



10

# مفاهيم أساسية من البيوميكانيك ( الآليات الحيوية )

الفيزياء من وراء كل حركة سنية  
*Gustavo H. Gameiro*

1st Edition  
2022

المراجعة العلمية :

الأستاذ الدكتور : محمد يونس حجير

دكتورة دولة في تقويم الأسنان والفكين-بريطانيا

بروفيسور في تقويم الأسنان والفكين-دمشق

محكم دولي في كبرى المجالات العالمية

الترجمة :

الدكتور سليمان محمد

اختصاصي تقويم الأسنان والفكين

إجازة في الترجمة والترجمة الفورية

جامعة دمشق / كلية الآداب





ترجمة الكتاب :

الدكتور : سليمان محمد

اختصاصي تقويم الأسنان والفكين

إجازة في الترجمة والترجمة الفورية

جامعة دمشق / كلية الآداب

المراجعة العلمية :

الأستاذ الدكتور : محمد يونس حجير

دكتورة دولة في تقويم الأسنان والفكين-بريطانيا

بروفيسور في تقويم الأسنان والفكين-دمشق

محكم دولي في كبرى المجالات العالمية

# الفهرس Contents

مقدمة ( 6 )

عن المؤلف ( 8 )

هناك اختيار لدواء واحد فقط للحركة السنية ويسمى نظام القوة (10)

يشكل مركز المقاومة حساس اتجاه الحركة الناتجة (22)

إنّ الأجهزة هي فقط أدوات من أجل توليد القوى ، عزوم القوى ، والمزدوجات (32)

تولد أنظمة القوى المتكافئة التأثيرات نفسها ( 46 )

تمثل نسبة العزم إلى القوة جرعة نظام القوة لديك (60)

إنّ مكان مركز الدوران يساعد في اختيار نظام القوة المناسب لكل نوع من الحركات

السنية ( 64 )

إنّ أي جهاز يجب أن يكون بوضعية توازن سكوني عند تركيبه ( 84 )

إنّ كل فعل تنشيط يولد رد فعل تخامد ( 94 )

ارسم مخطط الجسم الحر من أجل تقييم فائدة وجدوى نظام القوة لديك (102)

لا تستخف أبداً بتأثير قوانين الفيزياء الدقيقة في ممارستك السريرية (124)



# Contents

Introduction (7)

About the author (9)

I- There is only one drug of choice for tooth movement, and it is called force system. (11)

II- The center of resistance constitutes the direction sensor of the resulting movement. (23)

III- Appliances are just tools for generating forces, moments of a force and couples. (33)

IV- Equivalent force systems produce the same effects. (47)

V- The moment to force ratio represents the dosage of your force system. (61)

VI- The location of the center of rotation assists in the choice of the appropriate force system for each type of movement. (65)

VII- Every appliance must be in static equilibrium when it is installed. (85)

VIII- Every activation action generates a deactivation reaction. (95)

IX- Draw a free-body diagram to assess the feasibility of your force system. (103)

X- Never underestimate the influence of the exact laws of physics in your clinical practice. (125)

---

# Introduction

## مقدمة

### لماذا نحتاج البيوميكانيك ؟

هل قابلت يوماً مدرس رياضيات لا يفهم الأرقام ؟ أو قائد أوركسترا لا يتقن الإيقاعات الموسيقية ؟ أو طبيب لا يعرف علم وظائف الأعضاء ؟

إنَّ الإجابة على هذه الأسئلة هو بالطبع . لا . لا يمكن لأحد أن يتخيل خبير محترف لا يفهم الأساسيات البسيطة لتطبيقاته العملية .

أعتقد أنه لا يختلف إثنان في علم تقويم الأسنان على القوانين الأساسية التي تحكم أي حركة سنية. أنا أشير إلى قوانين الفيزياء وعلم الأحياء الثابتة والدقيقة والتي تشكل أعمدة بيوميكانيك علم تقويم الأسنان .

إن علم البيوميكانيك عنيد فهو حاضر دائماً في معالجاتنا ، في النجاحات والاختناقات . إنَّ مبادئه ستحكم معالجاتنا دائماً ، فهو بالتأكيد ليس مسألة اختيارية . لذلك فإنَّ أفضل خيار لنا هو معرفة واحتراف هذه المبادئ ، بحيث يمكننا التحكم بنتيجة حالاتنا .



### هل أنت المسؤول ؟

إنَّ الفرق الأساسي بين ( مُغيِّر شكل القوس ) وطبيب تقويم الأسنان هو معرفة علم البيوميكانيك ( الآليات الحيوية ) . في حين أنَّ الأنف الذكر يشبه الطيار الذي يعرف فقط كيف يستخدم وضع القيادة الآلية ، بينما الأخير هو القادر على التحكم الكامل بالطائرة في كلا الوضعيتين القيادة الآلية واليدوية .



