



**Ergonomická laboratoř**  
Ing. Petr Gaďourek, Ing. Tomáš Lebeda  
GETA Centrum s.r.o.  
Nad Spádem 9/206  
147 00 Praha 4  
telefon: 271 731 264  
e-mail: [ergonomie@getacentrum.cz](mailto:ergonomie@getacentrum.cz)  
[www.getacentrum.cz](http://www.getacentrum.cz)

# **Biomechanické metody k hodnocení zátěže bederní páteře s využitím programu Tecnomatix Classic Jack**

## **Lower Back Analysis Static Strength Prediction**

# Tecnomatix Classic Jack

Software je universální nástroj pro hodnocení vlivu pracovního prostředí na pracovníka. Umožňuje v počítači vytvořit 3D model pracovního prostředí, 3D model pracovníka a 3D model pracovní činnosti. Simuluje jejich vzájemné vazby s ohledem na ergonomii, efektivitu práce a fyzickou zátěž pracovníka.

Je především určen k posuzování vhodnosti pracovního prostředí, jak z hlediska možnosti optimalizace pracovního výkonu, tak i z hlediska ochrany zdraví pracovníků, únavy a bezpečnosti práce.

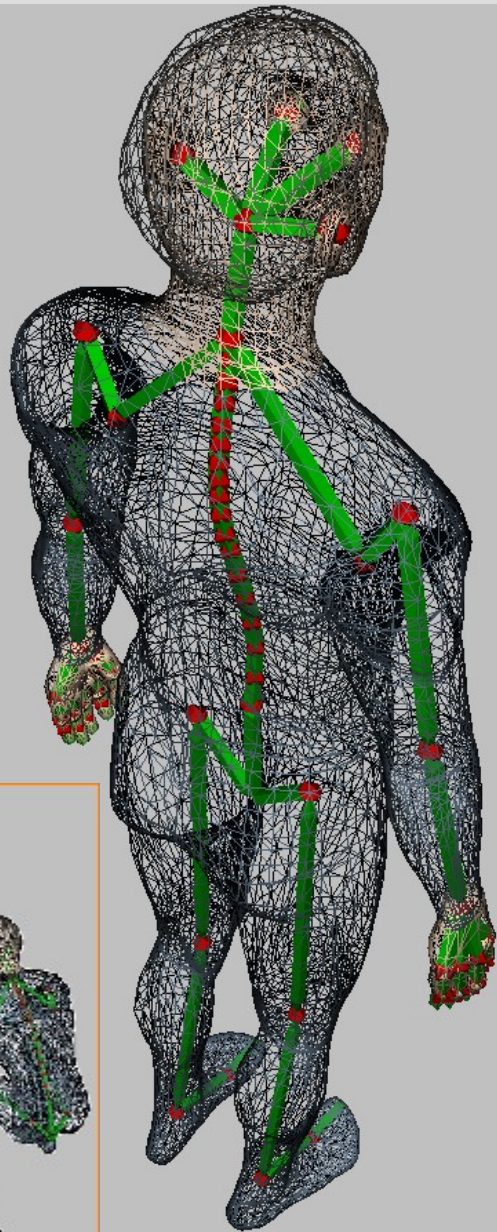
## Postup činností:

- ▶ Provedení přesné 3D simulace reálného pracovního prostředí (pracovního místa).
- ▶ Provedení animace pracovních činností jednotlivých pracovníků, případně u jednodušších analýz lze pracovat pouze se statickými polohami.
- ▶ Provedení ergonomických analýz.



# Biomechanický model člověk

71 segmentů  
69 kloubů, 135 stupňů volnosti



# Antropometrické studie

percentil / pohlaví, výška, hmotnost  
poměr pasu k bokům

**Anthropometric Scaling**

Human: human2

Stature: 163.0 cm    Weight: 63.0 kg

Database: ANSUR

Stature options:  
 Custom  
 Regress from Weight  
 Percentile

Percentile options:  
 99th  
 95th  
 50th  
 05th  
 01st

Database list:  
 ANSUR  
 ASIAN\_INDIAN\_NID97  
 CDN\_LF\_97  
 CHINESE  
 GERMAN  
 NA\_AUTO  
 NHANES

Waist to Hip Ratio: 0.7400

Stature: 175.5  
 Abdominal Dep.: 21.4  
 Ankle Hgt: 16.9  
 Acromion Height: 145.3  
 Arm Length: 78.9  
 Biacromial Br.: 39.7  
 Bistoid Br.: 47.1  
 Buttock-Knee: 69.9  
 Elbow Rest Hgt: 23.1  
 Elbow-Fingertip: 47.4  
 Foot Length: 10.1  
 Foot Breadth: 27.0  
 Hand Breadth: 9.4  
 Hand Length: 19.0  
 Head Breadth: 15.2  
 Head Height: 22.6  
 Head Length: 19.7

Gender:  Female  Male

Hip Breadth: 33.6  
 Interpupil Dist: 6.5  
 Shoulder-Elbow: 38.0  
 Sitting Acromial: 61.2  
 Sitting Eye: 78.9  
 Sitting Hgt: 61.4  
 Sit Knee Hgt: 56.8  
 Thigh Clearance: 18.7  
 Thumbtip Reach: 84.7



