



# پویانمایی کامپیووتری سیستم کنترل قطعات حرکتی

سید امیر هادی مینوفام  
گروه کامپیووتر  
دانشکده فنی و مهندسی



# فہرست مطالب



- # سیستم کنترل قطعات حرکتی

## ابزارها و تکنیک ها

## ساخت اینیمیشن

## اصول ۱۲ گانه پویانمایی

### اصل ۸

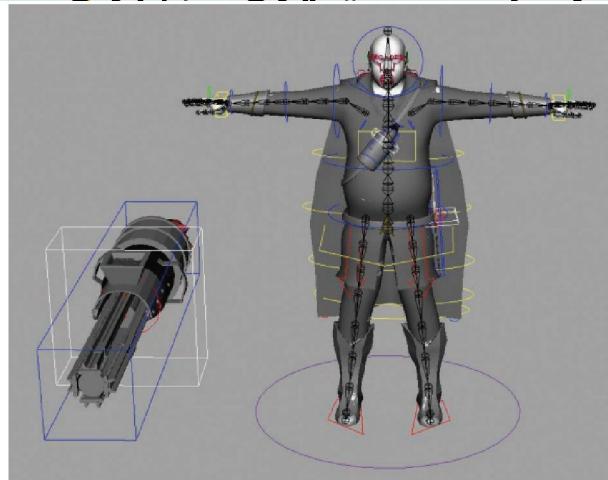
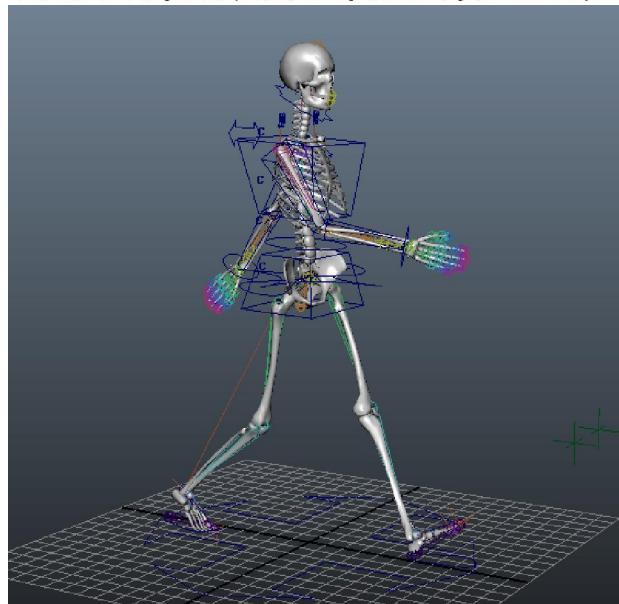


FIGURE 6.1 A rig for a weapon (left) and a rig for a human (right) in Autodesk Maya



# سیستم کنترل قطعات حرکتی

سیستم کنترل قطعات حرکتی (Rig): سیستمی که برای انیماتورها کنترل و انعطاف یذیری لازم برای حرکت اشیا را فراهم می سازد

تعريف ریگ بندی کاراکتر (rigging)  
یا اتصال قطعات حرکتی:

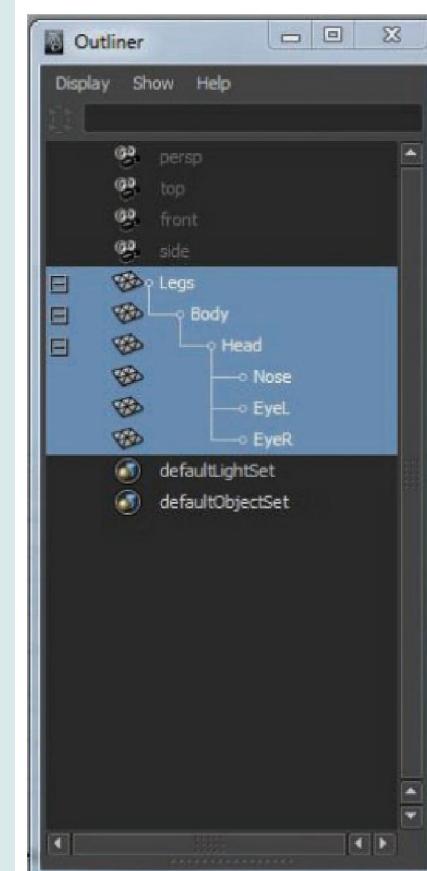
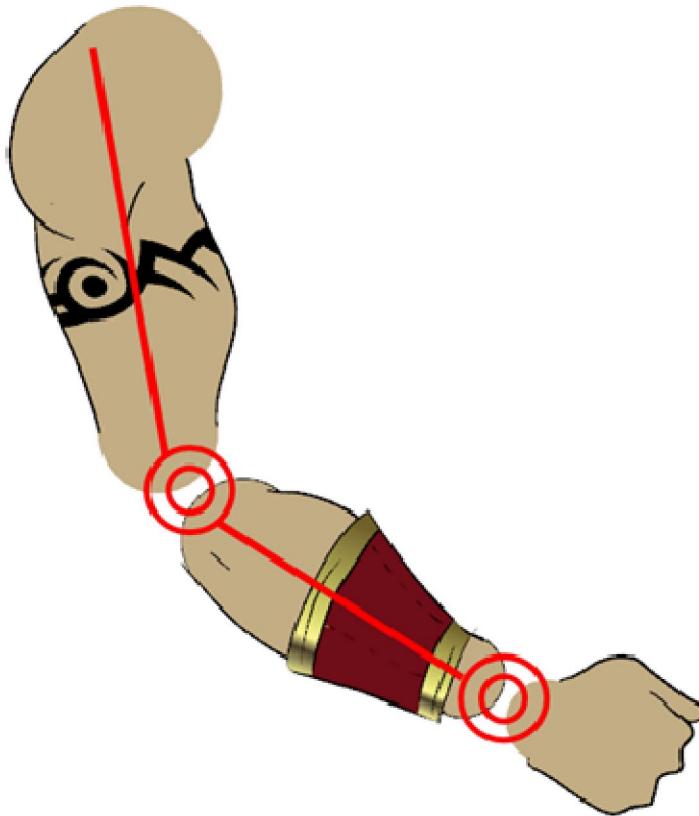
به طراحی استخوانها و موقعیت آنها، مفاصل و ویژگیهای حرکتی آنها، کنترلگرهای استخوانها، کنترلگرهای حرکتی، دفورمرها و مانند اینها ریگ بندی می گویند که با آنها انیماتور می تواند به انیمیت بپردازد.



# ابزارها و تکنیک ها

## ۱- والدسازی (parenting) ■

همه عناصر بر مبنای یک سلسله مراتب والد-فرزند سازماندهی می شوند  
کنترل حرکت آنها به همین ترتیب انجام داده شود





# ابزارها و تکنیک ها

## ۱- والدسازی (parenting)

گروه بندی (grouping): والدسازی برای دو یا چند شیء تحت یک گره نمایش ناپذیر (nonrenderable)

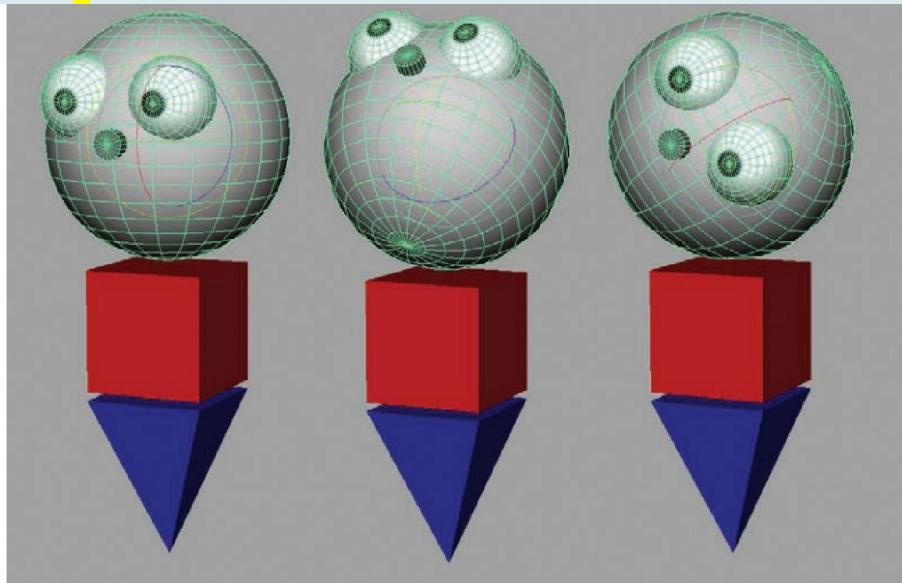


FIGURE 6.5 A simple head rig with an improper pivot position (in the center of the head sphere), which results in unrealistic articulation

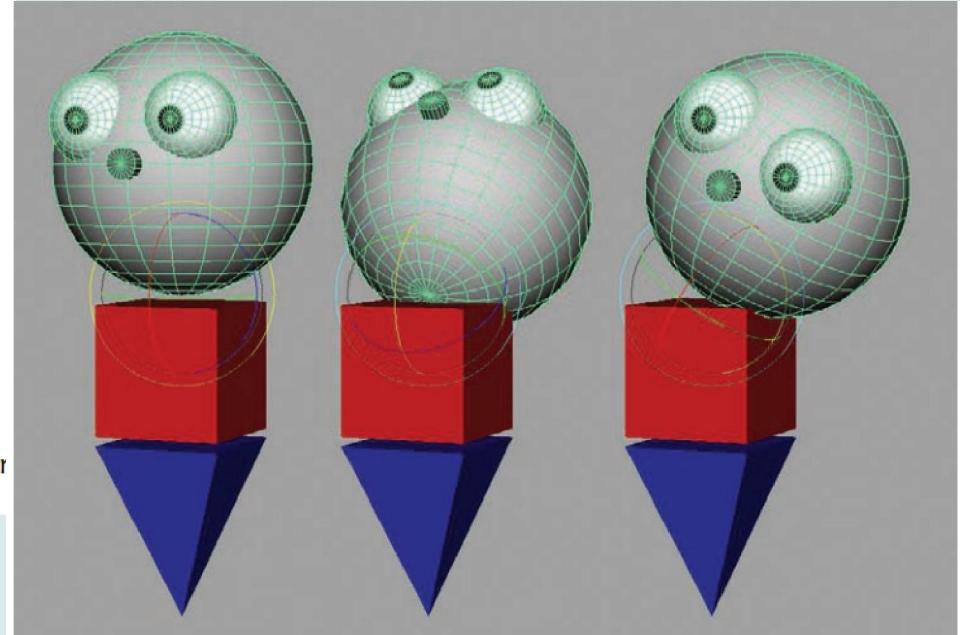


FIGURE 6.6 A simple head rig with a proper pivot position (where the head joins to the body) to allow for proper articulation