# Introduction

## WHY DO WE NEED BIOMECHANICS?

Have you ever met a math teacher who does not understand numbers? An orchestra conductor who does not master musical rhythms? a doctor who does not know physiology?

The answer to these questions is obviously NO. No one is able to imagine a professional who does not comprehend the elementary basics of his practice.

In orthodontics, I believe there is no doubt about the fundamental laws governing any tooth movement. I am referring to the exact and immutable laws of PHYSICS and BIOLOGY, which form the pillars of ORTHODONTIC BIOMECHANICS.

Biomechanics is relentless; it is always present in our treatments, both in successes and failures. Its principles will always govern our treatments, its definitely not a matter of choice. Our best option, therefore, is to know and master these principles, so that we can control the outcome of our cases.



## ARE YOU IN CHARGE?

The major difference between an "arch changer" and an orthodontist is the knowledge of biomechanics. While the former resembles an airplane pilot who only knows how to use the automatic mode, the latter is the one capable of having full control of the aircraft in both modes, automatic and manual.

"YOU and not the wire should do the THINKING". Prof. Charles J. Burstone



المبدأ الأول

## Fundament I

I- There is only one drug of choice for tooth movement, and it is called force system.

هناك اختيار لدواء واحد فقط للحركة  
السنية ويسمى نظام القوة



# Fundament I

---

I- There is only one drug of choice for tooth movement, and it is called force system.



# The orthodontic force

## القوة التقويمية

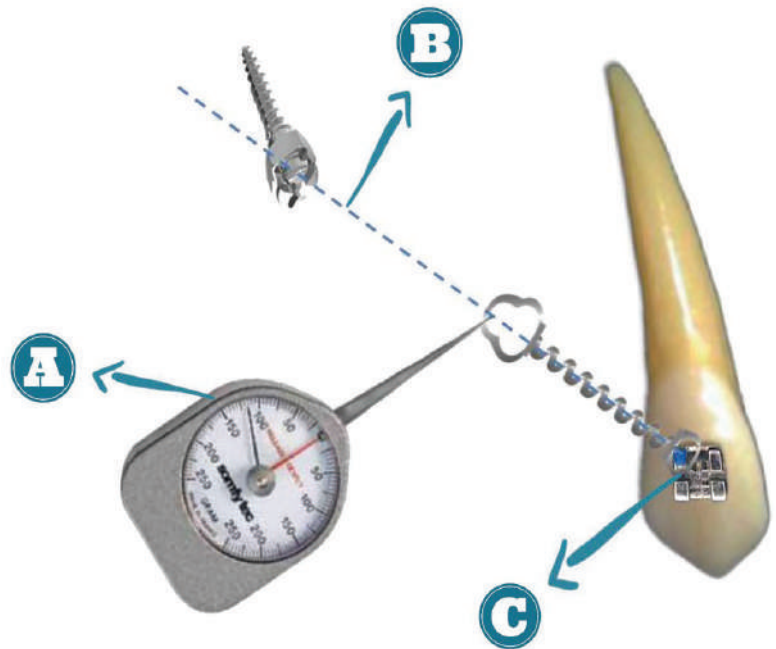
### FORCE AND ITS ATTRIBUTES

#### القوة وصفاتها

في المعالجات الطبية يتوجب على الأطباء أن يختاروا وصفة من بين آلاف الأدوية لتحقيق أفضل النتائج . في علم تقويم الأسنان ، لدينا ( دواء ) واحد فقط هو المتوفر : القوة التقويمية . لكن يتوجب علينا أن نتحكم بجرعة هذا الدواء لكي نحصل على الحركات السنية المرغوبة : إنَّ A : شدة القوة ، B : اتجاهها ، C : نقطة تأثيرها ، هي بعض المتغيرات التي يتوجب التلاعب بها لتحقيق معالجة فعالة .

إنَّ أهم عامل من بين الجميع هو حامل القوة حيث يمكن رؤيته في هذه الحالة بسهولة من خلال النابض نفسه :

ستعتمد شدة القوة على خصائص الأجهزة التي نستعملها . يمكن أن تكون نوابض ، أو مطاط ، أو أسلاك أو أي عامل قادر على تطبيق مُحفِّز ميكانيكي للأسنان .



تمثل نقطة التطبيق نقطة تماس جهازنا مع السن الذي يراد تحريكه ، عند الإمكان يتم اتخاذ هذا القرار من قبل الخبير .

