملية تسلسل لـ 100 ألف جينوم كامل (انظر الشكل 1)، علمًا بأن عينات هذه المرحلة سيتم جمعها من مراكز الرعاية الصحية الأولية والثانوية والمتخصصة في دولة قطر.

## تأسيس معهد قطر للطب الدقيق

لا شك أن برنامج قطر جينوم وقطر بيوبنك قطعاً أنشواً عظيمة في إعداد المشهد أمام المرحلة التالية من تطبيق الطب الدقيق على المستوى الوطني، فمهدا الطريق أمام إنشاء كيان جديد يوحد الجهود والموارد الوطنية تحت راية واحدة لاستغلال جميع ما تحقق من إنجازات في التوجه بشكل منسق نحو تطبيق استراتيجيات الطب الدقيق في دولة قطر، وليس هذا الكيان الجديد سوى معهد قطر للطب الدقيق التابع لمؤسسة قطر.

سيكون المعهد هو نقطة الالتقاء التي تؤمها جميع الجهات المعنية الوطنية في دولة قطر للعمل على وضع البلاد في مصاف الريادة العالمية في التنفيذ السريري لمجال الطب الدقيق، وسيستفيد المعهد من ذلك الكم الهائل من البيانات التي توفرت بفضل قطر بيوبنك وبرنامج قطر جينوم، ومن النتائج البحثية التي أمدت المجال برؤى أساسية غير مسبوقة في ترجمتها إلى إجراءات سريرية ذات وقع تعود بالنفع المباشر على صحة السكان المحليين.

ويتعاون المعهد تعاوناً وثيقاً مع الجهات المعنية ومقدمي خدمات الرعاية الصحية من أجل وضع نماذج مبدئية يعينها للتنفيذ السريري للطب الدقيق، أحد هذه النماذج هو "الرقاقة الجينية الأولى في قطر"

تأتي مبادرات الرعاية الصحية الشخصية في دولة قطر ضمن استراتيجية منسقة وشاملة ترمي إلى تقديم رعاية صحية عالمية المستوى في المستقبل. ويحتل كيانان تاريخان لمؤسسة قطر، هما قطر بيوبنك للبحوث الطبية وبرنامج قطر جينوم، موقع الصدارة في هذه الاستراتيجية. وقد اندمج كلاهما مؤخرًا تحت راية مؤسسة واحدة هي معهد قطر للطب الدقيق، الأمر الذي يبشر بتحول من مرحلة تقتصر على مجرد دعم الجهود البحثية المبدئية لمجال الطب الدقيق إلى مرحلة التنفيذ السريري.

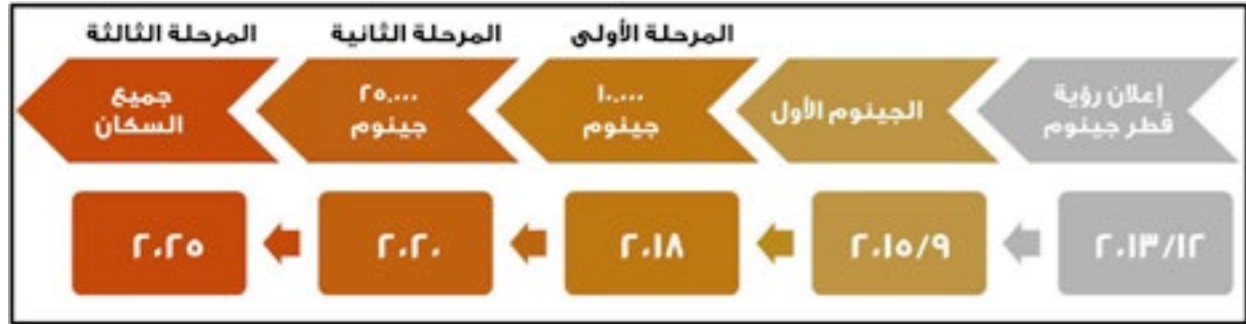
## قطر بيوبنك للبحوث الطبية

تأسس قطر بيوبنك للبحوث الطبية في عام 2011 ليكون أول بنك حيوي قائم على السكان في منطقة الخليج وأحد البنوك الحيوية الرائدة على مستوى العالم. ويعمل قطر بيوبنك كمنصة بحثية أساسية في دولة قطر بدعمه لبحوث الطب الحيوي وسعيه لترجمة نتائج هذه البحوث إلى ممارسات وقائية وتشخيصية وعلاجية مؤثرة على أرض الواقع في دولة قطر. ويستهدف قطر بيوبنك استقطاب أكثر من 60 ألف رجل وامرأة من المواطنين القطريين والمقيمين بالبلاد لفترات طويلة (أكثر من 10 عامًا) ممن تبلغ أعمارهم 18 عامًا أو أكثر، وذلك لجمع عينات متعددة ومعلومات شاملة عن مختلف جوانبهم الصحية وأنماط حياتهم (فيتم جمع البيانات التي تسفر عنها التحليلات العميقة للاختبارات المعملية واختبارات الأنماط الظاهرية التي تجري على متطوعين يبدو عليهم تمتعهم بالصحة، ومن بين ذلك السوائل الحيوية لإجراء بحوث عليها في المستقبل) ومتابعتهم على مدار فترات طويلة من الزمن لرصد أيّة حالات صحية تظهر عليهم في المستقبل.

ومن جانب آخر، شرع قطر بيوبنك مؤخرًا في استخراج بيانات متعلقة بالمجالات التي تنتهي باللاحقة أوميكس مستمدة من عينات قدمها آلاف المتطوعين، مما يجعل من المواطنين القطريين أكثر المجتمعات السكانية خضوعًا للدراسة على المستوى الجزيئي. ومن شأن هذه البيانات الشاملة أن توفر للعلماء والأطباء فرصة غير مسبوقة للحصول على رؤى تفصيلية وعميقة لصحة سكان البلاد، كما يمدهم بأساس متين يخططون على قواعده مستقبل الخدمات الصحية في دولة قطر.

## برنامج قطر جينوم

كشفت صاحبة السمو الشيخة موزا بنت ناصر، رئيس مجلس إدارة مؤسسة قطر، عن رؤيتها لبرنامج قطر جينوم في مؤتمر قمة "ويش" في شهر ديسمبر 2013. ومنذ ذلك الحين، قدّم البرنامج نتائج عديدة من بينها تسلسل ما يربو على 20 ألف جينوم جاء أغلبها من عينات وقرها قطر بيوبنك للبحوث الطبية، كما شكّل تحالفًا بحثيًا يضم ما يربو على 100 باحثًا محليًا ودوليًا لتعدين بيانات برنامج قطر جينوم وقطر بيوبنك



الشكل (1): جدول زمني لبرنامج قطر جينوم

المجتمعات السكانية الأخرى، فلا تعود الاختبارات الجينية التي تجري على الأخيرة بنفع يذكر على المجتمعات العربية. وقد دفع غياب هذه الاختبارات على العرب الجهات المعنية في دولة قطر إلى العمل على تضافر ما لديهم من جهود لتجميع قائمة بالحالات والعوامل التي سُجل أنها تحديدًا دون غيرها تتسبب في إصابة السكان القطريين بأمراض وراثية بجانب قائمة المتغيرات الجينية الخاصة بالقطريين التي تم التوصل إليها عبر اختبارات تسلسل الجيل التالي. ولا شك أن المعلومات التي توفرها هاتان القائمتان ستكون بمنزلة قاعدة بيانات مرجعية لمختلف الأمراض الوراثية لا يقتصر نفعها على دولة قطر فحسب بل وجميع العرب. وسنجد أيضًا أن هذه البيانات، بجانب حالات التسلسل الجديدة، سيكون لها دور محوري في تسريع عمليات تشخيص الحالات الجديدة التي تظهر في السنوات اللاحقة.

## سرطان الثدي

يعدّ سرطان الثدي، أحد أكثر أنواع السرطانات شيوعًا بين النساء في جميع أنحاء العالم، مرضًا شديد التعقيد والتباين وله عوامل متعددة تتسبب فيه، فهناك عدد من عوامل الخطر المعروفة التي تسهم في الإصابة بسرطان الثدي، أهمها العوامل الوراثية التي تلعب دورًا بارزًا في زيادة مخاطر الإصابة به (انظر الإطار 1). لذلك، نجد أن قدرتنا على تحديد الجينات المسببة لسرطان الثدي أثمر تحسنًا كبيرًا في ممارسات الرعاية الطبية لمرضاها، إذ يتم استهداف الجينات التي شهدت حدوث طفرات بها وتتسبب في إحداث عملية التسرطن وإفشال العلاج.

