

# REALIDAD VIRTUAL Y ANIMACIÓN

## Tema 2. Aplicaciones de la RV

1. Medicina
  - a) Anatomía
  - b) Diagnóstico y entrenamiento
    - i. Entrenamiento frente al bioterrorismo
    - ii. Palpación de próstata
    - iii. Exámenes endoscópicos: PreOp, Colonoscopia
    - iv. Anestesia. Epidural
    - v. Cirugía abierta
    - vi. MIS: Minimal Invasive Surgery

### 2. Rehabilitación

- a. Sistema de rehabilitación de tobillo de Rutgers
- b. Rehab (Holden): Rehabilitación por imitación
- c. Rehabilitación mediante juegos
- d. Rehabilitación Psicológica

### 3. Aplicaciones Educativas

- a. Laboratorio de Física Virtual
- b. Proyecto NICE: jardinería en el colegio

### 4. Aplicaciones de Arte

- a. Estatua de Miguel Ángel
- b. Patrimonio cultural

### 5. Aplicaciones de Entretenimiento

### 6. Aplicaciones Militares

### 7. Centros de investigación

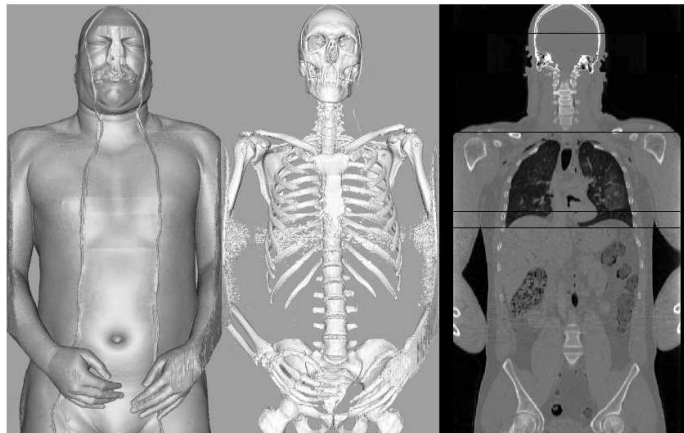
# 1. Medicina

- Para entrenamiento de estudiantes de medicina y doctores
- Los errores se producen sobre el paciente virtual
- Permite el estudio y modelado de casos atípicos
- Evita la controversia de los derechos animales y escasez de cadáveres
- Evaluación más realista
- Reducción de costes médicos (entrenamiento, aprendizaje y evaluación más baratos)

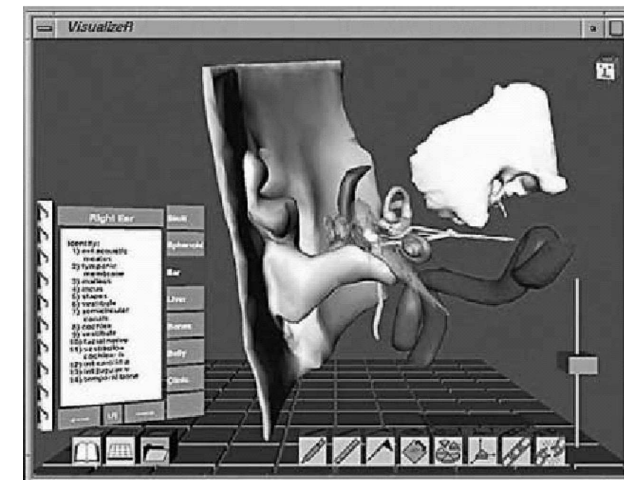
# a) Enseñanza de la anatomía

- Everett Koop, cirujano general de los EE.UU. observó en 1993: "el conocimiento médico que tenemos es hoy 20 veces más grande que cuando estudié, pero los métodos de enseñanza no han cambiado mucho."
- La enseñanza interactiva de la anatomía es necesaria puesto que el entrenamiento con cadáveres es escaso y no repetible.
- El "Humano visible" es el primer modelo totalmente realista de hombre y mujer. Es un estándar de-facto para comparaciones de algoritmos.
- Sin embargo, es muy pesado computacionalmente, lo que dificulta su renderizado en tiempo real.