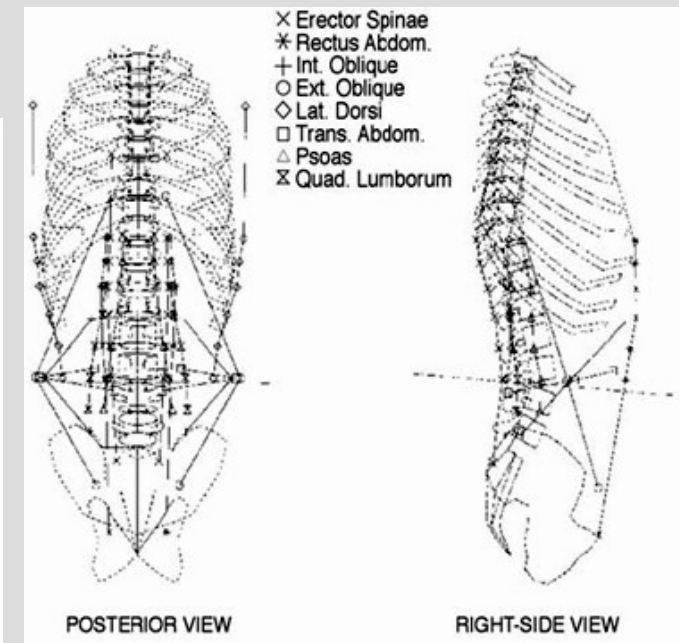
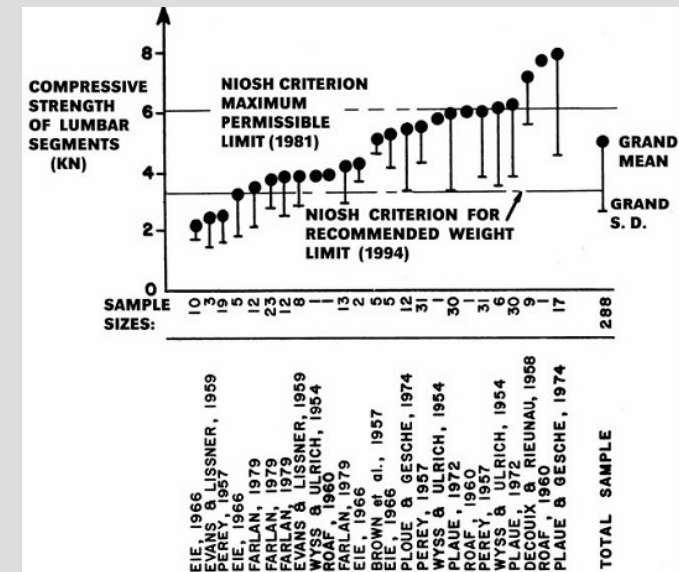
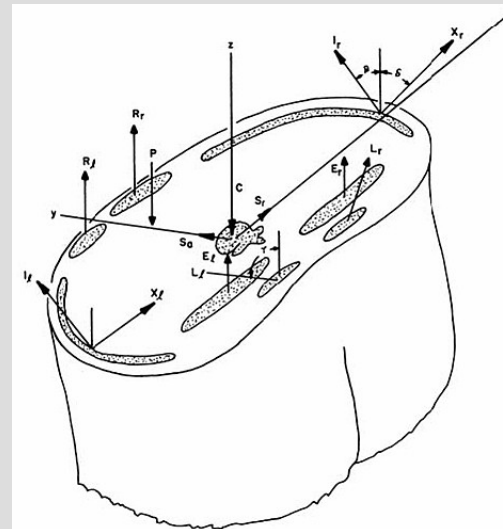
# Lower Back Analysis

Řada studií prokázala, že tlaková síla v páteři má významný vliv na poranění zad a bolest v bederní páteři (Low back pain).

**Institutu NIOSH doporučuje limit 3400N a maximální kritický limit 6400N.**

Byl vytvořen geometrický model trupu, tak aby bylo možné hodnotit i asymetrické zatížení (např. sílu v jedné paži, natočení trupu, úklon do strany atd.) V úvahu byla vzata řada svalů trupu a pasivní reakce tkáně.

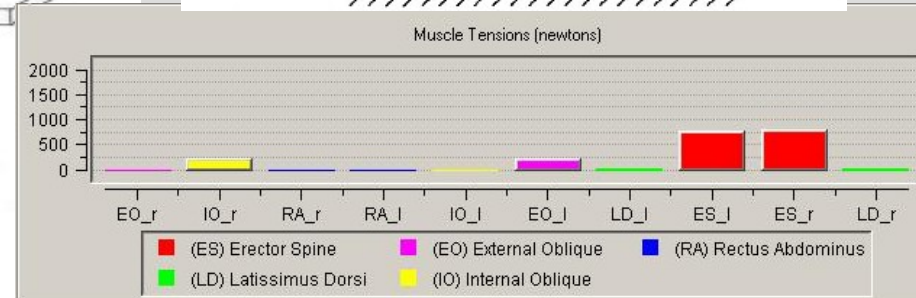
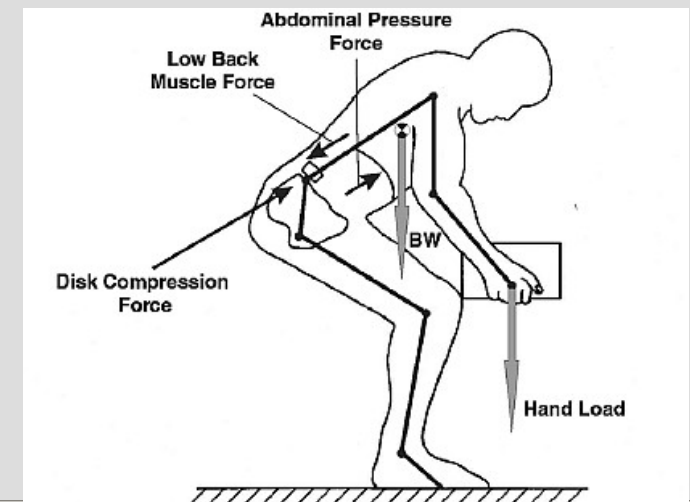
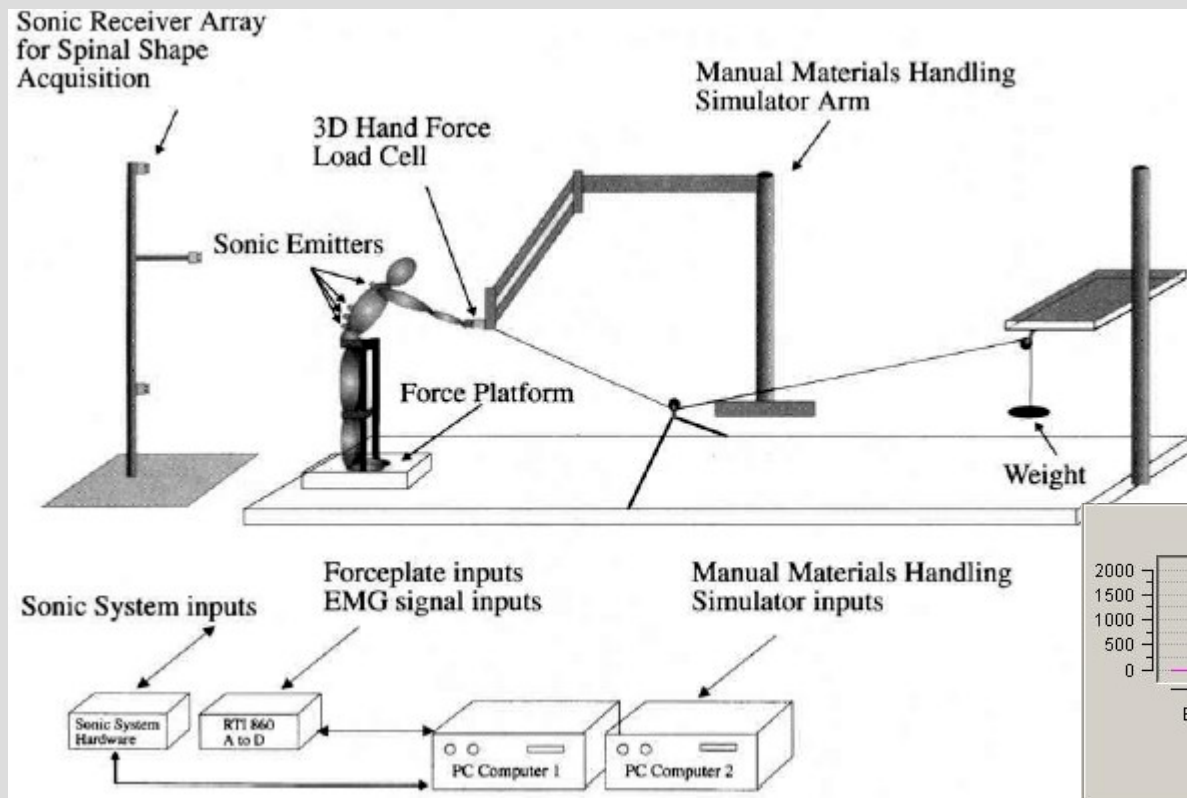
Nejdůležitější prediktor zatížení bederní páteře je reakční síla svalů, která je nutná pro stabilizaci páteře při vystavení vnějším silovým momentům.