## ابزارها و تکنیک ها

۲- سیستم استخوان بندی یا مفاصل (skeleton system/joints) ■

مجموعه سلسله مراتبی از نقاط محوری که قابلیت انتخاب دارند و می توانند برای انجام انواع تغییر شکل ها (deformation) تنظیم شوند

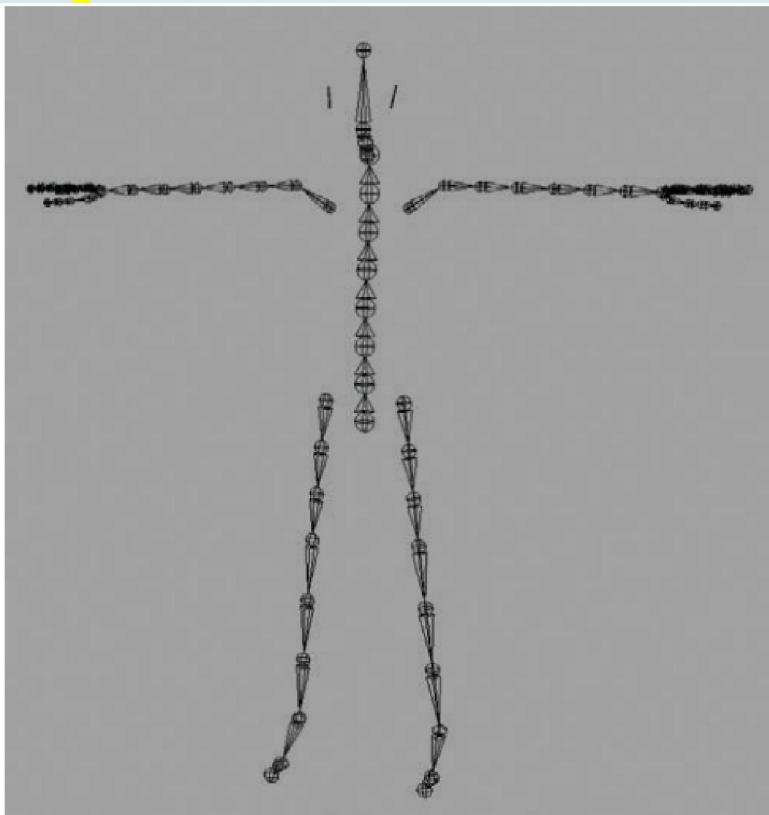


FIGURE 6.7 Example of a skeleton system



# ابزارها و تکنیک ها

انواع مفاصل:

الف) مفصل لولایی (hinge joint)

حول یک محور می چرخد مانند زانو و آرنج

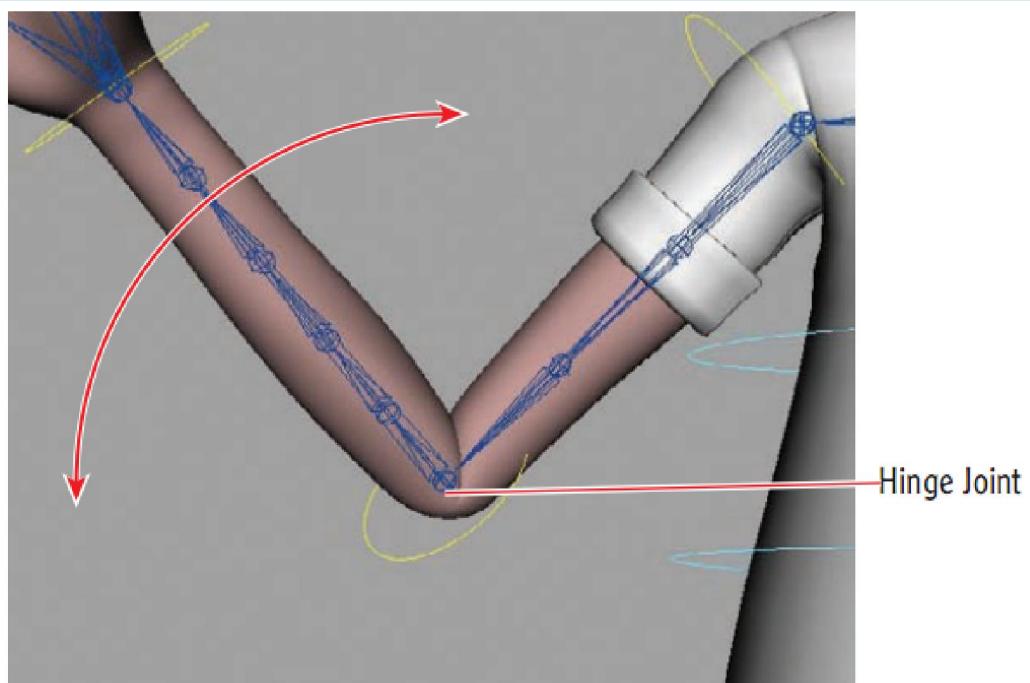


FIGURE 6.8 A hinge joint

# ابزارها و تکنیک ها

انواع مفاصل:

ب) مفصل بند بند (**articulated joint**):

مقدار کمی چرخش دارد ولی دوران تعداد زیادی از این مفاصل موجب محدوده وسیعی از حرکت می شود مانند ستون فقرات

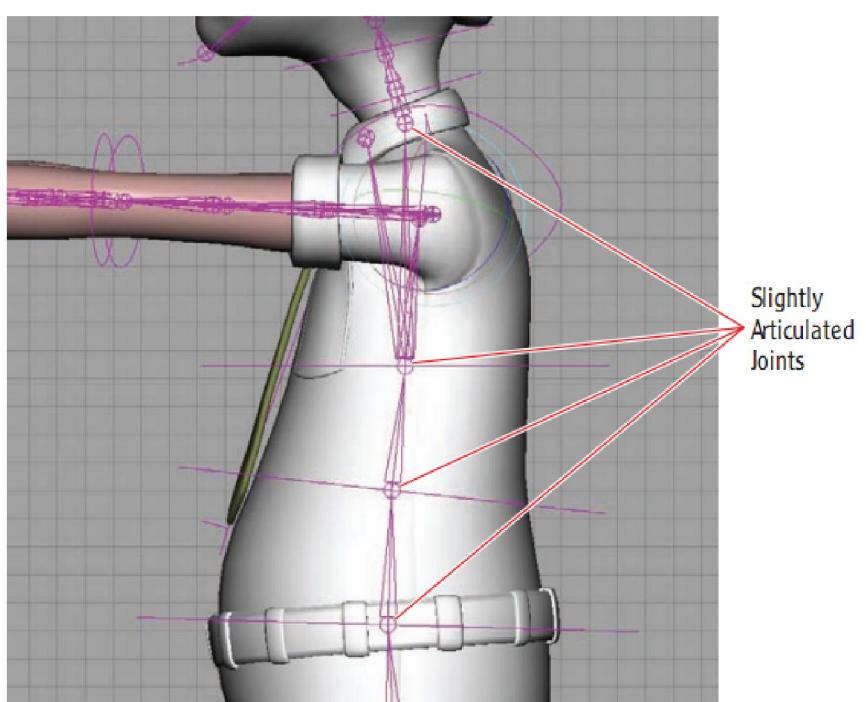


FIGURE 6.9 A few slightly articulated joints

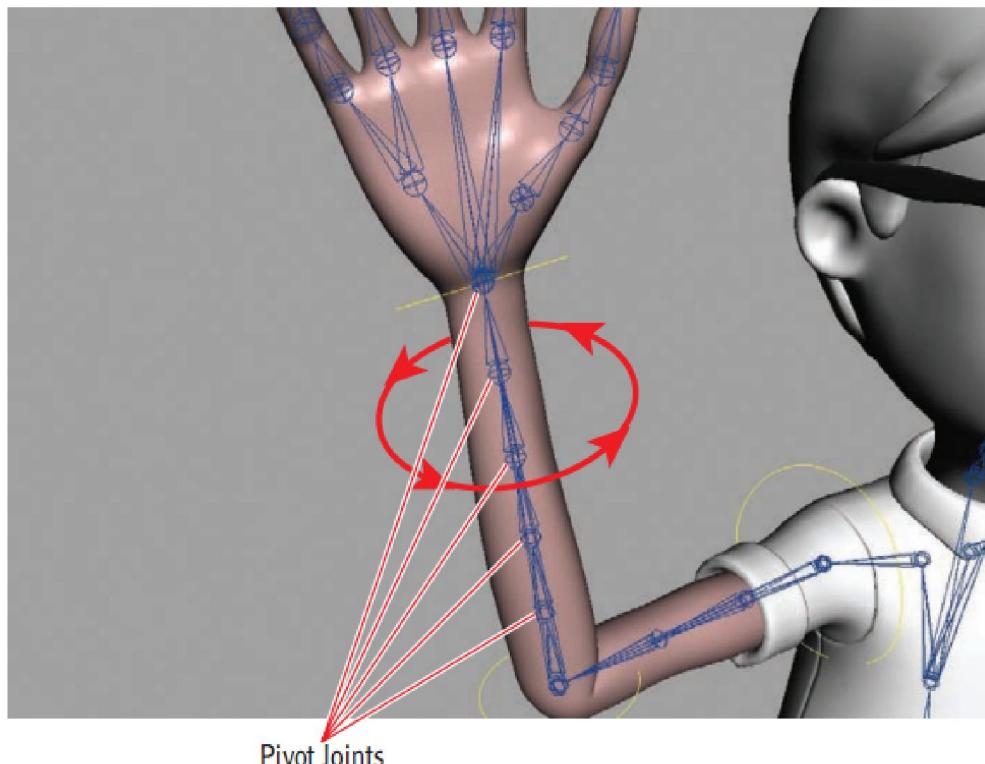


# ابزارها و تکنیک ها

انواع مفاصل:

ج) مفصل محوری (pivot joint)

حول محور منطبق بر خودش می چرخد مانند ساعد



Pivot Joints

FIGURE 6.10 Various pivot joints



# ابزارها و تکنیک ها

انواع مفاصل:

د) مفصل گوی و کاسه ای (**ball-and-socket joint**)  
می تواند در هر جهتی بچرخد مانند مفصل بازو و ران

