Motor System1 Cui

**重点：往年试题、locomotion**

**知识点整理**

* **运动系统特征：**

1、运动等价性（motor equivalence）笔迹特征不变性，肌肉记忆储存于大脑运动控制系统中；

2、多层次系统: sensorimotor transformation运动感觉转换，三个层次：Endpoint coordinate末端参考系、Joint coordinate关节参考系、Muscle coordinate肌肉参考系

Internal model – represent relationship between body and world：预测性，

3、Accuracy-speed trade-off：精确和速度不可兼得，速度越快，到达的位置越不精确

4、Errors in distance and direction：置信椭圆1、长轴指向中心2、径向误差远大于切向误差 对运动方向控制的精确度远高于对运动幅度控制的精确度。

Fitts’s Law：？

5、Stereotypical hand paths and velocities：运动速度：钟型曲线，

6、2/3 power law：曲率的三分之二次方与角速度成正比

* **Feedforward and feedback control：**前馈和反馈控制，具体见习题部分

1、前馈控制：目标产生后，大脑已经产生一个运动计划，无需外界反馈即可达到目标，比如躲避快速运动的目标

2、反馈控制：目标出现后，大脑产生一个运动计划，之后也在执行过程中依据实际情况再不断调整运动计划，直至最终达到目标。

3、interplay of gain and delay in feedback control：反馈需及时，反馈对运动控制非常重要，运动控制依赖于反馈

4、Observer model：理想观察者模型（卡尔曼滤波模型），不能完全依赖于反馈，将对目标的计划与外界反馈综合考虑，得到一个加权和，产生增益，来调整运动计划。

* **Motor learning** in a novel dynamic evironment：我们每次运动都是在一个新奇动态环境中通过运动学习完成的，每个运动即使学过，在新的动态环境中也需要迁移学习进行适应。

Sensory and motor homunculus：运动控制小人模型，手和脑的运动控制脑区非常多

Multisensory integration：运动不只是一个运动皮层来完成，需要与感觉皮层等结合

Motor pathway：运动控制通路是多级控制系统，初级运动皮层-中脑-延髓-小脑-脊髓-肌肉

Motor coordination：运动协调，前运动皮层、初级运动皮层、体感皮层：对当时状态产生估计，是一切运动的基础。本体感觉对运动控制非常重要。中脑、基底核、等等也会协调运动。小脑：控制运动时间

Muscle: fibers and motor units：主要由肌纤维和运动神经元组成，通过神经肌肉接头控制肌肉运动。渐冻症是肌肉接头出现问题。脊髓损伤、脑损伤、基底神经核损伤

Biomechanics: joint rotation engages multiple muscles：大脑如何与外部进行交互？伸缩肌和舒张肌

Single muscle influences multi-joints单块肌肉也会影响多关节控制

* **Reflex is adaptive：**反射行为是高度适应性、及其灵活的，高度依赖环境

Reflexes involve coordinated contractions of numerous muscles：部分是单突触反射，多数反射涉及无数块肌肉的协调。

Muscle spindle: receptor of length/tension，牵张反射

Mono- vs. poly-synaptic transmission

Interneurons coordinate muscles：中间神经元协调肌肉，协调相应的肌肉收缩和肌肉舒张，从而完成运动。

Golgi tendon organ: signals force：高尔基感受器：在肌腱附近对力产生反应

Synaptic transmission modulates reflex：突触传递也能调节反射

Gamma neurons modulate muscle spindles

Gamma motor neurons varies as task

Spinal and long-loop reflex pathway

Co-activation of alpha and gamma motor neurons

Hoffmann reflex老师就提一句，肯定不考

* **Locomotion：**重点：最重要的运动，皮层下回路自动控制，

Locomotion，移动，特指物体从此处到达彼处的动作，它是躯体以及四肢进行的有节律的、交替的动作，包括游泳、飞行、爬行、行走等多种形式。节律性使得locomotion看起来是重复的和stereotyped。Locomotion是受低级中枢神经系统（脊髓网络）自动调控的行为，往往无需高级中枢的调控，但遇到突发情况时也会需要高级中枢（脑干和运动皮层）的调控，以适应周围环境。

Control of stepping patterns：控制振荡频率，但不会控制具体每一块肌肉。步态不能主动控制。

Cortical area 5 in visuomotor transformation：皮层5区会促进视觉和运动的转换

Lesion in area 5 impaired working memory：皮层5区损伤会损害工作记忆

Training improves locomotion after injure：中枢损伤后的不断训练能提升locomotion

* **Summary：**

• Motor control is a complex computation based on internal prediction;

运动控制非常复杂，依赖于大脑内部对外界世界的预测。

• Motor control is hierarchical and involved complex subcortical and spinal circuits;

运动控制是层级性控制，涉及皮层下和脊髓环路

• Locomotion is generated in spinal network and modulated by cortex and brainstem.

