

NOTE TECHNIQUE

Charles A. Linch,¹ BS

L'ultrastructure des tissus attachés à Racines de cheveux télogènes

RÉSUMÉ : La plupart des tissus rencontrés dans les laboratoires de biologie médico-légale ont déjà été caractérisés par microscopie électronique en raison de leur importance médicale. Les cellules anagènes de la racine des cheveux, les cellules épithéliales, les érythrocytes, les neutrophiles, les ostéocytes et les spermatozoïdes ont fait l'objet d'une attention considérable de la recherche au niveau ultrastructural. Il n'existe aucune littérature indiquant que les cellules attachées aux racines des cheveux télogènes retirés ont été caractérisées par microscopie électronique à transmission. Néanmoins, les poils télogènes sont un élément de soumission fréquent aux laboratoires médico-légaux pour le typage ADN. La quantité de tissu attaché à une racine de cheveux télogène détermine généralement si ces cheveux conviennent aux méthodes de typage de l'ADN nucléaire ou aux méthodes de typage de l'ADN mitochondrial. Cette étude a utilisé la microscopie électronique à transmission et à balayage pour caractériser les tissus trouvés dans trois formes de racines de cheveux télogènes courantes. Les tissus se sont avérés être constitués de follicule restant kératinisé, de cellules épithéliales non nucléées, de cellules épithéliales nucléées et de kératine trichilemmale. Ces résultats étaient cohérents avec les principes connus de la régression du follicule pileux. La reconnaissance des structures racinaires qui contiennent ces types de tissus spécifiques peut aider au typage ADN des poils télogènes dans la mesure où la qualité des tissus présents peut être plus importante que les quantités de tissus présents.

MOTS-CLÉS : science médico-légale, typage ADN capillaire, télogène, microscopie électronique, histologie capillaire, ultrastructure capillaire

La difficulté et le succès du typage télogène de l'ADN des racines des cheveux ont fait l'objet de nombreux rapports médico-légaux (1–5). La morphologie de la racine des cheveux du télogène peut être assez variable et est généralement prédictive de l'aptitude d'un cheveu à un typage d'ADN nucléaire hautement discriminant ou à une analyse de séquence d'ADN mitochondrial (6). L'ultrastructure du bulbe pileux anagène et de la racine de la massue télogène a déjà été rapportée, mais la structure fine du tissu adhérent à une massue télogène ne l'a pas été (6). C'est généralement la quantité de certains tissus attachés à la racine télogène qui détermine le succès de l'analyse de l'ADN nucléaire pour ce type de cheveux. Ce rapport examine le contenu du matériel attaché aux racines des massues télogènes avec la microscopie électronique pour déterminer quels tissus présents sur une racine télogène peuvent être les plus appropriés pour le typage de l'ADN nucléaire.

Méthodes

Microscopie électronique à transmission (TEM)

Les poils caucasiens de la tête, de la poitrine et du pubis ont été obtenus par épilation. Après criblage avec un stéréomicroscope, les cheveux avec des racines télogènes ont été immergés dans une solution fixative de 3% de paraformaldehyde, 1,5% de glutaraldéhyde dans un tampon phosphate et postfixés dans 1% de tétroxyde d'osmium. Les racines des cheveux ont été déshydratées dans une série d'alcools et l'oxyde de propylène a été utilisé comme fluide de transition avant l'enrobage dans une résine époxy à 100 %. Les racines avec une partie de la tige pileuse attachée ont été orientées pour une coupe horizontale dans les blocs de résine avant la polymérisation pendant la nuit à 60°C. Les racines des cheveux ont été sectionnées à 85–90 nanomètres et colorées avec 4% d'acétate d'uranyle et de citrate de plomb avant l'examen avec un microscope électronique à transmission Hitachi H-7650 (Hitachi High Tech nologies America, Inc., Pleasanton, CA).

Microscopie électronique à balayage (MEB)

Des tiges de cheveux avec des racines télogènes décrites précédemment ont été montées sur des talons en aluminium, pulvérisées recouvertes d'or et examinées avec un microscope électronique à balayage Hitachi S-3400N.