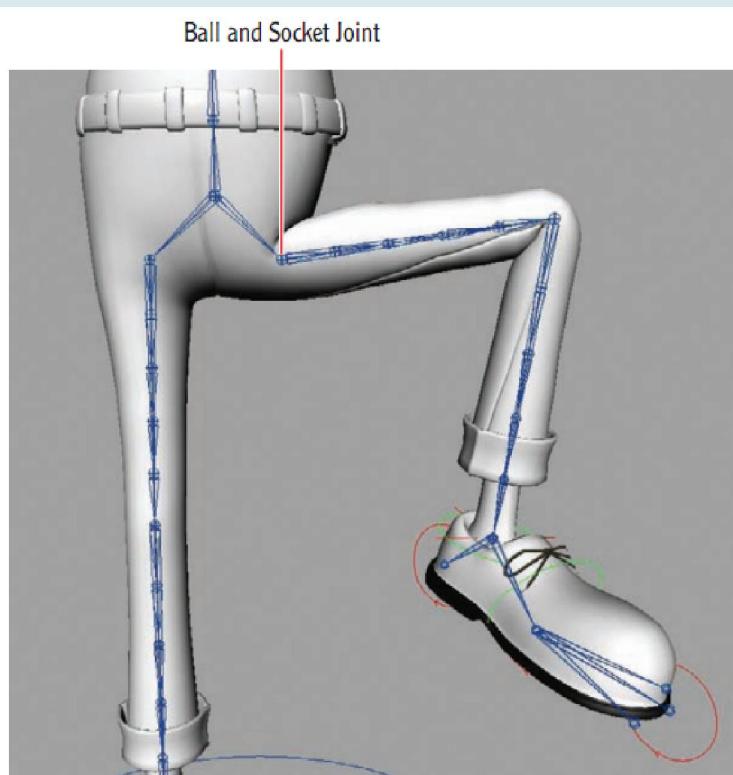
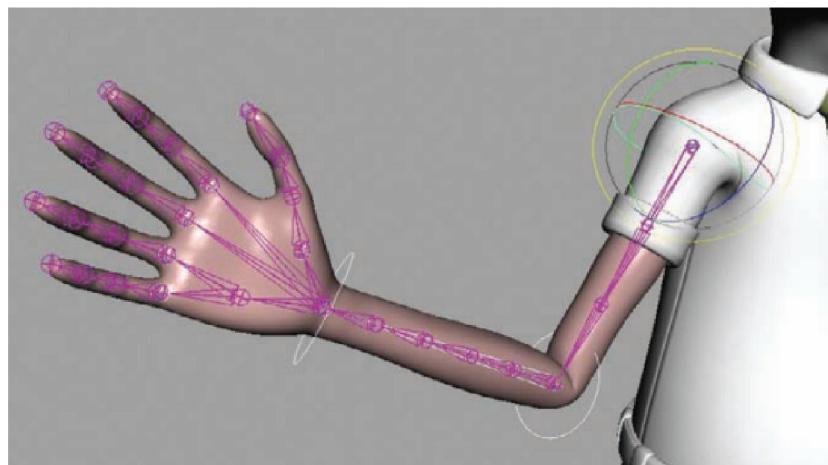


FIGURE 6.11 A ball-and-socket joint

# ابزارها و تکنیک ها

- ۳- حرکت شناسی مستقیم و معکوس (Forward and inverse Kinematics)
- حرکت شناسی رو به جلو (forward kinematics: fk) :
- با داشتن مقادیر DoF مجزا برای مفاصل میانی، پیکربندی **حرکت نهایی** را محاسبه می کند
- کاربرد: شبیه سازی اشیا
- حرکت شناسی وارون (inverse kinematics: ik) :
- با داشتن موقعیت **حرکت نهایی** مقادیر DoF مجزا برای مفاصل میانی را محاسبه می کند تا منجر به قرارگیری **حرکت نهایی** در آن مکان مشخص شود (Degree of Freedom : DoF درجه آزادی)



**FIGURE 6.12** Forward kinematics in an arm skeleton. The animator would rotate each circle to control the shoulder, elbow, and wrist.



**FIGURE 6.13** Inverse kinematics in an arm skeleton. The animator would move the wrist to move the entire arm of the character at once.



# ابزارها و تکنیک ها

۴- تغییر شکل دهنده ها (Deformers) ■  
الف) پوشاندن با پوست (skinning)