من المعروف أن خصائص سرطان الثدي تختلف باختلاف المرضى. فنجد، في واقع الأمر، أن تغيرات جينية كبيرة تحدث في الغالب خلال تطور المرض من مجرد ورم عادي إلى ورم خبيث، ومن ثم، تمثل قدرتنا على التحليل الجينومي وتحديد خصائص العديد من الواسمات البيولوجية ثورة في الإدارة السريرية للمرضى، حيث أضحت هذه الطفرات الجينية هدفًا جديدًا عند ابتكار أساليب علاج جديدة لسرطان الثدي.

## إطار (1): سرطان الثدي: قصة الصدفة في جيني (BRCA1 و BRCA2) المسببين للإصابة بسرطان الثدي

لا يمكن تطبيق الطب الوقائي دون وضع توقعات بالمخاطر الجينية المسببة للأمراض. ومع انخفاض تكاليف تسلسل الجيل التالي، أصبح في المتناول إجراء تحليلات جينومية لتقييم نسب التباين في درجة احتمالية تسبب الجينات في الإصابة بالسرطان، ويرجع الفضل إلى بيانات تسلسل الجينوم المستمدة من برنامج جينوم قطر وقطر بيوبنك للبحوث الطبية في تمهيد الطريق أمام إجراء دراسات جينومية على مرض السرطان في دولة قطر.

وقد قام باحثون من وايل كورنيل للطب – قطر ومستشفى سدره للطب ومركز بحوث السرطان في جامعة حمد بن خليفة بإجراء دراسة على التباين الوراثي للجينات المسببة للسرطان لدى السكان القطريين عبر تحليل جينوم 6 آلاف مواطن قطري، فحصل الباحثون على تفاصيل التسلسل الجيني لأكثر من 786 جينًا مسببًا للسرطان من بينها جيني (BRCA1 و BRCA2) اللذين تعرف مسؤوليتهما عن الإصابة بسرطاني الثدي والمبيض الوراثيين.

ورصدت تحليلات الباحثين وجود طفرات مسببة للأمراض في هذين الجينين لدى 20 امرأة قطرية، وبذلك ترتفع نسبة الإصابة بسرطاني الثدي والمبيض لدى هذه النساء و/ أو أفراد عائلتيهن. فتم تشكيل فريق عمل من قبل معهد قطر للطب الدقيق ومؤسسة حمد الطبية لوضع خطة عمل للتدخل وتقديم الاستشارات الوراثية.

## تحديات الطب الدقيق

ثمّة تحديات عديدة تحول دون تحقيق الاستفادة القصوى من تطبيق الطب الدقيق. ونرصد فيما يلي بعضًا من أهم هذه التحديات حتى يمكن تحسين وضعها والتصدي لها.

تحديد الواسمات البيولوجية: تتطلب التدخلات الشخصية للوقاية من الأمراض المزمنة براهين قوية على كفاءة و/ أو فعالية التكنولوجيا الجديدة عند تنفيذها في قطاع الرعاية الصحية. وتحظى الواسمات البيولوجية الموثوق في صحتها بأهمية كبيرة في هذا الصدد. ونواجه حاليًا كثيرًا من الصعوبات الفنية للحصول على واسمات بيولوجية موثوق في صحتها وصالحة للاستخدام، فضلًا عن تكاليفها المرتفعة. والحل المتوقع في هذا السياق هو الواسمات التي يمكن توقعها بحيث نستهدف بشكل أفضل التدخلات الوقائية المطلوبة وتجنب التفاعلات العكسية.

التقييم الاقتصادي للتطبيقات: تتم عمليات التشخيص واتخاذ القرارات الطبية المستنيرة في مجال الطب الدقيق وفقًا لخصائص كل فرد على حدة، مثل الملف الجينومي السريري للمريض. ويتوقف تعميم هذا النظام على نطاق واسع بشكل كبير على نتائج تحليل التكلفة الاقتصادية للتطبيقات أو الاختبارات الجينومية. وعليه، لا يتم اعتماد أية اختبارات سوى الاختبارات منخفضة التكلفة التي أثبتت كفاءتها و/ أو فعاليتها. ولا يتم قبول أو اعتماد أو تعميم استخدام أية اختبارات إلا التي ثبت تحقيقها لفائدة سريرية. علاوة على ذلك، يجب أن تضع القرارات السريرية في اعتبارات التداعيات الأخلاقية والاجتماعية لها قبل اتخاذها، إذ قد تشكل هذه التداعيات تحديًا آخر عند غياب الشفافية أو إطار للسياسة.

القضايا الأخلاقية والقانونية والسياسية: يكتنف الطب الدقيق عواقب وتداعيات قانونية وأخلاقية يلزم معها تكريس الجهود لإطلاق نقاشات وحوارات أخلاقية وثقافية ودينية بشأنه، وتطبيق سياسات مسؤولة عند التعامل مع معضلات الرعاية الصحية ونتائج الاختبارات، مثل تعزيز التعاون المتبادل بين المتخصصين في الرعاية الصحية، وثمّة حاجة تزداد إلحاحًا تتمثل في ضرورة وضع سياسات خاصة للطب الدقيق وتعزيز مواءمتها مع السياسات القائمة ودمجها في الأنظمة الصحية الحالية وفق منهجية مسؤولة تشمل توفير فرص تثقيفية للأسر والمتخصصين على السواء. ويمكن أيضًا وضع إطار عام أخلاقي وقانوني سليم لسياسة الطب الدقيق، إذ أنه أحد العوامل المساعدة في إدارة مستقبل الرعاية الصحية الشخصية عند انتشارها وعند تغيير التوجهات ودفعة المسار من علاج الأمراض إلى الوقاية منها، لأنه بذلك يتوفر لنا نهجًا حقيقيًا متعدد التخصصات يفتح الباب على مصراعيه أمامنا لتحقيق ما ينطوي عليه الطب الدقيق من فرص وإمكانات.

## دور الطب الدقيق في قطاع الصحة

### الأمراض النادرة

تظهر أعراض كثير من الأمراض الوراثية البالغ عددها 3500 أو نحو ذلك خلال الأشهر القليلة الأولى من حياة الطفل، إلا أن عملية التشخيص تكون بطيئة في العادة. فتؤدي مآسي التشخيص ورحلاته إلى معاناة كان بالإمكان تجنبها إذا ما اتبعنا أسلوبًا أكثر سرعة وشمولًا. ويبرز هنا تسلسل الجيل التالي، إذ بإمكانه توفير المعلومات الخاصة بأي جين تقريبًا في جينوم الفرد. فهذا الاختبار منخفض التكلفة بمقدوره الإسهام في تشخيص معظم الأمراض الوراثية الأمر الذي يتيح للأطباء تحديد مسببات الأمراض النادرة سريعًا.

وتمثل الاضطرابات الوراثية أحد الأسباب الرئيسية للإصابة بالأمراض والوفيات في المجتمعات التي يسود فيها زواج الأقارب، ومن بينهم العرب، إذ يقدر أنها ثاني الأسباب الرئيسية لوفيات الرضع في دولة قطر. وتختلف كثير من الأمراض الوراثية التي تصيب العرب عن تلك التي تصيب

# الاتجاهات المستقبلية

توفير المزيد من المستشارين الوراثيين في النظام الصحي ليكونوا واجهة النظام في التعامل مع المرضى.

ورغم ما سبق، برزت تحديات وعراقيل أخرى ينبغي النظر فيها على الصعيد المحلي والدولي، من بينها:

- القصور في الوعي وغياب المعرفة وعدم إدراك فوائد المجال داخل مؤسسات الرعاية الصحية وبين أوساط العامة فيما يخص ممارسات الطب الدقيق وسياساته والدعم المجتمعي، أو عدم توفر المعلومات بسهولة.
- عدم شفافية البيانات السريرية والاقتصادية التي تبرهن على فوائد التكنولوجيا الجديدة.
- عدم التصدي للاختلافات العرقية والإثنية والاقتصادية والإقليمية على نحو مناسب.
- لا يشرك مقدمو الخدمات المرضى / الأسر بشكل مناسب في اتخاذ القرارات الخاصة بالرعاية الصحية أو الخيارات المفضلة للمريض أو استراتيجيات الوقاية.
- قصور في التواصل بين الجهات المقدمة للرعاية أو سهولة انقطاع قنواتها.
- غالبًا ما تكون المناهج الدراسية الخاصة بالطب الدقيق في كليات الطب غير محدثة، وتعتمد إرشادات الممارسة السريرية له على منظومة الطب التقليدية، ولا تتضمن في أغلب الأحيان بيانات على المستويين الجزيئي والوراثي.
- كثيرًا ما يتم تجاهل الرعاية الوقائية/ الأولية في الممارسات العملية.
- لا يتم تأسيس البنى التحتية الأساسية للطب الدقيق على النحو الملائم، مثل الاختبارات الجينومية والاختبارات التشخيصية عالية القيمة وخدماتها، والسجلات الصحية الإلكترونية.