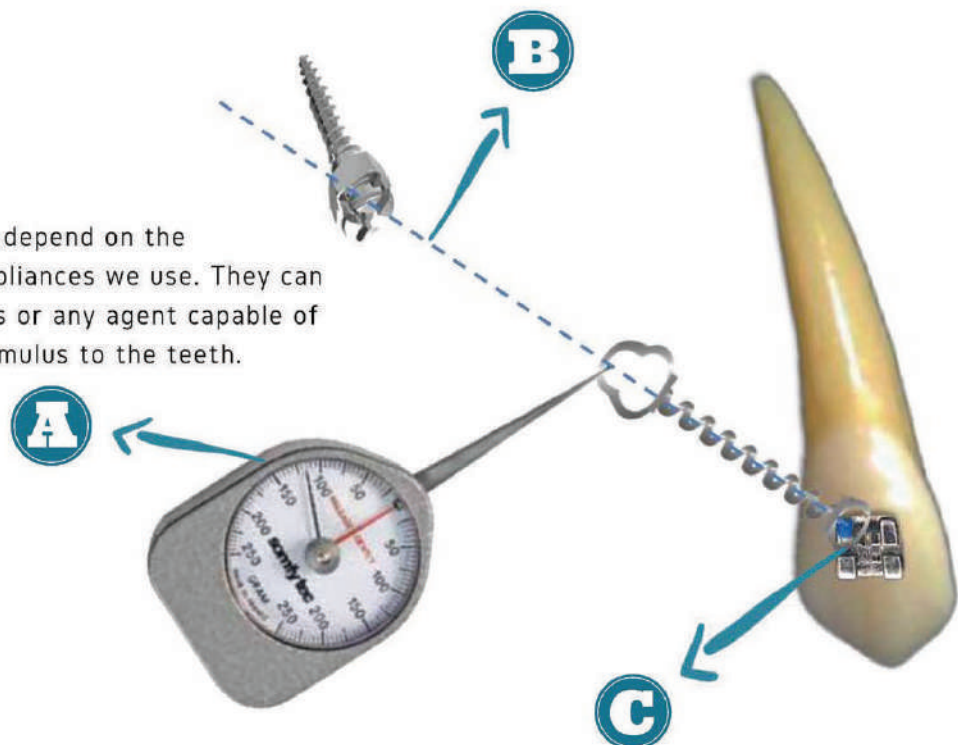
# The orthodontic force

## FORCE AND ITS ATTRIBUTES

In medical treatments, doctors have to decide among thousands of drugs to achieve the best results. In orthodontics, we have only one available "drug": the orthodontic FORCE. However, we need to control the "dosage" of this drug in order to get the desirable dental movements. Force magnitude (A), direction (B) and point of application (C) are some variables that must be manipulated to achieve an efficient treatment.

The most important parameter of all is the line of action of force, which in this case can be easily visualized by the spring itself.

The force magnitude will depend on the characteristics of the appliances we use. They can be springs, elastics, wires or any agent capable of applying a mechanical stimulus to the teeth.



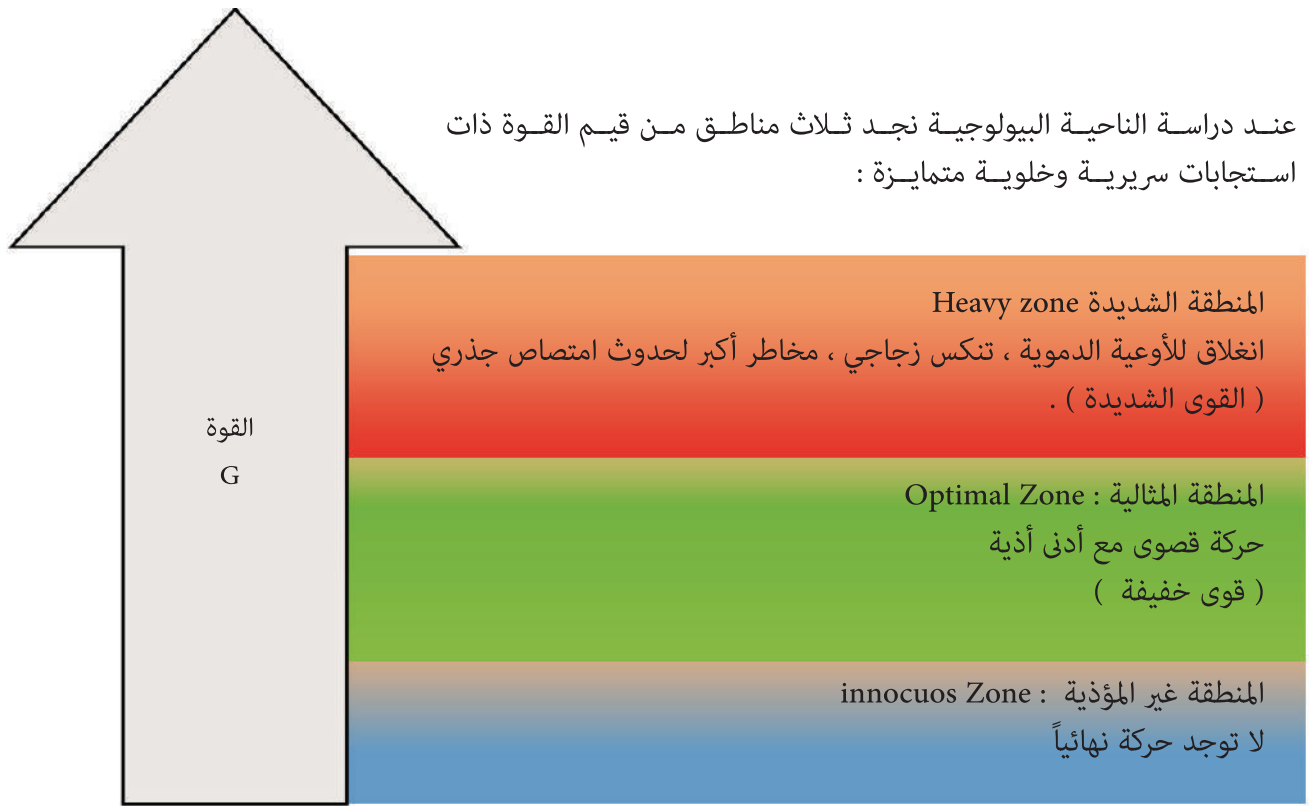
The point of application represents the point of contact of our appliance with the tooth to be moved. Whenever possible, this decision is made by the professional.