Locomotion是一种低级的运动模式，产生于脊髓网络，但会受皮层和脑干的调节

**历年试题**

* 2016年

**7.What is the difference between feedforward and feedback mechanisms in controlling voluntary movements? Provide an example of a voluntary movement in which both feedforward and feedback mechanisms are required. Use your example to help illustrate the principles of feedforward and feedback mechanisms underlying movement.**

前馈控制机制是指根据情况制定运动计划后并实施，在运动过程中没有感觉信息的反馈从而无法对运动进行纠正的运动过程，一旦实施，就不再受控制，也被称为开环控制过程，适用于需要快速反应的情形。

反馈控制机制会在动作完成之前对其进行监视，并纠正出现的运动错误，也称为闭环控制系统。两者区别在于是否利用外部的反馈信息对运动过程不断进行纠正和调整。

两者区别如下表：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 前馈控制 | 反馈控制 |
| 方向 | 自上而下 | 自下而上 |
| 是否为闭环 | 开环 | 闭环 |
| 有无反馈 | 无 | 有（会修正） |

抓取物体就是一个既包含前馈又包含反馈控制机制的自主运动。当目标出现，我们需要去抓取时，首先要通过前馈机制，制定运动计划并实施，之后运动实施过程涉及反馈机制，在抓取过程要根据与物体的距离不断调整运动方向和运动速度，在抓握过程中则要不断的根据触反馈调整抓握力度等。

**8. Voluntary movement的过程可以分为哪些阶段,分别对应于哪些脑区？**

自主运动控制是需要连续有序的（串行）信息加工处理的 serialprocessing.

脑控运动的神经处理的三阶段序列（内省性心理学研究）：

1）Perception 大脑感知机制形成一个对自身内部个体和外部世界的统一感觉表征；

2）Cognition 认知加工利用内部的世界复制本来决定一系列运动；

3）Action 被选定的运动计划 selectedmotorplan 被中继传输到运动系统执行。

最后阶段的运动执行的连续有序性/串行性：

1）首先计算运动外在运动学：目标位置，起点到靶点的位移轨迹等；

2）然后计算所需的内在运动学：关节旋转等；

3）最后计算运动的因果动力学：力，扭矩，肌肉活动等。

感知阶段主要有感觉皮层来执行，其中最重要的是顶叶体感皮层（SI-SII）和枕叶视觉皮层 （V1-V6）；

认知阶段主要是联合皮层来执行，其中最重要的是后顶叶联合皮层（如 SPL,IPL 和顶内沟脑 区）、前额叶脑区和前运动皮层（SMA,PMd,PMv 等）。

行动阶段主要是初级运动皮层（M1）来执行，但前运动皮层和基底神经节、小脑等皮层下 运动系统结构也参与自主运动的执行和调控。

* 2017、2019年

**运动皮层神经元大致编码哪些运动参数？其中最重要的参数是什么？**

大脑中参与运动控制的主要皮层有后顶叶皮层（PPC，尤其是顶内沟脑区）和额叶的前运动 皮层（SMA,PMd,PMv,CMAr,CMAd, CMAv 等）和初级运动皮层。运动皮层既有参与编码运 动学的神经元，也有编码动力学的神经元，大致编码方向、运动速度、运动加速度等运动参数。它们对运动学中的运动方向最为敏感。

2019年，接上题

**请简述其单细胞调谐特性和群体上解码原理。**

1、单细胞调谐特性：在八方向推杆运动中记录猴子 M1 中单个神经元的活动发现，神经元表现出方向偏好性。 当一个特定方向的运动要发生时，大范围的偏好运动方向的 M1 运动神经元在特定方向的触碰运动中以不同强度作出反应。神经元群体内活动的总方向偏倚会系统 性地转变为运动方向，因此所有细胞的向量和为一个非常接近真实运动方向的群体向量。这 表明，某个运动的运动指令是由手臂表征区内广泛分布的细胞群生成的，每个细胞都在某个 特定方向的运动中以不同强度放电。

M1 神经元群体的每个时刻的活动预测随时间变化的手臂运动 每 25ms 记录一次单个 M1 神经元的活动发现，群体向量的时间序列结果表明，每个向量预 测大约 100ms 后猕猴手臂运动的即时方向和速度。所以分布于整个手臂表征区神经活动模式在复杂的手臂运动中随机连续变化，表明了期望运动的随时细节。

2、群体解码原理：

假说1：群体向量编码（运动学观点）

M1神经元对于运动的方向存在tuning，即该脑区神经元对于运动的方向其发放有很强的倾向性，我们管这个方向叫做preferred direction（PD），群体向量的思路是根据神经元的发放强度，给予神经元的PD赋予权重，所有PD乘以权重的求和结果就是运动的实际方向。

假说2：平衡点假说（动力学观点）

假说则认为肌肉是处在不同的状态中，而M1神经元通过改变肌肉的状态（muscle forces）来实现运动的结果。换句话说，M1神经元编码的是肌肉状态的信息，如下图，虽然猕猴执行的运动不一样，但是由于肌肉的施加的力不一样，所以有不同的发放结果，甚至群体向量编码的也是肌肉产生力的方向而非运动方向