حرکت مش رویی با استخوان زیری بصورت rigid یا smooth

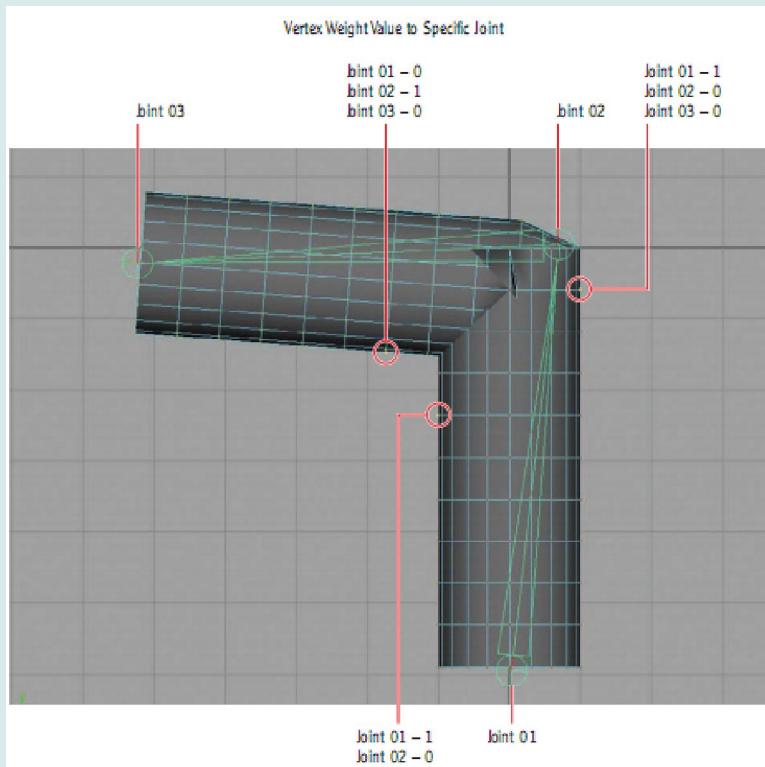


FIGURE 6.15 Rigid skinning

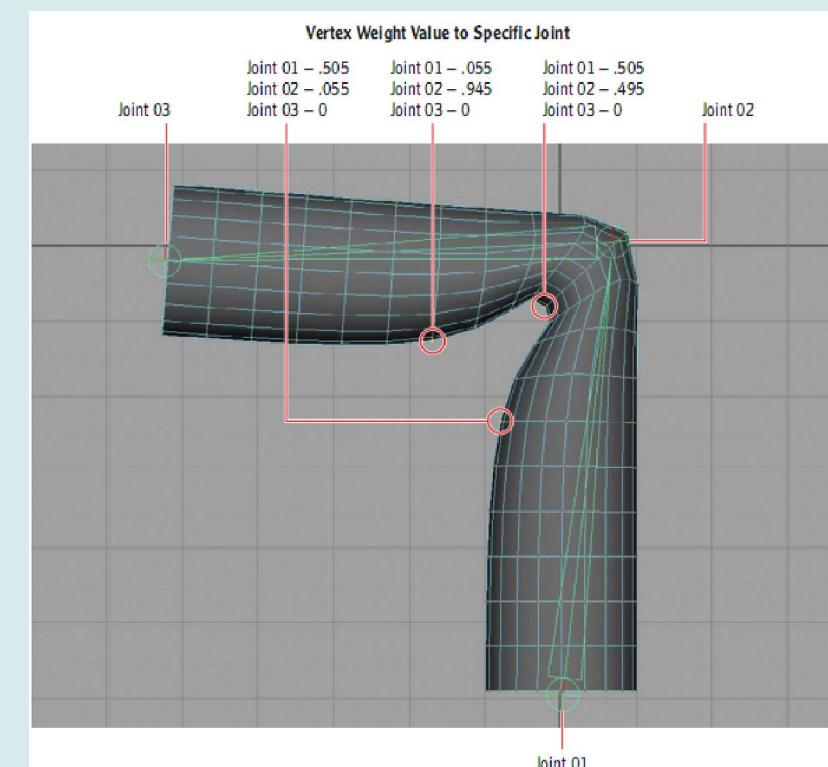


FIGURE 6.14 Smooth skinning

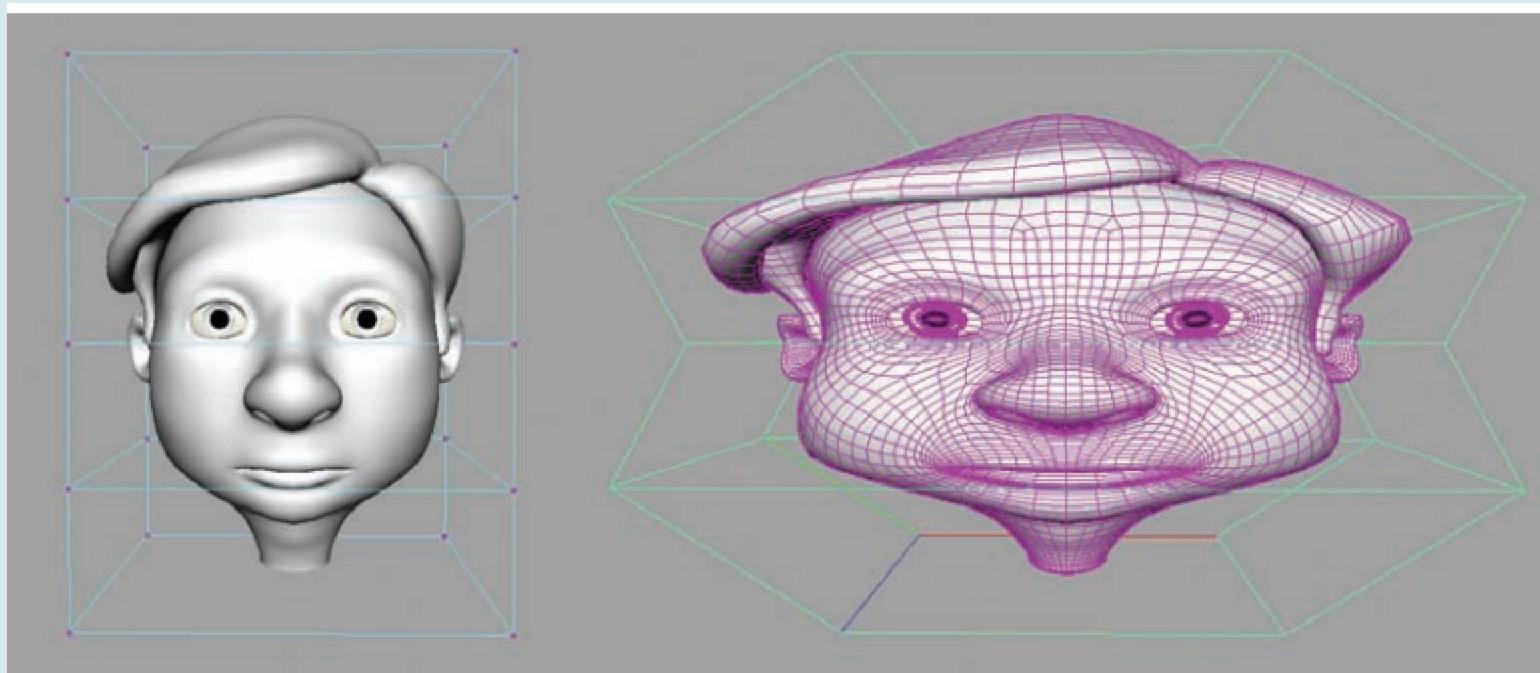


## ابزارها و تکنیک ها

## ۴- تغییر شکل دهنده ها (Deformers):

## ب) شبکه (lattice)

قفی از رؤس که یک هندسه متراکم را در بر می گیرد



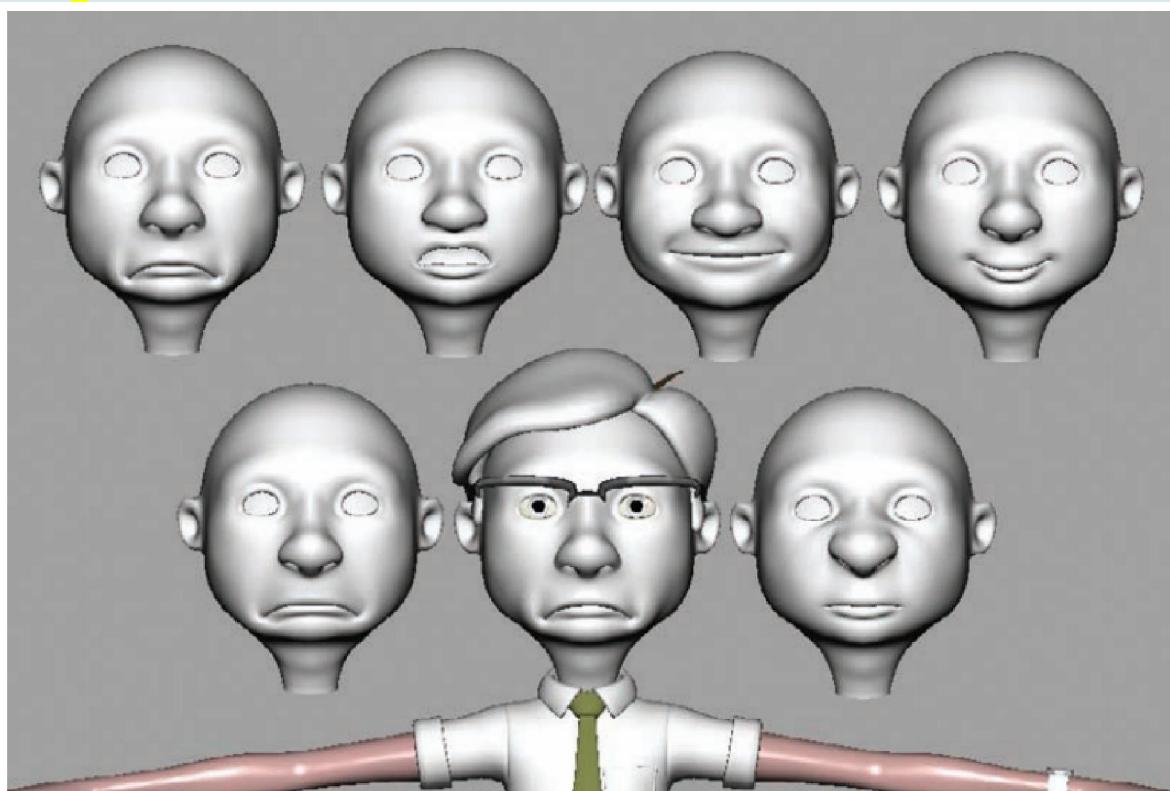
**FIGURE 6.16** Lattice deformer



## ابزارها و تکنیک ها

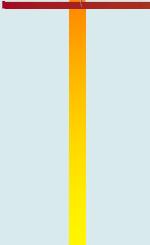
- ۴- تغییر شکل دهنده ها (Deformers) ■
- ج) آمیزه اشکال (Blendshape) :

امکان کپی گرفتن از شئ و اعمال تغییرات در آن: مانند افزودن لبخند به



چهره

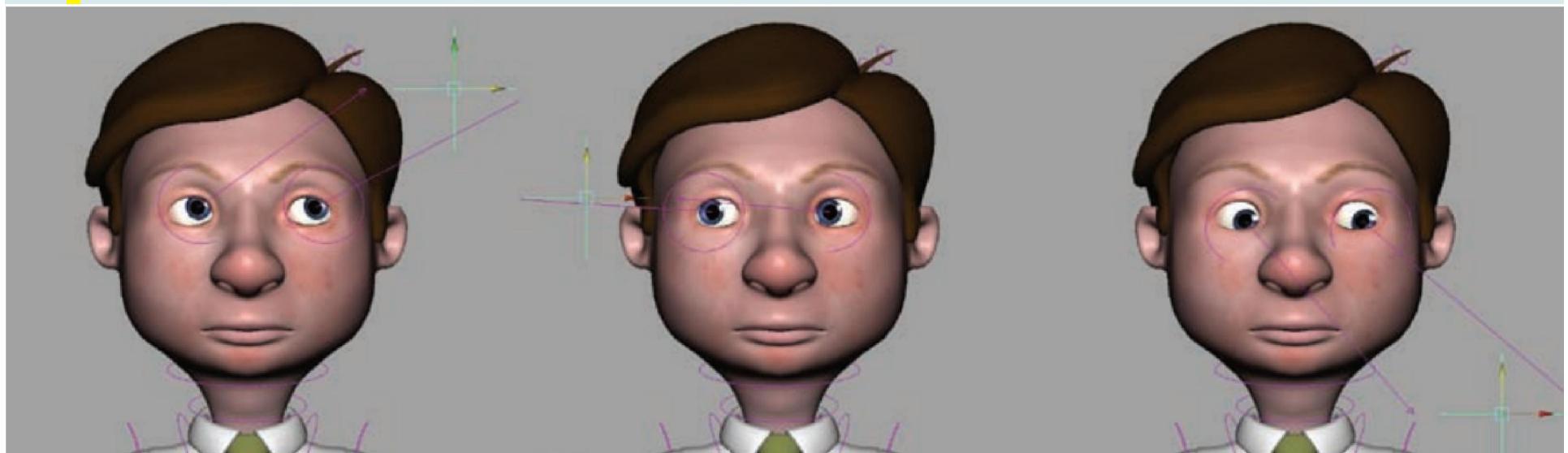
FIGURE 6.17 Blendshape targets applied to a face



# ابزارها و تکنیک ها

## ۵- قیود (Constraints)

سیستم کنترل یک شئ توسط شئ دیگر



**FIGURE 6.18** Example of an aim constraint controlling the eyes of a character. The highlighted green cross is the controller for the eyes, and when it is moved, the eyes will follow it.