## بناء أسس الطب الدقيق في دولة قطر

تعدّ الجينات أحد أهم العوامل المساهمة في تعقيد فسيولوجيا الإنسان، فرغم أن متغيرات جينية بعينها تتسبب في أعراض متماثلة، فإنها تتطلب أساليب علاجية مختلفة، ولولا التحليل الجزيئي لما تمكنا من تحديد العلاج الأنسب لكل حالة<sup>19, 20</sup>. لذلك، يعدّ فهمنا للتكوين الوراثي لمريض ما عاملاً أساسياً في توفير الرعاية الصحية المثلى لكثير من الأمراض. ويستطيع الأطباء في الوقت الراهن اختيار ما يحلو لهم من قائمة طويلة ومتزايدة من الاختبارات تتيح لهم تقييم حالة مرضاهم. ولأن قطر بيوبنك يمتلك في حوزته عينات ومعلومات عن صحة الشعب القطري وأنماط حياته، بينما تعمل مبادرة قطر جينوم على وضع خارطة لجينوم السكان المحليين، فإننا بصدد النجاح في تحديد الارتباطات الجينية والظاهرية المميزة للسكان القطريين. وبكلمات أخرى، فإن هذه الثروة من البيانات ستعمل على تسريع منظومة الابتكار وستمكن الباحثين من الوصول إلى اكتشافات مبهرة وتساعد صناعات السياسات على وضع خطة أفضل لاتجاهات الرعاية الصحية في دولة قطر. فلا شك أن هذا كله يمدّنا برؤى فريدة من نوعها تتيح لنا مستقبلًا تطوير قطاع الرعاية الصحية الدقيقة في البلاد ليدخل حقبة جديدة تركز في خدماتها على المريض نفسه.

## دمج تكنولوجيا الطب الدقيق في الرعاية الأولية

يتمتع أطباء الرعاية الأولية وفرق الرعاية التابعة لهم بعلاقات طويلة الأمد مع المرضى مما يجعلهم أفضل من يشجعهم على ممارسات الطب الوقائي، مثل إجراء فحوصات السرطان، وإدارة الأمراض المزمنة الشائعة مثل داء السكري وارتفاع ضغط الدم، وكذلك توعيتهم من الناحية الصحية. ورغم أن مجال الطب الدقيق بدأ في تعزيز وجوده في صناعة الرعاية الصحية، فإننا نجد أنه لا يستفيد من التقدم التكنولوجي الذي أحرز فيه<sup>21</sup> كل المرضى، أو نرى مسؤولو الرعاية الصحية وهم يعانون في

## تطبيق الطب الدقيق

تتبع منظومة الطب الحالية نهجًا موحّدًا يطبق على الجميع دون مراعاة للاختلافات فيما بينهم، بينما يعمل الطب الدقيق على تغيير عمل هذه المنظومة من حيث تطبيقها وتوفيرها. فمفاد الطب الدقيق هو أن العرض المرضي الواحد قد يكون له أسباب ومسارات متنوعة تختلف معها الفعالية العلاجية التي تعتمد إلى حدّ كبير على المريض نفسه. لذلك، يتبنى الطب الدقيق النهج الشخصي في التعامل مع كل مريض، فيستغل البيانات السريرية والوراثية والبيئية وأنماط الحياة التي تختلف جميعها باختلاف المرضى في الوقاية من الأمراض أو تشخيصها أو رصدها رصداً مبكراً أو تحديد الأسلوب العلاجي المناسب لها.<sup>17, 20</sup>

ولا بدّ من مراعاة المبادئ التالية قبل العمل على إدراج الطب الدقيق في ممارسات الرعاية الصحية:<sup>22</sup>

- لا بدّ أن يكون مقدمو الرعاية الصحية والقائمون على سداد التكاليف وأرباب العمل وصناع السياسات، وكذلك المرضى وأسراهم، على دراية أفضل بمفاهيم الطب الدقيق وتكنولوجياه.
- يجب التعامل مع السياسات والممارسات المرتبطة بمشاركة المرضى والخصوصية وحماية البيانات وغيرها من القضايا الأخلاقية والقانونية والمجتمعية المتعلقة باستخدام المعلومات الجزيئية الفردية.
- يجب ترسيخ أفضل الممارسات في جمع ونشر الأدلة التي توضح الفوائد السريرية للطب الدقيق مع ضمان إدراك الجميع لقيمتها وعائدتها على خدمات الرعاية.
- يجب تأسيس بنية تحتية فعّالة لتقديم الرعاية الصحية وتطبيق أنظمة لإدارة البيانات تضمن شمولية المعلومات الخاصة بكل مريض على حدة ومعلومات الدعم السريري وجوداها وسهولة استخدامها حتى يمكن الاسترشاد في اتخاذ القرارات السريرية.
- يجب تحديد أفضل الممارسات في أساليب تقديم الرعاية الصحية وعملياتها والعمليات التشغيلية للبرنامج المطبق لضمان وصول الجميع لخدمات الطب الدقيق.

لم تجر حتى الوقت الحالي سوى عدد محدود من الدراسات أو استطلاعات الرأي التي تتناول متطلبات البنية التحتية والتحديات التي تقف حائط صد أمام مرحلة تطبيق الطب الدقيق. ويذكر هنا أن برنامج قطر جينوم أجرى مؤخرًا استطلاعي رأي على المستوى الوطني للاسترشاد بهما في وضع خطة أفضل لمرحلة تطبيق الطب الدقيق في دولة قطر مستقبلاً. أجرى الاستطلاع الأول على مستوى السكان لقياس مستوى الوعي العام ومواقفه تجاه الطب الدقيق، بينما استهدف الاستطلاع الثاني متخصصي الرعاية الصحية لتحديد مواطن القصور والخلل في النظام الصحي التي يلزم علاجها. وفيما يلي ملخص للنتائج الرئيسية التي تمخض عنها استطلاع الرأي:

- أ. أعربت الغالبية العظمى من المشاركين عن رغبتهم في معرفة المزيد عن تكوينهم الجيني وذلك لأسباب صحية في المقام الأول، كما أبدت نسبة كبيرة منهم (تزيد عن 70٪) عن استعدادها للتبرع بعينات لمبادرة برنامج قطر جينوم البحثية الوطنية.
- ب. يؤمن أكثر من 90٪ من متخصصي الرعاية الصحية الذين شملهم الاستطلاع أن تبني ممارسات الطب الدقيق سينعكس بخدمات أفضل لمرضاهم، إلا أنهم حددوا عددًا من العقبات الرئيسية التي قد تواجههم خلال تطبيق هذه الممارسات، وتمثل أهم تحديين في حاجتهم إلى مزيد من البرامج التدريبية رغم معاناتهم من ضيق الوقت، وفي ضرورة

## الطب الدقيق في دولة قطر: من مرحلة البحوث الأساسية إلى مرحلة التطبيق السريري – الرقابة الجينية الأولى في قطر نموذجًا

قاد برنامج قطر جينوم الجهود الوطنية لإنتاج النسخة الأولى من الرقابة الجينية القطرية الدقيقة في عام 2018. وتضمنت الرقابة مئات الآلاف من المتغيرات الجينية والطفرات المرتبطة بالأمراض التي يمكن استخدامها في الجهود البحثية والتشخيص السريري. وتألّف محتوى الرقابة من البيانات الجينية والوراثية القطرية، فكانت ثمرة جهد تعاوني تحت قيادة برنامج قطر جينوم وشارك فيه العديد من الجهات المعنية الكبرى، من بينها قطر بيوبنك ووايل كورنيل للطب – قطر ومؤسسة حمد الطبية ومستشفى سدره للطب.

وتعدّ هذه الرقابة نموذجًا لكيفية استغلال البيانات التي يتم جمعها عبر مشروع جينوم واسع النطاق مثل برنامج قطر جينوم في إحداث تأثير على مستوى الرعاية السريرية وقيادة الجهود نحو تطبيق ممارسات الطب الدقيق في نظام الرعاية الصحية. ومن المنتظر أن توفر الرقابة مزيدًا من الاختبارات الوراثية الدقيقة لعدد كبير من الاضطرابات معتمدة في ذلك على البيانات الأكثر ارتباطًا بالسكان المحليين. ويتعاون برنامج قطر جينوم في الوقت الراهن مع غيره من الجهات المعنية وصناع الرقابة (شركتي "ThermoFisher & Affymetrix") لإنتاج النسخة الثانية منها. على أن تضم محتوى وتصميمًا سريريًا أكثر دقة يتناسب مع الاحتياجات المحلية لتحقيق حلم الطب الدقيق للسكان والرعاية الصحية الدقيقة في دولة قطر.