Résultats et discussion

Trois formes principales de massues télogènes peuvent être trouvées dans les dossiers et elles peuvent être très variables dans la quantité de tissu attachée à la massue. Les massues télogènes sans tissu (Fig. 1), les racines télogènes avec des massues élargies qui ont un mamelon à l'extrémité (Fig. 2) et les massues télogènes avec des tissus supérieurs ou inférieurs au club (Fig. 3) sont les plus fréquemment variantes vues. La structure fine du club télogène élargi est la plus complexe.

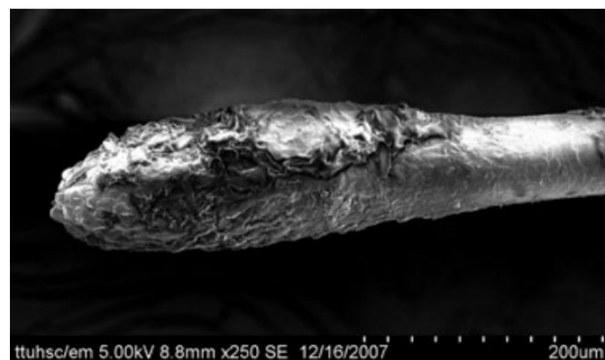


FIGURE 1—Racine télogène des cheveux de la tête sans tissu attaché. Type de racine adapté au typage de l'ADN mitochondrial. Les tissus absents des racines télogènes ressemblent à des cotons-tiges lorsqu'ils sont observés en stéréomicroscopie, car la tige de kératine dure est droite et la racine du club apparaît blanche en raison de la réflexion de la lumière de la kératine non pigmentée. Ces types de poils sont souvent appelés "coups". Les cheveux de cette photographie ont été "épilés". (SEM 250·.)

¹Texas Tech University Health Sciences Center, Department of Cell Biology and Biochemistry, 3601 4th Street, Room BC 200, Lubbock, TX 79430.

Reçu le 21 décembre 2007 ; et sous forme révisée le 8 mars 2008 ; accepté le 29 mars 2008.



FIGURE. 2—Racine télogène des poils pubiens avec tissu et mamelon attachés apparents. Les coupes transversales TEM d'une structure de mamelon (à droite) peuvent être trouvées sur les Fig. 7 et 8. Des coupes transversales TEM de tissu attaché à un club peuvent être trouvées dans les Figs. 5 et 6. SEM (grossissement original 230·).

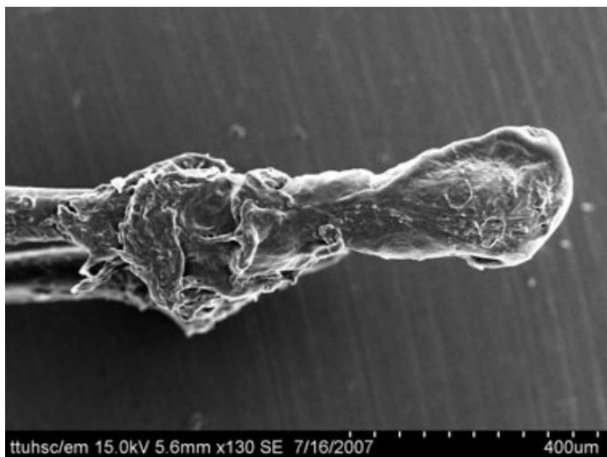


FIGURE. 3—Racine télogène du poil pubien avec suffisamment de tissu attaché pour le typage de l'ADN nucléaire. La plupart des tissus sont supérieurs (à gauche) au club. TEM de ce type de masse tissulaire peut être trouvé dans les Fig. 9 et 10. SEM (grossissement original 130·).

