

Micro CT 应用于犬即刻种植即刻加载后 种植体-骨界面骨结合的研究

张亨国 刘向辉 孙卫革 张 磊 沈 彬 叶长林

摘要 目的 应用 Micro CT 对即刻种植即刻加载后种植体-骨界面骨结合情况进行研究。方法 4 只 Beagle 犬, 拔除其双侧下颌第 3、4 前磨牙, 在相应的拔牙窝选择最佳位置即刻植入 DIO 种植体(直径 3.8 mm, 长度 10.0 mm) 各 1 颗, 同期连接基台(直径 3.8 mm, 长度 6.0 mm)。术后 24 h 内采用种植体垂直加载仪进行垂直加载, 将每只犬下颌的 4 枚种植体按照加载力的不同分为: 对照组(不加载)、加载 5、10、15 N 组, 加载频率为 2 Hz, 加载时间为每天 15 min。开始加载后第 4、8 周后各处死 2 只 Beagle 犬, 制作离体犬下颌骨标本并用 Micro CT 扫描, 以 CTAn 软件分析扫描后图像, 取与种植体相邻的感兴趣区行骨密度(BMD)及骨计量学分析。结果 ① 加载 4 周时, 加载 10 N 组与加载 5、15 N 组以及对照组在 BMD、骨小梁数目、厚度、形态等方面差异均有统计学意义($P < 0.05$)。② 加载 8 周时, 加载 10 N 组与加载 5、15 N 组以及对照组在骨小梁数目、厚度、形态等方面差异均有统计学意义($P < 0.05$)。③ 加载 8 周时, 在骨小梁数目、厚度、形态等方面, 加载 15 N 组与加载 5、10 N 组及对照组差异均有统计学意义($P < 0.05$)。结论 应用 Micro CT 对种植体-骨界面新生骨骨小梁情况进行分析, 客观地对不同加载时期不同加载项下种植体-骨界面骨结合情况进行了评估, 为牙即刻种植术及术后即刻加载提供了理论依据。

关键词 Micro CT; 即刻种植; 即刻加载; 种植体骨界面; 骨结合

中图分类号 R 783.4; R 318.01; R 364.3

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2014)04-0455-05

Branemark et al^[1]提出的经典种植理论认为: 种植体在良好的初始稳定性基础上, 必须要有至少 3 个月的无干扰无负载愈合期, 以达到理想的骨结合。随着即刻种植即刻负载理论应用于口腔临床中, 避免了患者漫长的无牙等待过程以及二次手术带来的不便。该研究基于 Micro CT 扫描及相应三维重建

软件对不同加载载荷及不同加载时期骨密度(bone mineral density, BMD)、骨小梁等情况进行分析计算, 了解不同加载力作用下, 不同加载期骨结合的情况, 为即刻种植术及术后即刻加载提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验动物 4 只成年雄性 Beagle 犬, 体重(15.0 ± 0.5) kg, 全身及口腔无疾病, 由南京军区南京总医院比较医学中心提供。

1.1.2 种植系统及主要实验设备 韩国 DIO 种植系统种植体(3.8 mm × 10.0 mm)及基台(3.8 mm × 6.0 mm)、种植体垂直加载仪(加载频率 2 Hz, 载荷 5 ~ 50 N)由长安集团力学实验室制作; Micro CT (SkyScan1176, 比利时 SkyScan 公司)。