(انظر الإطار 2) التي تضم متغيرات مستمدة من بيانات الجينوم الكامل التي وفرها برنامج قطر جينوم. وثاني هذه النماذج هو النسخة المنقحة من الرقابة التي سيتم استخدامها في تحليل عينات سريرية توفرها مؤسسة حمد الطبية. وشملت النماذج الأخرى التي طبقت في بادئ الأمر توفير تقارير وراثية لآلاف المتطوعين لدى قطر بيوبنك تتناول عشرات السمات المتعلقة بالصحة والسلامة العامة بجانب متغيرات بعينها في علم الصيدلة الجيني ذات صلة بالتمثيل الغذائي للأدوية التي توصف عامة لمرضى اضطرابات القلب والأوعية الدموية وتخفيف الألم ولمرضى السرطان.

شكل (1): الرقابة الجينية الأولى في قطر – سمو الشيخة موزا تحصل على أول رقابة جينية خلال مؤتمر قمة ويش في عام 2018.



تحقيق الاستفادة من رؤى علم الجينوم<sup>٢١</sup>، ومع ذلك، يظل الطب الدقيق بلا أدنى شك مستقبل هذا المجال (انظر الإطار ٣)، وتنطوي عملية دمج خيارات العلاج وتكنولوجيا الطب الدقيق في قطاع الرعاية الأولية على فرص جليئة لتحقيق نتائج سريرية أفضل. وتتضمن الأمثلة على تطبيق تكنولوجيات الطب الدقيق داخل منظومة الرعاية الأولية كلاً من إجراء فحوص السرطان، واختبارات ما قبل الزواج والتسلسل الجيني.

لذلك، يمارس الطب الدقيق الدور المكمل لخدمات الرعاية الأولية ومهام أطباء الأسرة. ورغم ذلك، نجد أنه ما يزال هناك نقاش دائر عما إذا كان ينبغي إدراج الطب الدقيق في منظومة الرعاية الأولية أم لا<sup>٢٢، ٢٣</sup>. فهناك مخاطر تكتنف الحالات التي يستطيع فيها المريض الحصول على ملفه الوراثي وبياناته عبر وسائل إلكترونية بدون توجيه من الطبيب. لذلك، فمن الممكن أن نستحدث مستقبلاً تخصصاً جديداً في مجال الرعاية الأولية، يشغله خبراء في علم ما فوق الجينات يضمن مجموعة من المبرمجين ومساعدى الأطباء<sup>٢٤</sup>.

يتمتع مجال الطب الدقيق بطبيعة قد تنسب في بروز عدد من العراقيل عند دمجها في قطاع الرعاية الأولية. أول هذه العراقيل يتمثل في تعقيده الهائل وضرورة اطلاع الأطباء على عدد غير قليل من الاختبارات الجديدة والأساليب المستحدثة في تقديم المشورة للمرضى والتي تتركز على اتخاذ القرارات وفق نسب الاحتمالية. ويتمثل عائق آخر في توفير التعليم الطبي والتطوير المهني وتوجيهات تكنولوجيا الطب الدقيق لأطباء الرعاية الأولية الذين لا غنى عنهم في دمج الطب الدقيق وتبنيها.

### الطب الدقيق وفحوص السرطان في الرعاية الصحية الأولية

ثمّة قوى متنافرة تدفع بنا إلى ضرورة قصر توصيات الأطباء بإجراء فحوص مرض السرطان بحيث تكون مناسبة لكل مريض على حدة، فما

نحن نرى أن هذه التوصيات تتجه إلى حدّ كبير نحو الاعتماد على خيارات المريض المفضلة وتاريخه الطبي وعوامل الخطر الوراثية والبيئية الخاصة به ومستوى تفاعله مع نظام الرعاية الصحية. ومن بين الأمثلة الحالية ذلك، التوصية بإجراء فحوص سرطان القولون والمستقيم مثل إجراء منظار للقولون وتحليل البراز إلى جانب عدد آخر من الاختبارات الجديدة والناشئة، واستخدام المعلومات الوراثية، والتوصية بإجراء اختبارات ذاتية في المنزل لفحص سرطان عنق الرحم، ورصد عوامل الخطر المتعددة والاسترشاد بخيارات المريضة المفضلة لاتخاذ قرار بشأن مدى شدة وطول فحوص سرطان الثدي التي تريد الخضوع لها، وقضايا الإقلاع عن التدخين، وأخيراً، تضارب الأولويات عند اتخاذ قرار بشأن إجراء فحص سرطان الرئة من عدمه.<sup>٢٥، ٢٦</sup>

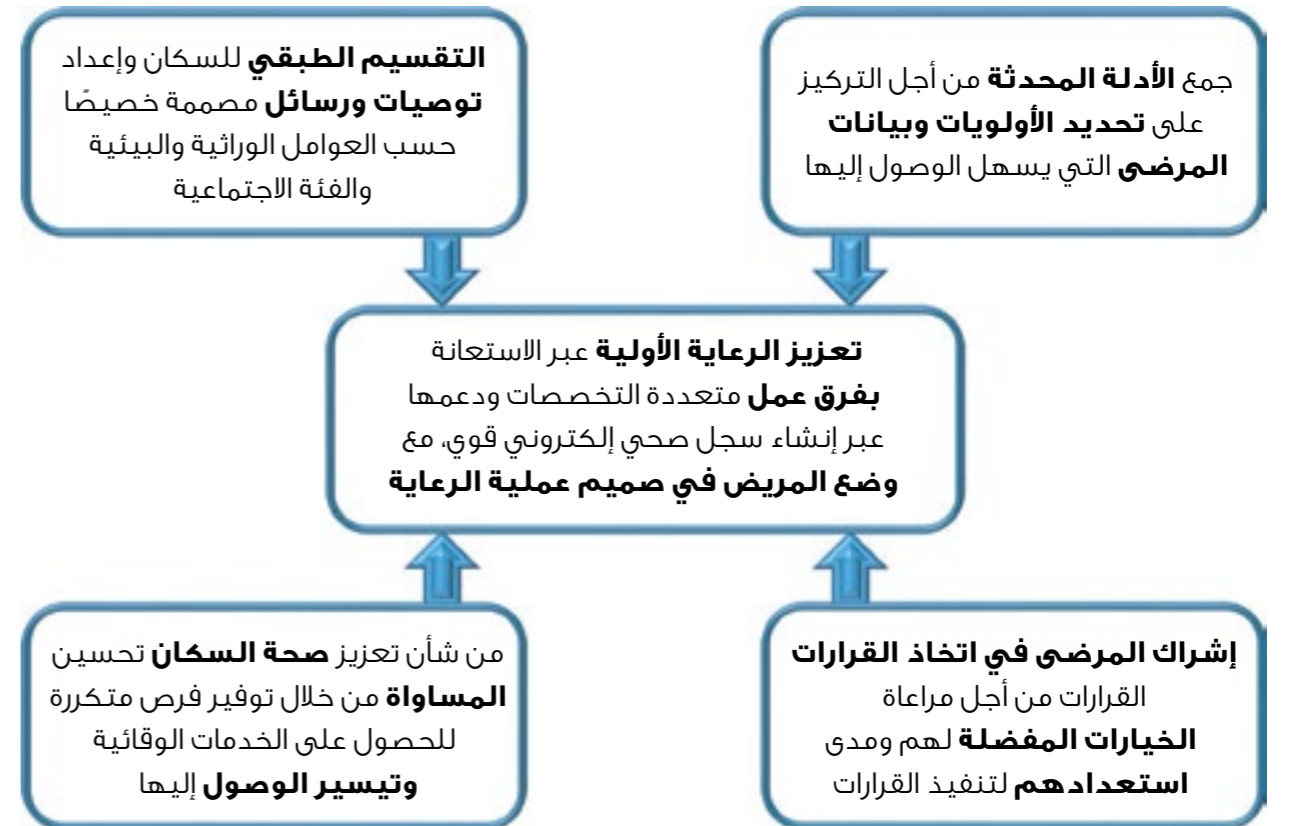
هذا، ويوضح الشكل (٢) أمثلة على كيفية تعزيز خدمات الرعاية الأولية بحيث تتيح إجراء عمليات فحص شخصية لمرض السرطان على أرض الواقع.