## Humano Visible

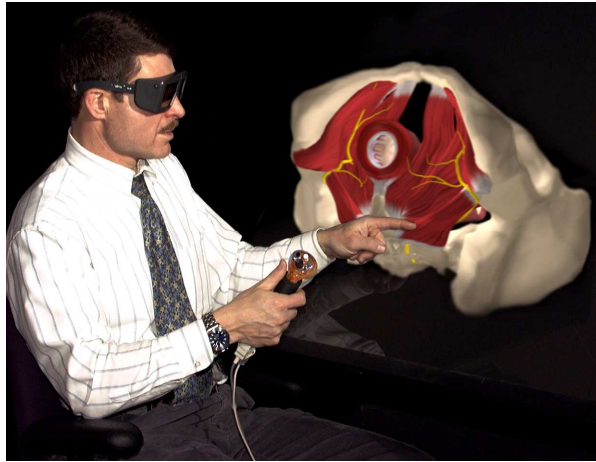


## Visualización de modelos



Oído interno del Humano Visible  
Realidad Virtual y Animación

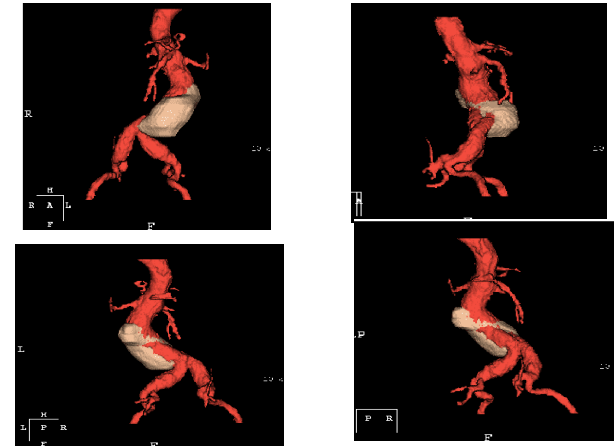
## Base de Pelvis Virtual



Realidad Virtual y Animación

9

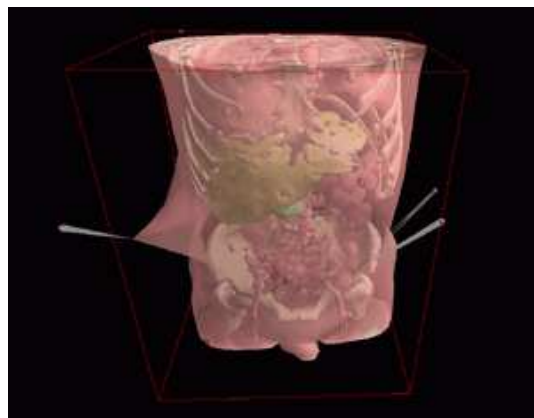
## Modelos 3D superficiales



Cortesía del Hospital Ramón y Cajal  
Realidad Virtual y Animación

10

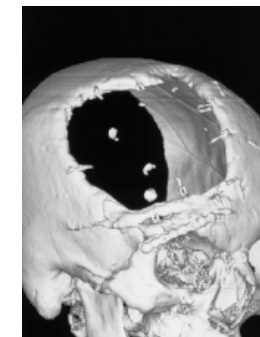
## Modelos 3D volumétricos



Cortesía de Stanford University Medical Media & Information Technologies  
Realidad Virtual y Animación

11

## Reconstrucción 3D del cráneo



University Clinic for Maxillofacial Surgery, University of Vienna, Austria

Realidad Virtual y Animación

12

## b) Diagnóstico y entrenamiento

- Experiencia (aprender de los errores)
- Repetición
- Acceso a un número grande de casos
- La RV permite todo esto sin riesgos y con bajo coste

## i. Entrenamiento frente al bioterrorismo

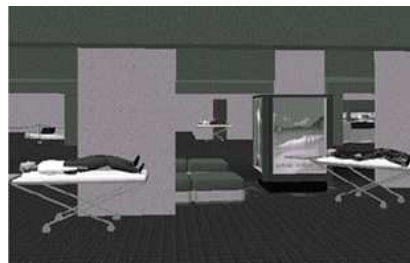
- El entrenamiento para respuesta frente al bioterrorismo no es práctico con los métodos actuales de ejercicios en directo.
- No hay muertes verdaderas
- Costosos de organizar
- La RV permite “morir”, es más barata, se puede hacer en el sitio, sin requerir al personal trabajar fuera



(Stansfield et al., 2000)

## Caso de entrenamiento

- Explosión en el aeropuerto con muertes y propagación de Staphilococcus Enterotoxin (arma bacteriológica)
- Entrenamiento estresante en el que el tiempo es un factor crítico. Deben conocerse las tareas y realizarse en un orden determinado, rápida y correctamente



(Stansfield et al., 2000)

## Estados del paciente virtual

- El paciente virtual se realiza mediante un autómata de estados finito; Cambia el estado basándose en la progresión de la enfermedad, o mediante indicación del usuario
- Respuestas específicas de cada enfermedad: ausencia de reflejo ocular para traumas cerebrales, cambio del color de la piel para el pneumotorax, etc.



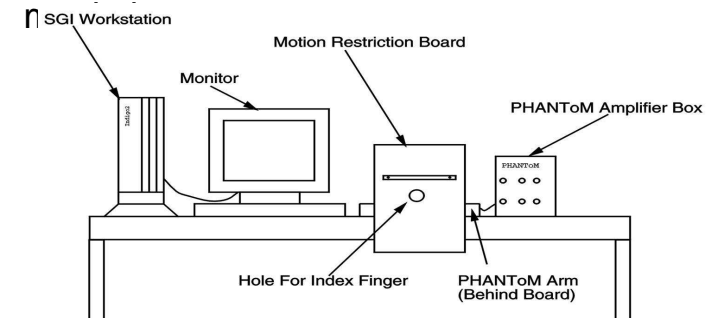
(Stansfield et al., 2000)