# Optimal force values

## قياس القوة المثالية

لقد تم اقتراح المفهوم الكلاسيكي للقوة المثالية من قبل Scharws في عام 1932 . عند وصف القوة المثالية فإن هذا يعني أنها القوة القادرة على تعديل ضغط النسيج بدون إغلاق الأوعية الدموية للرباط حول السني . بحسب تعريفه فإن القوى تحت هذا المستوى لن تقوم بتحفيز حدوث حركة سنية . في حين أن القوى التي تكون أعلى من هذا المستوى سوف تقوم بإثارة مناطق نخر نسيجي والتي سوف تعيق الحركة حتى يقوم الامتصاص المقوّض undermining resorption بإزالة النسيج المتضرر .



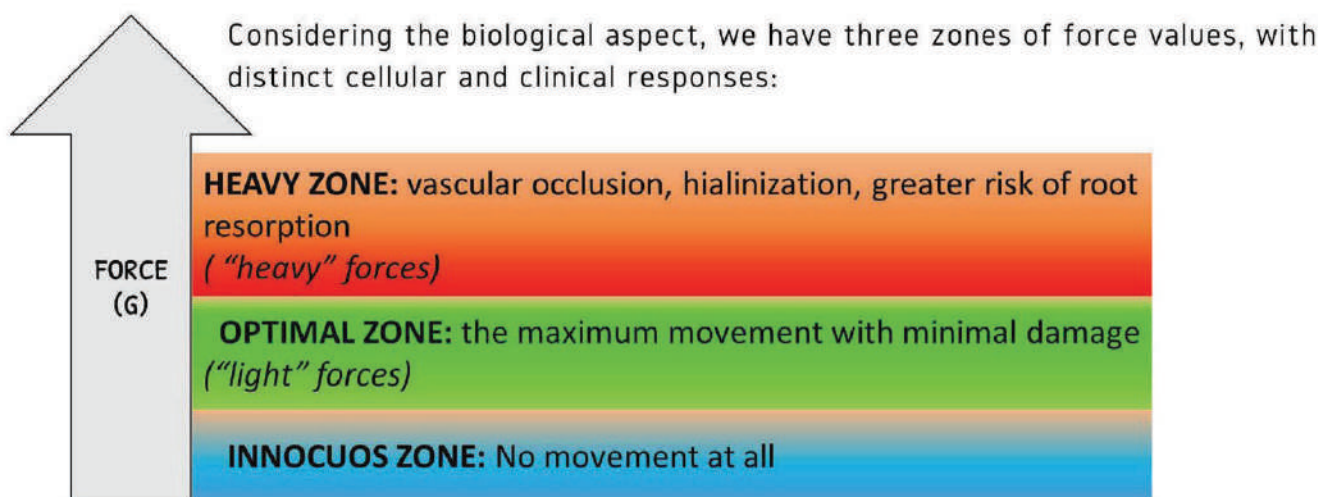
نظرياً يستخدم المصطلح خفيف ( light ) للقوى التي تكون ضمن مجال المنطقة المثالية . مع ذلك ، فإن من الصعب جداً أن نقوم بتحديد الاختلافات الرقيقة الحقيقية بين قوة خفيفة وشديدة في الممارسة السريرية . على سبيل المثال ، إذا قمنا بتطبيق قوة تُعتبر خفيفة مثل 25 غرام على سطح عظمي رباطي سنخي متجانس فإن هذه القوة من المحتمل أن لا تسبب الكثير من الأذى والتشوهات النسيجية ، واعتبارها لذلك السبب خفيفة من الناحية البيولوجية لكن إذا ما تم تطبيق نفس القوة على سطح عظمي رباطي غير نظامي وخشن ، على سبيل المثال فإن التشوهات النسيجية ستكون أكبر مما يؤدي إلى اعتبار هذه القوة شديدة في هذا الوضع .

