الجينوم البشرى بين نعمة الاكتشاف ونقمة التطبيق

بقلم أ.د. محمد لبيب سالم
أستاذ المناعة
مدير مركز التميز لأبحاث السرطان
جامعة طنطا – مصر

mohamedlabibsalem@yahoo.com

مما لا شك فيه اننا نشهد فى هذه الآونة ثورة علمية هائلة فى جميع المجالات تتمثل فى اكتشاف واماطة اللثام عن العديد من الحقائق العلمية فى نواحى العلوم المختلفة كالطب والهندسة والفيزياء والجيولوجيا والبيولوجيا وفى المجالات الحديثة مثل النانوتكنولوجى Nanotechnology والليزر والتكنولوجيا الحيوية Biotechnology.ومن خلال هذا التقدم الهائل فى العلوم أصبح الانسان قادرا على مواجهة العديد من المشاكل مثل اكتشاف الأمراض وتشخيصها مبكرا مما يؤدى الى وصف العلاج المناسب فى الوقت المناسب. يعد التعرف على الجينوم من اهم الاكتشافات العلمية الحديثة حيث أدى الى اكتشاف وظائف العديد من الجينات والتى استخدمت فى مجالات عديدة لتوفير الأحتياجات الضرورية للانسان. كما امكن باستخدام الجينوم تعديل وتحسين سلالات مختلفة من الحيوانات والنباتات والتى تستخدم كمصادر غذائية للانسان (انظر الجدول). ومع مميزات التقدم العلمى هذه الا ان هناك كثير من المشاكل التى قد تحدث لو ابتعدنا عن اخلاقيات البحث العلمى. وسوف نتناول فى هذا المقال الجينوم البشرى واستخداماته فى التكنولوجيا البيولوجية وتداعيات استخدامه خارج نطاق اخلاقيات البحث العلمى.

ما هو الجينوم البشرى

الجينوم البشرى Human Genome هو عبارة عن المادة الوراثية الدنا DNA والتى تتواجد بداخل النواة فى خلايا الكائنات الحية ونلاحظ ان كلمة الجينوم هى مزج لكلمتين وهما (الجين) Gene والصبغيات (الكروموسوم) Chromosome. والجينوم يوجد فى خلايا الكائنات الحية سواء كانت حيوانية ام نباتية بسيطة او معقدة التركيب. ويمكن تشبيه أهمية الجينوم لوظائف الخلية بأهمية المخ لوظائف الجسد. فالمخ Brain هو مكان التدبير حيث يقوم بالتنسيق والترابط بين الاعضاء المختلفة فى الجسم مما يضمن استمرار عمل الجسم بشكل محكم ومنظم. ولاهمية المخ فانه محاط بغلاف صلب وهى الجمجمة. وبالمثل وللأهمية القصوى للجينوم فان الله سبحانه وتعالى قد وضعه فى مكان امين للغاية وهى النواة Nucleus التى تتوسط الخلية ولا يخرج الDNA منها ابدا بل

يرسل نيابةعنه mRNA الحمض النووى الريبوسى الرسول لكى ينقل الرسائل المهمة للخلية والتى تترجم الى بروتينات. ولذلك اذا اردت معرفة الانسان فما عليك الا ان تفك شفرات جينومه. ففى الانسان على سبيل المثال توجد فى الخلايا الجسدية 46 كروموسوم (23 زوج من الكروموسومات) بينما تحتوى الخلايا الجنسية على نصف هذا العدد من الكروموسومات اى (X+22) او (Y +22) والتى تعطى 46 كروموسوم بعد اندماج الحيوان المنوى فى البويضة بعد التلقيح. ففى النواة توجد الكروموسومات التى تتمثل فى المادة الوراثية DNA والتى تحتوى على الجينات الوظيفية وغير الوظيفية. وتتكون المادة الوراثية من شريط مزدوج يلتف التفاف حلزونى حول نفسه حيث ترتبط النيكليوتيدات على كل من الشريطين بشكل مكمل ويدعم هذا الارتباط وجود بروتينات هستونية Histones. لم تكن هناك معلومات كثيرة عن الجينوم او المادة الوراثية الى ان جاء اكتشاف العالمان واطسون وكريك لتركيب المادة الوراثية. ومع نهاية عام 1980 قدرعدد الجينات البشرية التى اكتشفها العلماء فى ذلك الوقت بحوالى 450 جين وفى عام 1985 ازدادت الى 1500 جين بعضها من الجينات المسببة للاورام والكوليسترول وامراض اخرى. ولقد نشات فكرة عمل خريطة للجينوم البشرى تحديدا سنة 1984 حيث اشتركت ثمانى عشر دولة منها الولايات المتحدة الامريكية وكندا والصين واليابان وروسيا وفرنسا والمانيا وبريطانيا وهولندا والسويد واسرائيل لارساء خريطة جينية الجينوم البشرى. وللاسف الشديد لم تكن من بين تلك الدول أى دولة عربية على الاطلاق. واستهدف المشروع عمل خريطة لمعرفة أماكن الجينات الوظيفة وغير الوظفية على الجينوم البشرى ومعرفة ترتيب القواعد النيكلوتيدية لكل جين على حدة مما يؤدى الى استخدام تلك المعلومات فى المجالات المختلفة مثل قطاع الصحة والصناعة والرزاعة وغيرها من المجالات المختلفة .