## ii. Palpación de próstata

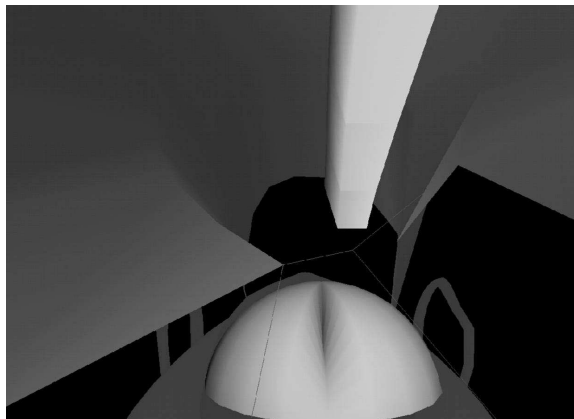
- Causa segunda de muerte entre los hombres (muere un 25%)
- Importante precisión del diagnóstico
- Mediante DRE (Digital Rectal Examination)
- Entrenamiento con modelos de goma
- Entrenamiento limitado en pacientes, sin seguimiento, sin datos de evaluación
- Ninguna confianza después de la graduación, malestar para el paciente, etc.

## Entrenador de Rutgers

- Rutgers: Entrenador para próstata mediante DRE usando PHANToM, estación de trabajo SGI y un tablero mecánico para restringir el



## OpenGL & Ghost



(Burdea et al., 1999)

## Nódulos

- Cuatro diagnósticos: normal, agrandado, incipiente (un solo nódulo), avanzado (racimo de nódulos)
- Los nódulos virtuales se podían colocar aleatoriamente en los lóbulos norte-sur, este-oeste de la próstata.

## Evaluación Humana

- Tres grupos:
    - El primer grupo: 22 estudiantes voluntarios no-médicos (16 hombres y seis mujeres)
    - El segundo grupo: 4 residentes de urología cansados tras 24 horas de trabajo de emergencias
    - El tercer grupo de control: residentes de urología voluntarios
- Primer y segundo grupo utilizaron el PHANToM (el segundo, además, el tablero de restricción).  
El tercer grupo usó los modelos de goma tradicionales

## Método de evaluación

- 5 minutos de entrenamiento en el uso del PHANToM, palpando las próstatas virtuales visibles en modelo alámbrico en la pantalla.
- Examen con la pantalla en blanco (diagnóstico basado en la realimentación de fuerza)
- 12 casos al azar a diagnosticar
- variables registradas: tiempo en diagnosticar (seg), diagnosis dada, y la diagnosis correcta

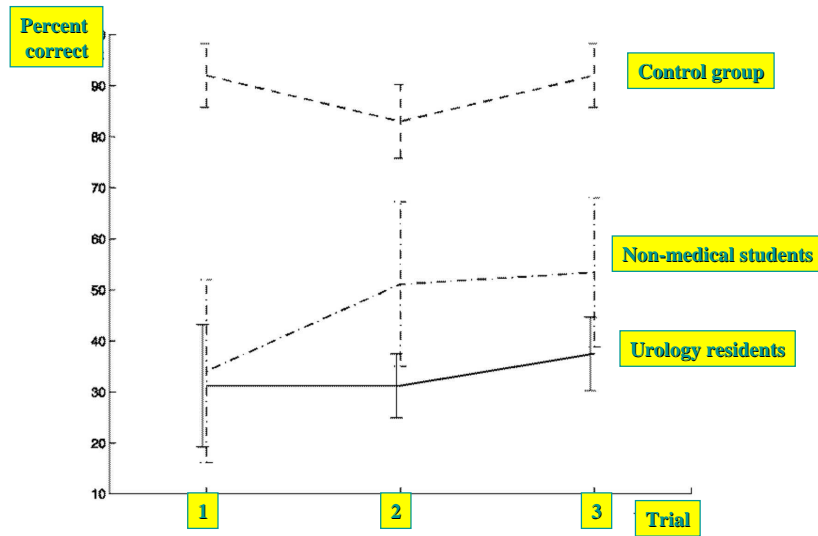
## Resultados

Grupo de sujetos	Diagnóstico exacto	Diagnóstico exacto para casos
Estudiantes no médicos	46%	67%
Residentes de urología	33%	56%
Grupo de control	92%	96%

(Burdea et al., 1999)

## Resultados

- Los dos primeros grupos eran capaces de distinguir entre casos malignos y no malignos
- Expertos más rápidos en diagnosticar, pero menos que el grupo de control
- Grupo de control usó modelo de goma sin posición aleatoria, con mejor realimentación táctil (el PHANToM no proporcionaba torsión)
- Mejora de los estudiantes entre el primer y segundo intento (aprendizaje de la tarea), de los expertos entre segunda y tercera (aprendizaje del sistema)