### مواطن القصور والتحديات والفرص

ذكرنا في قسم "نظرة عامة" عدداً من مواطن القصور وعرضنا بعض التحديات التي تقف حائط صدّ أمام الطب الدقيق في مساعي جعله النمط السائد في الممارسات الطبية والصحة العامة. فعلمنا أن التدخلات الشخصية في الوقاية من الأمراض أو علاجها يستلزم أدلة قوية على كفاءة و/ أو فعالية هذه التكنولوجيا الجديدة عند تنفيذها في منظومة الرعاية الصحية.

### الواسمات البيولوجية لأساليب علاجية بعينها والواسمات البيولوجية للوقاية من الأمراض المزمنة

يستخدم الطب الدقيق المعلومات الجينومية للفرد في إطار خدمات



الشكل (٢): خدمات الرعاية الأولية وعمليات فحص شخصية لمرض السرطان

### إطار (٣): تشخيص الاعتلال العصبي السكري، الذكاء الاصطناعي يلتقي بالطب الدقيق

يهدف الطب الدقيق إلى رصد الواسمات البيولوجية من أجل تعزيز إمكانية التشخيص والتنبؤ السريعين حتى يمكن الانخراط في أسلوب علاجي مستهدف يمتاز بقدر أكبر من الفعالية.

يعاني ٢٠٪ من السكان القطريين من داء السكري، وتظهر أعراض اعتلال الأعصاب السكري في حوالي ٣٥٪ من إجمالي الحالات، في الوقت الذي يتم فيه تشخيص هذه الأعراض لدى ما يقرب من ٨٠٪ منهم، ونجحت كل من وايل كورنيل للطب - قطر وجامعة قطر ومؤسسة حمد الطبية في ابتكار أسلوب أشعة تشخيصية غير جراحية في العين عبر مجهر متحد البؤرة للرصد المبكر لمدى التحلل العصبي الذي لا تظهر أعراضه ومدى تحسنه بعد إجراء التدخلات العلاجية. واستخدم الباحثون في هذا الأسلوب تكنولوجيا التعلم الآلي لتحديد كمية الألياف العصبية القرنية بشكل آلي وسريع لتصنيف المرضى من الناحية السريرية وفق معدل حساسيتهم وخصوصية حالتهم.

ومن ثم، فإن هذا الفحص يترجم النتيجة التي يتوصل إليها الذكاء الاصطناعي إلى نتيجة مفيدة من الناحية السريرية تتمثل في إجراء تشخيص موضوعي وسريع للاعتلال العصبي السكري بشكل مبكر، مما يتيح للأطباء الحد من عوامل الخطر والحيلولة دون تدهور أعراض هذا الاعتلال فيتسبب في تقرح القدم وبتربها. ويمكن استخدام هذا الاختبار في عدد كبير آخر من التطبيقات التشخيصية والتنبؤية في طب الأعصاب، إذ يكمن استخدامه في رصد التحلل العصبي لدى كثير من مرضاه.

الرعاية السريرية، وتستخدم واسمات بيولوجية محددة لتصنيف المجموعات السكانية وتقييم مستوى قطر إصابة الفرد بمرض ما أو مدى مقاومته له، وطبيعة استجابته المحتملة لمختلف الأساليب العلاجية. ويعتمد هذا التصنيف إلى حدّ كبير على التشخيصات المصاحبة. ونشهد في الوقت الراهن توجّهاً بريد التخلي عن نموذج الاختبارات الموحدة والأدوية الموحدة الذي يعرف التشخيصات المصاحبة بأنها مجرد استخدام لقوائم الواسمات البيولوجية. ونأمل أن يشجع ذلك على تبني أساليب أفضل في استهداف التدخلات الوقائية عبر تحديد المرض واستهداف الأسلوب العلاجي الذي يتماشى مع الفحص الجزيئي للمريض.<sup>٢٧</sup>

### تحسين تطبيقات الطب الدقيق

لا شك أن تبني التكنولوجيات الوراثية في العيادات الطبية يساهم في إحداث التحول نحو نظام الطب الدقيق الذي تستند فيه القرارات الطبية على خصائص الفرد، مثل ملفه الجينومي. لذلك، فإن تقييم أداء هذه التكنولوجيات يحتل أهمية عظيمة في تحديد مدى اعتمادها في الممارسة العملية من عدمه، بحيث يتم استخدام التطبيقات الوراثية التي أثبتت كفاءتها وفعاليتها وانخفاض تكلفتها في الممارسات الصحية العامة والسريرية. وينبغي إجراء تقييم شامل للنتائج المستمدة من التكنولوجيا الجديدة لتبيين خلالها مدى مراعاتها للجوانب الاجتماعية والأبعاد المتعلقة بالسياق لدعم عملية اتخاذ القرارات السريرية.<sup>٢٨</sup>

### القضايا الأخلاقية والقانونية والسياسية

ينطوي تطبيق الاختبارات الجينومية في الطب الدقيق على تداعيات قانونية وأخلاقية، فقد تسبب التطبيق السريري له في معضلة أخلاقية للأطباء سواء في الغرب أو العالم الإسلامي. ويدور المأزق الأخلاقيان الرئيسان في هذا الصدد حول كم المعلومات التي يطلع المريض من خلالها على: (١) مدى أهمية وتفسير النتائج التي يطلق عليها "المتغيرات ذات الأهمية محمولة القدر" و(٢) النتائج غير المقصودة التي يطلق عليها "النتائج العرضية". ويمارس الدين دوراً رئيساً في هذه المنطقة على جميع المستويات، فلا بدّ من هذا المنطلق الأخذ بعين الاعتبار، مدى

احتياج الأسرة إلى استشارة وراثية، وعواقب الزواج وآثاره على الأبناء. ولا يمكن تحقيق الاستفادة من الطب الدقيق ما لم يتم الموازنة بشيء من الحرص والتقدير بين الاختبارات الوراثية وبين إطلاع أفراد الأسرة بما تتمخض عنه.<sup>٢٩، ٣٠</sup>

### مخاوف متعلقة بالتحليل الاجتماعي التقني

لا شك أن تحليل الجينوم الشخصي يمثل معضلة في حدّ ذاته، إذ تنطوي اختباره على تداعيات أخلاقية ليست واضحة في جميع مستوياتها. فيمثل معضلة عند تحديد ما يتم إطلاع المريض عليه من نتائج وكيفية القيام بذلك والتوقيت المناسب له. وما تزال هناك كثير من القضايا الأخرى التي يلزم التعامل معها، مثل خصوصية الفرد وأمن إدارة البيانات، ناهيك عن العامل الثقافي عند نقل المعلومات حيث يلزم على الفرد أن يكون على دراية كافية وأن يعلم كيفية التصرف والتعامل مع النتائج. ومن الناحية العلمية، لا زالت قدرتنا على التنبؤ في الغالب الأعم من الحالات الصحية الشائعة ضعيفة، فما زال الطريق طويل أمامنا نحو حل هذه القضايا على الأصعدة الفردية والمجتمعية والتنظيمية.

### النماذج التنظيمية

ينبغي التشجيع على دمج علم الجينوم في التخصصات الطبية الأخرى من خلال ابتكار نماذج جديدة لتقديم الخدمة تتضمن مختلف المتخصصين في مجال الرعاية الصحية (من أخصائيين طبيين، وممرضات، وفنيين، إلى آخريه) ومهام متخصصة جديدة (مثل المستشارون الوراثيون والمرضى والممرضون الوراثيون) لضمان استخدام التطبيقات الوراثية الحالية والجديدة واستدامتها. إضافة إلى ذلك، يجب إعادة توزيع المهام والمسؤوليات بين مختلف المتخصصين في مجال الصحة لتعزيز أداء العمل ومعايير الرعاية. ويُنصح هنا بتحديد النموذج المناسب لبيئة بعينها عند تقديم الخدمات الجينية وهو ما يتوقف على نوع نظام الرعاية الصحية المطبق والاختبار الجيني الذي يقدمه<sup>٣١، ٣٢</sup> ويعدّ التعليم/ التدريب المهني في طب الجينوم ومعايير جودة المختبرات والوعي العام من العوامل الأساسية في نجاح تنفيذ التطبيقات الجينية بشكل عملي.