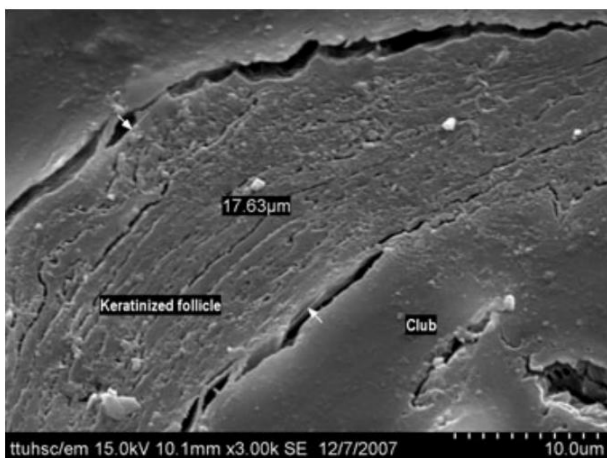


FIGURE. 4—coupe horizontale à travers le club de racine de cheveux télogène. Le follicule kératinisé a une épaisseur de 17,63 microns. Cela ajouterait environ 36 microns au diamètre de cette racine de massue. Le club de kératine trichilemmique est en bas à droite. SEM (grossissement original 3000·).

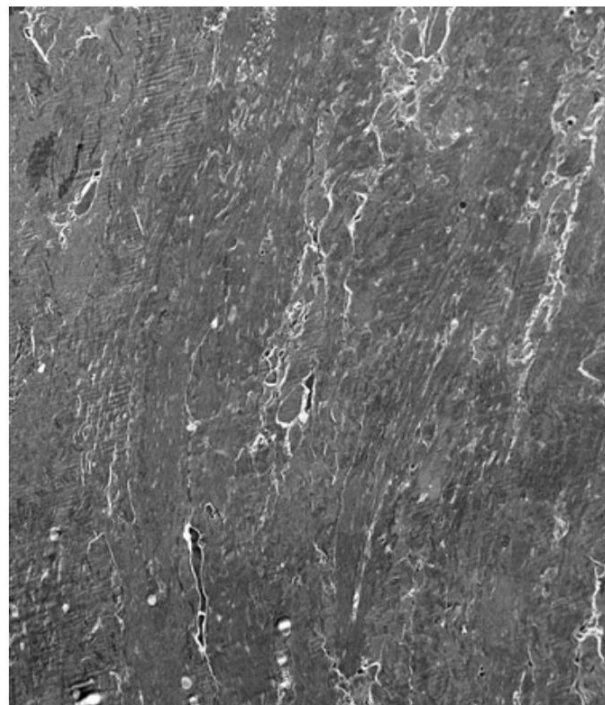


FIGURE. 5—follicule kératinisé entourant le club télogène. Le club n'est pas représenté. TEM (grossissement original 1000·).

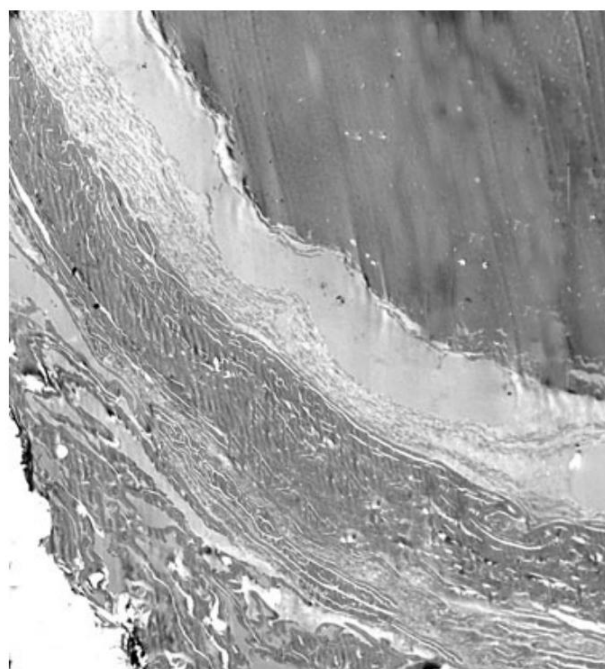


FIGURE. 6—coupe horizontale à travers un club de racine de cheveux télogène avec tissu attaché. Le club de kératine trichilemmique est en haut à droite. TEM (grossissement original 700·).