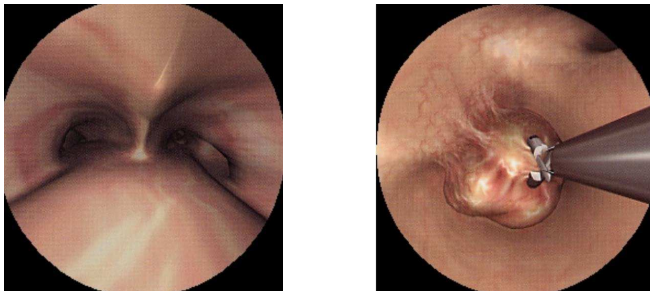
(Burdea et al., 1999)

### iii. Exámenes endoscópicos

- Para detectar cáncer y otras enfermedades
- Endoscopio: dispositivo flexible de visión que se inserta y proyecta la imagen del cuerpo en un monitor
- Dependiendo de la región del interés estos procedimientos se llaman "broncoscopia" (para los pulmones), "angioplastia" (para el sistema circulatorio), artroscopia para las articulaciones o "colonoscopia" para el colon.
- Son procedimientos invasivos, requieren anestesiarse al paciente, y si no se realizan adecuadamente, pueden producir lesiones
- Requieren entrenamiento, así como un mínimo de procedimientos anuales, para mantener la habilidad.

### • Simulador de broncoscopia "PreOp"

- desarrollado por HT Medical (ahora parte de Immersion)



### Estudio eficacia de PreOp

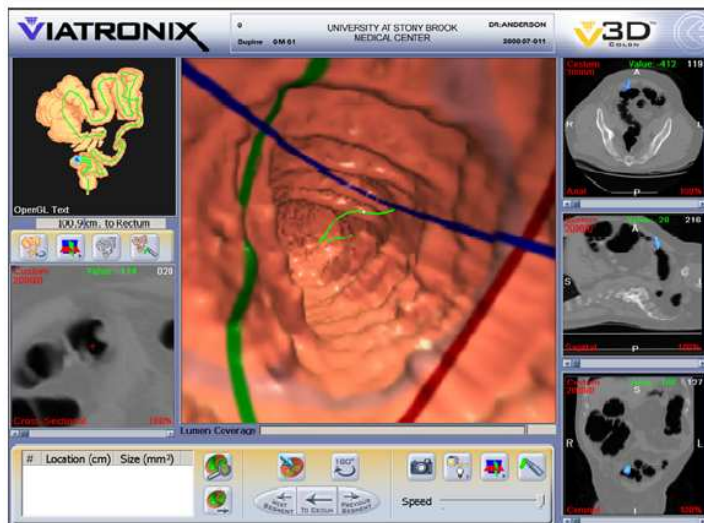
- Grupo experimental de 5 médicos en entrenamiento sin experiencia en endoscopia y un grupo de control de cuatro médicos expertos con más de 200 procedimientos de endoscopia cada uno
- El grupo experimental tenía 4 horas de entrenamiento en PreOp; el grupo de control 30 minutos de conocimiento del simulador

## Resultados

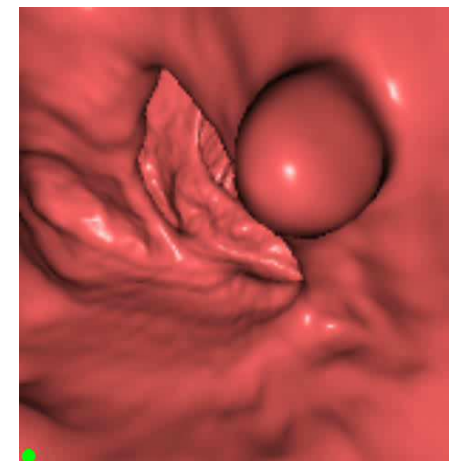
- Ambos grupos examinaron un paciente virtual normal.
- Las medidas de las variables eran la velocidad (duración de la broncoscopia), la destreza (número de contactos con la pared bronquial virtual), y la exactitud (número de los segmentos sin examinar).
- La velocidad de expertos era mejor, pero su exactitud era pobre (29% de segmentos sin examinar frente al 4.5% para los principiantes).
- Resultados confirmados también en un maniquí (17% de segmentos sin examinar frente a ninguno).

## • Colonoscopia

- La Colonoscopia puede salvar vidas (el 90% de cánceres de colon que se detectan en una fase temprana son tratables)
- Ventajas de la virtual frente a la real: no invasiva, no requiere anestesia, es mucho más rápido (15 minutos frente a varias horas)
- Un algoritmo extrae la pared del colon, realiza una "limpieza electrónica", y después reconstruye el perfil 3D del colon
- Una cámara virtual puede navegar en el colon reconstruido y se buscan los pólipos



## Colonoscopia virtual



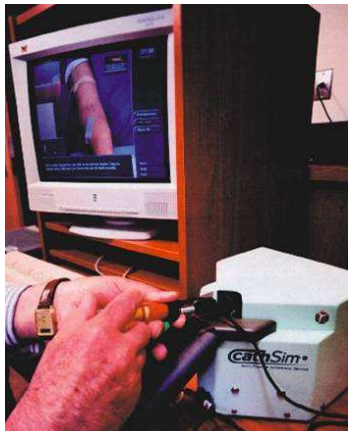
## Ventajas

- La cámara virtual puede recorrer toda la longitud del colon, lo que no es posible con los endoscopios verdaderos
- Tiene la misma tasa de detección que la colonoscopia verdadera para los pólipos de más de 5 milímetros
- Se encontraron pólipos de 3 milímetros que no se detectaron mediante la colonoscopia regular