1.2 方法

1.2.1 种植体即刻种植手术及术后垂直即刻加载

术前给予实验犬肌注氯胺酮 0.5 mg/kg、阿托品 0.3 mg/kg、地西洋 0.3 mg/kg 复合麻醉, 术中以丙泊酚静脉滴注控制麻醉深度, 确保实验犬可自主呼吸。全麻生效后, 微创拔除实验犬双侧下颌第 3、4 前磨牙, 逐级预备种植体窝洞, 预备中及预备完成后以 0.9% 生理盐水反复冲洗窝洞, 将 DIO 种植体植入预备好的窝洞中, 所有种植体植入扭矩均在 35 ~ 55 N · cm。每只犬左右下颌分别植入 2 枚种植体, 加载项种植体安放直径 3.8 mm, 长度 6.0 mm 的基台, 不加载项安放愈合螺丝。4 只犬共计植入 16 枚种植体及 12 枚配套基台。将每只犬下颌的 4 枚种植体按照加载力的不同分为: 对照组(不加载)(左下颌第 4 前磨牙)、加载 5 N 组(右下颌第 4 前磨牙)、加载 10 N 组(右下颌第 3 前磨牙)、加载 15 N 组(左下颌第 3 前磨牙), 常规缝合种植创口。术后即开始给予实验犬流质饮食。术后 24 h 开始加载, 每天 1 次。每天加载前肌注氯胺酮 0.5 mg/kg、阿托品 0.3 mg/kg、地西洋 0.3 mg/kg 复合麻醉, 待麻醉生效后, 先检查每颗种植体的稳定情况, 然后以 1 : 5 000 洗必泰液冲洗实验犬口腔(同时使用吸唾

2014-01-25 接收

基金项目: 2012 年度南京军区医学科技创新课题项目面上 A 类(编号: 12MA040)

作者单位: 安徽医科大学解放军八一临床学院(中国人民解放军第八一医院)口腔科, 南京 210002

作者简介: 张亨国, 男, 硕士研究生;

刘向辉, 男, 教授, 主任医师, 硕士生导师, 责任作者, E-mail: njbyliuxh864234@sina.com

器及时吸出,保证实验犬呼吸顺畅),最后固定其下颌于加载仪加载台上,以 2 Hz 频率保持垂直于种植体基台加载,加载载荷分别为 5、10、15 N,每次加载 15 min。

1.2.2 离体下颌体标本的制备及大体观察 即刻种植术后即刻加载开始后的第 4、8 周分别处死 2 只实验犬,考虑 Micro CT 机仓直径 6.8 cm,长度为 20.0 cm,以无菌骨锯自下颌角位置锯开实验犬下颌骨,完整取出下颌体并立即置入 10% 甲醛溶液中 4℃ 冰箱内固定 48 h 后,先进行大体观察。

1.2.3 Micro CT 扫描离体下颌骨 标本经 Micro CT 对离体下颌骨进行扫描,扫描电压为 80 kV,电流 313 μ A,分辨率 17.76 μ m \times 17.76 μ m \times 17.76 μ m,扫描层厚 17.76 μ m,相机像素大小 12.59 μ m,每次旋转角度为 0.5°,共旋转 180°,单个标本扫描时间约为 920 s,得到图片约 900 张。

1.2.4 NRecon 三维重建及感兴趣体积 (volume of interest, VOI) 设定 根据 Micro CT 扫描后得到的图片,使用 NRecon 软件三维重建逐个标本中每枚种植体所在区段,重建单个区段耗时约 50 min,得到图片约 400 张。以 CTAn 软件将重建后的图像进行分析,挑选出种植体钛金属干扰弱扫描影像较好的图像区段,实验统一设定连续 5 张图像为目标区段,每张图像层厚为 17.76 μ m,即总层厚为 88.8 μ m。DIO 种植体部分参数见图 1A, DIO 种植体体部螺纹间距为 0.8 mm,根据实际的植入体植入角度以及植入体对 CT 影像的干扰最小化原则,在种植体颊侧、舌侧、近中侧或者远中侧(选择种植体倾斜方向的对侧,有利于避开种植体上端及基台金属干扰)选择三处影像条件最佳的种植体体部螺纹间隙分配一块直径为 0.37 mm 的圆形状目标感兴趣区域 (region of interest, ROI) (见图 1B)。最终由连续 5 张目标区段图像中圆形 ROI 组成了圆柱状的 VOI, VOI 体积恒定为 0.009 01 mm³,此 VOI 区域应用于后续的 BMD 计算及骨微结构分析。将此 ROI 保存并应用于其他种植体周围骨分析,以保证每枚种植体周围恒定 ROI 面积及 VOI 体积。