L'examen de coupes horizontales à travers des massues télogènes agrandies montre que des anneaux concentriques de matière kératinisée et non nucléée entourant la massue sont responsables de l'aspect plus large de ces racines (Figs. 4 et 5). Les couches de cellules viables habituelles du follicule (7-10) n'étaient pas discernables, mais les anneaux étaient clairement



FIGURE. 7—section horizontale à travers le mamelon du club. Voir Fig. 2. Le bord extérieur du mamelon est illustré. TEM (grossissement original 12 000 \times).

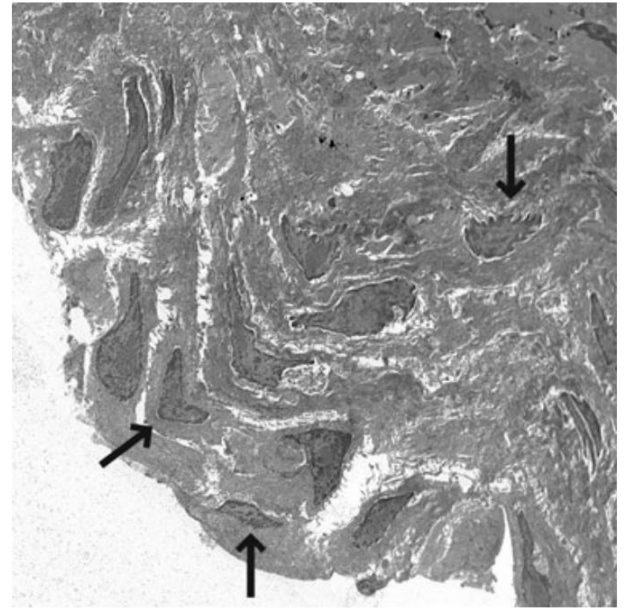


FIGURE. 9—Coupe horizontale d'une masse tissulaire supérieure à la massue. Voir Fig. 3. De nombreux noyaux indiqués par des flèches. TEM (grossissement original 1000 \times).

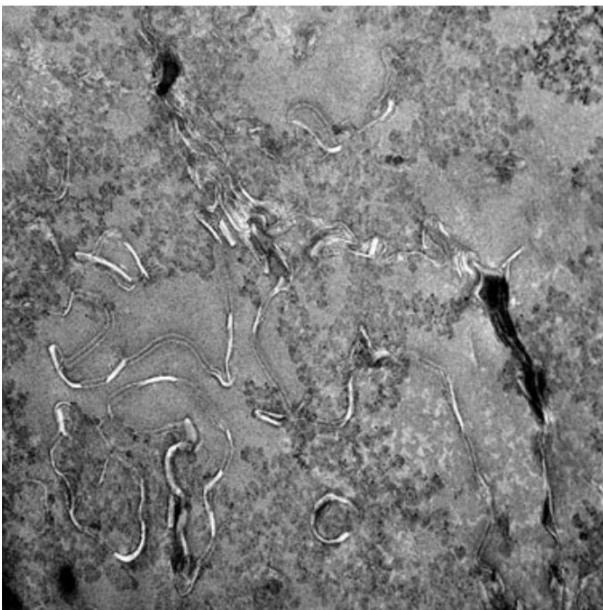


FIGURE. 8—section horizontale à travers le mamelon du club. Le centre du mamelon est montré. TEM (grossissement original 10 000 \times).