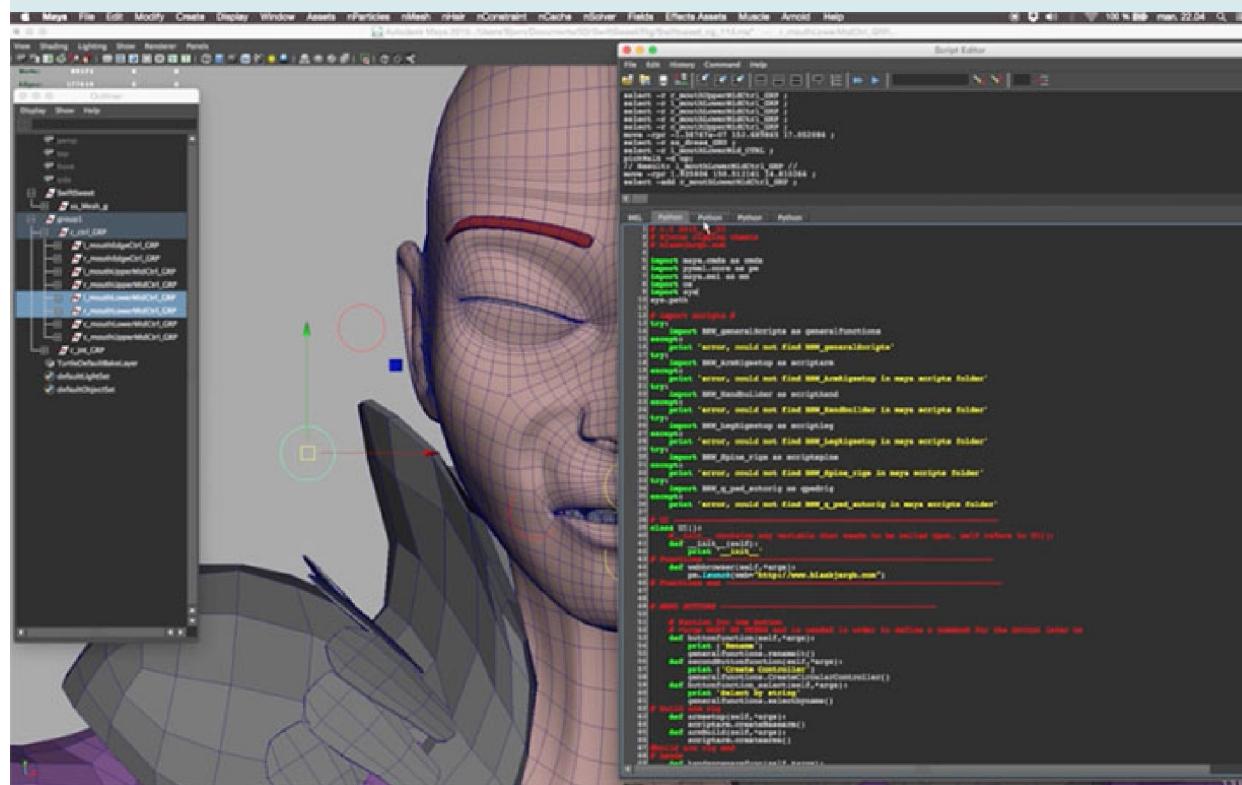


# ابزارها و تکنیک ها

## ۶- قطعه کد نویسی (Scripting)

امکان استفاده از افزونه ها (plug-ins) و ابزارهای سفارشی با

# C++, Python, Maya Embedded Language (MEL), and JavaScript, C#



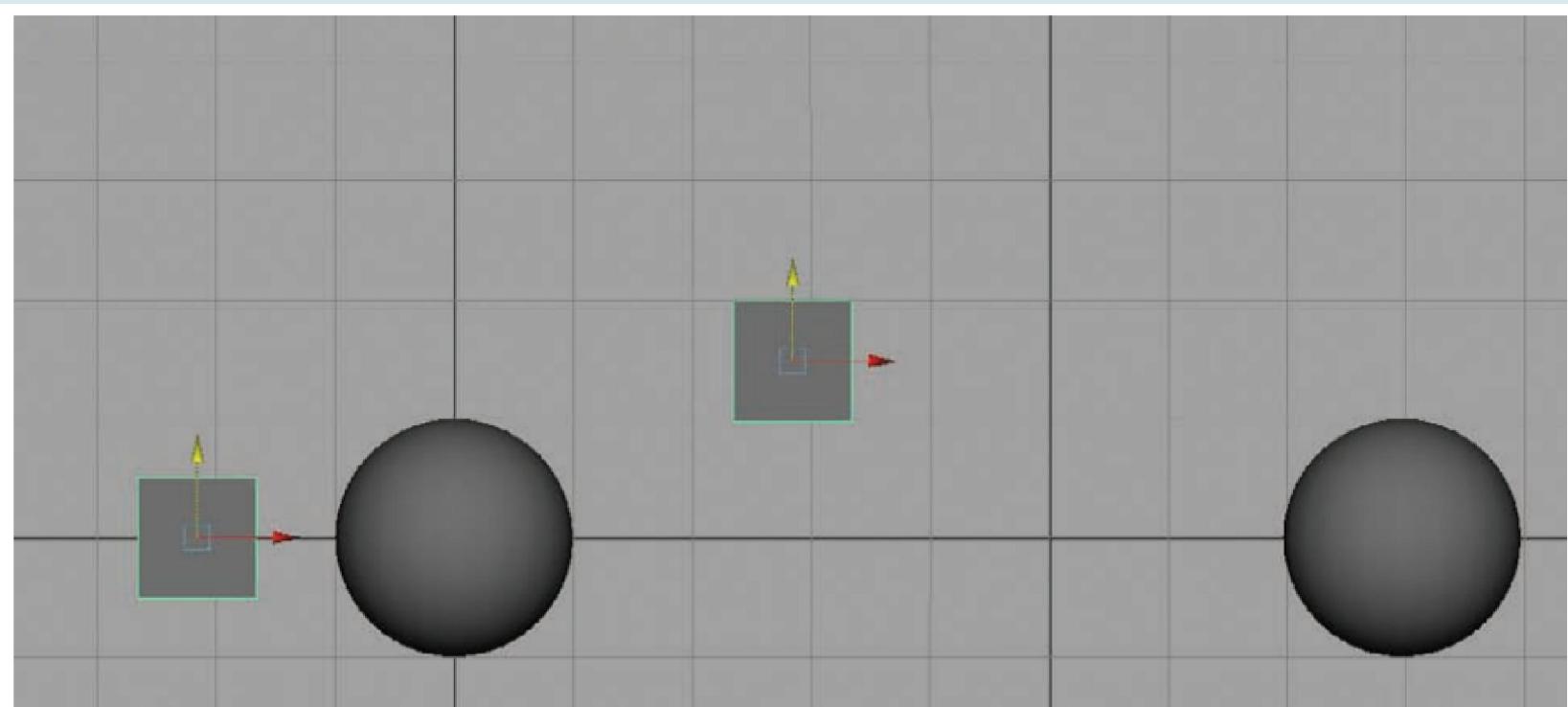


# ابزارها و تکنیک ها

۷- عبارت ها (Expressions) ■

ارتباط دادن حرکت یک شئ به شئ دیگر ■

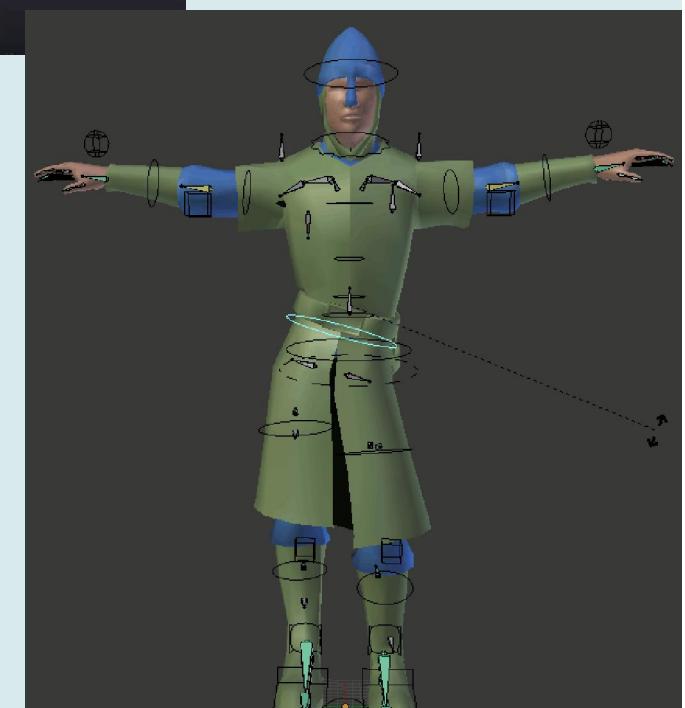
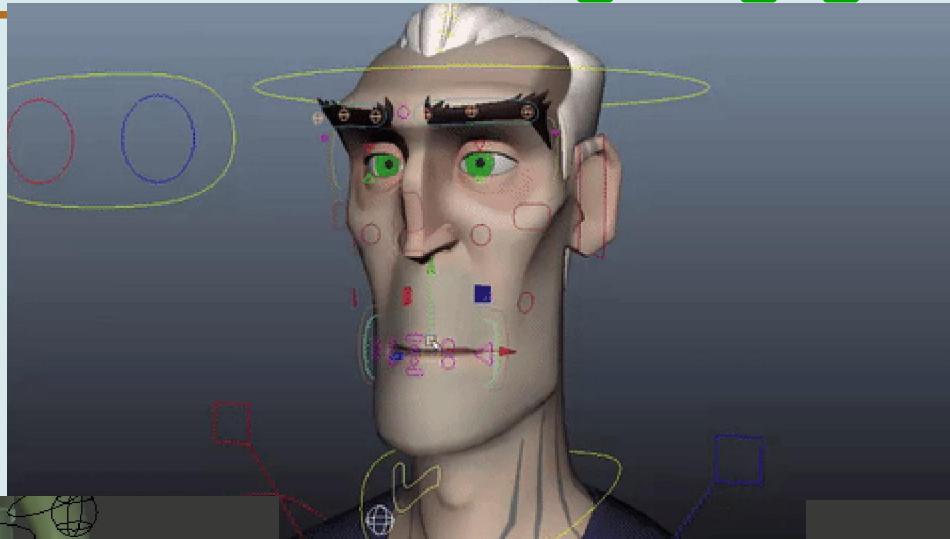
**Sphere1.translateX = Cube1.translateY × 2 ;**



**FIGURE 6.20** An expression will link the movement of the sphere to the movement of the cube. When the cube moves vertically, the sphere moves twice as far horizontally.



# ابزارها و تکنیک ها





# ساخت انیمیشن

۱- قاب های کلیدی (Key Frames) ■

ترسیم یا حالت مشخصی برای یک فریم که توسط انیماتور تعیین می شود ■

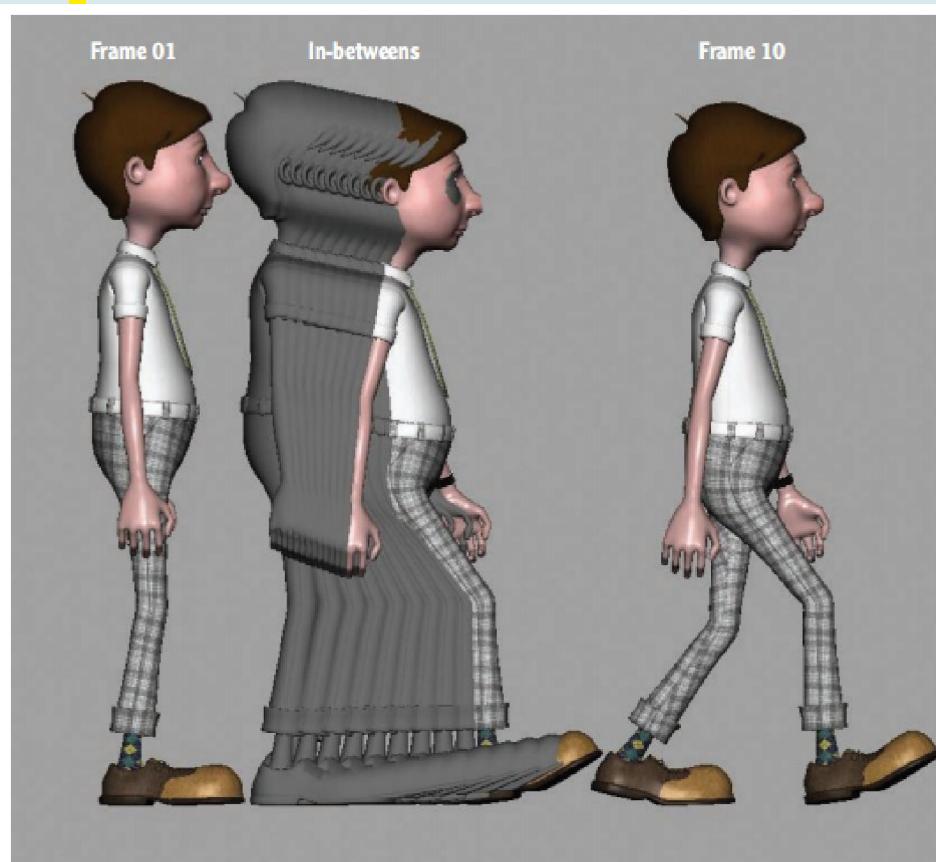


FIGURE 6.21 Example of keyframes and in-betweens. The far left and right side show the character in the keyframes at frame 01 and 10. The middle area shows how the computer added the motion between the keyframes with in-betweens.