1.2.5 VOI 区域 BMD 测定 NRecon 重建骨标准品后,以 CTAn 分析重建图像,骨标准品低密度区域灰度阈值选择 48 ~ 58 之间,得出并记录衰减系数 min 值为 0.005 0,高密度区域灰度阈值选择为 120 ~ 128 之间,得出并记录衰减系数 max 值为 0.014 5。根据 BMD 衰减系数算法,分别输入 min 值及 max 值,计

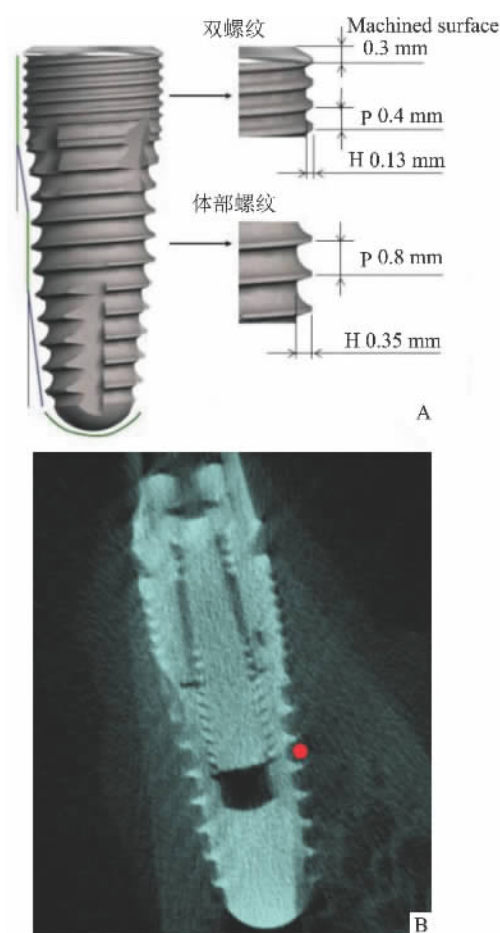


图 1 DIO 种植体及 ROI 的选择

A: DIO 种植体部分参数; B: Micro CT 影像中的 ROI 选择

算重建后的种植体图像 VOI 的 BMD,此处 BMD 结果选择松质骨区域。每枚种植体体部螺纹间各 3 个 VOI 分别计算 BMD 后,将同一加载时间及同一加载项的 2 枚种植体共计 6 个 ROI 位点的 BMD 求均值及标准差,即为该加载时间加载项种植体周围骨组织的 BMD 数值,其单位为 g/cm³。

1.2.6 CTAn 三维分析骨微结构参数 运用 CTAn 软件对各标本的 VOI 进行三维分析,所得参数包括:骨组织体积 (tissue volume, TV)、骨小梁体积 (trabecular bone volume, BV)、骨体积分数 (percent bone volume, BV/TV)、骨组织表面积 (bone surface, BS)、VOI 交界面面积 (intersection surface, IS)、骨组织复杂交错指数 (BS/BV)、骨小梁模式因素 (trabecular bone pattern factor, Tb. Pf)、结构模型指数 (structure model index, SMI)、骨小梁厚度 (trabecular thickness, Tb. Th)、骨小梁数目 (trabecular number, Tb. N)、骨小梁间隙 (trabecular separation/spacing, Tb. Sp)、骨孔隙体积 (volume of pores, Po. V)、骨孔