وبعد سنوات من العمل المتواصل تمكن العلماء من الانتهاء من رسم الخريطة الجينية للجينوم البشرى حيث وجد ان أنه يحتوى على حوالى 30.000 الى 40.000 من الجينات الوظيفية وتسمى كذلك لأنها تحتوى على شفرات محددة يمكن ترجمتها الى بروتين معين يقوم بوظيفة محددة لخدمة الخلية نفسها او خلية أخرى. اما باقى الجينات فهى جينات غير وظيفية Junk genes لا يمكن الاستفادة منها فى الترجمة (أى بناء البروتينات) ولكن تلعب ادوار اخرى فى الخلية . ونظرالأهمية الجينوم البشرى فان الكشف عن تحديد أماكن الجينات الوظيفية 40.000 على كل كرووسوم ومعرفة التتابع النيكليوتيدى (القواعد) اهمية بالغة. وتعرف عملية تحديد مكان الجين الوظيفى باسم رسم الخرائط Mapping اما عملية تحديد ترتيب القواعد النيكليوتيدية لكل جينوم على حدة فى الجينوم البشرى تسمى باسم التتابع

الجينى Sequencing . ومن خلال الدراسات المتواصلة والبحث فى هذا المجال وجد ان طول جزئ ال DNA فى كل خلية من خلايا جسم الانسان يقدر بحوالى من 1.8 الى 2 متر فى الطول. ونظرا لان جسم الانسان يحتوى تقريبا على حوالى 100 ترليون خلية ولذلك فان طول جزئ ال DNA فى الجسم كله يقدر بحوالى 8000 ضعف المسافة بين الارض والقمر ذهابا وايابا. وقد وجد ان الجينوم البشرى مكون من رسالة يتكون نصها من حوالى 3 مليار حرف وفى حالة كتابتها جملة واحدة فسوف نحتاج الى 200 كتاب بحجم دليل الهاتف لكى تكتب جميع الحروف اى ما يعادل 100 الف صفحة من الحجم الكبير. وتحتوى المادة الوراثية DNA فى جسم الانسان على حوالى 3000 مليون زوج من القواعد الوراثية وبالتالى فان جسم الانسان يحتوى على 3 مليار زوج من تلك القواعد وبالتالى يمكن استنتاج ان طول كل جين على حدة من ال 40.000 جين الوظيفية يتراوح طولة من 20.000 الى 400.000 قاعدة نيتروجينية.

كيف تمكن العلماء من فك شفرات الجينوم البشرى

تمكن العلماء من فك شفرات الجينوم البشرى بعملية تشبه لعبة القص واللزق وذلك بالاستعانة بالبكتريا والبلازميدات Plasmids والتقنيات الحديثة من الاجهزة المختلفة مثل اجهزة الطرد المركزى عالية السرعة Ultracentrifuges والتى تعمل تحت درجات حرارة منخفضة وكذلك المعامل المجهزه لنمو تللك البكتريا وتكاثرها بشكل لا يوجد معه اى تلوث.

1. تم فصل الجينوم البشرى عن طريق استخدام مواد تعمل على فصل المادة االنوويةDNA من باقى مكونات الخلايا بحيث تكون فى صورة شديدة النقاء ولا تحتوى على اى مكونات اخرى.
2. تم تقطيع المادة النووية الى شظايا (قطع صغيرة) منDNA تراوح طول كل منها من 40.000 الى 200.000 حرف.
3. وتم تمييز وفصل كل قطعة على حدة بحيث يمكن بعد ذلك معرفة مكانها الاصلى على الكروموسومات وبالتالى على الجينوم البشرى.
4. تم ربط هذه القطع (الشظايا) بصبغ اصطناعى بكتيرى لاستنساخ عدد كبيرمن تلك الشظايا على ان يتم فصلها بعد ذلك من الخلايا البكتيرية.

5. وبعد ذلك تم تكسير كل شظية على حدة الى قطع أصغر حجما وبصورة عشوائية ويتم ربط كل قطعة من تلك القطع الصغيرة بواسطة بلازميد Plasmid (البلازميد هوعبارة عن حلقة من المادة النووية تتمكن من التكاثر تلقائيا فى الخلايا البكتيرية دون الاندماج مع المادة النووية للبكتريا).
6. وتم ادخال البلازميد فى الخلايا البكتيرية وبالتالى تم اكثار القطع الجينية المحملة على البلازميد مع زيادة اعداد الخلايا البكتيرية المتكاثرة وفصل البلازميد لاستخلاص القطع الجينية والتعرف على تسلسل القواعد النيكلوتيدية عليها بواسطة استخدام التقنيات الحديثة.