## iv. Anestesia. Epidural

- La inserción de la aguja es un procedimiento que es una de las causas principales de infecciones y malestar para los pacientes.
- Los actuales métodos de enseñanza son inadecuados y las enfermeras aprenden directamente sobre los pacientes...
- El equipo médico HT desarrolló el simulador CathSim: simulador de la aguja 1-DOF con realimentación de fuerza.
- La biblioteca de casos tiene seis tipos de pacientes desde un drogodependiente hasta una mujer anciana.

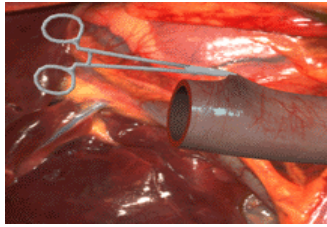
## CathSim



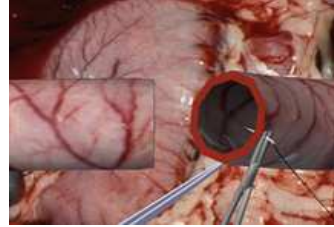
## v. Cirugía abierta

- Anastomosis: suturar dos vasos sanguíneos
- Boston Dynamics desarrollaron un sistema experimental de entrenamiento en VR
- Se modelan los vasos sanguíneos usando la toolkit de splines TELEOS y se les añadieron texturas para aumentar el realismo
- El aprendiz utiliza herramientas quirúrgicas verdaderas (pinzas, sostenedor de la aguja, etc)

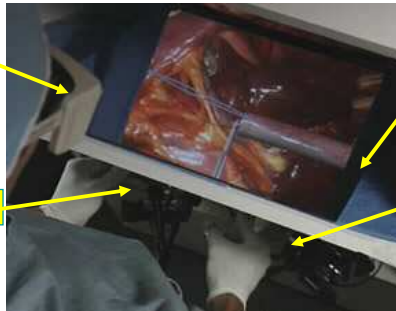
Blood vessel being deformed



Needle insertion task



Stereo glasses



Half-mirror

PHANToM arm

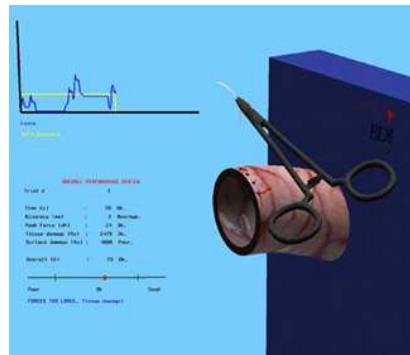
PHANToM arm

## Estudio de factores humanos

- Experimento para comparar a estudiantes de medicina y a cirujanos vasculares usando al entrenador
- Tarea: repetición de la inserción (9 veces) de una aguja curvada a través de un vaso sanguíneo simulado
- Los dos grupos eran 12 estudiantes (escuela médica de Harvard), y 9 cirujanos del área de Boston
- Los resultados demostraron que el entrenador podía medir diferencias quirúrgicas de habilidad y así servir en el futuro como herramienta de evaluación

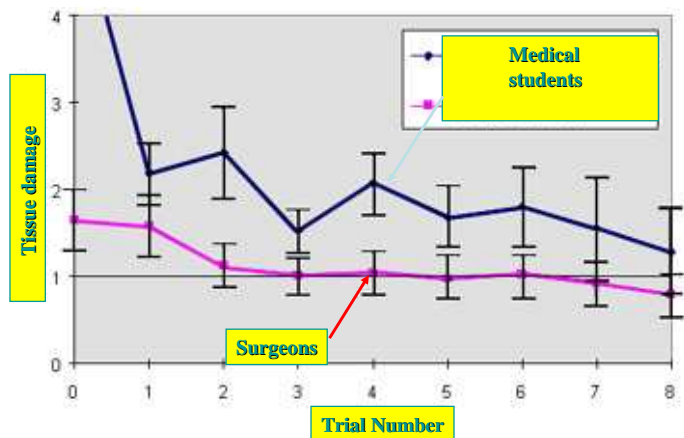
## Variables

- Las variables usadas para calibrar funcionamiento eran:
  - Tiempo
  - Exactitud
  - Error del ángulo
  - Fuerza máxima
  - Daños en el tejido
  - Daños superficiales
  - Puntuación total



## Resultados

- Los cirujanos lo hicieron mejor que los estudiantes produciendo menos daño en los tejidos
- Hubo menor aprendizaje para los cirujanos y fue un grupo más uniforme