隙体积分数 (percent porosity, Po)。TV 数值指广泛意义上的骨组织,包括骨小梁及骨小梁之间的孔隙,单位为立方毫米。BV 数值指骨小梁的体积,单位为立方毫米。BV/TV 为骨小梁体积占总骨组织体积的百分比,只有在骨小梁区域即松质骨位置计算才有意义,对于皮质骨区域,该数据无明确意义。BS 为三维分析后的 BS,单位为平方毫米。IS 为 VOI 交界面骨小梁的面积,单位为平方毫米。BS/BV 显示的是骨组织的交错厚薄复杂度,单位为毫米的倒数。Tb. Pf 表示三维图像中骨小梁相对于总的骨组织的一个凸度及凹度关系,单位为毫米的倒数。SMI 是评价骨质疏松的一个重要参数,其表示骨小梁是趋向杆状还是趋向板状结构,理想的板状、柱状、球状结构,SMI 分别指数为 0、3、4,骨小梁从板状向杆状转变,SMI 增加,骨松质结构退变,板状结构穿孔、消失,柱状结构比例增高。Tb. Th、Tb. Sp 单位为毫米, Tb. N 单位为毫米的倒数, Po. V 单位为立方毫米。记录每枚种植体周围 3 处 VOI 区域三维分析后的骨微结构参数,最后将各加载期的各加载项下 2 枚种植体周围 6 份骨微结构参数逐项求均值及标准差,所得数值为此加载周期加载项所得的骨微结构参数。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 13.0 统计软件分析,数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,分别对加载 4、8 周,加载 5、10、15 N 组及对照组间种植体周围 VOI 区域 BMD 及各项骨微结构参数进行单因素方差分析,经 LSD、Dunnett 检验,检验水准为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 大体观察 种植体周围均未探及深牙周袋,用金属口镜柄敲击种植体顶端可听到清脆声响。种植体均无临床动度,创口愈合良好,黏膜无感染迹象。将下颌骨标本上牙周黏膜撕脱后,见 8 周加载期加

载 15 N 组 2 枚种植体螺纹暴露,暴露区域未超过种植体颈部。

2.2 各组种植体周围 VOI 区域 BMD 比较 加载 4 周时,加载 10 N 组与加载 5、15 N 组及对照组间 BMD 比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$),加载 10 N 组 BMD 最高,加载 5 N 组 BMD 最低。加载 8 周时,加载 5、10、15 N 组及对照组间 BMD 相互比较,差异均无统计学意义。见表 1。

表 1 不同加载时间加载组与对照组
种植体周围 VOI 区域 BMD ($n = 16$, $\bar{x} \pm s$)

时间 (周)	加载组			对照组	F 值
	5 N	10 N	15 N		
4	0.752 \pm 0.121 [*]	0.976 \pm 0.127	0.854 \pm 0.082 [*]	0.867 \pm 0.048 [*]	7.565
8	0.684 \pm 0.078	0.623 \pm 0.029	0.696 \pm 0.074	0.695 \pm 0.022	3.054

与加载 10 N 组比较: ^{*} $P < 0.05$

2.3 各组种植体周围 VOI 区域骨微结构主要参数比较 加载 4 周时,加载 5、10、15 N 组与对照组在 BV/TV、Tb. Th、Tb. N、Tb. Pf、SMI、Po 方面差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),由均值差的符号及数值得出,加载 10 N 组在骨小梁数目、厚度、形态等方面最佳,加载 15 N 组最差。加载 8 周时,加载 10 N 组与加载 5、15 N 组、对照组在 BV/TV、Tb. Th、Tb. N、Tb. Pf、SMI、Po 方面差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),加载 15 N 组与加载 5 N 组和对照组在 BV/TV、Tb. Th、Tb. N、Tb. Pf、SMI、Po 方面差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),加载 10 N 组在骨小梁数目、厚度、形态等方面最佳,加载 15 N 组最差。加载 8 周时,加载 5 N 组与对照组在所有参数方面差异均无统计学意义。见表 2。

3 讨论

本实验运用 Micro CT 针对即刻种植后即刻加

表 2 不同加载时间加载组与对照组种植体周围 VOI 区域骨微结构参数 ($n = 16$, $\bar{x} \pm s$)

