

Mgr. Jan Říha

e-mail: riha@risc.upol.cz

www.upol.cz/resources/ktf

Katedra teoretické fyziky

Přírodovědecká fakulta

UP Olomouc



Fyzika ve sportu

Mgr. Jan Říha

e-mail: riha@risc.upol.cz

www.upol.cz/resources/ktf

Katedra teoretické fyziky

Přírodovědecká fakulta

UP Olomouc



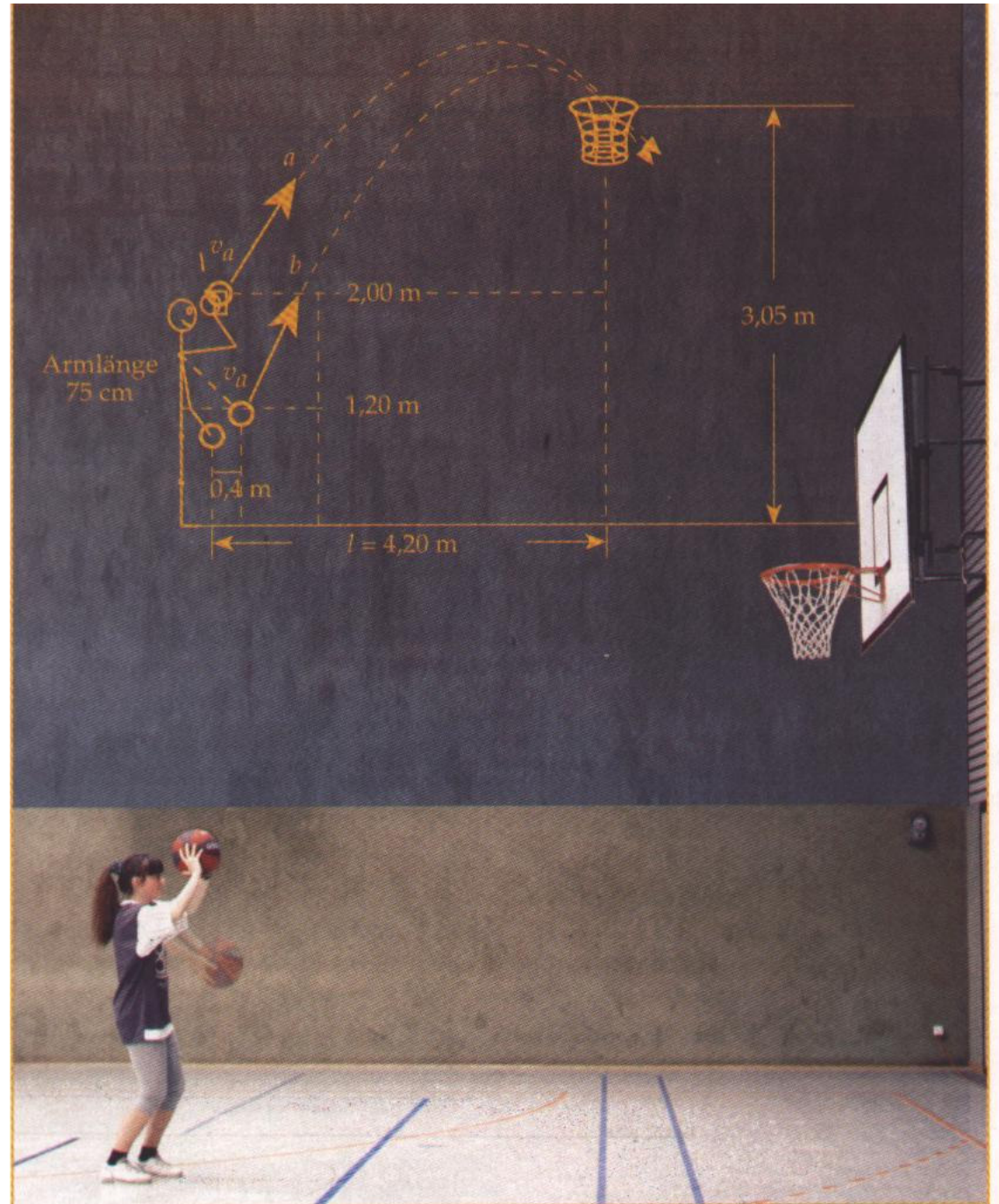
1. Basketbal

1. Basketbal

- Trajektorie letu basketbalového míče

1. Basketbal

- Trajektorie letu basketbalového míče



- **Výskok**

- **Výskok**



- **Výskok**



- **Výskok**

- **Výskok**

- **Uvádí se výskok některých basketbalistů 1 až 1,4 metru.**

- **Výskok**

- **Uvádí se výskok některých basketbalistů 1 až 1,4 metru.**
- **Jak dlouho letí basketbalista vzduchem při takovém výskoku?**

- **Výskok**

- **Uvádí se výskok některých basketbalistů 1 až 1,4 metru.**
- **Jak dlouho letí basketbalista vzduchem při takovém výskoku?**
- **Nejprve vypočítejme výšku, do které by vyskočil při době letu 3 sekundy:**

- **Výskok**

- **Uvádí se výskok některých basketbalistů 1 až 1,4 metru.**
- **Jak dlouho letí basketbalista vzduchem při takovém výskoku?**
- **Nejprve vypočítejme výšku, do které by vyskočil při době letu 3 sekundy:**

$$t = 1,5 \text{ s}$$

• Výskok

- Uvádí se výskok některých basketbalistů 1 až 1,4 metru.
- Jak dlouho letí basketbalista vzduchem při takovém výskoku?
- Nejprve vypočítejme výšku, do které by vyskočil při době letu 3 sekundy:

$$t = 1,5 \text{ s}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

• Výskok

- Uvádí se výskok některých basketbalistů 1 až 1,4 metru.
- Jak dlouho letí basketbalista vzduchem při takovém výskoku?
- Nejprve vypočítejme výšku, do které by vyskočil při době letu 3 sekundy:

$$t = 1,5 \text{ s}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h = ?$$

• Výskok