# ساخت انیمیشن

- ۲- ویرایشگر گرافی (Graph Editor)
- ایجاد و تغییر قاب های کلیدی

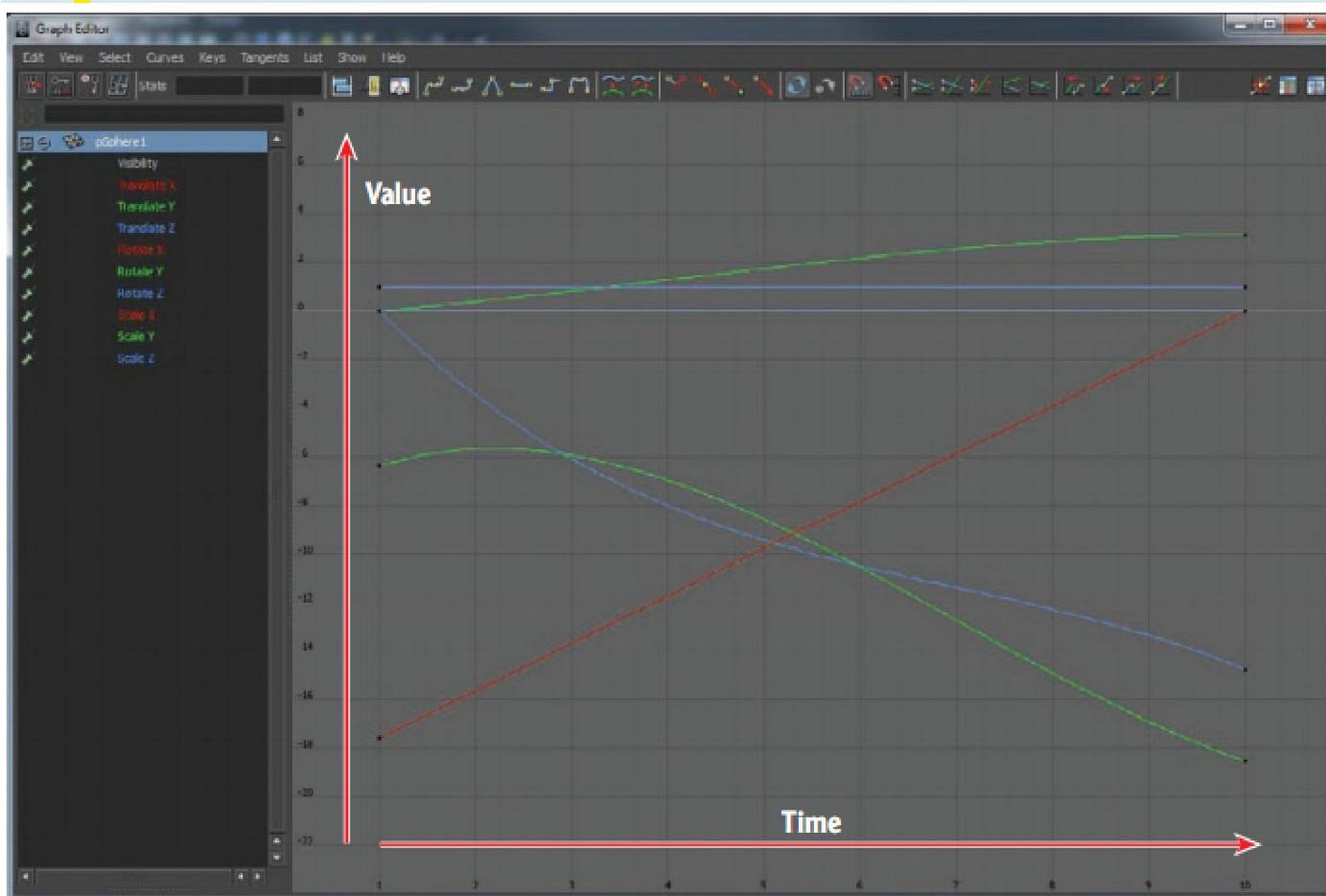
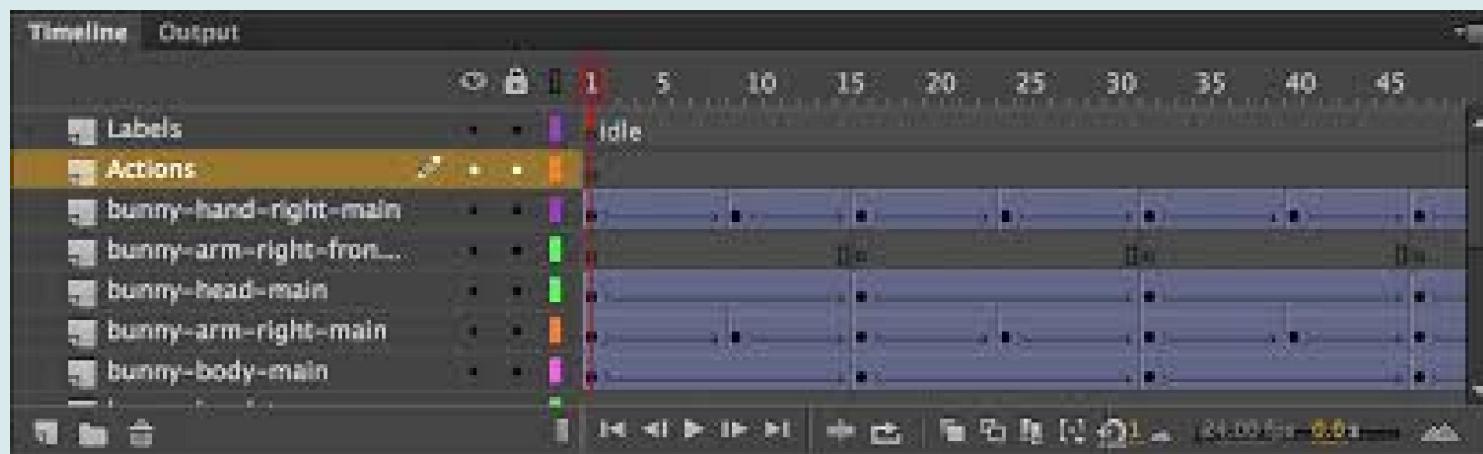


FIGURE 6.22 Function curves in a graph editor



# ساخت انیمیشن

- ۳- خط زمانی (Time Line) ■
- ارزیابی حرکت انیمیشن ■

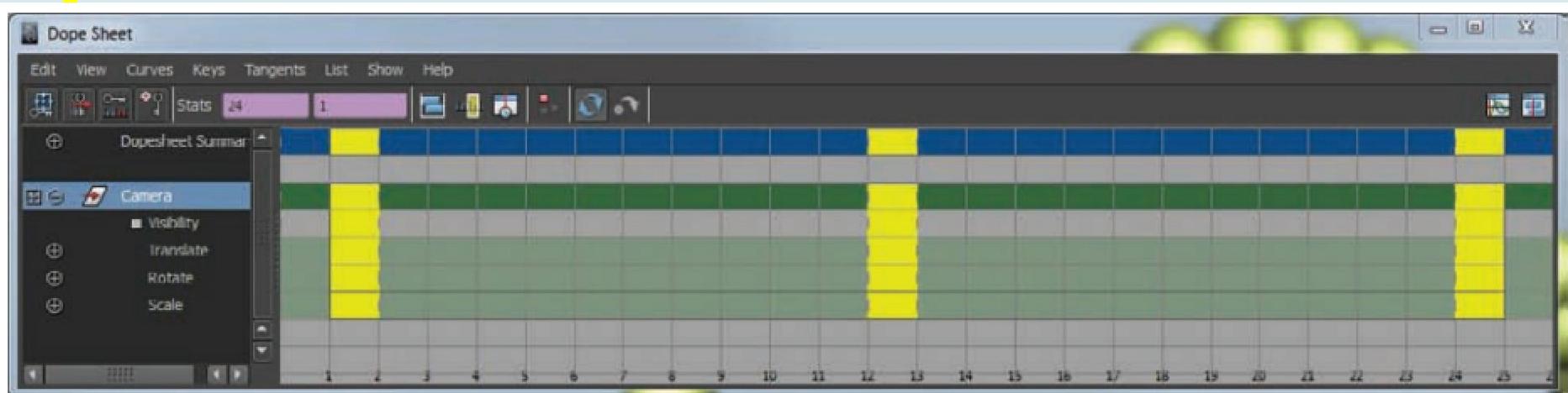




# ساخت انیمیشن

۴- ورق داپ (Dope Sheet)