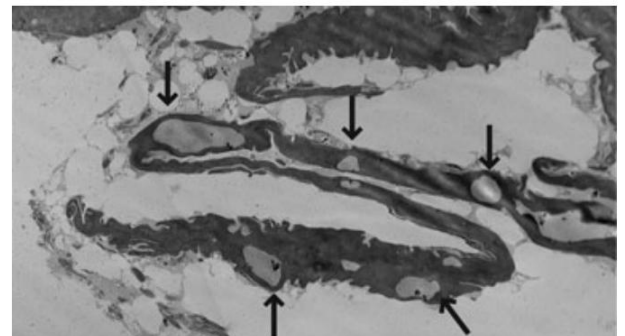


FIGURE. 10—Coupe horizontale d'une masse tissulaire supérieure à la massue. Cellules épithéliales kératinisées non nucléées ressemblant à la couche cornée de la surface de la peau. Des granules de trichohyaline proéminents indiqués par des flèches peuvent être vus. Les granules de trichohyaline signalent généralement une kératinisation imminente. TEM (grossissement original 2500 \times).

différentes les unes des autres, comme le montre la figure 6. Les couches bien définies, bien que kératinisées, correspondent aux couches du follicule pileux. L'aspect homogène et amorphe du club kératinique du trichilem mal est reconnaissable au centre des anneaux concentriques. Un examen de la biologie du follicule explique l'attachement des couches concentriques kératinisées du follicule restant au club télogène (7–10).

Le follicule pileux est constitué de plusieurs couches concentriques de types de cellules coopérantes qui soutiennent et maintiennent le fil de croissance des protéines que nous reconnaissons comme des cheveux. En général, les nombreuses couches différenciées du follicule peuvent être classées dans la gaine interne de la racine (suite

à la cuticule de la tige pileuse), la gaine externe de la racine et la gaine dermique (8). Pendant la phase catagène, ou phase de régression, la gaine interne de la racine se désintègre complètement par apoptose et le club télogène se forme dans le follicule pileux supérieur près du niveau du conduit de la glande sébacée. La première couche de la gaine racinaire interne du follicule est une cuticule qui ancre le cheveu en s'emboîtant de manière opposée à la cuticule de la tige pileuse. Les couches de cellules nucléées de la gaine interne de la racine après la cuticule sont respectivement la couche de Huxley et la couche de Henle. La couche de Henle se kératinise en premier et apparaît sous forme d'ondulations en coupe horizontale pendant le catagène (10). La cuticule de la gaine interne de la racine se kératinise ensuite et la gaine interne de la racine finit par s'effriter et est remplacée par la kératine trichilemmique qui est formée par la gaine externe de la racine (8). Ainsi, la gaine radulaire interne se transforme en une substance d'ancrage dans la moitié supérieure du follicule inférieur (8). Les couches internes de la gaine racinaire sont suivies de couches cellulaires concentriques supplémentaires qui comprennent une couche compagne, une gaine racinaire externe et un follicule de tissu conjonctif (gaine dermique) (7). Il semble que le tissu entourant la massue de la racine des cheveux (Fig. 6) est un

combinaison de kératine trichilemmique de la gaine racinaire interne, de la gaine racinaire externe et d'éléments folliculaires dermiques qui se sont cornifiés et rétrécis jusqu'à la massue racinaire à l'intérieur de la capsule épithéliale pour former le trichilemme.

Les massues télogènes des racines des cheveux se trouvent fréquemment avec un mamelon de tissu à l'extrémité (Fig. 2). La TEM de coupes horizontales de ces mamelons a montré qu'ils étaient constitués de kératine trichilemmique (Figs. 7 et 8). Encore une fois, pendant le catagène, la tige et le bulbe de la racine du poil sont digérés par apoptose, laissant le follicule inférieur se rétrécir et se cornifier, le mamelon représentant le niveau le plus bas de follicule résiduel visible. Le mamelon est donc principalement composé du follicule de tissu conjonctif de la gaine externe de la racine. Aucun noyau n'a été observé dans les structures du mamelon ou dans la structure trichilemmique décrite précédemment autour du club au cours de ces examens.