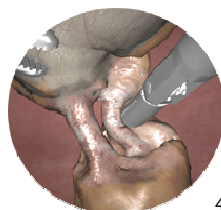


## vi. MIS: Minimal Invasive Surgery

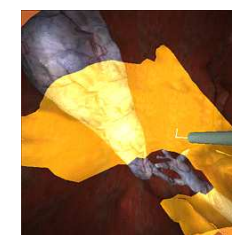
- Ventajas para el paciente:
  - menor estancia del hospital (desde una semana hasta menos de un día)
  - Menor cicatrizado (tres cortes de 1-2 centímetros)
  - Recuperación más rápida.
- Desventajas para el cirujano:
  - Pérdida de visión directa (3D) del área del corte. Tiene que mirar un monitor 2D
  - Pérdida de respuesta táctil, que es filtrada por el instrumento laparoscópico
  - "efecto del fulcro" debido al punto de inserción

## Laparoscopic Surgical Workstation

- Reciente. De la compañía Immersion
- Con realimentación de fuerza para los 5 DOF
- Estación PC, conectado sobre una tarjeta PCI.
- Gráficos más realistas (software LapSym)

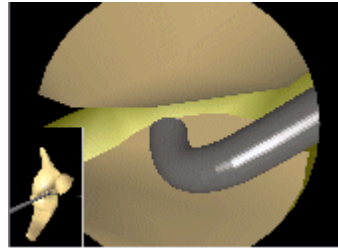


## Cirugía laparoscópica



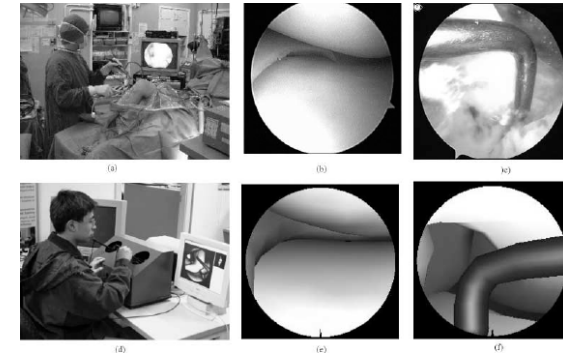
- **Simulador de laparoscopia**
- Medical Robotics at UC Berkeley

## Cirugía Artroscópica



- **Simulador de artroscopia de rodilla**
- SKATS Sheffield Knee Arthroscopy Training Systems

## Cirugía artroscópica

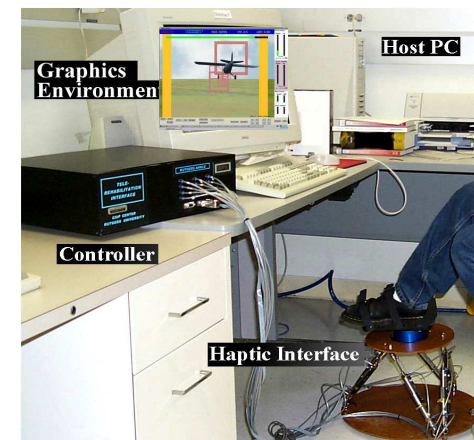


- **Simulador de artroscopia de hombro.**
- Department of Computer Science and Engineering, Chinese University of Hong Kong

## 2. Sistemas de Rehabilitación

- a) Sistema de rehabilitación de tobillo de Rutgers
- b) Rehab (Holden): Rehabilitación por imitación
- c) Rehabilitación mediante juegos
- d) Rehabilitación Psicológica

- a) Sistema de rehabilitación de tobillo de Rutgers



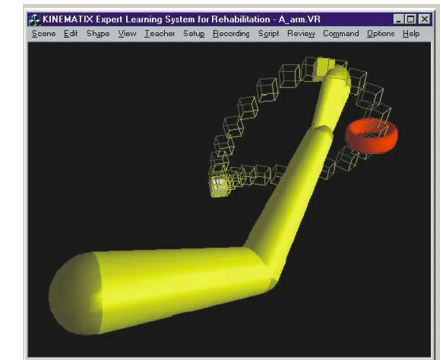
## Estudio sobre 3 pacientes

- Se ejercitaron 3 veces a la semana durante 30 minutos
- Se mejoró en rotación del tobillo, rango de movimiento y coordinación



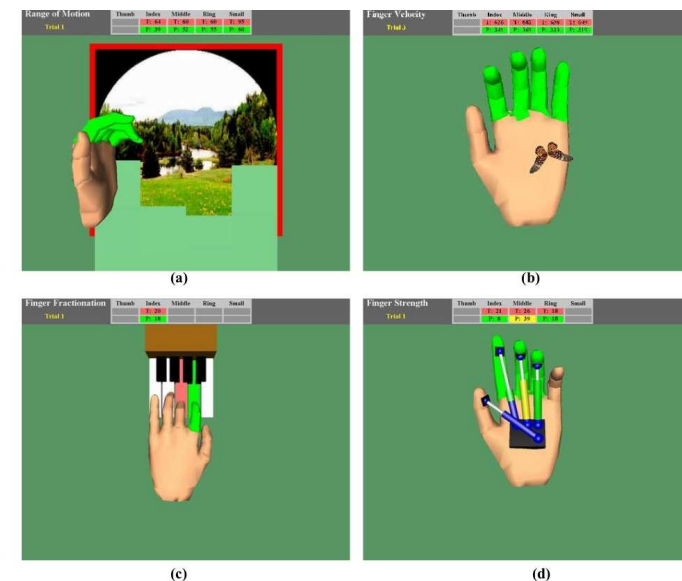
## b. Rehab (Holden): Rehabilitación por imitación

