

Étude expérimentale du comportement mécanique en flexion et en fatigue d'instruments endodontiques nouvelle génération

C. Gouedard^a, S. Petit^b, V. Chevalier^a, L. Pino^c et S. Arbab Chirani^c

^a IRDL – UBO/CHRU Brest ;

^b UBO/CHRU Brest ;

^c IRDL-ENIB ; France ; laurent.pino@enib.fr

Résumé :

Notre équipe associant mécaniciens et chirurgiens-dentistes, nous avons souhaité caractériser l'alliage et étudier le comportement mécanique d'instruments endodontiques grâce à des essais expérimentaux de DSC, de flexion et de fatigue.

Abstract :

Our team including mechanics researchers and dentists, we wanted to characterize the alloy of endodontic instruments and to study their mechanical behavior with experimental DSC tests, bending tests and fatigue tests.

Mots clefs : AMF, NiTi, Endodontie, DSC, Fatigue, Flexion, Caractérisation

1 Introduction

La propriété de superélasticité des alliages à mémoire de forme (AMF) fait qu'ils sont en mesure de récupérer intégralement leur forme initiale après une grande déformation (jusqu'à 8%), après arrêt des contraintes mécaniques [1].

Depuis une vingtaine d'années, cette propriété est utilisée en endodontie. Cette dernière est la discipline de l'odontologie qui concerne la prévention, le diagnostic et le traitement des maladies de la pulpe et des manifestations radiculaires associées. Le traitement endodontique peut se résumer en trois grandes étapes, qui sont l'aménagement des voies d'accès aux canaux radiculaires, leur préparation mécanique et chimique et enfin leur obturation ou remplissage. Aujourd'hui, la préparation canalair est de plus en plus réalisée avec des instruments en NiTi (Nickel-Titane) utilisés de façon mécanisée. Ces instruments en NiTi sont sans cesse améliorés. On peut ainsi observer des modifications au niveau de leurs géométries, des alliages utilisés, des traitements thermomécaniques qu'ils ont subis au cours de leur fabrication, mais aussi au niveau de leurs conditions d'utilisation. Ces changements visent à rendre les instruments endodontiques plus ergonomiques et plus fiables dans leur utilisation, notamment en réduisant leur tendance à la fracture. La connaissance du comportement mécanique des instruments disponibles sur le marché n'est pas une chose aisée ; ainsi, notre étude expérimentale porte sur plusieurs instruments endodontiques sur lesquels nous avons réalisé des tests de DSC (Differential Scanning Calorimetry), de flexion et de fatigue. Nous avons souhaité comparer le comportement

mécanique de trois instruments de même taille, tout en proposant un nouveau montage pour l'étude de la fatigue des instruments endodontiques.

2 Matériel et méthode

2.1 Instruments endodontiques

Trois instruments endodontiques de même diamètre et de même conicité (25 centièmes de millimètre et 6% de conicité) ont été sélectionnés pour cette étude :

- le ProTaper Next® (X2) de Dentsply-Maillefer : utilisé en endodontie au sein d'une séquence instrumentale, il possède une section de coupe rectangulaire et est constitué d'un alliage NiTi M-Wire;
- le RaCe® 25-6% de FKG : utilisé, lui aussi, au sein d'une séquence instrumentale, il bénéficierait d'un design limitant le vissage et d'un polissage électrochimique ;
- le F6Skytaper® de Komet : utilisé lui, à la différence des autres, comme mono-instrument, à usage unique, et possédant une section transversale en S.

Nous avons réalisé sur ces 3 instruments des essais de DSC, de fatigue et de flexion.

2.2 Essais de DSC

Ces essais ont permis d'identifier les températures caractéristiques de transition et, par conséquent, la phase du matériau à température ambiante et buccale.

La machine utilisée pour réaliser ces tests est une « DSC 2014 Polyma » fabriquée par Netzch (Selb, Allemagne). Elle permet d'atteindre des températures allant de -180°C à 600°C. Dans notre cas, les essais ont été réalisés entre -150°C (T.min) et 110°C (T.max) à une vitesse de 10°C par minute.