# Lower Back Analysis

Biomechanického modelu bederní páteře byl validován elektromyografií. Hodnoceny byly reakce svalů pracovníků vykonávající řízené úsilí trupu (Hughes et al).

Byla zkoumána odezva vybraných bederních, a pánevních svalů na zátěž v bederní oblasti zad a pánve. Zkušební osoby, v neutrální vzpřímené pozici, byly zatíženy momentem a smykovou silou za podmínek omezené a volné rotace pánve. Byla monitorována aktivita svalů erector spinae, latissimus dorsi, external oblique, rectus abdominis, gluteus maximus a rectus femoris pomocí povrchové elektromyografie.



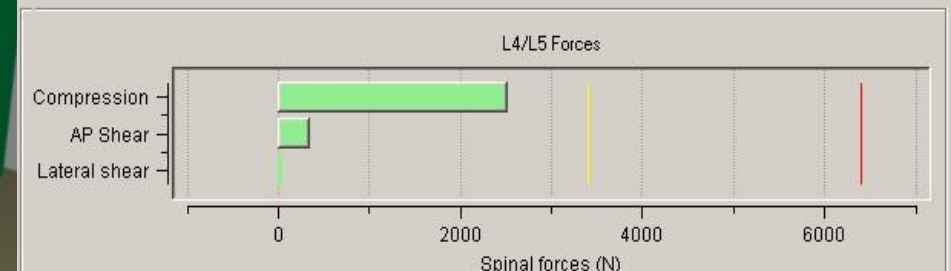
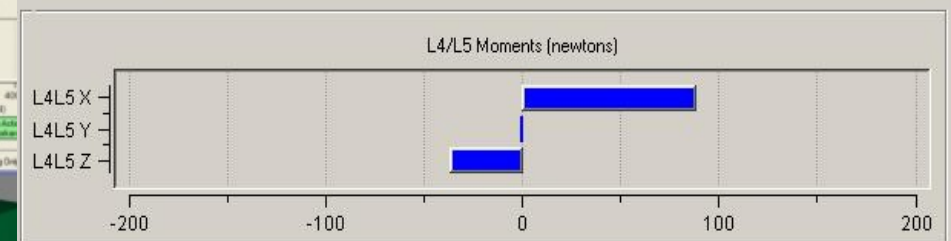
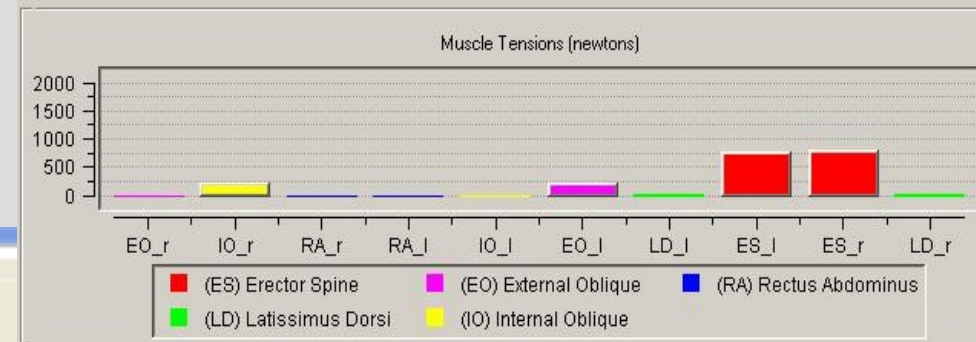
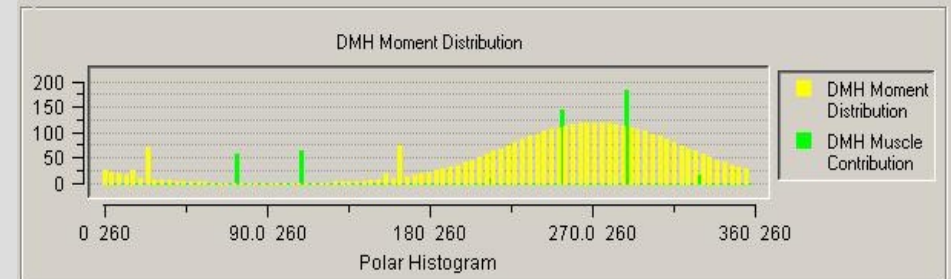
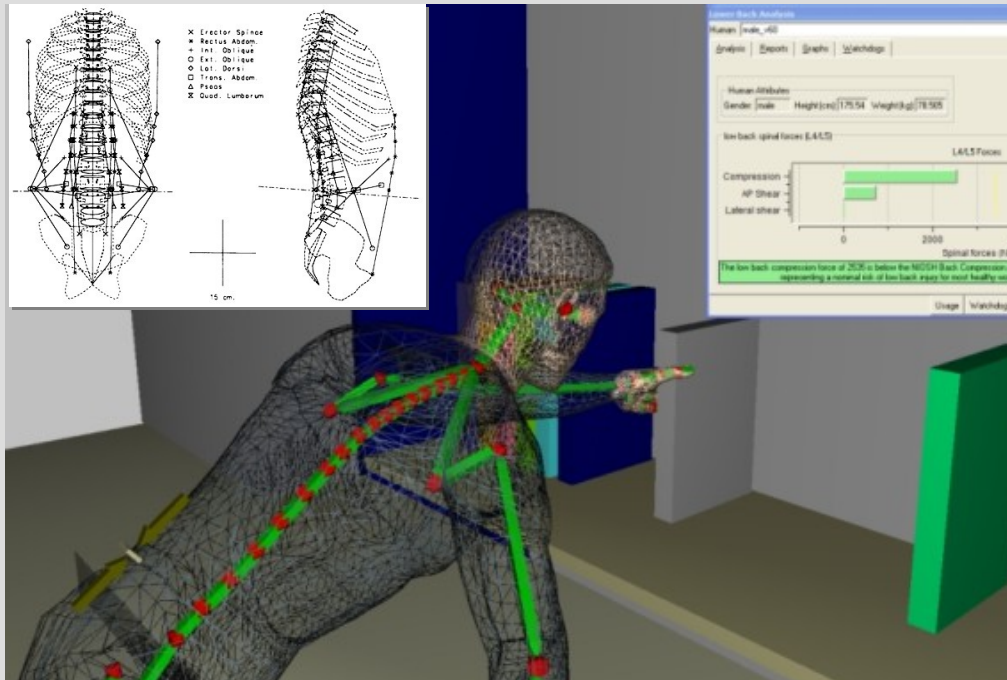
# Lower Back Analysis

