



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108281193 B

(45) 授权公告日 2021.06.25

(21) 申请号 201810062242.1

CN 104462636 A, 2015.03.25

(22) 申请日 2018.01.23

Jin-Won Yang et al..Mechanics of femoral head osteonecrosis using three-dimensional finite element method.《Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery》.2001,全文.

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108281193 A

(43) 申请公布日 2018.07.13

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所  
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

Bin Liu et al..Prosthetic Modeling of the Femoral Head Based on Mesh Segmentation.《2011 International Coriference on Electronics and Optoelectronics》.2011,全文.

(72) 发明人 加海友 朱仕文 伊辰 吴新宝  
王玲 危杰 郇勇

Dongmin Xiao et al..Development of Femoral Head Interior Supporting Device and 3D Finite Element Analysis of its Application in the Treatment of Femoral Head Avascular Necrosis.《Medical Science Monitor》.2015,全文.

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390  
代理人 胡剑辉

审查员 马晋涛

(51) Int. Cl.

G16H 50/50 (2018.01)

G06T 17/20 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106372349 A, 2017.02.01

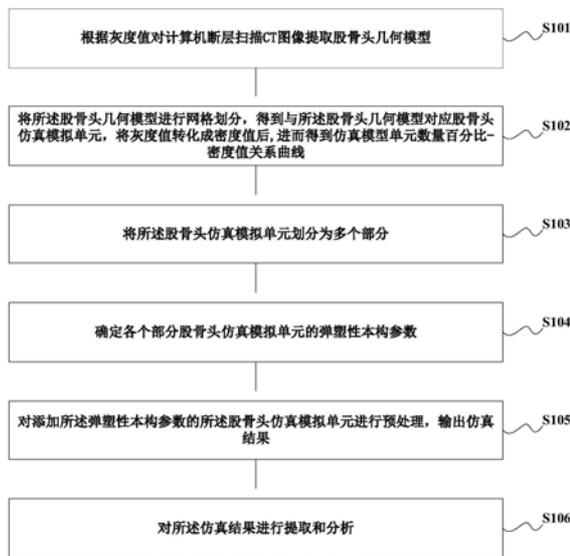
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种股骨头力学仿真模拟模型处理方法

(57) 摘要

本发明提供一种股骨头力学仿真模型处理方法,方法包括:根据灰度值对计算机断层扫描CT图像提取股骨头几何模型;将股骨头几何模型进行网格划分,得到与股骨头几何模型对应股骨头仿真模拟单元,将灰度值转化成密度值后,进而得到仿真模型单元数量百分比-密度值关系曲线;将股骨头仿真模拟单元划分为多个部分;确定各个部分的股骨头仿真模拟单元的弹塑性本构参数;对添加弹塑性本构参数的股骨头仿真模拟单元进行预处理,输出仿真结果;对仿真结果进行提取和分析。将股骨头根据密度值等分成多个部分,很好的处理了股骨头非均质材料特性的问题。



1. 一种股骨头力学仿真模型处理方法,其特征在于,包括:  
根据灰度值对计算机断层扫描CT图像提取股骨头几何模型;  
将所述股骨头几何模型进行网格划分,得到与所述股骨头几何模型对应股骨头仿真模拟单元,将灰度值转化成密度值后,进而得到仿真模型单元数量百分比-密度值关系曲线;  
将所述股骨头仿真模拟单元划分为多个部分,其中,划分规则为股骨头仿真模型单元按密度值均等划分后的单元数量百分比-密度值所形成的柱体总面积与所述曲线所形成的总面积的偏差不大于5%;  
确定各个部分股骨头仿真模拟单元的弹塑性本构参数;  
对添加所述弹塑性本构参数的所述股骨头仿真模拟单元进行预处理,输出仿真结果;  
对所述仿真结果进行提取和分析。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对添加所述弹塑性本构参数的所述股骨头仿真模拟单元进行预处理,输出仿真结果,包括:  
对所述添加所述弹塑性本构参数的所述股骨头仿真模拟单元再次添加边界条件,经加载后输出仿真结果。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述将所述股骨头仿真模拟单元根据所述划分规则划分为多个部分,包括:  
采用密度值将所述股骨头仿真模拟单元均等划分为多个部分。
4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述划分规则还包括:所述股骨头仿真模拟单元的总数量为N,划分部分数量为M,每个部分的单元数为n,每个部分等分区间的数量取 $2Mn/N$ 的向上整数。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述确定各部分股骨头仿真模拟单元的弹塑性本构参数,包括:  
对所述股骨头仿真模拟单元采用压缩线性强化弹塑性本构和拉伸线性强化弹塑性本构。
6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对所述仿真结果进行提取和分析,包括:  
以应变超过屈服点的应变作为股骨头松质骨损坏的判断参数,对所述输出结果进行提取和分析;  
其中,压缩屈服点的应变为0.0085,拉伸屈服点的应变为0.006,拉伸断裂点的应变为0.009。