项目	4 周				F 值	8 周				F 值
	加载 5 N 组	加载 10 N 组	加载 15 N 组	对照组		加载 5 N 组	加载 10 N 组	加载 15 N 组	对照组	
BV/TV(%)	28.62 \pm 3.66 ^{*△}	31.78 \pm 4.13 [*]	26.23 \pm 5.27 ^{*△}	26.55 \pm 4.52	5.407	21.93 \pm 2.40 [▽]	24.59 \pm 3.92 [#]	14.63 \pm 1.62 ^{#▽}	21.65 \pm 3.51	7.784
Tb. Pf (mm ⁻¹)	31.21 \pm 3.90 ^{*△}	27.86 \pm 5.34 [*]	31.60 \pm 4.99 ^{*△}	30.34 \pm 4.42	5.598	37.96 \pm 4.92 [▽]	33.58 \pm 4.95 [#]	46.93 \pm 5.64 ^{#▽}	38.18 \pm 4.71	6.336
SMI	2.52 \pm 0.23 ^{*△}	2.50 \pm 0.23 [*]	2.54 \pm 0.26 ^{*△}	2.53 \pm 0.35	4.324	2.81 \pm 0.16 [▽]	2.66 \pm 0.15 [#]	2.96 \pm 0.21 ^{#▽}	2.76 \pm 0.25	5.462
Tb. Th (mm)	0.048 \pm 0.0041 ^{*△}	0.052 \pm 0.0061 [*]	0.047 \pm 0.0052 ^{*△}	0.050 \pm 0.0049	4.786	0.044 \pm 0.0048 [▽]	0.048 \pm 0.0022 [#]	0.042 \pm 0.0032 ^{#▽}	0.046 \pm 0.0015	4.895
Tb. N (mm ⁻¹)	5.80 \pm 0.83 ^{*△}	6.14 \pm 0.25 [*]	5.49 \pm 0.94 ^{*△}	5.81 \pm 0.75	4.658	5.01 \pm 0.87 [▽]	5.11 \pm 0.85 [#]	3.52 \pm 0.61 ^{#▽}	4.66 \pm 0.77	5.624
Po (%)	71.98 \pm 3.66 ^{*△}	68.21 \pm 4.11 [*]	73.77 \pm 5.27 ^{*△}	72.26 \pm 4.83	6.482	78.07 \pm 2.40 [▽]	75.38 \pm 3.91 [#]	85.37 \pm 1.62 ^{#▽}	78.31 \pm 3.55	7.790

与加载 4 周时对照组比较: ^{*} $P < 0.05$; 与加载 4 周时加载 10 N 组比较: [△] $P < 0.05$; 与加载 8 周时对照组比较: [#] $P < 0.05$; 与加载 8 周时加载 10 N 组比较: [▽] $P < 0.05$

载的不同加载期不同加载项下骨再生及骨改建情况进行了探讨。本实验中的所有种植体均有着良好的初期稳定性,且始终处于稳固状态,每枚种植体植入后均形成了种植体-骨结合界面,只是不同加载载荷及加载期下种植体-骨结合界面新骨的生成及改建情况存在差异。Esposito et al^[2]相关的大量临床回顾性分析结果也表明,即刻加载与延期加载均可以形成种植体-骨组织之间骨性结合。

Brunski^[3]关于种植体微动对骨结合影响的研究结果显示:小于 100 μm 的微动可以获得功能性的骨-种植体接触界面,而大于 150 μm 的微动会干扰种植体周围骨愈合,导致纤维包绕种植体。根据有限元分析 Ko 计算,在合理微动度(50~100 nm 的应变范围)下,确定该实验加载项分别为 5、10、15 N,最终各项骨微参数显示:相同加载期时 10 N 的加载载荷,对种植体-骨界面新骨的生成及改建有一定的促进意义,10 N 的载荷与 5、15 N 及不加载项相比,是最佳的加载载荷值。吴丹等^[4]即刻种植即刻负载相关研究认为,10 N 载荷时骨吸收量最少,且新骨形成百分比最高,10 N 考虑为最佳加载项。