- Uvádí se výskok některých basketbalistů 1 až 1,4 metru.
- Jak dlouho letí basketbalista vzduchem při takovém výskoku?
- Nejprve vypočítejme výšku, do které by vyskočil při době letu 3 sekundy:

$$t = 1,5 \text{ s}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h = ?$$

• Výskok

- Uvádí se výskok některých basketbalistů 1 až 1,4 metru.
- Jak dlouho letí basketbalista vzduchem při takovém výskoku?
- Nejprve vypočítejme výšku, do které by vyskočil při době letu 3 sekundy:

$$t = 1,5 \text{ s}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h = ?$$

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

• Výskok

- Uvádí se výskok některých basketbalistů 1 až 1,4 metru.
- Jak dlouho letí basketbalista vzduchem při takovém výskoku?
- Nejprve vypočítejme výšku, do které by vyskočil při době letu 3 sekundy:

$$t = 1,5 \text{ s}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h = ?$$

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$h = 11 \text{ m}$$

- **Výskok**

- **Výskok**

- **Vypočítejme dobu letu basketbalisty při výskoku 1,4 metru:**

- **Výskok**

- **Vypočítejme dobu letu basketbalisty při výskoku 1,4 metru:**

$$h = 1,4 \text{ m}$$

- **Výskok**

- **Vypočítejme dobu letu basketbalisty při výskoku 1,4 metru:**

$$h = 1,4 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

- **Výskok**

- **Vypočítejme dobu letu basketbalisty při výskoku 1,4 metru:**

$$h = 1,4 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$t = ?$$

- **Výskok**

- **Vypočítejme dobu letu basketbalisty při výskoku 1,4 metru:**

$$h = 1,4 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$t = ?$$

- **Výskok**

- **Vypočítejme dobu letu basketbalisty při výskoku 1,4 metru:**

$$h = 1,4 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$t = ?$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