# Optimal force values

## THE SEARCH FOR THE IDEAL FORCE

The classic concept of optimal force was proposed by Scharws in 1932, when describing that the optimal force would be the one capable of altering tissue pressure without occluding the blood vessels of the periodontal ligament.

According to him, forces below this level would not induce tooth movement, whereas forces above this level would provoke areas of tissue necrosis, which would hamper movement until undermining resorption removes necrotic tissues.



Theoretically, the term LIGHT is used for forces that are within the optimal zone range. However, it is very difficult to establish the real numerical differences between a light and a heavy force in the clinical practice. For example, if we apply a force considered light, such as 25g, in a smoother and homogeneous alveolar ligament-bone interface, this force will probably not cause much damage and tissue strains, being therefore considered LIGHT from the biological aspect. However, if this same force is applied in a more irregular and rough ligament-bone interface, for example, the tissue strains will be larger, leading this force to be considered HEAVY in this situation.



# Interindividual differences

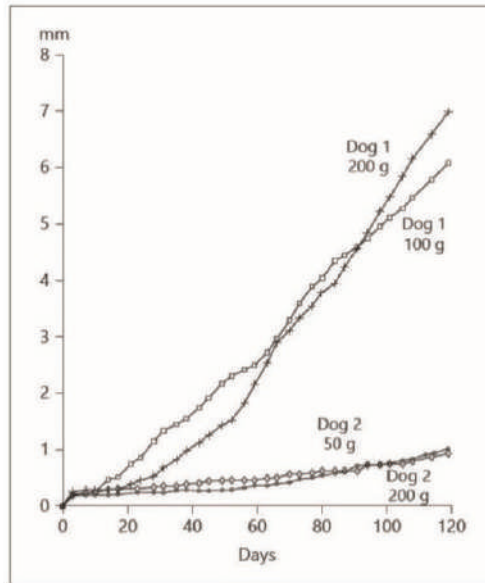
## الاختلافات الفردية

### OPTIMAL INTERINDIVIDUALIZED VALUES

## القيم الإفرادية المثالية

من الضروري أن نفهم أن أثر شدة القوة على استجابات النسيج يعتمد على عدد من العوامل مثل : نوع الحركة وحجم الجذر وشكله التشريحي وحالات النسيج الداعمة وعدد الخلايا الموضعية وقدرة الاستجابات الخلوية على التكيف مع هذه المثيرات والمنبهات . هذه هي العوامل الرئيسية التي تفسر الاختلافات الفردية الضخمة التي نشاهدها في الممارسة السريرية ، مثل الاستجابات الألمية المختلفة ، ودرجة الحركة ، وسرعة الحركة ومخاطر امتصاص الجذر .

إنَّ الاختلافات الفردية هي أكثر أهمية من شدة القوة . خذ على سبيل المثال هذه الدراسة التقليدية على الكلاب . لقد قام هذا البحث لتقييم تأثير شدات قوة متعددة عن مقدار الحركة السنوية :



في الكلب 1 لم تغير مضاعفة القوة مقدار الحركة . ( 100 g مقابل 200 g )

في الكلب 2 . الحركة السنوية التي حصلنا عليها كانت نفسها حتى مع زيادة شدة القوة 4 مرات ( 50 غرام مقابل 200 غرام ) .

لاحظ أيضاً في هذا المخطط الاختلاف الهائل في الحركة المشاهدة بين الكلب 1 والكلب 2 بشكلٍ مستقل عن القوة المطبقة .