实验加载频率为 2 Hz,加载时间为 15 min,系根据人体日常咀嚼活动中的正常咀嚼频率(1~2 Hz)及咀嚼时间(20 min 以内)来设定,尽可能的在实验犬口腔中模拟人体口腔内咀嚼情况,最终结果也未显示种植失败以及其他种植术后并发症。

DIO 种植体在设计上存在优势,其种植体颈部双螺纹存在 0.4 mm 的间隙,而体部单螺纹存在 0.8 mm 的间隙,同时在植体颈部到体部存在一定的内聚角度,不同型号的植体一般此角度为 6~8°,这样既可以给予起主要支持作用的种植体体部非完全接触骨组织而形成新骨及完成骨重建,又可以为骨生成提供更多的表面积,同时因为颈部密集的螺纹而拥有良好的种植体初期稳定性继而为种植体-骨结合提供稳定支持。Puleo et al^[5]研究认为非接触成骨效率比接触成骨效率高 30%。Habibovic et al^[6]相关研究认为,种植体为骨组织提供较多的表面积对细胞分化成骨有着积极的影响。由于种植体本身植入时偏移角度以及种植体本身颈部与体内聚角度,根据具体情况选择 ROI 为种植体体部螺纹间直径 0.37 mm 的圆形区域。该实验将 ROI 选择于相邻种植体体部螺纹间,不仅使得 ROI 区域影响被种植体金属干扰最小,而且能保证区域内均为种植体

-骨界面内新生骨,最终可以准确的评估即刻种植即刻负载的骨结合情况。

实验选择 4 周加载期及 8 周加载期为数据采集点,系根据经典骨愈合理论。一般骨愈合 4 周后骨小梁形成趋于稳定,关键的骨重塑阶段,即新生骨排列杂乱的骨小梁逐渐趋向规律,同时骨小梁增粗、增厚,幼稚的交织骨逐渐为成熟的板层骨所代替,骨质连接更趋坚固。这一过程最终需要 8 周左右才能完成。Mai et al^[7]在实验兔体内进行新型植体材料研究时,28 d 及 56 d 时分别处死实验动物并行硬组织切片,结果同样显示 28 d 时种植体周围血管再生及骨再生较显著,而 56 d 时骨重塑良好。吴晶等^[8]研究认为 4 周时骨结合能力显著增强,是种植体愈合期生物稳定性的一个关键时间点,8 周内无负载种植体的最大剪切力及最大力矩与愈合时间呈正相关。Deguchi et al^[9]认为 3 周的愈合期是必要的,有较多网状骨组织形成,增加了骨性接触。

骨愈合的进程中,骨小梁的情况客观地反映了骨愈合的情况,而 Micro CT 可以精确的定量分析出实验骨块的骨小梁情况,进而宏观并客观地对不同加载时期不同加载项下种植体-骨界面新骨骨愈合及骨改建情况进行了分析比较,结果显示:不论加载期是 4 周或 8 周,加载载荷为 10 N 时,骨体积分数、骨小梁厚度、骨小梁数目、骨小梁排列整齐度等方面均优于其他各加载项,且骨小梁形态都趋于更稳固的柱状甚至板状,所以即刻种植即刻加载 10 N 载荷可能是最佳加载力值。同时 4 周时 10 N 加载项与对照组骨小梁参数比较结果较 8 周时 10 N 加载项与对照组骨小梁参数比较结果更优,提示加载早期 10 N 载荷对种植体-骨界面骨整合情况有一定的促进意义。在加载 8 周后,15 N 的加载项不仅在骨小梁数目、厚度等方面较其他组差,而且其骨小梁排列错杂、骨小梁形态趋于球状,提示加载后期较大的 15 N 载荷,可能对于种植体-骨界面的骨重建有着不利影响。

综上所述,在本实验条件下,健康牙周组织前磨牙区即刻种植即刻负载是可行的,运用 Micro CT 及相应的分析软件,通过全面分析计算骨小梁相关参数,进而客观地评估即刻种植即刻加载后种植体-骨界面骨结合情况,对临床种植学的发展有着深刻意义。