نعمة اكتشاف الجينوم

تمكن العلماء منذ عام 1986 الى الآن فى فك معظم شفرات الجينوم البشرى ومعرفة وظائف الجينات المختلفة التى توجد على الكروموسومات الجسدية والجنسية وذلك بعد عمل متواصل ومجهود شاق فى العديد من المعامل المختلفه فى الولايات المتحدة الامريكية ودول اخرى كثيرة فى انحاء العالم والتى ساهمت فى تمويل هذا المشروع والذى وصلت تكاليفه الى مليارات من الدولارات. ولعل من أهم الاسباب التى دفعت العلماء الى فك رموز الجينوم البشرى هو الرغبة فى معرفة اماكن الجينات المسببة للامراض الوراثية. ونستطيع القول ان الوقت قد حان للاستفادة من هذا الاكتشاف الهائل فى حل المشكلات الصحية المختلفة والتى تنشا نتيجة لحدوث طفرات فى التركيب الوراثى حيث يوجد اكثر من 400 مرض وراثى ناتج من هذه الطفرات الجينية وعلى راسها مرض فقر الدم المنجلى Sickle cell anemia والعديد من الامراض الاخرى كامراض القلب والاوعية الدموية والاورام ومرض ضمور العضلات لدى الذكورومرض السكرى. وبالفعل قد استطاع العلماء معرفة الخلل فى كثير من الجينات و تصحيح الخلل بها باستخدام الجينات الصحيحة بدلا منها. وفى بعض الدول يوجد شركات تقوم بتحليل الجينوم البشرى لبعض الاشخاص وبالتالى يستطيع ان يتعرف الشخص على ما اذا كانت هناك احتمالية لظهور اى مرض فى المستقبل وبالتالى يستطيع تفادى الاصابة بتلك المرض. ويمكن الاستفادة كذلك من الجينوم البشرى فى تصنيع الأدوية عن طريق الهندسة الوراثية مثل الانسولين وهرمون النمو. وعلى صعيد استخدام التكنولوجيا البيولوجية فان اكتشاف اسرار الجينوم فى الكائنات الحية الاخرى مثل الحيوانات والنباتات حيث يتم استنباط انواع جديدة تقاوم الامراض وتحتاج الى كميات بسيطة من المياه لكى تعطى محصول وفير. واخيرا اتجهت بعض الدول العربية الى استخدام تلك التكنولوجيا الحيوية فى قطاع الصحة والابحاث (انظر الجدول)

نقمة التطبيق السيئ

مع كل المميزات البالغة فى الاهمية لتطبقات الجينوم البشرى كما ذكر اعلاه الا ان اكتشاف الجينات الوظيفية فى الانسان والكائنات الاخرى قد يكون سلاح ذو حدين وذلك من خلال انتاج اشكال مختلفة من الكائنات الحية الغير مرغوب فيها مثل انتاج فيروسات او بكتريا معدلة وراثية واستخدامها فى الحروب البيولوجية مما يؤدى الى سيطرة بعض الدول على الاخرى ونشوب مشاكل اجتماعية واخلاقية لاحصر لها. فعلى سبيل المثال كلنا نعلم أن الخلايا الجسدية تموت بموت صاحبها ولكن الخلايا الجنسية قد تستمرحية لعدد كبير من الاعوام اذا حفظت حتى بعد موت صاحبها فى ثلاجات تبريد. ومن هنا فان هناك جدل واسع حول امكانية استخدام الجينات المعدلة فى علاج تلك الخلايا وتكوين اجنة تحمل صفات وراثية مختلفة. وكذلك يمكن من خلال معرفة الخريطة الجينية ان يرفض الازواج انجاب اطفال وذلك لاحتمالية وجود اعاقات طفيفة بعد لولادة وحيث جرى العرف على تقبلها فى معظم الاحيان مما قد يؤدى الى نشوء مشاكل اجتماعية ونفسية. ومن خلال الجينوم البشرى ايضا اساءة تطبيقاته يمكن تحسين النسل البشرى باستخدام خاصية الانتقاء مما قد ينتج عنه وجود العنصرية والتحييز الى طراز معين من البشر من حيث اللون والصفات الاخرى. ومن الممكن ايضا فى حالة العبث العلمى وعدم تطبيق اخلاقيات البحث العلمى ان يتم انتاج اجنة بشرية معدلة وراثيا وذلك لاغراض بحثية. ومع اكتشاف الخريطة الجينية فان بعض الحكومات قد تستخدم معرفة الخريطة الجينية ضد بعض الافراد وكذلك الشركات قد ترفض التامين او قبول الاشخاص للعمل لديها اذا ما اتضح ان الخريطة الجينية للمتقدم توجد بها احتماليات للاصابة بالاورام اوالامراض الاخرى مستقبلا.