## LBA - analýza sil v páteři:

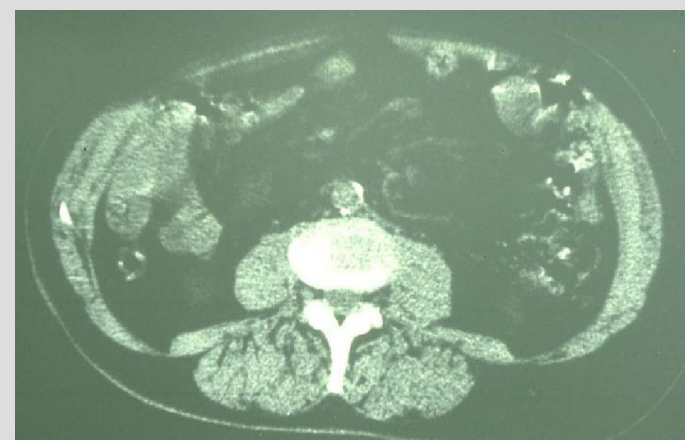
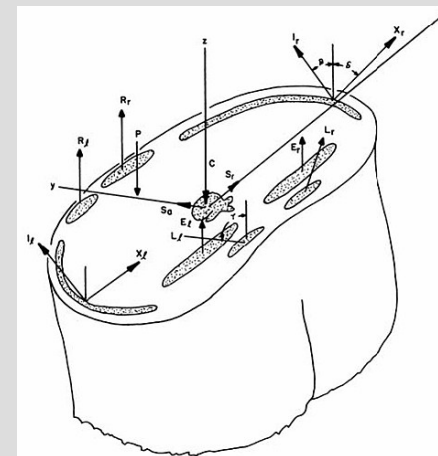
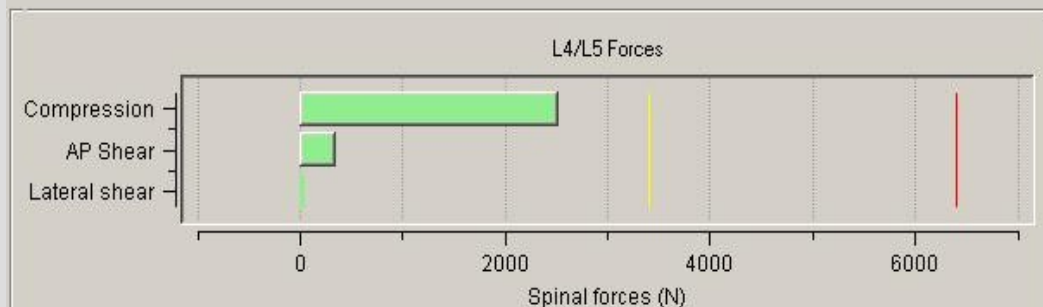
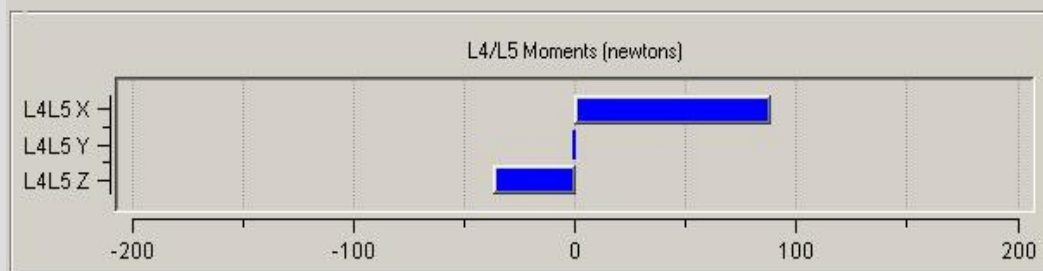
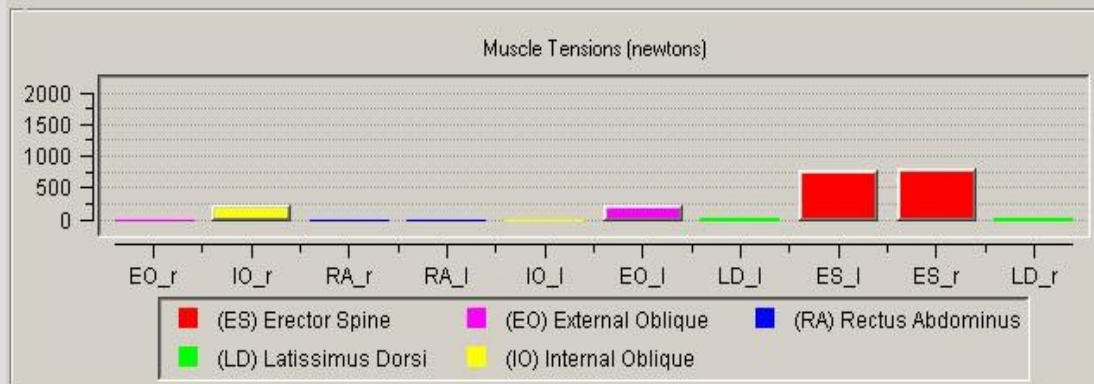
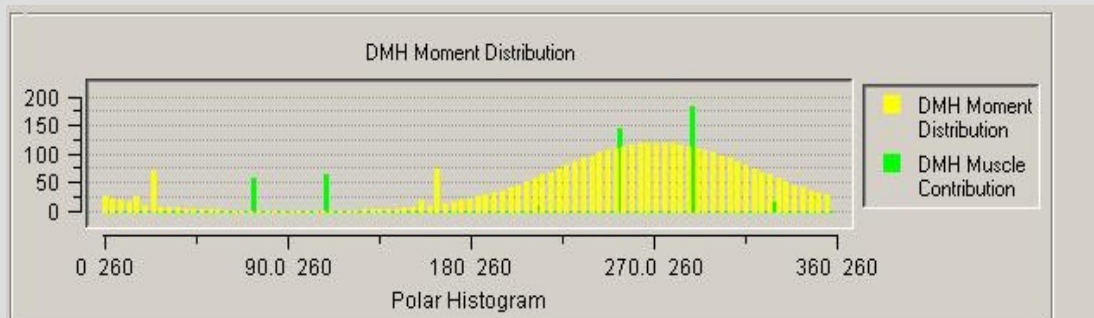
Vychází z detailního biomechanického modelu trupu a svalů v bederní části zad.