## 一种股骨头力学仿真模拟模型处理方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及骨力学仿真模拟技术领域,尤其涉及一种股骨头力学仿真模型处理方法。

### 背景技术

[0002] 骨科临床治疗方案的制定和治疗效果严重依赖于骨的力学属性。然而,由于可用于实验的人骨样本稀缺,可以取到的样品尺寸过小,加之骨是具有多级网状复杂结构的材料,这些原因都加大了实验的难度,因此采用实验的手段去研究骨的力学属性受到限制。取而代之,有限元仿真模拟就成为了分析骨力学行为的一个简便快捷的方法。

[0003] 股骨头骨折是老年常见病,其原因在于骨质疏松导致股骨头力学属性改变,遇到难以承受的外部载荷而发生骨折。现有针对股骨头的力学仿真模拟方法存在的问题主要有:1、股骨头是一种多级网状、非各向同性的材料,力学参数在不同位置、不同方向都存在差异,而目前模拟多简化为各向同性的均匀材料模型,忽略了这些要素;2、股骨头材料在受到外部载荷时,实际上会呈现出先弹性后塑性(屈服)的行为,然而目前的模拟方法多是把股骨头当作弹性材料处理,这和实际情况不符;3、用应力值作为判断股骨头损坏的参数不够准确,不同样品松质骨试件在屈服时对应的应力会有较大的随机性,但对应的应变相对稳定,这是由股骨头本身的网状结构决定的。

[0004] 因此,现有仿真技术,模拟结果不尽人意,和临床应用尚有较大差距。

### 发明内容

[0005] 本发明实施例提供一种股骨头力学仿真模型处理方法,用以解决现有仿真技术,模拟结果不尽人意,和临床应用尚有较大差距的问题。

[0006] 本发明实施例提供一种股骨头力学仿真模型处理方法,包括:

[0007] 根据灰度值对计算机断层扫描CT图像提取股骨头几何模型;

[0008] 将所述股骨头几何模型进行网格划分,得到与所述股骨头几何模型对应的股骨头仿真模拟单元,将灰度值转化成密度值后,进而得到仿真模型单元数量百分比-密度值关系曲线;

[0009] 将所述股骨头仿真模拟单元划分为多个部分,其中,划分规则为所述股骨头仿真模型单元按密度值均等划分后的单元数量百分比-密度值所形成的柱体总面积与所述曲线所形成的总面积的偏差不大于5%。

[0010] 确定各个部分股骨头仿真模拟单元的弹塑性本构参数;

[0011] 对添加所述弹塑性本构参数的所述股骨头仿真模拟单元进行预处理,输出仿真结果;

[0012] 对所述仿真结果进行提取和分析。

[0013] 在一可能的实施例中,所述对添加所述弹塑性本构参数的所述股骨头仿真模拟单元进行预处理,输出仿真结果,包括:

[0014] 对所述添加所述弹塑性本构参数的所述股骨头仿真模拟单元再次添加边界条件,经加载后输出仿真结果。

[0015] 在一可能的实施例中,所述将所述股骨头仿真模拟单元划分为多个部分,包括:

[0016] 采用密度值将所述股骨头仿真模拟单元均等划分为多个部分。

[0017] 在一可能的实施例中,所述确定各部分股骨头仿真模拟单元的弹塑性本构参数,包括:

[0018] 对所述股骨头仿真模拟单元采用压缩线性强化弹塑性本构和拉伸线性强化弹塑性本构。

[0019] 在一可能的实施例中,所述划分规则还包括:所述股骨头仿真模拟单元的总数量为N,划分部分数量为M,每个部分的单元数为n,每个部分等分区间的数量取 $2Mn/N$ 的向上整数。

[0020] 在一可能的实施例中,所述对所述仿真结果进行提取和分析,包括:

[0021] 以应变超过屈服点的应变作为股骨头松质骨损坏的判断参数,对所述输出结果进行提取和分析;