به تصویر بردار می گوید که هر فریم را چگونه بگیرد



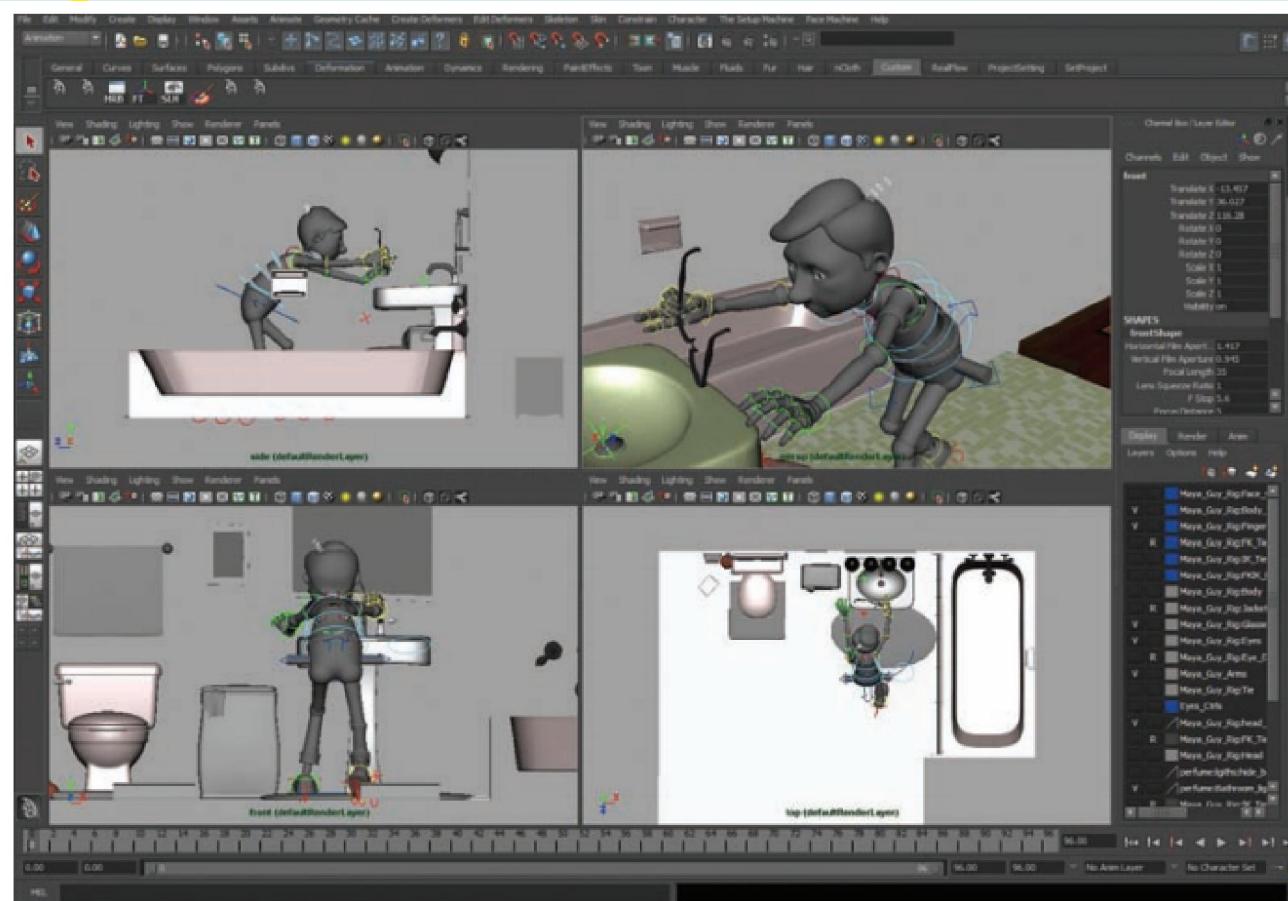
**FIGURE 6.25** A dope sheet in Maya. The yellow boxes are the keyframes, which can be moved in the timeline as needed by the animator.



# ساخت انیمیشن

## ۵- فضای کاری (Workspace)

ایجاد چند دید مختلف از کاراکتر برای ردپابی حرکت آن

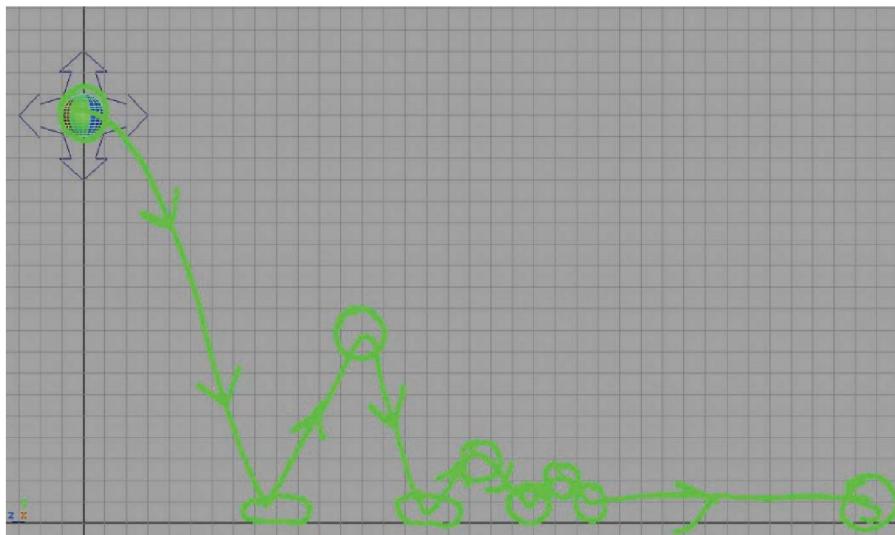


**FIGURE 6.26** Multiple camera options in a 3D application

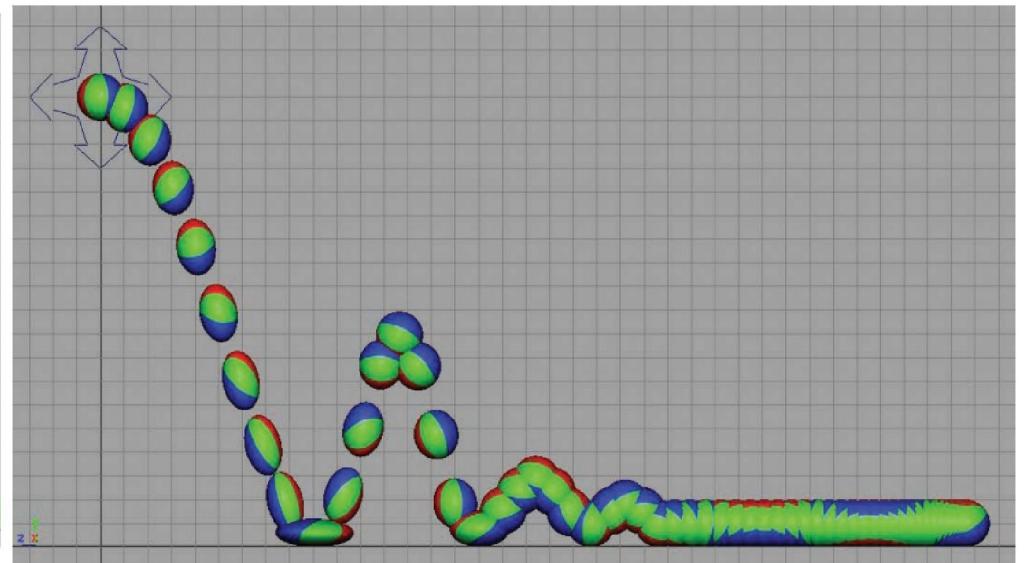


# ساخت انیمیشن

- ## ۶- نشانگر (Marker) برای ردیابی شئ و ایجاد شبح آن



**FIGURE 6.28** Annotate!Pro with markings on the screen to aid in motion-tracking animation.



**FIGURE 6.29** Ghosting of a bouncing ball to track motion



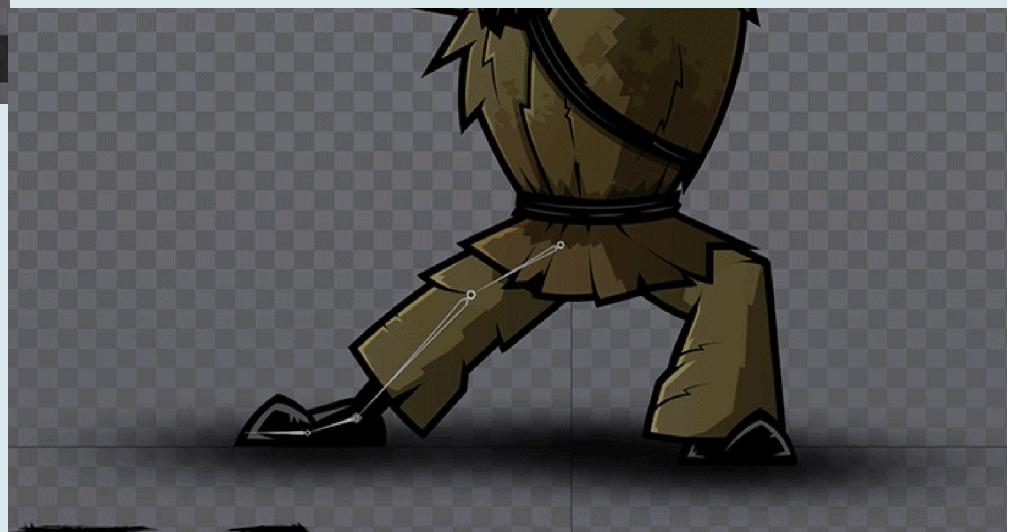
# ساخت انیمیشن

٦- حرکت شناسی مستقیم و معکوس (FK and IK) ■



WULVER  
BLADE

FIG 1: FORWARD KINEMATICS



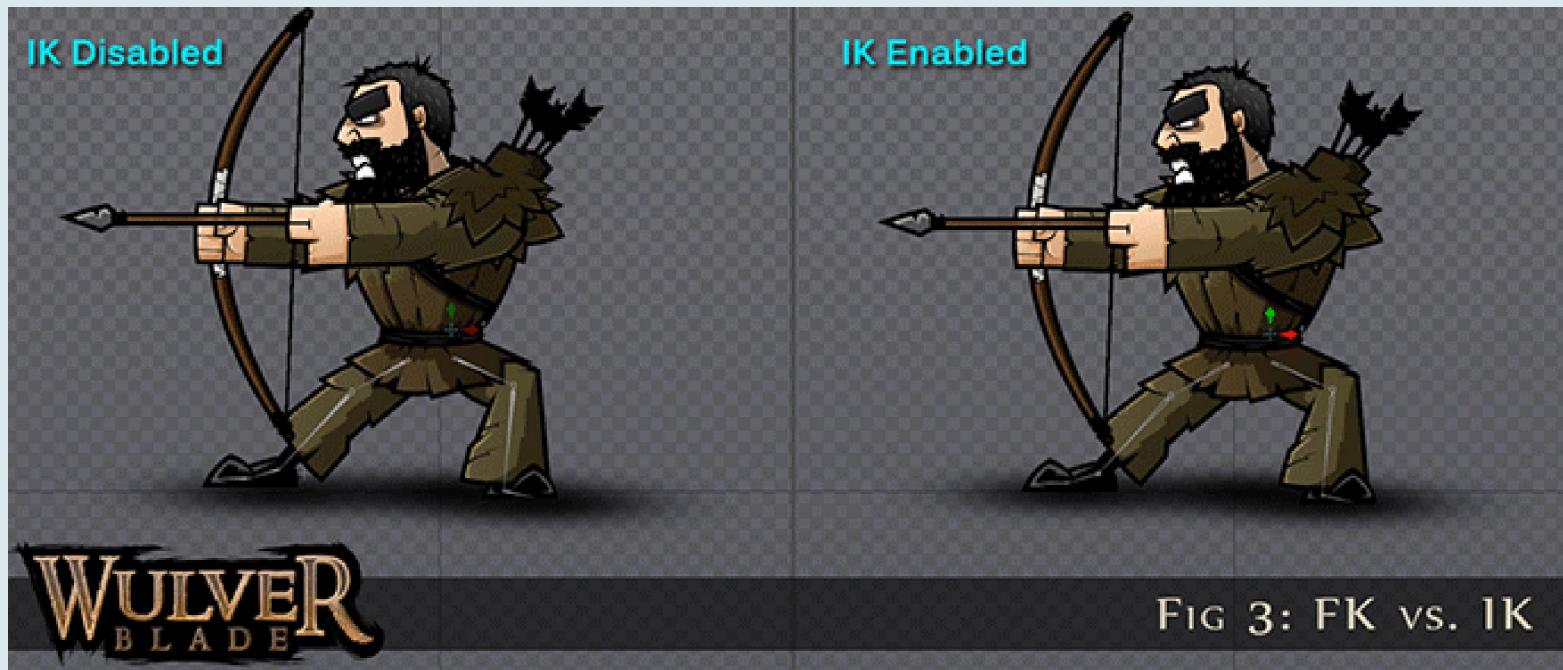
WULVER  
BLADE

FIG 2: INVERSE KINEMATICS



# ساخت انیمیشن

٦- حرکت شناسی مستقیم و معکوس (FK and IK)