- **Výskok**

- **Vypočítejme dobu letu basketbalisty při výskoku 1,4 metru:**

$$h = 1,4 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$t = ?$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t = 0,5 \text{ s}$$

- **Výskok**

- **Vypočítejme dobu letu basketbalisty při výskoku 1,4 metru:**

$$h = 1,4 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$t = ?$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t = 0,5 \text{ s}$$

- **Proč se ale zdá, že basketbalista letí vzduchem?**

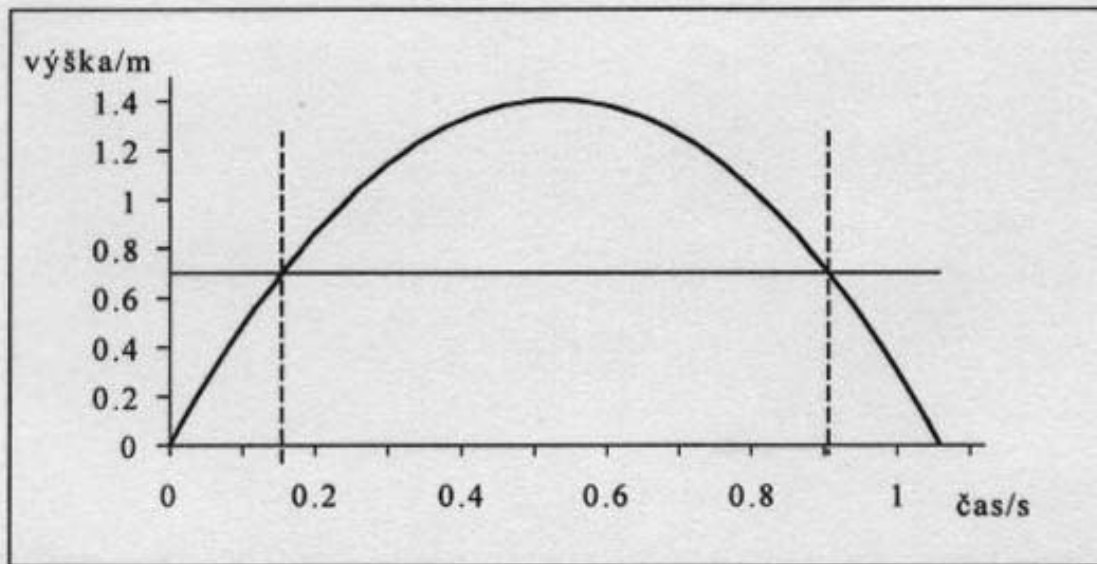
- **Výskok**

- **Výskok**

- **Graf závislosti okamžité výšky basketbalisty na čase:**

- **Výskok**

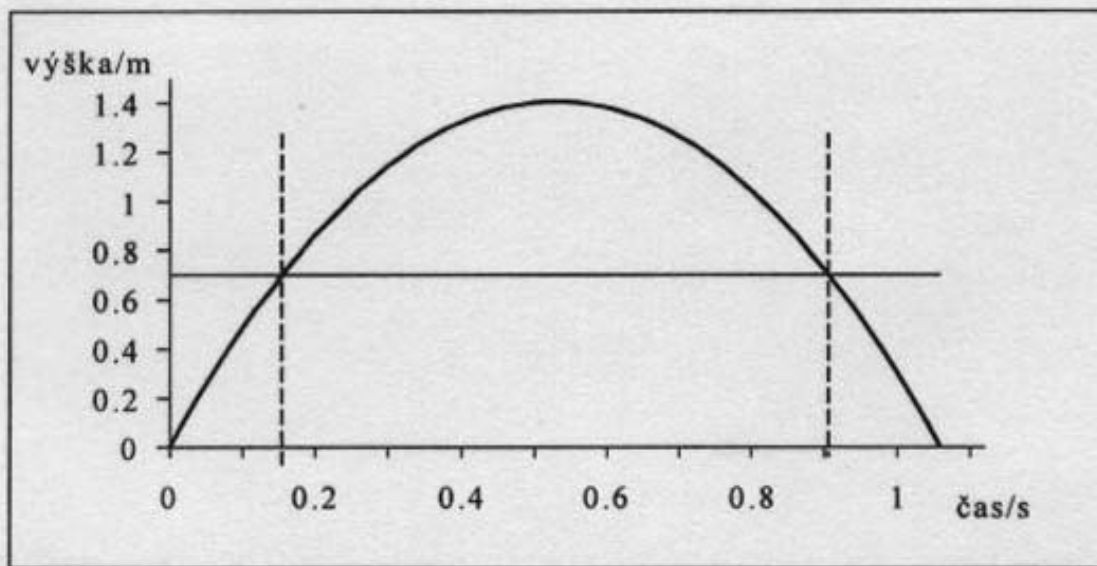
- **Graf závislosti okamžité výšky basketbalisty na čase:**