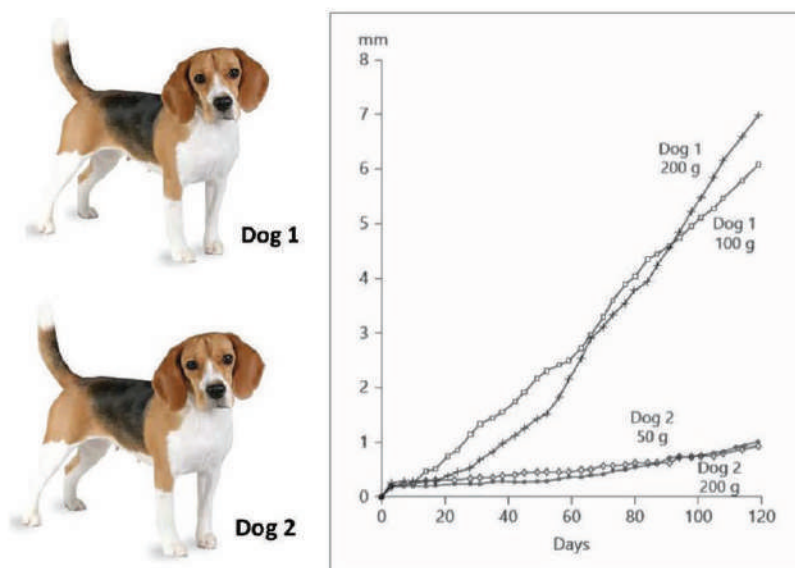
الاختلافات الفردية أكثر أهمية من شدة القوة .

# Interindividual differences

## OPTIMAL INDIVIDUALIZED VALUES

It is necessary to understand that the impact of force magnitude on tissue responses depends on a number of factors, such as type of movement, root size and morphology, support tissue conditions, local cell population, and the ability of cellular responses to adapt to these stimuli. These are the main factors that explain the enormous individual differences we observe in clinical practice, such as varied pain responses, degree of mobility, speed of movement and root resorption risks.

The interindividual differences are more important than the magnitude of the force. Take, for example, this classic study on dogs. This research\* evaluated the influence of several magnitudes of force on the amount of dental movement:



In dog 1, doubling the force did not change the amount of movement (100g vs. 200g).

In dog 2, the tooth movement obtained was the same even with the force being increased 4 times (50g vs. 200g).

Also notice in this graphic, the enormous difference of movement observed between dogs 1 and 2, independently of the intensity of the applied force.

*"The interindividual differences are more important than the magnitude of the force".*



# Force's line of action

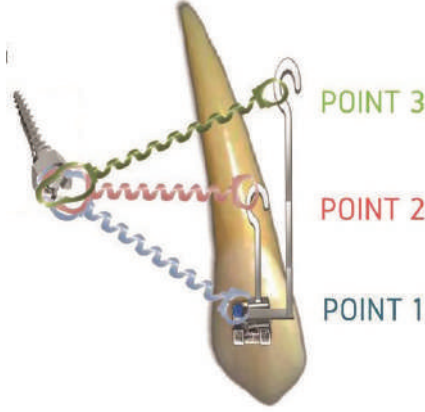
## حامل القوة ( خط تأثير القوة )

### THE SUPREMACY OF THIS PARAMETER

#### سيطرة هذا العامل

قال لي أحد العلماء الأخصائيين ذات مرة أنه يتعين على طبيب تقويم الأسنان أن يعمل بوصفه ( صياد خط تأثير القوة ) ، وفي واقع الأمر ، أعجبني هذا التشبيه للغاية نظراً لأن هذا هو ما نقوم به حقيقةً عندما نريد أن نحرز حركة سنية مضبوطة .

من أجل توقع حركة السن الناتجة لأي جهاز فإنَّ أحد أول الأسئلة التي يجب أن نطرحها على أنفسنا هي : ما هو خط تأثير القوة الذي سيحفز الحركة التي أريد تحقيقها ؟

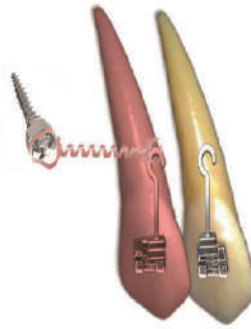


على سبيل المثال ، دعونا نفترض أننا اخترنا 3 ثلاث نقاط تطبيق مختلفة ، حيث تنشأ أيضاً ثلاث حوامل مختلفة للقوة في هذه الحالة الخاصة. هل تعتقد أنَّ الحركات الناتجة ستكون متشابهة ؟

الجواب طبعاً لا . باعتبار لدينا ثلاث حوامل قوة مختلفة في كل حالة ( ممثلة بالنوايض الأزرق والأحمر والأخضر ) يمكن أن نتوقع بالتأكيد ثلاث حركات سنية مختلفة بحسب حامل القوة الذي نختاره .



مع النابض الأزرق سنحصل على حركة إمالة حيث سيتحرك خلالها التاج أكثر من الجذر ، والسن سوف يخضع لغرز بسيط .