- Pruebas en 9 pacientes. 30 sesiones de una hora del rehab, tres veces por semana
- Precisión
- Flexión del hombro y una fuerza de agarre significativamente más altas



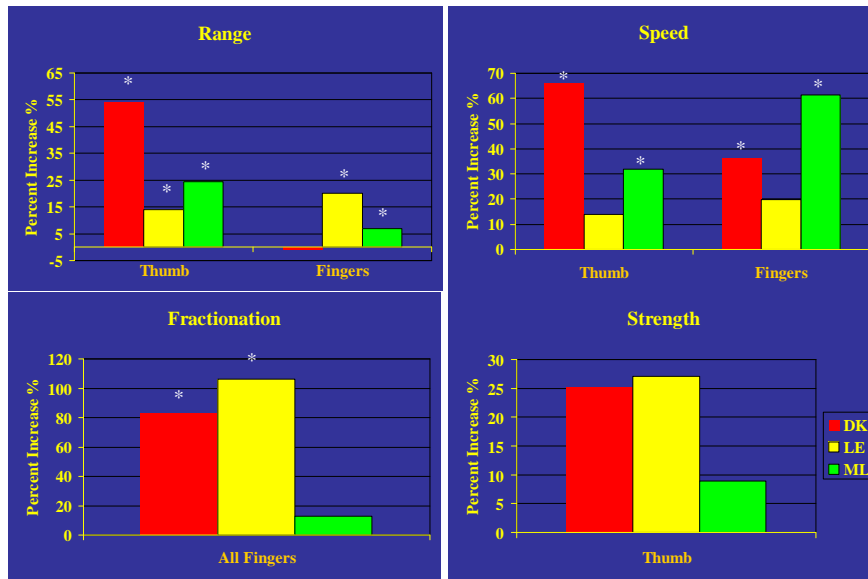
## c. Rehabilitación mediante juegos

- Cada sesión consistió en cuatro ejercicios de N intentos cada uno.
- Cada ejercicio se concentra en un parámetro particular del movimiento de la mano:
  - RANGO
  - VELOCIDAD
  - INDEPENDENCIA (Movimiento Individual)
  - FUERZA



## d. Rehabilitación Psicológica

- Desórdenes en la alimentación
- Desórdenes de stress post-traumático
- Fobias: miedo a las alturas, espacios cerrados, animales, hablar en público o a volar.



Realidad Virtual y Animación

53

Realidad Virtual y Animación

54

## • Terapia de exposición

- Tratamiento clásico de fobias en donde el paciente se expone a estímulos controlados para desensibilizar
- El tratamiento clásico es costoso, arriesgado, y plantea problemas con la confidencialidad del paciente.
- La terapia de VR tiene ventajas:
  - Se necesita sólo un PC en la oficina del psicólogo (privacidad)
  - más seguro (como el tratamiento al miedo a las arañas o serpientes)
  - más barato (evita la necesidad de vuelo real)

Realidad Virtual y Animación

55

## Fobia a volar

- Georgia Tech y Emory University
- Utiliza un PC y un HMD
- Software con máquina de estados



Realidad Virtual y Animación

56

## Estudio fobia a volar

- El paciente controla la progresión a través de un sistema de situaciones progresivamente más duras: embarque, despegue, vuelo, aborto de aterrizaje y aterrizaje
- Estudio con 45 sujetos demostró a la RV tan eficaz como la exposición estándar
- Ahorro del 92% después de un año.

## • Rehabilitación cognitiva

- Enfermedad de Alzheimer
- Traumas cerebrales
- Trastornos de atención/hiperactividad (AD / HD: Attention Deficit / Hyperactivity Disorder)

- Para AD/HD utilizan dispositivos de seguimiento (trackers) para medir el reposo.
- Se proporciona sonido 3-D como distracciones.
- Los sujetos ven una sala de clase virtual.
- Un estudio demostró que el sistema puede diagnosticar AD/HD.



## 3. Aplicaciones Educativas

- El aprendizaje constructivo implica la exploración del mundo pre-construido
- CyberMath desarrollado en Suecia para estudiantes de universidad



## RV en la escuela



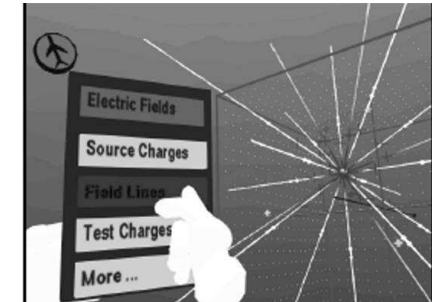
Virtual Reality Education Software.  
SUNRISE Virtual Reality Inc.