Hodnotí zatížení bederní části zad – tlak mezi L4/L5.

Poskytuje doporučené limity podle standardů a norem NIOSH.



# Lower Back Analysis



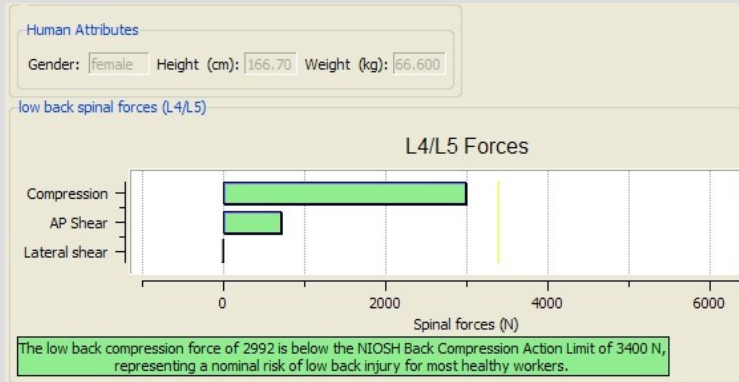
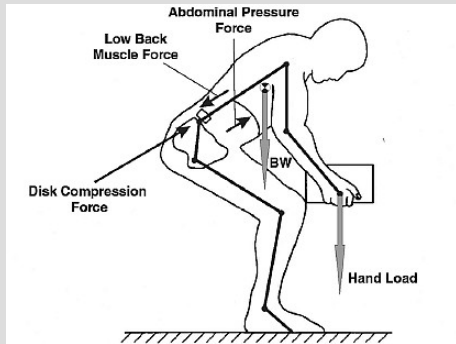
## Limity Niosh:

**3400N** (Low Back Compression Action Design Limit).

**6400N** (NIOSH Back Compression Maximum Limit)

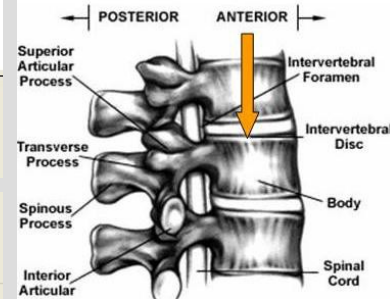
**1000N** (L4/L5 Disc Shear, A/P Shear, Lateral Shear)

# Lower Back Analysis



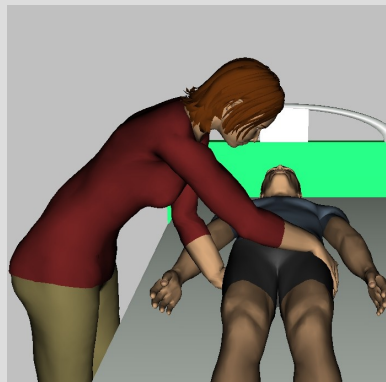
tlaková síla působící na L4/L5:

**2992 N**



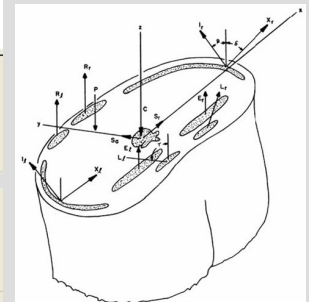
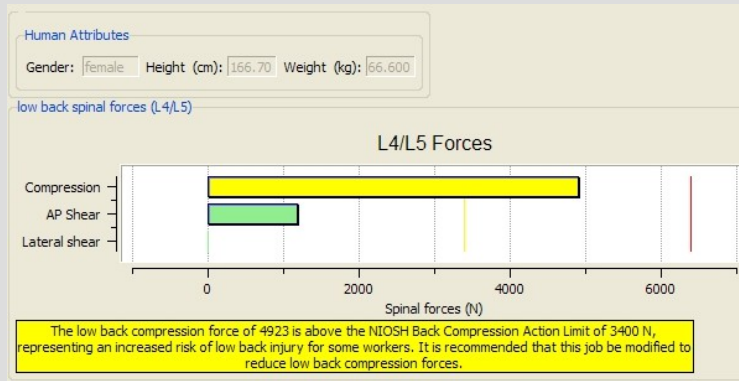
**3400N** (Low Back Compression Action Design Limit).