مع النابض الأحمر سيتحرك السن مع حدوث تغير أصغري بحدوده الدنيا لمحوره الطولي وبدون تغير كبير بالاتجاه العمودي .



مع النابض الأخضر سوف نتسبب بحدوث تزيغ خفيف وحركة جذرية أكبر .

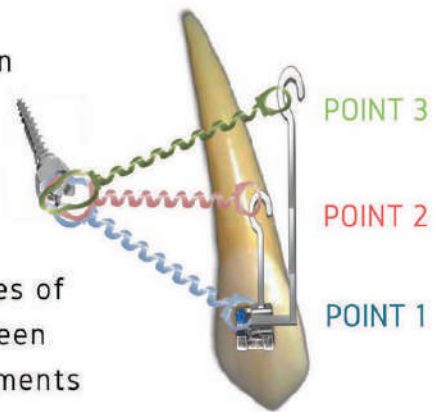
# Force's line of action

## THE SUPREMACY OF THIS PARAMETER

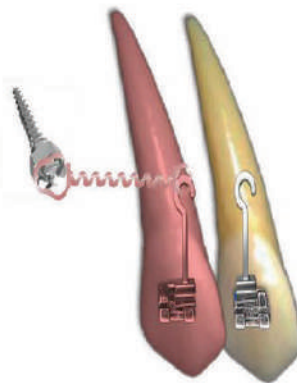
A professor once taught me that the orthodontist should act as a 'line of action hunter'. I really appreciated this analogy, because this is actually what we do whenever we want to perform a controlled tooth movement. In order to predict the resultant tooth movement of any appliance, one of the first questions we should ask ourselves is: which line of action would induce the movement I want to achieve?

For example, let's suppose we select 3 distinct application points, which also establish three different lines of force action in this particular case. Do you think the resulting movements would be similar?

The answer is obviously no. Since we have 3 different lines of force in each situation (represented by blue, red and green coils), we can certainly predict three distinct dental movements according to the chosen line of action.



With the blue coil, we would have a tipping movement in which the crown would move more than the root, and the tooth would undergo slight intrusion.



With the red coil, the tooth would move with minimal change of its long axis, and without significant change in the vertical direction.



With the green coil, we would cause slight extrusion, and greater root movement.