La structure finale de la variante racinaire télogène examinée dans cette étude était le type avec une masse tissulaire supérieure ou inférieure à la massue racinaire. La masse tissulaire illustrée à la Fig. 3 est principalement supérieure à la massue radiculaire, bien qu'une quantité moindre puisse être observée autour et inférieure à la massue. Au-dessus du club de la racine des cheveux et de la glande sébacée du follicule télogène, il y a des cellules ressemblant à la couche cornée recouvrant les cellules épineuses (9). La masse tissulaire dans cette étude s'est avérée être constituée de cellules épidermiques nucléées (Fig. 9) et non nucléées (Fig. 10) compatibles avec les types de cellules trouvées au-dessus du niveau du club télogène dans la peau. Les cellules de la masse tissulaire proviennent très probablement des couches supérieures de la gaine externe de la racine et de la gaine dermique qui restent continues

ous avec l'épiderme de surface de la peau (8). Lorsqu'un poil télogène est retiré de la peau, ce tissu mou peut glisser et se retrouver à divers endroits sur la tige/racine du poil extrudé. Un cheveu est considéré

ered par les dermatologues comme étant en phase télogène si le club de kératine trichilemmique est formé, quelle que soit la quantité de tissu mou qui peut y être attaché (8).

Les cheveux sont les seules structures du corps humain qui se régénèrent complètement. La complexité de l'ultrastructure racinaire télogène reflète la multitude de changements cellulaires qui se produisent pour rendre une telle régénération possible. De nombreux types de cellules et types de tissus restants différents ont été identifiés dans cette étude. On aurait

attendez-vous à ce que les racines des cheveux télogènes avec des tissus supérieurs ou inférieurs (à l'exclusion des structures du mamelon) au club soient les plus appropriées pour le typage de l'ADN nucléaire, car ces cellules ont leur origine dans la gaine externe supérieure de la racine et la gaine dermique. Ces zones du follicule sont insensibles aux changements apoptotiques de kératinisation qui se produisent pendant la phase catagène.

Références

1. Hellmann A, Rohleder U, Schmitter H, Wittig M. STR typage des poils télogènes humains - une nouvelle approche. *Int J Legal Med* 2001;114(4-5):269-73.
2. Melton T, Dimick G, Higgins B, Lindstrom L, Nelson K. Analyse médico-légale de l'ADN mitochondrial de 691 poils de cas. *J Forensic Sci* 2005;50(1):73-80.
3. McNevin D, Wilson-Wilde L, Robertson J, Kyd J, Lennard C. Génomotypage court tan dem repeat (STR) des cheveux kératinisés. Partie 2. Une procédure d'extraction d'ADN génomique optimisée révèle la dépendance des donneurs des profils STR. *Forensic Sci Int* 2005;153(2-3):247-59.
4. Bender K, Schneider PM. Validation et tests de cas du Bio Plex-11 pour le typage STR des racines de cheveux télogènes. *Forensic Sci Int* 2006;161(1):52-9.
5. Miller K, Klein R, Miltner E, Wiegand P. Amélioration du typage STR de l'ADN de la racine des cheveux et de la tige des cheveux télogènes. *Électrophorèse* 2007;28(16):2835-42.
6. Linch CA, Smith SL, Prahlow JA. Évaluation de la racine du cheveu humain pour le typage ADN suite à une comparaison microscopique. *J Forensic Sci* 1998;43(2):305-14.
7. Follicule pileux Morioka K. ; différenciation au microscope électronique ; et atlas. Tokyo : Springer Verlag, 2005.
8. Merlan DA. La structure du follicule pileux humain, microscopie optique de coupes verticales et horizontales de biopsies du cuir chevelu. New Jersey: Can field Publishing, 2004.
9. Montagna W, Kligman AM, Carlisle KS. Atlas de la peau normale. New York : Springer-Verlag, 1992.
10. Zelikson AS. Ultrastructure de la peau normale et anormale. Crème Philadelphia: Léa et Febiger, 1967.

Informations supplémentaires et demandes de réimpression : Charles A. Linch, BS
Texas Tech University Health Sciences Center 3601 4th
Street STOP 9042 Rm BC 200 Lubbock, TX 79430-9042
Courriel : Charlie.Linch@ttuhsc.edu