# ساخت انیمیشن

٦- حرکت شناسی مستقیم و معکوس (FK and IK)





## اصل ۸:

عمل ثانویه (Secondary action) ■

علاوه بر جذاب تر کردن حرکات یک کاراکتر، از یکنواختی و ایجاد خستگی در شخصیت می کاهد. عمل ثانویه یک نوع حرکت اضافه در انیمیت می باشد و از بین بردن آن هیچ گونه تاثیری در اجرای یک عمل توسط کاراکتر نخواهد داشت و به نوعی اضافه شدن به یک عمل است و خود به تنها یی مفهومی ندارد.





# اصل ۸:

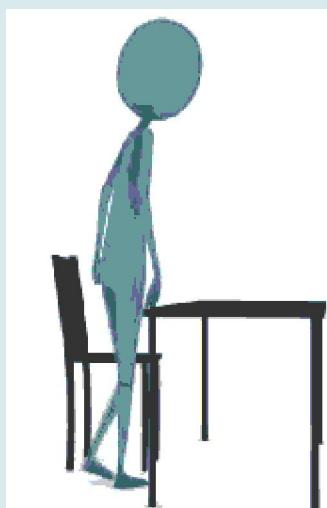
عمل ثانویه (Secondary action)

**Primary action**

عمل اصلی ای که یک کاراکتر قصد انجام آن را دارد

**Secondary action**

برای دادن عمق بیشتر به یک صحنه و یا برای اضافه کردن اطلاعات در مورد شخصیت یک کاراکتر و یا بازمه کردن حرکت در حال انجام از عمل ثانویه استفاده می کنیم



WITHOUT SECONDARY ACTIONS



WITH SECONDARY ACTIONS



# اصل ۸:

## عمل ثانویه (Secondary action) ■

می توان گفت یک **Secondary Action** (علامت جمع) است، که ما آن را اضافه می کنیم برای:

- پشتیبانی عمل اصلی.
- قوی تر و جذاب تر کردن عملکرد یک کاراکتر.
- اعتبار بخشیدن به انیمیت و ایجاد حس واقع گرایانه در بیننده.

## نکات مهم ■

در اصطلاح **Secondary Action** باشد توجه را از روی عمل اصلی بذد، بلکه باید در جهت تقویت **Primary Action** عمل کند.

**Secondary Action** یکی از اصول سخت در انیمیشن است که همواره نیاز به آموزش دارد و این که چگونه از این اصل استفاده کرد، و در چه صحنه ای به این اصل نیاز داریم خود جای یادگیری بسیار و تجربه فراوان دارد؛ و استفاده بیش از اندازه از عمل ثانویه در انیمیشن باعث سردرگمی و خستگی بیننده می شود.

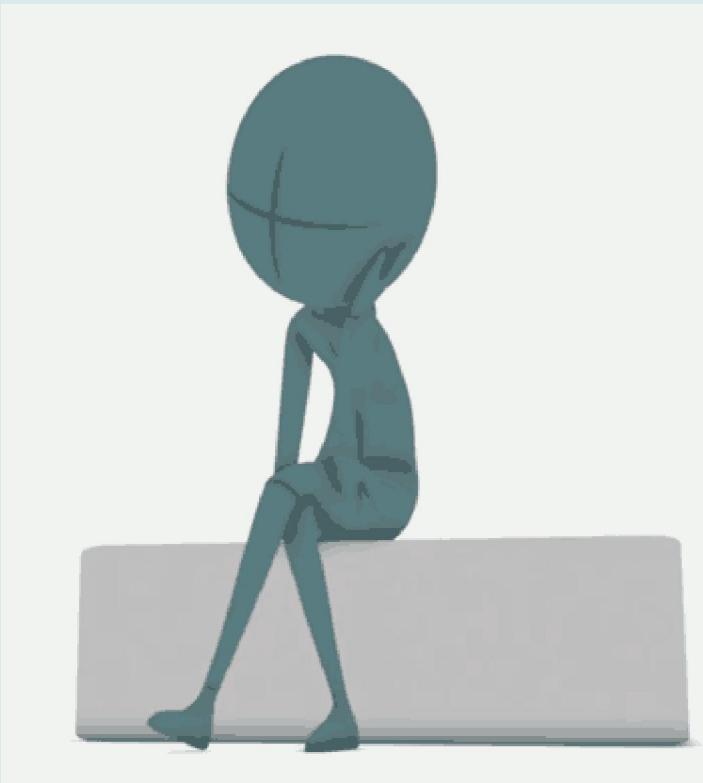
# اصل ۸:

عمل ثانویه (Secondary action) ■

نحوه پیاده سازی ۴ مورد ■

۱- حرکات بدن شخصیت (posture) ■

وقتی یک کاراکتر منتظر آمدن کسی است معمولاً اندکی نگران است و می‌توان با اضافه کردن یک عمل ثانویه مانند حرکت پا بهتر این حس را منتقل کرد. در این مثال عمل اصلی همان انتظار است، و عمل ثانویه حرکت پای کاراکتر.





# اصل ۸:

عمل ثانویه (Secondary action)

نحوه پیاده سازی ۴ مورد

۱- حرکات بدن شخصیت (مثال دوم)

وقتی یک کاراکتر ناراحت است، هر چند می توان با تاکید بر روی حالت شخصیت این حس را می توان منتقل کرد، اما با اضافه کردن یک عمل ثانویه مانند حرکت پا و شوت کردن سنگ به زیبایی می توان این حس را نشان داد.





# اصل ۸:

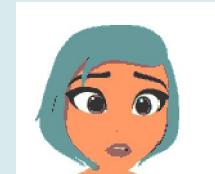
عمل ثانویه (Secondary action)

نحوه پیاده سازی ۴ مورد

۲- حالات چهره شخصیت (gesture)

یک کاراکتر را نظر بگیرید که از شنیدن خبری شوکه می شود و می خواهد به گریه کردن تغییر حالت بددهد. پس این تغییر حالت همان عمل اصلی است

به عنوان مثالی دیگر یک حرکت سریع میان عمل می تواند حالت نا امیدی را به بیننده القا کند.





# اصل ۸:

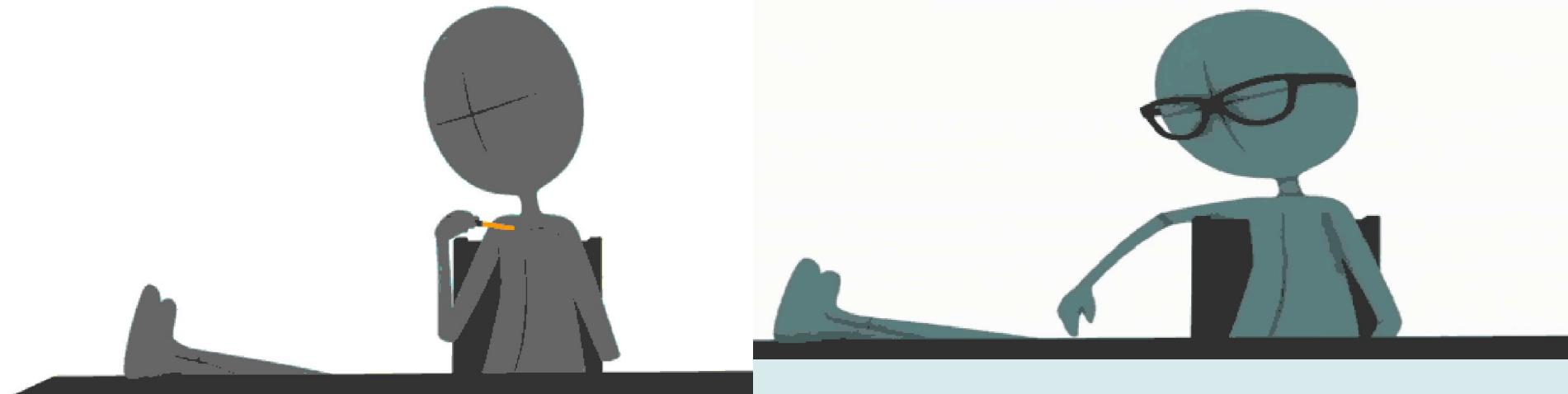
عمل ثانویه (Secondary action) ■

نحوه پیاده سازی ۴ مورد ■

۳- استفاده از وسایل صحنه (probs) ■

اگر در صحنه ای میز وجود دارد وجود خودکار روی میز طبیعی به نظر می رسد؛ پس کاراکتر می تواند در هنگام بیان دیالوگ با خودکار بازی کند و یک عمل ثانویه را به وجود آورد.

این عمل حتی بدون خودکار نیز انجام پذیر است و کاراکتر می تواند با عینک خود این عمل ثانویه را به وجود آورد.





# اصل ۸:

عمل ثانویه (Secondary action) □

نحوه پیاده سازی ۴ مورد □

۳- استفاده از وسایل صحنه (**probs**) مثال سوم □

وقتی کاراکتر روی مبل نشسته است، می تواند بالشت را از روی مبل برداشته و روی پای خود قرار دهد.





اصل ۸:

- عمل ثانویه (Secondary action) نحوه پیاده سازی ۴ مورد  
۴- استفاده از زبان بدن (body language) زبان بدن و اینکه حالت های مختلف انسان چه body language را می تواند داشته باشد