### الاستثمار في بناء القدرات

لا يمكن تحقيق التقدم في الطب الدقيق ما لم نضمن تبني أنظمة الرعاية الصحية لأكثر التقنيات المناسبة في إدارة الأمراض من الناحيتين التكنولوجية والعلمية.<sup>٣٣، ٣٤، ٣٥</sup> ويمكن بناء القدرات اللازمة لتبني الطب الدقيق على يد عدد متنوع من المؤسسات، مثل الجامعات التي تعمل على تحسين المهارات والأدوات والمعارف والمعدات اللازمة لتطبيق الطب الدقيق.<sup>٣٦</sup> فلا شك أن الاستثمار في بناء القدرات أمر لا غنى عنه لتطبيق الطب الدقيق. ويمكن للجامعات تعزيز بناء القدرات من خلال تدريس دورات/ ورش عمل مختلفة في مجال الطب الدقيق مثل علم الجينوم والمعلوماتية الحيوية والاستشارات الوراثية، وما إلى ذلك.

### المعلوماتية الحيوية

تظل المعلوماتية الحيوية عنصراً أساسياً في مجال الطب الدقيق عند إجراء التشخيص النهائي.<sup>٣٧</sup> فلا شك أن البنية الفعالة للمعلومات الحيوية تمثل عنصراً أساسياً في دعم الطب الدقيق عند تحليل ما يتم جمعه من معلومات وعند إدارتها وتسجيلها. ولا بد من التأكيد هنا أن نجاح الطب الدقيق يتوقف على مدى إمكانية توفير بيانات عالية الجودة خاصة بالمرضى.

### الاستشارات الوراثية

لا بدّ أن يحظى المستشارون الوراثيون بتعليم متخصص في هذا المجال، إذ تتوقف قدرة الأفراد على اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن صحتهم على ما يقدمه هؤلاء المستشارون من معارف تتعلق بالمعلومات الشخصية لهؤلاء الأفراد. وتساهم الاستشارات الوراثية في دعم عملية تطبيق الطب الدقيق، وقد يكون لها وقع كبير على ممارسات الصحة العامة بوجه عام إذا قام المجتمع بالكشف عن معلوماته الصحية.<sup>٣٨</sup>



# توصيات السياسة الرئيسية

نورد فيما يلي أهم توصياتنا بشأن تطبيق الطب الدقيق في دولة قطر وغيرها من الدول.

## إدراك قيمة المجال

- إجراء دراسات على الأثر الاقتصادي للطب الدقيق تستفيد منها الجهات المعنية.
- وضع معايير وأهداف قابلة للقياس عند إجراء دراسات الفعالية المقارنة.
- تصميم وتنفيذ الدراسات البحثية التي توضح التكلفة والفوائد في المجالات ذات الاحتياجات التي لم يتم تلبيتها.
- وضع سياسات استباقية وتنفيذها تحفز مقدمي خدمات الرعاية الصحية على تحسين أساليب العلاج وفقاً لخصائص المريض الفردية.

## البنية التحتية وإدارة المعلومات

- تنسيق السياسات والعمليات المؤسسية التي تضمن التواصل الفعال بين روافد تقديم الرعاية وبين البرامج البحثية والسريرية، وتصميم عملية فعالة لاتخاذ القرارات المتعلقة بالبرامج.
- وضع سياسات استباقية لتحفيز مشاركة البيانات وتسهيل تبادل البيانات بشكل آني من أجل تعلم الأنظمة الصحية.
- إدراج المتغيرات السريرية الفعالة والقابلة للتنفيذ لكل مريض في السجلات الصحية الإلكترونية.
- الحرص على رصد جميع البيانات الطبية وأشكال الدعم السريري والمعلومات المتعلقة بالنتائج وتوحيدها بحيث يمكن استخدامها عبر منصات متعددة.
- إعداد منصات قابلة للتخصيص وسهلة الاستخدام واستخدامها في إدخال البيانات وتقديم معلومات الدعم السريري للأطباء بطريقة لا تهدر الوقت والموارد.

## ضمان الحصول على الرعاية

- وضع سياسات تضمن تركيز الإرشادات السريرية وتكنولوجيايات الدعم على توفير أفضل استراتيجيات العلاج لكل مريض على حدة وتحديثها بانتظام.
- الحرص على تقديم خدمات الطب الدقيق بتكلفة مناسبة.
- ضمان وصول الأفراد إلى الخبراء والمستشارين متى كان ذلك مناسباً وتبسيط إجراءات مشاركة هؤلاء الخبراء والمستشارين في رعاية المرضى.
- وضع منهج وأساليب لتقديم الرعاية الصحية القائمة على الطب الدقيق في النظام بأكمله وتنفيذها.

## إطار (٤): قصة تعلم الطب الدقيق: منظور ممرضة

أعمل ممرضة في وحدة إعادة تأهيل القلب في مستشفى القلب بمؤسسة حمد الطبية. أكملت دراستي الجامعية في مجال التمريض بجامعة كالجاري في قطر، ونلت مؤخرًا درجة الماجستير في علم الجينوم والطب الدقيق من جامعة حمد بن خليفة.

أسعى من وراء مجال إعادة تأهيل القلب إلى تعزيز وعي المرضى وتثقيفهم بعوامل الخطر المسببة لأمراض وبأنماط الحياة الصحي. وساعدني هذا البرنامج في تعزيز معارفي ومنحني ما أحتاجه من أدوات لأكون أكثر ثقة في أداء وظيفتي داخل مؤسسة حمد الطبية. وإذا ما قمنا بدمج ما تعلمته في جامعة حمد بن خليفة في خطط رعاية المرضى، فسيمكنا تقديم خدمات رعاية مخصصة وشخصية تتناسب مع كل مريض.

وأرغب في المستقبل إجراء المزيد من البحوث المتعلقة بأمراض القلب باستخدام الطب الدقيق.

دلال الشريشاني، ماجستير

طالبة دكتوراه في علم الجينوم والطب الدقيق بجامعة حمد بن خليفة

بالارتياح عند طلب إجراء مثل هذه الاختبارات من مرضاهم أو تفسير نتائج لهم، وقامت دولة قطر عند إطلاق برنامج قطر جينوم بالاستثمار في برامج تدريبية على مستوى الدراسات العليا للمتخصصين القادرين على الاستفادة من البيانات الجينية (انظر الإطار ٤).

برنامج جامعة حمد بن خليفة يهدف برنامجا الماجستير والدكتوراه في علم الجينوم والطب الدقيق بجامعة حمد بن خليفة إلى إعداد باحثين قادرين على استخلاص رؤى جديدة في علم الجينوم ويمكن ترجمتها في العيادات الطبية.

برنامج جامعة قطر، تقدم جامعة قطر برنامج ماجستير الاستشارات الوراثية الطبية الذي يدرّب المتخصصين على تقديم استشارات فعالة للمرضى وعائلاتهم بشأن عدد متنوع من الحالات الوراثية.

ورغم أن هذه البرامج تسهم في بناء القدرات اللازمة للعمل في مجال الطب الدقيق، فإنها لا تعالج بشكل كامل الفجوة المعرفية التي يعاني منها ممارسو الرعاية الصحية، إذ لا يوجد سوى قلة منهم ممن يتوفر لهم الوقت الكافي للتسجيل في هذه البرامج. لذلك، نحن في حاجة إلى فرص تدريبية مركزة وقصيرة الأجل لاستقطاب أكبر قدر من الكوادر الطبية. وتعدّ أنشطة التطوير المهني المستمر والدورات متعددة الوحدات من الحلول المثالية لهذه المعضلة. وقد عقدت جامعة حمد بن خليفة مؤخرًا أول نسخة من منتدياتها المعنية بالتطوير المهني المستمر تحت عنوان "علم الجينوم في الممارسات السريرية" لتكون إيمانًا بسلسلة من الفعاليات والأنشطة المتعلقة بالطب الدقيق والتطوير المهني المستمر.

## علم الوراثة السريرية

ينطوي علم الوراثة السريرية على تشخيص الأمراض الوراثية وإدارتها. وإذا ما تم الجمع بين علم الوراثة والمعلوماتية الحيوية فإننا لتأكيد نحصل على تشخيص دقيق يضمن لنا تحديد العلاج المناسب بشكل مبكر، وبالتالي تجنب أية تكاليف غير ضرورية وإهدار مزيد من الوقت.

## تعزيز الوعي بالطب الدقيق

يحظى تعزيز الوعي بالطب الدقيق ودوره في توفير خدمات أفضل للرعاية الصحية بأهمية قصوى في الجهود الرامية إلى دمج نظام الطب الدقيق في الممارسات السريرية.