Realidad Virtual y Animación

61

## a. Laboratorio de Física Virtual

- Enseñanza de la física Newtoniana y cuántica.
- Los estudiantes interactúan con la simulación usando un guante y paneles de control virtuales.
- Están más motivados y comprenden los conceptos 3D mejor en comparación con otros métodos de enseñanza



Realidad Virtual y Animación

62

## b. Proyecto NICE: jardinería en el colegio

- Usa una cueva (CAVE) y un ImersaDesk para interactuar con el entorno virtual que muestra un jardín virtual



Realidad Virtual y Animación

63

## Resultados de NICE

- Probado en 52 estudiantes divididos en grupos, con un jefe que interactuaba
- El jardín tenía avatares para representar los jefes
- El porcentaje de los niños que entendían los conceptos de jardinería paso de un 12% (antes) hasta un 35% (después), siendo los jefes los que más habían aprendido

Realidad Virtual y Animación

64

## 4. Aplicaciones de Arte

- VR es un medio para que los artistas creen y experimenten.
- Es una nueva manera explorar el arte
- Permite la "preservación del patrimonio cultural" en VR
- Aumenta el acceso al arte para la gente que vive lejos y para los discapacitados a través de museos virtuales

## a. La piedad de Miguel Ángel

- Recreada en RV por IBM en 2 semanas, usando escáneres estéreo y fotos digitales en color para un detalle de mm



- Visiones no posibles en un museo (desde arriba)
- La estatua fue "restaurada" en VR (adición de partes que faltaban)
- Fue colocada en contexto, en un mausoleo virtual.



## b. Patrimonio cultural

- <http://www.world-heritage-tour.org>
- <http://www.virtualheritage.net> formada en el 2000 como afiliado de la UNESCO.
- Planes arquitectónicos, documentos históricos, visita al sitio real, adquisición de fotos (usadas después para las texturas).

## • Iglesia de Sergio y Baco

- Creado por un grupo de la Universidad de Ginebra
- Modelo exterior de 18000 polígonos e interior de 59000 polígonos con 3DStudio Max.



## • Notre Dame Virtual

- Viajes virtuales con un avatar guía que es un sacerdote (1200 polígonos) con secuencias predeterminadas de movimiento
- Un motor de IA conduce su comportamiento, basado en sensores de proximidad colocados en distintos sitios dentro de la catedral virtual



## 5. Aplicaciones de Entretenimiento

De aventura: Lara Croft



De estrategia: StarCraft®



## Travesía virtual de la selva (Disney)

- Plataforma de balsa con movimiento, sensores en los remos y vaporizaciones de agua para aumentar la sensación de inmersión.

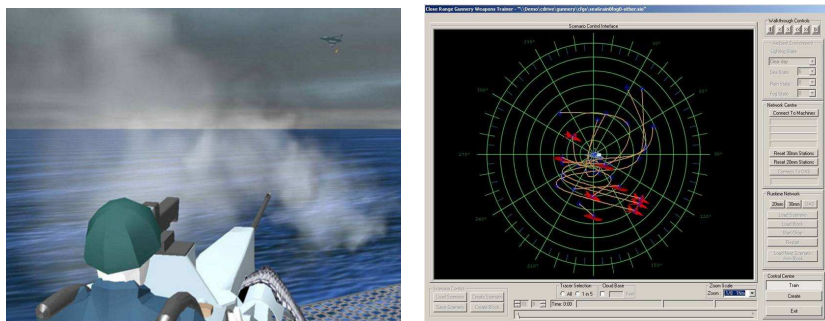


## 6. Aplicaciones Militares

- Entrenamiento de armas
- Sistemas para entrenar la toma de decisiones en situaciones de emergencia
- Entrenamiento de vuelos

## Entrenador de Artillería Naval

HMD con sensor, arma real con sensor en el gatillo, un PC en el que se ejecuta la simulación



## 7. Centros de investigación

- Cirugía endoscópica
  - VIVENDI – Universidad Tübingen (OpenGL, navegación guiada)
  - VICON-SUNY Stony Brook (sólo para colonoscopia)
  - FreeFlight, U Wake Forest (OpenInventor)
  - CRS4 Sardinia (3D Tex sobre SGI RE2)
  - TU Wien / TIANI Medgraph (vídeos 3D)
  - Nagoya University Graduate School of Information Science, Suenaga Laboratory

## Centros de investigacion (II)

- Colonoscopia
  - Olympus Optical Corporation
- Laparoscopia virtual
  - Mayo Clinic College of Medicine
  - Medical Robotics at UC Berkeley
- Artroscopia
  - University of Sheffield
  - Department of Computer Science and Engineering, Chinese University of Hong Kong
  - Mitsubishi Electric Research Lab

## Centros de investigacion (III)

- Cirugía Maxilo-facial
  - Surgical Simulation and Navigation Group, Caesar - Center of Advanced European Studies and Research, Bonn, Germany
  - Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Klinikum rechts der Isar, Munich University of Technology, Germany
  - Stanford University Medical Center
  - University Hospital Maastricht, the Netherlands
  - Charite HU-Berlin. Surgical Robotics Lab
  - University Clinic for Maxillofacial Surgery, University of Vienna, Austria