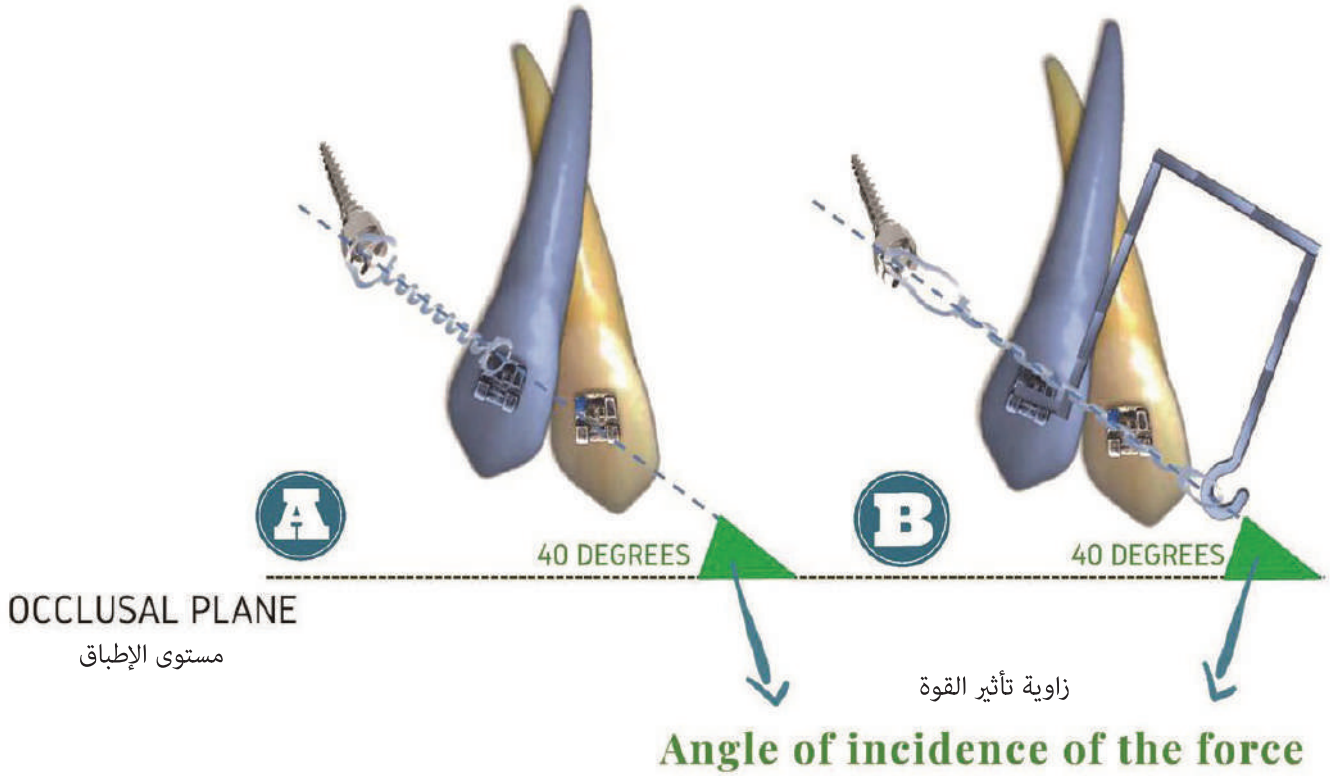


# The law of transmissibility

## قانون قابلية الانتقال

باختصار ، ينص قانون قابلية الانتقال على أنَّ نقاط التطبيق المختلفة على نفس حامل القوة سيحرّض بالضبط تماماً نفس التأثيرات .

على سبيل المثال ، لو أنك بدلاً من تركيب النابض مباشرة ضمن الحاصرة ( الشكل A ) قد قررت أن تبتكر تصميم جهاز لتطبيق قوة عند نقطة تقع إلى الأمام من النقطة السابقة ولكن على نفس حامل القوة ( الشكل B ) فإنَّ حركتك ستكون نفسها

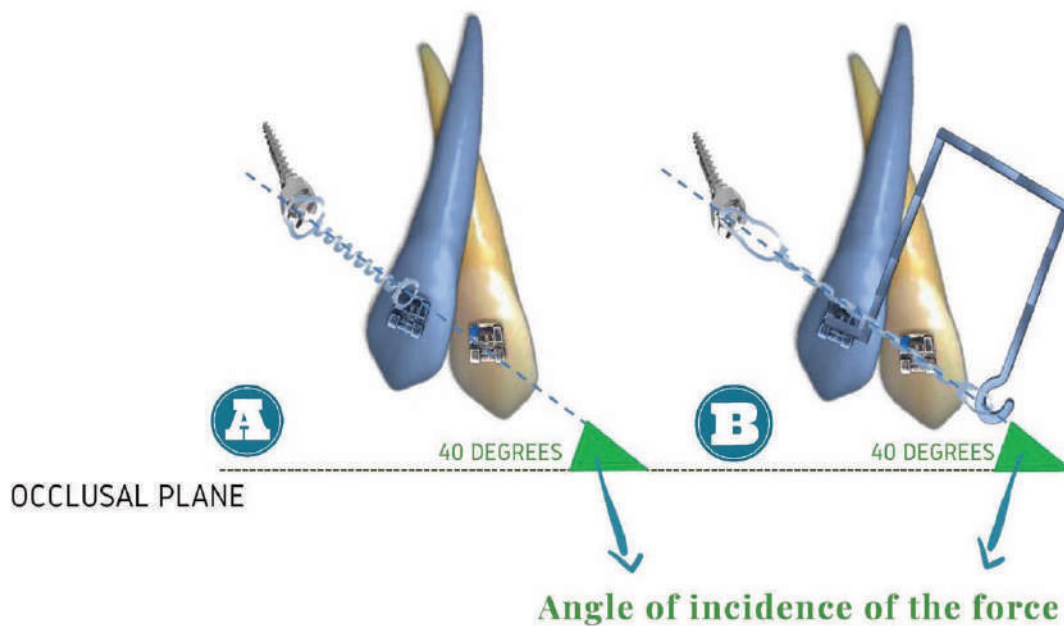


يمكن أن نقوم بتحليل ميلان حامل القوة بالنسبة إلى مستوى مرجعي معين . إذا كان مرجعنا هو مستوى الإطباق ، على سبيل المثال، فإننا سنشاهد أن حامل القوة يصنع زاوية 40 درجة بالنسبة له في كلا الحالتين A و B . يمكن تسمية هذه الزاوية باسم زاوية تأثير القوة .

# The law of transmissibility

In short, the law of transmissibility states that distinct points of application along the same line of action of force provoke exactly the same effects.

For example, if instead of inserting your spring directly into the bracket (Figure A), you decide to create an appliance configuration to apply the force at a point ahead the previous one, but in the same line of action (Figure B), your movement will essentially be the same.



We can analyze the inclination of the force's line of action in relation to some reference plane. If our reference is the occlusal plane, for example, we will see that the line of action of the force lies at 40 degrees of it in both situations A and B. This angle can be called the angle of incidence of the force.