ومما سبق يتضح لنا قيمة اهمية اكتشاف الجينوم البشرى وفك شفراته للاستفادة وللتطبيق فى شتى المجالات الطبية والصناعية والزاعية وخلافه. ولذلك من الضرورى ان تتجه الدول العربية الى المشاركة والاستفادة من تلك الاكتشافات التى قد تؤدى الى وجود علاجات غير تقليدية للامراض المختلفة.

البلد	التكنولوجيا البيولوجية في الصحة	التكنولوجيا البيولوجية في قطاعات أخرى	معاهد التكنولوجيا البيولوجية
الأردن	• المواد التشخيصية • البحوث • ابتكار الأدوية: المضادات الحيوية، وهرمونات النمو	• الزراعة • مكروبيولوجيا الغذاء • إنتاج الغاز البيولوجي	المختبرات الجامعية معاهد البحوث الشركات الخاصة
الإمارات العربية المتحدة	• المواد التشخيصية	• البيطرة: توالد الإبل وتربية الصقور	مركز أبحاث الإبل، دبي مركز الملاحة الجوية الوطني، أبوظبي
البحرين	• المواد التشخيصية: الوراثيات السريرية		جامعة الخليج العربي وزارة الصحة
تونس	• المواد التشخيصية • البحوث • ابتكار اللقاحات	• الزراعة	المركز الوطني للتكنولوجيا البيولوجية معهد باستور المعهد الوطني للبحوث الزراعية المعهد الوطني للزراعة
الجماهيرية العربية الليبية		• الزراعة: التركيز على تمر النخيل	مركز البحوث الزراعية
الجمهورية العربية السورية		• تكنولوجيا الأغذية والزراعة	المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق القاحلة جامعة حلب
السودان	• المواد التشخيصية: للأمراض المُعدية	• الزراعة: التكنولوجيا البيولوجية النباتية	جامعة الخرطوم
العراق	• المواد التشخيصية • إنتاج الأدوية (المضادات الحيوية)	• الزراعة • خصوبة التربة • مكروبيولوجيا المياه • الهندسة الوراثية	**وقد توقفت هذه الأنشطة الآن نظراً للحرب الدائرة والعقوبات الاقتصادية** كان العديد من الجامعات والمراكز المتخصصة تعنى بالجينوميات والتكنولوجيا البيولوجية
عُمان	• المواد التشخيصية: للأمراض المُعدية والوراثية		جامعة السلطان قابوس وزارة الصحة
الكويت	• المواد التشخيصية: الأمراض المعدية والوراثيات • البحوث	• التخمر الصناعي • معالجة المياه • الطب البيطري	معهد الكويت للبحث العلمي جامعة الكويت
مصر	• المواد التشخيصية: الأمراض المُعْدية والمزمنة (الوراثية) • البحوث • ابتكار اللقاحات • ابتكار الأدوية	• الزراعة • البيئة • الصناعة • المعلوميات البيولوجية • الهندسة	يعمل العديد من الجامعات والمراكز المتخصصة في الجينوميات والتكنولوجيا البيولوجية: • المركز القومي للبحوث • معهد الهندسة الوراثية والتكنولوجيا البيولوجية • مدينة مبارك للأبحاث العلمية والتطبيقات التكنولوجية
المغرب	• المواد التشخيصية: الأمراض المعدية والمزمنة والوراثيات • البحوث	• التكنولوجيا البيولوجية للأغذية والزراعة	معهد باستور معهد الملك الحسن الثاني للعلوم الزراعية والبيطرية
المملكة العربية السعودية	• المواد التشخيصية: الأمراض المُعدية والمزمنة (الوراثية) • البحوث • ابتكار الأدوية	• الزراعة: المحاصيل الوطنية، تمر النخيل • البيطرة: الإبل والدواجن • صناعة النفط والهيدروكربونيَّات: تعزيز استخراج النفط، الحد من معالجة نفايات الهيدروكربونيَّات في الكيماويات ذات القيمة المضافة	مدينة الملك عبد العزيز للعلم والتكنولوجيا جامعة الملك سعود مدينة العلوم البيولوجية بجدة

* محتويات الجدول منقولة عن منظمة الصحة العالمية – المكتب الاقليمى لشرق المتوسط – الدورة الحادية والخمسون –البند 7 (ج) من جدول الاعمال: المناقشات التقنية استثمار الجينوميات والتكنولوجيا البيولوجية فى مجال الصحة العمومية