## حملات التوعية والمشاركة العامة

نحن في حاجة لبذل الجهود من أجل تعزيز وعي المجتمع ودرايته بالطب الدقيق، الأمر الذي يتأتى عبر حملات التوعية والمشاركة العامة، ويرى ورنر وغيره<sup>٣٩</sup> أن توفير قدر أكبر من المعلومات للجمهور يعزز فرص الصحة بأهمية قصوى في الجهود الرامية إلى دمج نظام الطب الدقيق في الممارسات السريرية. فلا بد أن يعي المجتمع أن تخصيص الرعاية الصحية حسب الحاجة هو أحد المفاهيم الخاطئة وأن نشر الأخبار الكاذبة في شبكات التواصل يخلق صورة مشوهة لفوائد الطب الدقيق.<sup>٤٠</sup>

## متطوعون مدربون من المجتمع

يمكن تعزيز الوعي في بعض الحالات، عبر المتطوعين المدربين داخل المجتمع والأفراد "المؤثرين" المؤهلين لتوفير قنوات تواصل مؤثرة مع أنظمة الرعاية الصحية والمجتمع أثناء قيامهم بتقديم المعلومات الصحية ونشرها للجمهور، لأن هذا الأسلوب يعزز من المعارف العامة.<sup>٤١</sup> ويقوم المتطوعون بإشراك المجتمعات من خلال حملات تواصل / تثقيف عامة يشروحون خلالها مفهوم الطب الدقيق. فيقوم هؤلاء الأفراد بتناول مواطن القصور والخلل المستمرة في عمليات التثقيف الصحية، وذلك لتمكين أفراد المجتمع من اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن إدارة الطب الدقيق وأساليب العلاجية وبحوثه.

## قبول الجمهور للمشروع

يتضمن هذا المفهوم العمل على بناء إجماع داخل المجتمع فيما يتعلق بتعزيز الوعي بالطب الدقيق، ويعتمد المشروع على المناهج الدراسية لوزارة التعليم والتعليم العالي التي تدرّس في المدارس أو مؤسسات التعليم العالي. ومن شأن إدراج مفاهيم الطب الدقيق في المناهج المدرسية مساعدة أفراد المجتمع على التعرف عليها من سن صغيرة والإمام بمفهوم تخصيص الرعاية الصحية. يمكن تنفيذ العديد من المبادرات الحكومية لكسب قبول الجمهور في هذا الصدد، من بينها تنظيم الزيارات المدرسية التي يطلع خلالها الطلاب على مزايا وعيوب الطب الدقيق وتطبيقاته على المرضى.<sup>٤٢</sup>

## التعليم المستمر لمقدمي الرعاية الصحية والمتخصصين

تعدّ مشاركة المتخصصين في الرعاية الصحية عنصرًا أساسيًا في التحول نحو نظام رعاية صحية قائم على الطب الدقيق. ورغم ذلك، نجد أن معظم ممارسي الرعاية الصحية لم يتلق تدريبًا رسميًا في علم الجينوم والتكنولوجيايات الأخرى للمجالات المنتهية باللاحقة أوميكس التي تمثل السبيل أمام تطبيق نظام الطب الدقيق. لذلك، نждеم لا يشعرون

## إنشاء برامج توعية وثقافة مجتمعية

- تطوير منصات إلكترونية للمعلومات التثقيفية ومنصات للتواصل الاجتماعي لتعزيز الوعي بفعاليات الطب الدقيق وأنشطته وتكنولوجياياته الجديدة التي تلبي احتياجات الجهات المعنية.
- تنظيم منتديات تعاونية لإنشاء مسرد عام بمصطلحات الطب الدقيق والاتفاق عليه، والتوافق على عدد من الموضوعات المتعلقة بشأن الأدلة العلمية وقيمة مجال الطب الدقيق لاستخدامها في عمليات التوعية.
- تزويد المجموعات المتخصصة في مجال الرعاية الصحية ومؤسسات دعم المرضى بمعلومات ومواد تعليمية خاصة بالطب الدقيق، والعمل على إدارة قنوات تواصل ونشر متعددة.
- تحديد الأطباء والصيادلة وقادة المجتمع المسؤولون عن إشراك المرضى، ومشاركتهم في الفعاليات الإقليمية التي ترفع الوعي بالطب الدقيق وتشجع على تطبيقه.
- تحديث المناهج الدراسية بكليات الطب والصيدلة بحيث تتضمن مفاهيم الطب الدقيق، وإعداد برامج للتعليم الطبي المستمر متخصصة في مجال الطب الدقيق.

## مشاركة المريض وتمكينه

- إشراك ممثلي المرضى في وضع السياسات والممارسات الاستباقية المتعلقة بحماية المريض واستخدام المعلومات الجزيئية الفردية الخاصة به.
- تطبيق أحدث إجراءات الأمن الإلكتروني لحماية المعلومات الجزيئية الفردية.
- وضع برامج لشرح نتائج الاختبارات التشخيصية للمرضى، وتزويدهم بالتوصيات وتسهيل وصولهم إلى المعلومات ذات الصلة والخدمات الاستشارية.
- إدراج النتائج التي يسجلها المرضى بأنفسهم من خلال قنوات متعددة لرصد تجارب المرضى وفهمها بشكل أفضل.
- تصميم التجارب السريرية بالتعاون مع عدد متنوع من الباحثين، يمثلون أعراقًا وإثنيات وفئات عمرية من الذكور والإناث للتوعية بشكل أفضل بفوائد خيار علاجي بعينه لأي مريض.

39 Warner JL, Prasad I, Bennett M, et al. SMART cancer navigator: a framework for implementing ASCO workshop recommendations to enable precision cancer medicine. *JCO Prec Oncol* 2018;2:1-14. doi:10.1200/PO.17.00292

40 Whitcomb DC. Barriers and research priorities for implementing precision medicine. *Pancreas* 2019;48(10):1246-9. doi:10.1097/MPA.0000000000001415

41 Roda A, Michelini E, Caliceti C, Guardigli M, Mirasoli M, Simoni P. Advanced bioanalytics for precision medicine. *Anal Bioanal Chem* 2018;410(3):669-77. doi:10.1007/s00216-017-0660-8

42 Scirba FC, Chandra D, Bon J. Bronchoscopic lung volume reduction in COPD: lessons in implementing clinically-based precision medicine. *JAMA* 2016;315(2):139-41. doi:10.1001/jama.2015.17714

36 Hellings PW, Bachert C, Bousquet J, et al. EUFOREA approach to precision medicine in respiratory diseases. In: Agache I, Hellings P, eds. *Implementing precision medicine in best practices of chronic airway diseases*. Academic Press, 2019: 207-211, ch. 29. doi:10.1016/B978-0-12-813471-9.00035-9

37 Kim YJ, Kelley BP, Nasser JS, Chung KC. Implementing precision medicine and artificial intelligence in plastic surgery: concepts and future prospects. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2019;7(3):e2113. doi:10.1097/GOX.0000000000002113

38 Mahesh PA. Implementing precision medicine in best practices of chronic airway diseases. *Indian J Med Res* 2019;149(6):802-3. doi:10.4103/ijmr.IJMR\_608\_19

11 Gudbjartsson DF, Helgason H, Gudjonsson SA, et al. Large-scale whole-genome sequencing of the Icelandic population. *Nat Genet* 2015;47(5):435-44. doi:10.1038/ng.3247

12 Chiang CWK, Marcus JH, Sidore C, et al. Genomic history of the Sardinian population. *Nat Genet* 2018;50:1426-34. doi:10.1038/s41588-018-0215-8

13 Gavan SP, Thompson AJ, Payne K. The economic case for precision medicine. *Expert Rev Prec Med Drug Dev* 2018;3(1):1-9. doi:10.1080/23808993.2018.1421858

14 Veenstra DL, Mandelblatt J, Neumann P, Basu A, Peterson JF, Ramsey SD. Health economics tools and precision medicine: opportunities and challenges. *Forum Health Econ Policy* 2020;23. doi:10.1515/fhep-2019-0013

15 Twilt M. Precision medicine: the new era in medicine. *EBioMedicine* 2016;4:24-5. doi:10.1016/j.ebiom.2016.02.009

16 Carter TC, He MM. Challenges of identifying clinically actionable genetic variants for precision medicine. *J Healthc Eng* 2016;2016:3617572. doi:10.1155/2016/3617572

17 Pritchard DE, Moeckel F, Villa MS, Housman LT, McCarty CA, McLeod HL. Strategies for integrating personalized medicine into healthcare practice. *Per Med* 2017;14(2):141-52. doi:10.2217/pme-2016-0064

18 Aronson SJ, Rehm HL. Building the foundation for genomics in precision medicine. *Nature* 2015;526(7573):336-42. doi:10.1038/nature15816

19 Freimuth RR, Formea CM, Hoffman JM, Matey E, Peterson JF, Boyce RD. Implementing genomic clinical decision support for drug-based precision medicine. *CPT Pharmacometrics Syst Pharmacol* 2017;6(3):153-5. doi:10.1002/psp4.12173