2.3 Essais de fatigue et de flexion

La machine utilisée lors de nos tests a été conçue et réalisée à l'IRDL. La partie « mécanique » est constituée d'un axe de rotation pouvant amener l'instrument à 400 tours par minute (vitesse des moteurs endodontiques). Cet axe est équipé d'un mors pour maintenir l'instrument. En face, se situe l'axe de flexion. Il se termine par une plateforme équipée d'une butée métallique présentant une encoche pouvant accueillir la pointe de l'instrument. La butée peut être ouverte (instrument libre: essais réalisés en flexion rotative, appelée ici fatigue) ou fermée (pointe instrumentale bloquée : essais en flexion). La distance entre le mors moteur et la plateforme de flexion est réglable, la position du centre de rotation également. Des couplomètres (Burster® du type 8625-4200, allant de 0,2 N.m à -0,2 N.m) viennent enregistrer les informations nécessaires au tracé des différentes courbes.

Nos tests en flexion répondent à la norme ISO 3630-1. L'instrument endodontique est placé dans la machine (mors moteur) et amené à un angle de 45°. Pour chaque type d'instrument, 3 essais étaient réalisés afin de vérifier la reproductibilité des résultats.

L'essai de fatigue cyclique que nous proposons consiste à mettre en rotation un instrument endodontique (400 tours/minute) en lui appliquant un angle (de 60° à 20°) et en mesurant le nombre de tours qu'il va effectuer avant de se fracturer.

3 Résultats

3.1 Résultats de DSC

Les résultats des DSC sont présentés à la figure 1.

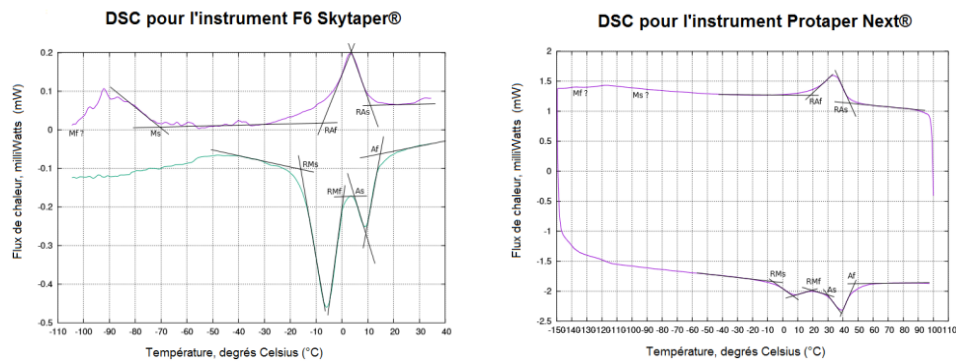


Fig 1. Courbes de DSC des instruments F6Skytaper® et ProTaper Next®

Au vu de ces résultats, il apparaît des différences significatives au niveau des matériaux utilisés pour chaque instrument. Ainsi, le ProTaper Next® est un outil en alliage NiTi de type M-Wire, qui contient de la R-phase à température ambiante, alors que le F6Skytaper® se trouve en phase austénitique à température ambiante. Les résultats de DSC de Race® ne sont malheureusement pas disponibles. Cependant, une étude récente indique que RaCe® est constitué d'un alliage NiTi austénitique à température ambiante, superélastique sous contrainte (Lopes et coll, 2016) [2].

3.2 Résultats de flexion

Après superposition de 3 courbes pour chaque instrument, la courbe moyenne a été retenue afin de superposer les résultats des différents instruments sur un même graphique et de comparer leurs flexibilités (figure 2).

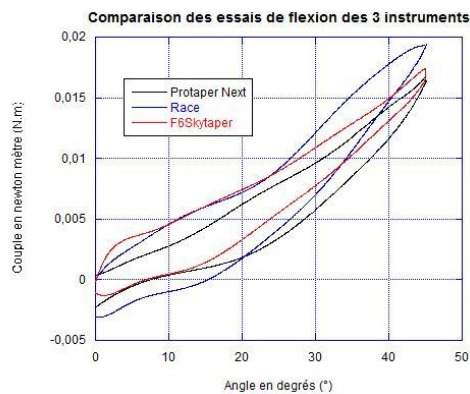


Fig 2. Comparaison des courbes de flexion des 3 instruments

Les instruments ont ainsi pu être classés du plus souple au plus rigide avec respectivement : ProTaper Next®, F6Skytaper® (dont les comportements en flexion sont très proches), puis RaCe®.