**6400N** (NIOSH Back Compression Maximum Limit)



**6378 N**

**1000N** (L4/L5 Disc Shear, A/P Shear, Lateral Shear)



**4923 N**



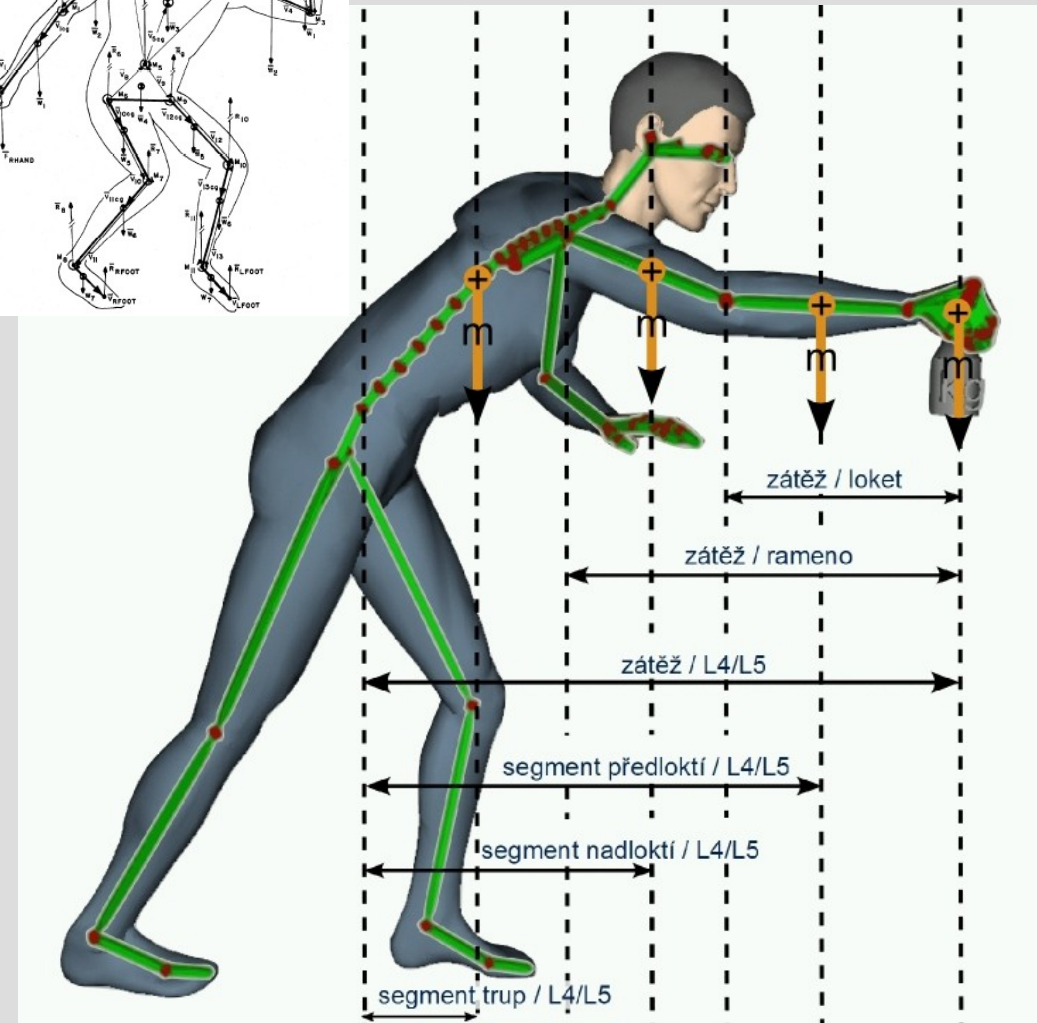
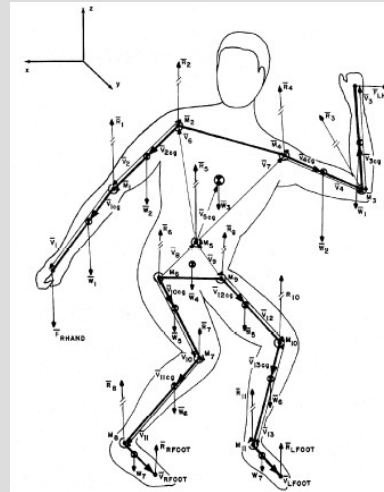
# Static Strength Prediction

## University of Michigan

- ▶ Analýza vznikla na základě více jak 35leté výzkumné činnosti Center for Ergonomics
- ▶ Hodnotí vyskytující se zátěž při pracovním úkonu v závislosti na biomechanických parametrech pracovníka a jeho silových schopnostech
- ▶ Poskytuje limity Niosh.