20 Ersek JL, Black LJ, Thompson MA, Kim ES. Implementing precision medicine programs and clinical trials in the community-based oncology practice: barriers and best practices. *Am Soc Clin Oncol Educ Book* 2018;38:188-96. doi:10.1200/EDBK\_200633

21 Cooper-DeHoff RM, Johnson JA. Hypertension pharmacogenomics: in search of personalized treatment approaches. *Nat Rev Nephrol* 2016;12(2):110-22. doi:10.1038/nrneph.2015.176

22 Fodor A, Karnieli E. Challenges of implementing personalized (precision) medicine: a focus on diabetes. *Per Med* 2016;13(5):485-97. doi:10.2217/pme-2016-0022

23 Ginsburg GS, Phillips KA. Precision medicine: from science to value. *Health Aff* 2018;37(5):694-701. doi:10.1377/hlthaff.2017.1624

24 Hassen E, Khomani A. EP1.14-21 implementing precision medicine in a community cancer center to impact outcomes in lung cancer. *J Thorac Oncol* 2019;14(10S):S1040. doi:10.1016/j.jtho.2019.08.2306

25 Pernas S, Villagrasa G, Vivancos A, et al. 315TiPAGATA molecular screening program: implementing precision medicine in patients with advanced breast cancer in Spain. *Ann Oncol* 2017;28(suppl 5):104-5. doi:10.1093/annonc/mdx365.078

26 Selby K, Bartlett-Esquiland G, Cornuz J. Personalized cancer screening: helping primary care rise to the challenge. *Public Health Rev* 2018;39:4. doi:10.1186/s40985-018-0083-x

27 Boccia S, Pastorino R, Ricciardi W, et al. How to integrate personalized medicine into prevention? Recommendations from the Personalized pREvention of Chronic Diseases (PRECeDI) consortium. *Public Health Genomics* 2020;22(5-6):208-14. doi:10.1159/000504652

28 Kessler MD. Biases and caveats to implementing genomic medicine in diverse populations [Doctoral dissertation]. University of Maryland, 2019. Available from: <http://hdl.handle.net/10713/11619>

29 De Paor A, Blanck P. Precision medicine and advancing genetic technologies—disability and human rights perspectives. *Laws* 2016;5(3):36. doi:10.3390/laws5030036

30 Korngiebel DM, Thummel KE, Burke W. Implementing precision medicine: the ethical challenges. *Trends Pharmacol Sci* 2017;38(1):8-14. doi:10.1016/j.tips.2016.11.007

31 Stouffer GA, Lee CR. Logistical challenges associated with implementing precision medicine. *JAMA Cardiol* 2019;4(12):1300. doi:10.1001/jamacardio.2019.4157

32 Povsic TJ, Ohman EM, Gibson CM. Logistical challenges associated with implementing precision medicine—reply. *JAMA Cardiol* 2019;4(12):1301. doi:10.1001/jamacardio.2019.4175

33 Klak A, Paradowska-Gorycka A, Kwiatkowska B, Raciborski F. Personalized medicine in rheumatology. *Reumatologia* 2016;4(4):177-86. doi:10.5114/reum.2016.62472

34 Martinez-Garcia MA, Campos-Rodriguez F, Barbé F, Gozal D, Agustí A. Precision medicine in obstructive sleep apnoea. *Lancet Respir Med* 2019;7(2):456-64. doi:10.1016/S2213-2600(19)30044-X

35 Levit LA, Kim ES, McAneny BL, et al. Implementing precision medicine in community-based oncology programs: three models. *J Oncol Pract* 2019;15(6):325-9. doi:10.1200/JOP.18.00661

لا شك أن أعداد الجمهور والمتخصصين في مجال الرعاية الصحية وصناع القرار السياسي لمستقبل الطب يحظى بأهمية بالغة. فنجد أن نظام الرعاية الصحية يتعد بشكل تدريجي عن نظام الطب التقليدي. وبرز هنا الطب الدقيق بوعوده البراقعة التي قد تثير الرعب فينا لبرهه. ولكنها وعود تدعمها البيانات والتحليلات والذكاء الاصطناعي. وعود لا يمكن تحقيقها إلا بثقة الجهات المعنية والمرضى فيها حتى يتسنى لهم قطف ثمار الطب الدقيق.

ولا تخفى علينا قيمة الطب الدقيق ومدى نجاحه في علاج السرطان وفي علم الجينوم. ولن نتوقف نجاحاته تلك في المستقبل. ومع ذلك، لم تنشئ المؤسسات الطبية سوى عدد محدود من برامج الطب الدقيق في الماضي نتيجة لارتفاع تكاليف تنفيذها ونقص الخبرة، وهما العائقان الأكثر شيوعاً كما ورد على ألسنة هذه المؤسسات. وثمة عوائق أخرى بلا شك، من بينها محدودية الموارد وطول فترة الاختبارات، والنقص المعرفي لدى متخصصي خدمات الرعاية الصحية، فضلاً عن صعوبات التواصل الأخرى. وفي مجمل القول، فإنه رغم الإمكانيات التي ينصوي عليها مجال الطب الدقيق من حيث قدرته على إحداث تحول جذري في مجال الرعاية الصحية، فإننا نشهد خطوات وثيدة تجاه تبني ممارساته. ويرجع السبب في ذلك إلى حد كبير إلى عدم وجود دليل يثبت الفوائد السريرية للاختباراته. وثمة عوامل أخرى مترابطة من بينها غياب ما يثبت فعالية تكلفتها اختبارات، وضعف التغطية التأمينية، وأطر العمل التنظيمية غير المناسبة.

ومن الضروري أن يدمج صانعو السياسات أساليب الطب الدقيق في الاستراتيجيات الوطنية من أجل تحسين خدمات الرعاية الصحية. إذ ستندمج هذه الأساليب في نهاية المطاف مع الجهود المبدولة الرامية إلى محاربة ارتفاع معدلات الأمراض غير السارية، وتوسيع البنية التحتية للبيانات الصحية وربطها، ووضع سياسة البيانات الوراثية، وتعزيز القدرات التشخيصية، وإنشاء البنوك الحيوية التي تمتلك في حوزتها كلًا من الموارد المادية والرقمية.

يهدف التقدم التكنولوجي والابتكارات في مجال الطب إلى تقديم يد العون لجميع المرضى في مختلف أنحاء العالم، فتقدم أدلة وبراهين لحالات معينة يجب مراعاتها من الناحية الشخصية بحيث تأخذ في الاعتبار قرارات المريض نفسه خلال مراحل العلاج من الأمراض والتنبؤ بها والوقاية منها. فينبغي أن تنصب غايتنا على توفير خدمات الطب الدقيق لكل فرد في أي مكان وفي أي وقت.

1 President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST). *Priorities for personalized medicine: report of the President's Council of Advisors on Science and Technology*. PCAST, 2008.

2 Jain KK. Personalized medicine. *Curr Opin Mol Ther* 2002;4:548-58.

3 Yates LR, Seoane J, Le Tourneau C, et al. The European Society for Medical Oncology (ESMO) precision medicine glossary. *Ann Oncol* 2018;29(1):30-5. doi:10.1093/annonc/mdx707

4 Bilkey GA, Burns BL, Coles EP, Mahede T, Baynam G, Nowak KJ. Optimizing precision medicine for public health. *Front Public Health* 2019;7:42. doi:10.3389/fpubh.2019.00042

5 Jeong IC, Bychkov D, Searson PC. Wearable devices for precision medicine and health state monitoring. *IEEE Trans Biomed Eng* 2019;66(5):1242-58. doi:10.1109/TBME.2018.2871638

6 Goodwin S, McPherson JD, McCombie WR. Coming of age: ten years of next-generation sequencing technologies. *Nat Rev Genet* 2016;17:333-51. doi:10.1038/nrg.2016.49

7 Mitra K, Carvunis A-R, Ramesh SK, Ideker T. Integrative approaches for finding modular structure in biological networks. *Nat Rev Genet* 2013;14:719-32. doi:10.1038/nrg3552

8 Rao AS, Knowles JW. Polygenic risk scores in coronary artery disease. *Curr Opin Cardiol* 2019;34(4):435-40. doi:10.1097/HCO.0000000000000629

9 Goldstein DB, Cavalleri GL. Genomics: understanding human diversity. *Nature* 2005;437:1241-2. doi:10.1038/4371241a

10 Birney E, Soranzo N. The end of the start for population sequencing. *Nature* 2015;526:52-3. doi:10.1038/526052a