[0022] 其中,所述压缩屈服点的应变为0.0085,所述拉伸屈服点的应变为0.006,所述拉伸断裂点的应变为0.009。

[0023] 将股骨头根据密度值等分成多个部分,很好的处理了股骨头非均质材料特性的问题。由于每个部分都采用线性强化弹塑性模型,且各自本构唯一性由该部分股骨头本身决定,使仿真模拟结果和真实情况更加吻合。在结果分析时,用应变值作为参数来判断松质骨的受力响应,更能反应股骨头内部的多孔网状结构,比用应力值作为参数来判断更加符合实际情况,结果也更加稳定。

## 附图说明

[0024] 图1为本发明实施例提供的一种股骨头力学仿真模型处理方法流程示意图;

[0025] 图2为本发明按密度值等分后的单元数量百分比-密度值柱状示意图;

[0026] 图3为本发明压缩线性强化弹塑性力学模型示意图;

[0027] 图4为本发明拉伸线性强化弹塑性力学模型示意图。

## 具体实施方式

[0028] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图和实施例,对本发明实施例中的技术方案进行清楚地描述。

[0029] 图1为本发明实施例提供的一种股骨头力学仿真模拟方法流程示意图,参照图1,该方法具体包括:

[0030] S101、根据灰度值对计算机断层扫描CT图像提取股骨头几何模型。

[0031] S102、将所述股骨头几何模型进行网格划分,得到与所述股骨头几何模型对应股骨头仿真模拟单元,将灰度值转化成密度值后,进而可以得到仿真模型单元数量百分比-密度值关系曲线。

[0032] S103、将所述股骨头仿真模拟单元划分为多个部分。

[0033] 具体地,采用密度值将所述股骨头仿真模型单元划分为多个部分;其中,划分规则

为所述股骨头仿真模型单元按密度值均等划分后的单元数量百分比-密度值所形成的柱体总面积与所述曲线所形成的总面积的偏差不大于5%。

[0034] 以密度值相差 $50\text{kg}/\text{m}^3$ 做为一个区间进行划分,分成10个部分后,得到如图2所示的柱状图,柱体总面积与所述曲线所形成的总面积的偏差不大于5%;股骨头仿真模拟单元的总数量为 $N$ ,每个部分的单元数为 $n$ ,每个部分等分区间的数量取 $20n/N$ 的向上整数( $\lceil 20n/N \rceil$ )。可选地,在本实施例中,还可以根据实际需要按照划分规则,将股骨头仿真模型单元划分为多个部分,如划分为八个部分,对此本实施例不作具体限定。

[0035] 通过以下公式赋予股骨头力学参数(弹性模量 $E$ ),

[0036] 灰度值与密度之间的公式:

$$[0037] \quad \rho = 131 + 1.067CT$$

[0038] 式中 $\rho$ 为密度值,单位为 $\text{kg}/\text{m}^3$ ;CT为CT值;

[0039] 密度与弹性模量之间的公式:

$$[0040] \quad E = 0.01\rho^{1.86}$$

[0041] 式中 $\rho$ 为密度值,单位为 $\text{kg}/\text{m}^3$ , $E$ 为弹性模量。

[0042] 每个密度值可根据股骨头的灰度值得到,在根据密度值赋予力学参数时,取该密度值区间的平均值进行计算。

[0043] 图2所示为根据股骨头密度值区间,将密度值每隔 $50\text{kg}/\text{m}^3$ 作为一个区间进行划分,得到的股骨头单元数量百分比-密度值柱状示意图,整个股骨头由这10个不同的部分组成,每个部分等分区间的数量为1。

[0044] S104、确定所述至少各个部分股骨头仿真模拟单元的弹塑性本构参数。

[0045] 将S103所得的各个部分的所述股骨头仿真模拟单元再导入到有限元分析软件中,步骤三所得弹性模量 $E$ 为本构曲线弹性部分,如图三所示,该模型取压缩线性强化弹塑性本构和拉伸线性强化弹塑性本构关系(应变值压缩为负,拉伸为正),线性强化塑性部分的斜率取 $0.05E$ 。

[0046] 图3所示为该模型计算的本构方程曲线,其中 $\epsilon^c$ 为压缩屈服点的应变,取值为 $0.0085$ 。

[0047] 图4为本发明拉伸线性强化弹塑性力学模型示意图,其中, $\epsilon^t$ 为压缩屈服点的应变,取值为 $0.006$ , $\epsilon^b$ 为断裂点的应变,取值为 $0.009$ 。

[0048] S105、对添加所述弹塑性本构参数的所述股骨头仿真模拟单元进行预处理,输出仿真结果。

[0049] 具体地,对所述添加所述弹塑性本构参数的所述股骨头仿真模拟单元再次添加边界条件,经加载后输出仿真结果。

[0050] S106、对所述仿真结果进行提取和分析。

[0051] 具体地,以应变超过屈服点作为股骨头松质骨损坏的判断参数,对所述输出结果进行提取和分析;