### Hodnotící kritéria:

- poloha
- působící síla
- antropometrické parametry pracovníka



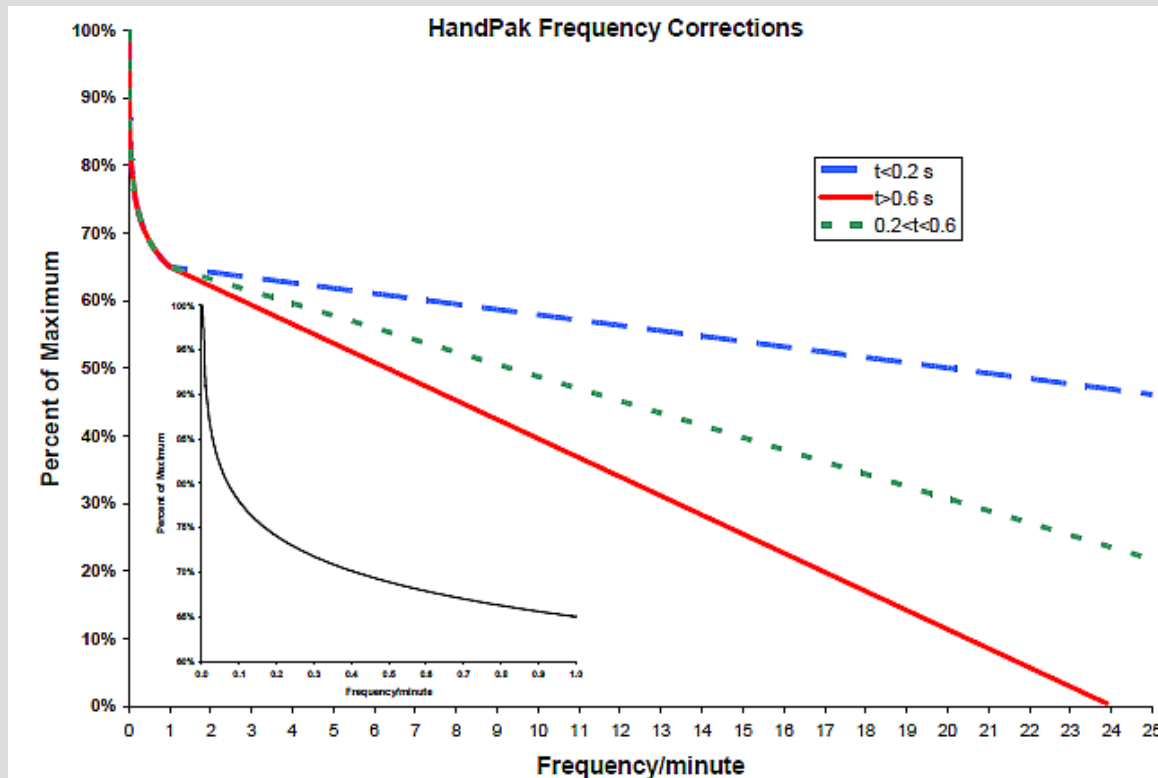
# ForceSolver

Nadstavbou analýzy SSP je analýza ForceSolver, která ji rozšiřuje o časové prvky zátěže.

Hodnotící kritéria:

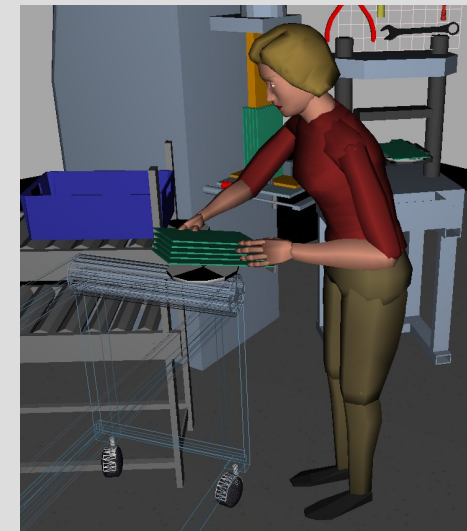
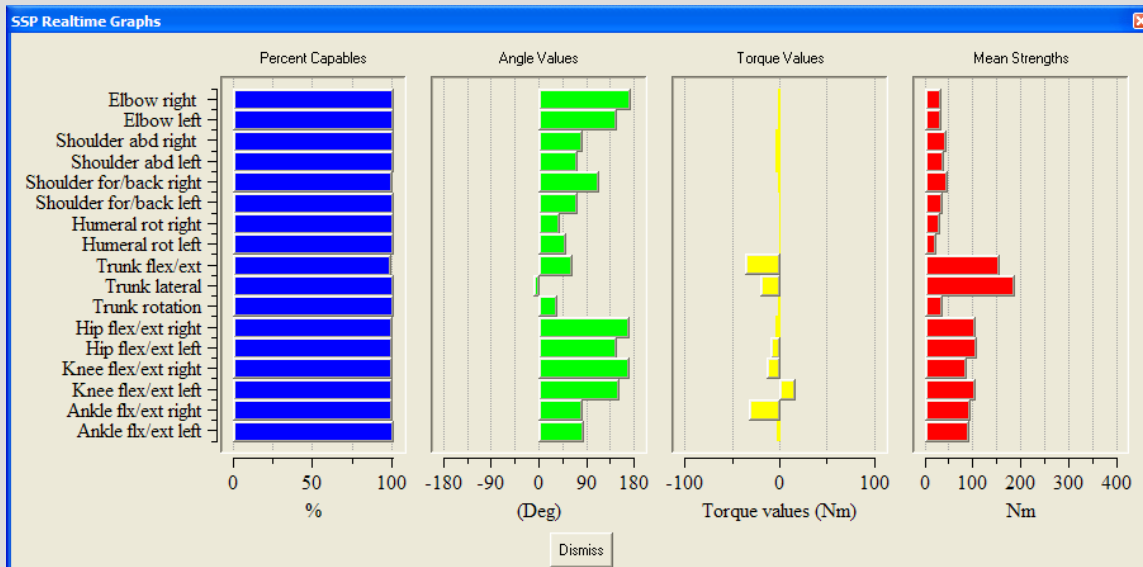
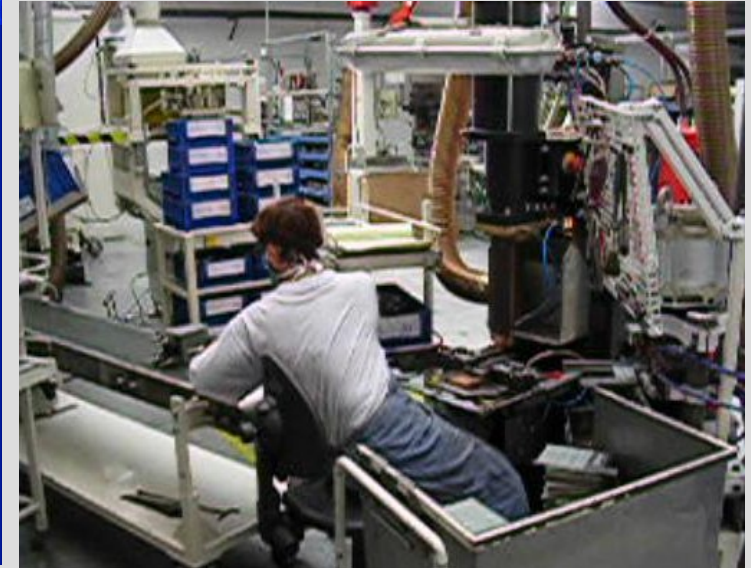
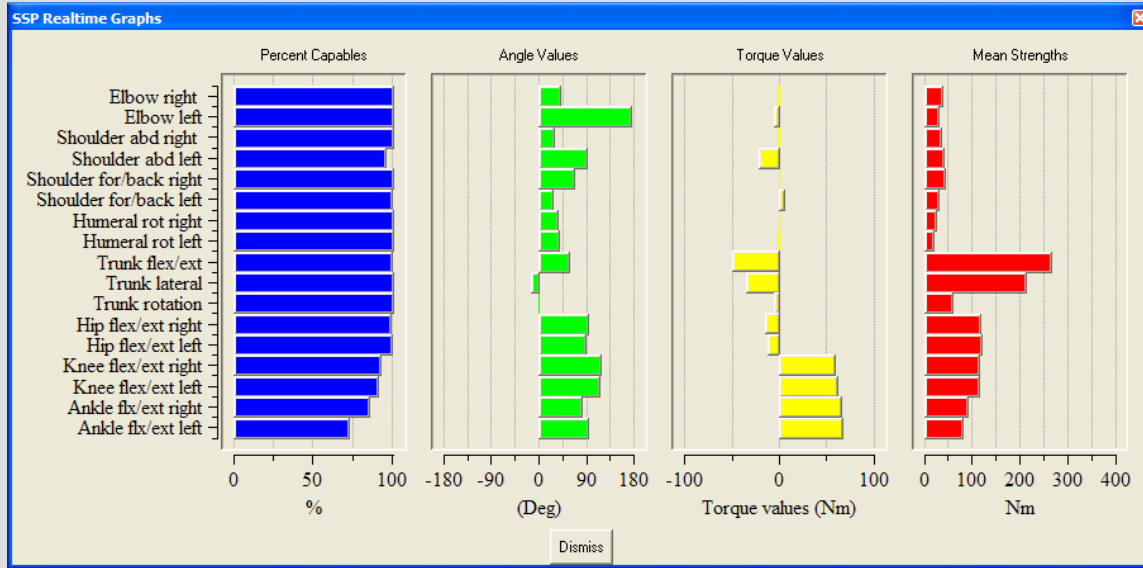
- poloha
- působící síla
- délka trvání úkonu
- četnost úkonu
- antropometrické parametry pracovníka

