

АНИЗОТРОПИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕНТИНА И ЭМАЛИ ЗУБОВ ЧЕЛОВЕКА

Зайцев Д.В., Панфилов П.Е.

Уральский Федеральный университет, Екатеринбург, Россия
dmitry.zaytsev@urfu.ru

На сегодняшний день одним из направлений разработки новых материалов с высокими эксплуатационными свойствами является копирование микроструктуры природных композитов - биомиметика. Для этого необходимо изучить механизмы деформации и разрушения таких материалов с позиции их микроструктуры. Эмаль и дентин зубов человека являются примером таких тканей. Они обладают высокими прочностными свойствами, что позволяет им функционировать в течении всего жизненного цикла человека под действием нагрузок и агрессивной среды полости рта. Несмотря на свою высокоориентированную микроструктуру их механические свойства, как правило рассматривают, как изотропные. Данное обстоятельство связано с тем, что в объемных образцах для сжатия, изгиба или растяжения, ориентировка эмалевых стержней или дентинных каналов не однородна. Испытания на сдвиг позволяют прикладывать напряжения к плоскости, где эти структурные элементы будут иметь одинаковую ориентировку. Определение вклада этих структурных единиц позволит понять механизмы деформации в дентине и эмали человека.

С этой целью были проведены механические испытания образцов из эмали и дентина человека на сдвиг в трех направлениях (1 - дентинные каналы и эмалевые стержни лежат в плоскости сдвига и ориентированы перпендикулярно направлению нагружения; 2 - они лежат в плоскости сдвига и ориентированы параллельно направлению нагружения; 3 - они ориентированы перпендикулярно, как плоскости сдвига, так и направлению нагружения) Испытания проводили на Shimadzu AG-X 50kN. Поверхности изломов изучали при помощи сканирующего микроскопа JEM 6390 LV.

Механические свойства образцов дентина из первой и второй группы были подобными: $G_1=0,56\pm0,08$ ГПа и $G_2=0,64\pm0,15$ ГПа; $\sigma_{в1}=64,0\pm3,1$ МПа и $\sigma_{в2}=70,2\pm4,1$ МПа; $\delta_1=30,2\pm2,2\%$ и $\delta_2=30,7\pm2,2\%$. Ход деформационной кривой третьей группы образцов совпадал с ходом кривых образцов из первой и второй группы до $\delta_3=16,9\pm1,3\%$, после чего образцы разрушались ($G_3=0,58\pm0,05$ ГПа и $\sigma_{в3}=42,1\pm2,3$ МПа). Поэтому анизотропию механических свойств дентина можно не учитывать до ~17% деформации, а направление перпендикулярное дентинным каналам является слабым. Следовательно, дентинные каналы не влияют на деформационное поведение до 17% и поведение дентина определяется элементами на микроскопическом уровне, тогда как дентинные каналы начинают деформироваться после 17%. Анизотропия в эмали более значительна и ее можно не учитывать только до деформации ~5%. $G_1=0,76\pm0,17$ ГПа, $G_2=1,16\pm0,29$ ГПа и $G_3=0,90\pm0,29$ ГПа; $\sigma_{в1}=38,4\pm1,3$ МПа, $\sigma_{в2}=45,9\pm0,8$ МПа и $\sigma_{в3}=146,7\pm5,7$ МПа; $\delta_1=9,9\pm0,5\%$, $\delta_2=7,2\pm1,0\%$ и $\delta_3=51,1\pm3,5\%$. Плоскость перпендикулярная эмалевым стержням является направлением с большим сопротивлением разрушения, что подтверждается характером роста трещины, которая распространяется вдоль эмалевых призм, но никогда поперек.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-31691 мол_a