[0052] 其中,所述压缩屈服点的应变为 $0.0085$ ;所述拉伸屈服点的应变为 $0.006$ ,拉伸断裂点的应变为 $0.009$ 。

[0053] 将股骨头根据密度值等分成多个部分,很好的处理了股骨头非均质材料特性的问题。由于每个部分都采用线性强化弹塑性模型,且各自本构唯一性由该部分股骨头本身决

定,使仿真模拟结果和真实情况更加吻合。在结果分析时,用应变值作为参数来判断松质骨的受力响应,更能反应股骨头内部的多孔网状结构,比用应力值作为参数来判断更加符合实际情况,结果也更加稳定。

[0054] 至此,本领域技术人员应认识到,虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例,但是,在不脱离本发明精神和范围的情况下,仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此,本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

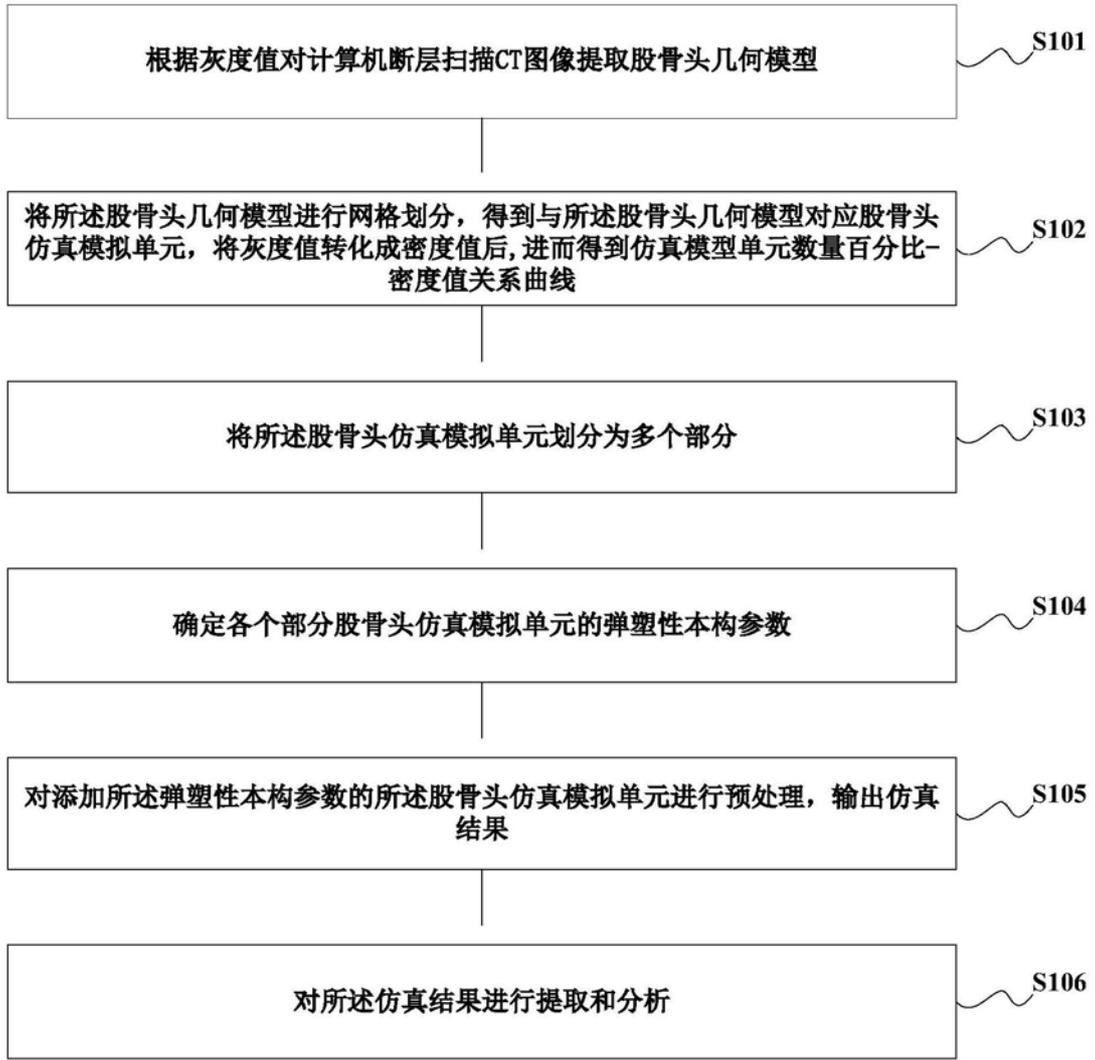


图1

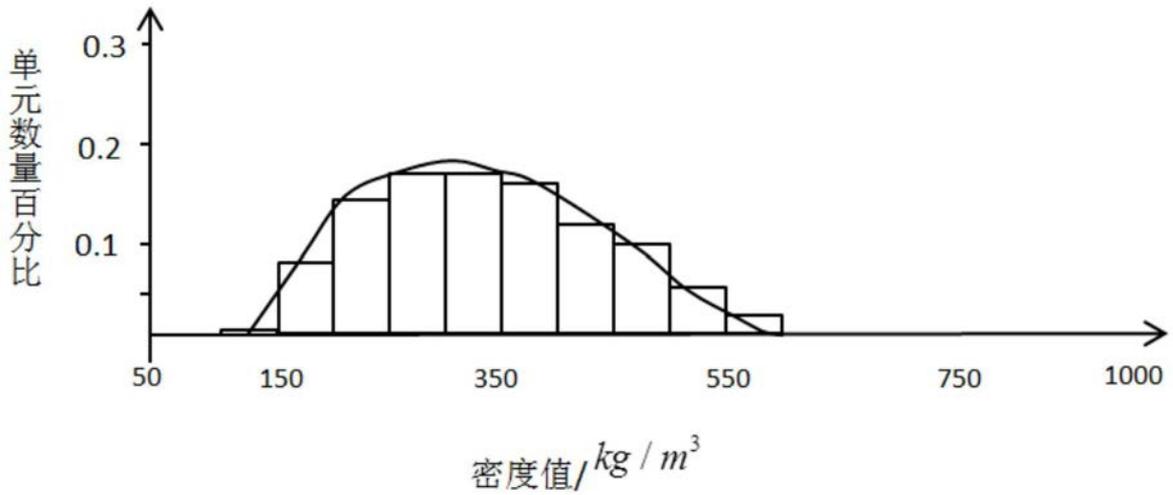


图2

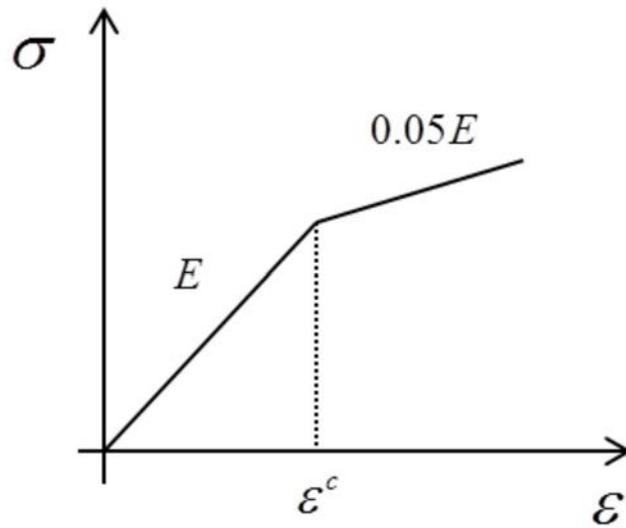


图3

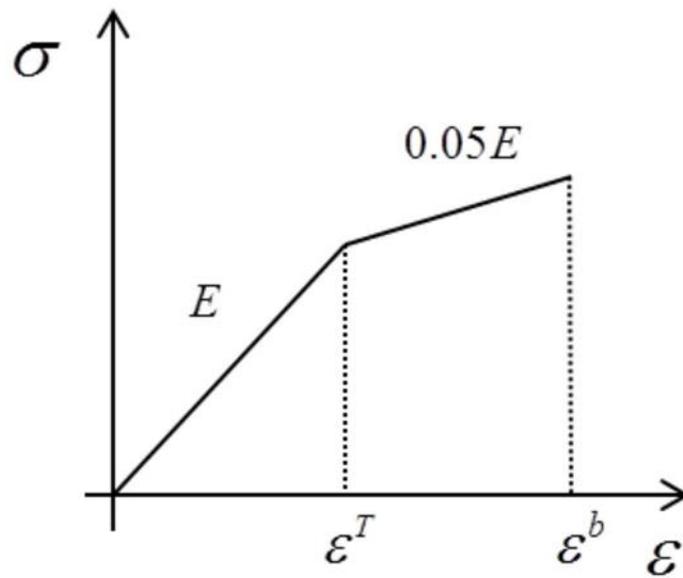


图4