Analýza stanovuje procento pracovníků schopných daný úkon vykonávat. Na základě databáze maximálních sil pracovní populace byla stanovena průměrná maximální síla 50 percentního muže, ženy.



Joint/Axis	% Capable	Use	Moment (Nm)	Muscle Effect	Angle (deg)	Strength Mean (Nm)	Strength Std Dev (Nm)
R Wrist Flx	84	<input checked="" type="checkbox"/>	5.3	EXTN	23.6	7.9	2.5
L Wrist Flx	96	<input checked="" type="checkbox"/>	3.4	EXTN	-6.7	7.6	2.4
R Wrist Dev	99	<input checked="" type="checkbox"/>	-3.0	RAD	-3.4	10.9	3.5
L Wrist Dev	94	<input checked="" type="checkbox"/>	-5.0	RAD	-1.6	10.2	3.3
R Wr SuPr	100	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.6	PRO	-20.0	12.0	4.3
L Wr SuPr	99	<input checked="" type="checkbox"/>	-1.1	PRO	-30.4	11.3	4.1
R Elbow	100	<input checked="" type="checkbox"/>	-26.1	FLXN	70.6	73.4	18.0
L Elbow	97	<input checked="" type="checkbox"/>	-37.0	FLXN	61.7	68.4	16.8
R Sh AbAd	100	<input checked="" type="checkbox"/>	-17.7	ABD	39.8	67.0	16.5
L Sh AbAd	96	<input checked="" type="checkbox"/>	-41.5	ABD	32.0	71.9	17.7
R Sh FwBk	100	<input checked="" type="checkbox"/>	-20.6	FWD	29.6	101.1	27.6
L Sh FwBk	100	<input checked="" type="checkbox"/>	-15.6	FWD	78.2	99.3	27.1
R Sh Hmrl	76	<input checked="" type="checkbox"/>	-17.6	LAT	21.4	20.9	4.7
L Sh Hmrl	100	<input checked="" type="checkbox"/>	-5.4	LAT	-27.2	43.3	9.8
Trunk Flx	94	<input checked="" type="checkbox"/>	-127.3	FLXN	17.0	248.5	78.3
Trunk Bend	100	<input checked="" type="checkbox"/>	6.9	LEFT	0.0	272.5	61.3
Trunk Twst	100	<input checked="" type="checkbox"/>	1.9	CCW	0.0	93.0	24.9
R Hip	98	<input checked="" type="checkbox"/>	-33.6	EXTN	0.3	195.9	78.6
L Hip	98	<input checked="" type="checkbox"/>	-32.1	EXTN	0.1	195.9	78.6
R Knee	100	<input checked="" type="checkbox"/>	-32.4	FLXN	8.8	141.9	41.8
L Knee	100	<input checked="" type="checkbox"/>	-31.2	FLXN	9.0	141.7	41.7
R Ankle	98	<input checked="" type="checkbox"/>	-50.7	EXTN	7.0	149.1	49.3
L Ankle	98	<input checked="" type="checkbox"/>	-49.4	EXTN	8.0	150.8	49.9

# Static Strength Prediction



# Děkuji za pozornost

**Ing. Petr Gad'ourek**  
**GETA Centrum s.r.o.**  
**Ergonomická laboratoř**  
**Nad Spádem 9/206**  
**147 00 Praha 4**  
**telefon: 271 731 264**  
**e-mail: [ergonomie@getacentrum.cz](mailto:ergonomie@getacentrum.cz)**  
**[www.getacentrum.cz](http://www.getacentrum.cz)**