3.3 Résultats de fatigue

La superposition des courbes de fatigue de chaque instrument sur un même graphique nous a permis de comparer leur nombre de cycle avant rupture en fonction de l'angle (figure 3).

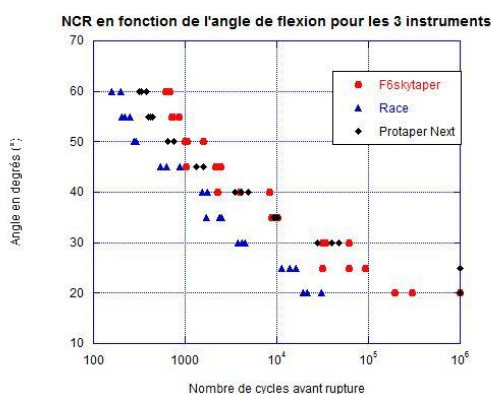


Fig 3. Nombres de cycles pour les 3 instruments

F6Skytaper® et ProTaper Next® montrent une très bonne résistance en fatigue alors que celle de RaCe® s'avère plus faible. F6Skytaper® est plus performant que ProTaper Next® pour les grands angles (60 à 45°), alors que ProTaper Next® tient mieux que F6Skytaper® pour les angles faibles.

4 Discussion

Nos essais de DSC ont permis de caractériser l'alliage des instruments à température ambiante, montrant que ProTaper Next® contient de la R-phase, contrairement aux deux autres instruments. Ces différences de matériau auront des conséquences au niveau du comportement mécanique [3].

Les essais de flexion ont permis d'établir un classement de la rigidité des instruments, montrant que RaCe® est nettement plus rigide que les deux autres instruments.

Nos essais en fatigue diffèrent des essais habituellement présentés dans la littérature. En effet ces derniers explorent souvent un ou deux angles seulement (60° ou 45°) et restent peu représentatifs de l'utilisation clinique des instruments. Nos essais, sur une large gamme d'angle (20 à 60°) permettent de se faire une idée plus complète du comportement mécanique en fatigue de ces derniers. De plus, nos résultats restent concordants avec la littérature [4]. Les différences retrouvées entre les différents instruments peuvent être expliquées par divers facteurs tels que la géométrie, l'alliage, l'état de surface... même s'il reste difficile de déterminer l'importance de chacun. Cependant, l'alliage M-Wire du ProTaper Next® semble intéressant car associé aux meilleurs résultats en fatigue. De même, un état de surface plus lisse est observé (en microscopie optique) sur le F6Skytaper®, qui présente également une très bonne résistance à la fatigue, malgré un alliage austénitique.

5 Conclusion

Ces essais de fatigue et de flexion restent longs et coûteux à réaliser au laboratoire et mettent en évidence les avantages que pourraient procurer les nouvelles méthodes dites numériques de prédiction de la rupture en fatigue. Celles-ci reposent sur le développement de modèles et permettent de se dispenser, ou au moins de limiter, les essais expérimentaux. Notre étude expérimentale a été réalisée avec une volonté de servir de base d'essais expérimentaux à confronter avec de futurs essais numériques de prédiction de la rupture en fatigue cyclique.

Références

- [1] Otsuka K, Wayman C-M.
Shape Memory Materials.
2nd edition Cambridge, England: Cambridge University Press (1999)
- [2] Lopes HP, Lopes WSP, Viera VTL, Elias CN, Cunha RS.
Evaluation of the Flexibility, Cyclic Fatigue, and Torsional Resistance of Rotary Endodontic Files Made of Different Nickel-Titanium Alloys.
Int J Dentistry Oral Sci, 2016; S8:001, 1-5.
- [3] Pereira ES, Gomes RO, Leroy AM, Singh R, Peters OA, Bahia MG, Bueno VT.
Mechanical behavior of M-Wire and conventional NiTi wire used to manufacture rotary endodontic instruments.
Dent Mater, 2013; 29(12):e318-24
- [4] Aminsobhani M, Merji N, Sadri E.
Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of Five Nickel Titanium Rotary File Systems with Different Manufacturing Techniques.
J Dent (Tehran). 2015 Sep;12(9):636-46.