参考文献

- [1] Branemark P I, Adell R, Breine U, et al. Intra-osseous anchor-

- age of dental prosthesis. I. Experimental studies [J]. *Stand J Plast Reconstr Surg*, 1969, 3(2): 81–100.
- [2] Esposito M, Grusovin M G, Maghaireh H, et al. Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants [J]. *Cochrane Database Syst*, 2013, 3: CD003878.
- [3] Brunski J B. Avoid pitfalls of overloading and micromotion of intraosseous implants [J]. *Dent Implantol Update*, 1993, 4(10): 77.
- [4] 吴丹, 王璐, 徐凌, 等. 即刻种植即刻加载对 Beagle 犬骨结合界面形成的影响 [J]. *第三军医大学学报*, 2012, 34(12): 1197–201.
- [5] Puleo D A, Nanci A. Understanding and controlling the bone-implant interface [J]. *Biomaterials*, 1999, 20(23/24): 2311–21.
- [6] Habibovic P, Yuan H, Van der Valk C M, et al. 3D microenvironment as essential element for osteoinduction by biomaterials [J]. *Biomaterials*, 2005, 26(17): 3565–75.
- [7] Mai R, Kunert-Keil C, Grafe A, et al. Histological behaviour of zirconia implants: an experiment in rats [J]. *Ann Anat*, 2012, 194(6): 561–6.
- [8] 吴晶, 白玉兴, 王邦康, 等. 微型种植体支抗愈合期稳定性的比较 [J]. *中华口腔医学杂志*, 2006, 41(4): 226–7.
- [9] Deguchi T, Takano-Yamamoto, Kanomi R, et al. The use of small titanium screws for orthodontic anchorage [J]. *J Dent Res*, 2003, 82(5): 377.

The osseointegration research of immediate loading of immediate implant on implant-bone interface in dogs by using Micro CT

Zhang Hengguo, Liu Xianghui, Sun Weige, et al

(Dept of Stomatology College of Clinical Medical, Anhui Medical University PLA 81st Hospital, Nanjing 210002)

Abstract Objective The osseointegration research of immediate loading of immediate implant on implant-bone interface by using Micro CT. **Methods** Four Beagle dogs were used. The bilateral mandibular third and fourth premolars were extracted, meanwhile DIO implants (3.8 mm in diameter and 10.0 mm in length) and DIO abutments (3.8 mm in diameter and 6.0 mm in length) were immediately implanted in the corresponding tooth fossa of each dog. A technical device was applied to the vertical loading of the immediate implants at 24 h after the operation. The implants were divided into four groups including a 5 N group, a 10 N group, a 15 N group and a control group according to the load. Each group was loaded with 2 Hz frequency for 15 min everyday. Two dogs were sacrificed at 4 weeks and two dogs at 8 weeks to prepare the mandibular specimens *in vitro*. Many images were generated by Micro CT which scanned the mandibular specimens. After software CTAn was used to analyze the scan images, chose the interest regions adjacent to implant and analysed the bone mineral density and microstructure measurement. **Results** Compared 4 weeks with 8 weeks on each loading force, BMD, BV/TV, Tb. Th, Tb. N, Tb. Pf, SMI, Po all resulted in significant difference ($P < 0.05$). Compared 10 N group with 5 N group, 15 N group and control group at 4 weeks or 8 weeks, BMD, BV/TV, Tb. Th, Tb. N, Tb. Pf, SMI, Po all resulted in significant difference ($P < 0.05$). Compared 15 N group with 5 N group, 10 N group and control group at 8 weeks, BMD, BV/TV, Tb. Th, Tb. N, Tb. Pf, SMI, Po all resulted in significant difference ($P < 0.05$). **Conclusion** The analysis of bone trabecula on implant-bone interface worked by Micro CT could assess the osseointegration of different loading force and loading period more objectively, which provides theoretical foundation for immediate implanting and immediate loading.

Key words Micro CT; immediate implanting; immediate loading; implant-bone interface; osseointegration