Graf závislosti okamžitéj výšky basketbalistu od času letu

• Výskok

- Graf závislosti okamžité výšky basketbalisty na čase:



Graf závislosti okamžité výšky basketbalistu od času letu

- V horní části své dráhy se basketbalista drží přibližně třikrát déle než v dolní.

2. Atletika

2. Atletika

- **Skok o tyči**

2. Atletika

- **Skok o tyči**

- **Vývoj
světového
rekordu**

2. Atletika

- **Skok o tyči**

- **Vývoj
světového
rekordu**

1994	Sergej Bubka (UKR)	6,14 Meter
1992	Sergej Bubka (UKR)	6,13 Meter
1992	Sergej Bubka (UKR)	6,12 Meter
1992	Sergej Bubka (UKR)	6,11 Meter
1991	Sergej Bubka (URS)	6,10 Meter
1988	Sergej Bubka (URS)	6,05 Meter
1985	Sergej Bubka (URS)	6,00 Meter
1984	Sergej Bubka (URS)	5,94 Meter
1984	Sergej Bubka (URS)	5,90 Meter
1984	Sergej Bubka (URS)	5,85 Meter
1981	Thierry Vigneron (FRA)	5,80 Meter
1980	Wladyslaw Kozakiewicz	5,78 Meter
1976	Dave Roberts	5,70 Meter
1972	Bob Seagren (USA)	5,63 Meter
1972	Kjell Isaksson (SWE)	5,55 Meter
1970	Wolfgang Nordwig (GDR)	5,46 Meter
1968	Bob Seagren (USA)	5,41 Meter
1963	John Pennel (USA)	5,20 Meter
1963	Brian Sternberg (USA)	5,00 Meter
1962	Dave Tork (USA)	4,93 Meter
1960	Don Bragg (USA)	4,80 Meter
1957	Bob Gutowski (USA)	4,78 Meter
1942	Cornelius Warmerdam(USA)	4,77 Meter
1937	Bill Sefton (USA)	4,54 Meter
1936	George Varoff (USA)	4,43 Meter
1928	Lee Barnes (USA)	4,30 Meter
1925	Charles Hoff (NOR)	4,25 Meter
1922	Charles Hoff (NOR)	4,12 Meter
1912	Marc Wright (USA)	4,02 Meter
1908	Walter Dray (USA)	3,90 Meter
1904	Norman Dole (USA)	3,69 Meter

- **Skok o tyči**

- **Skok o tyči**

- **Současný
světový
rekord**

• Skok o tyči

➤ Současný světový rekord



All Records - Pole Vault - Men

World Record

Performance	Athlete	DOB	Nat	Place	Date
6.14	A Sergey Bubka	04 12 1963	UKR	Sestriere	31 07 1994

World Leading 2004

Performance	Athlete	DOB	Nat	Place	Date
6.01	Timothy Mack	15 09 1972	USA	Monaco	18 09 2004

World Junior Record

Performance	Athlete	DOB	Nat	Place	Date
5.80	Maksim Tarasov	02 12 1970	URS	Bryansk	14 07 1989

Youth - World Best Performance

Performance	Athlete	DOB	Nat	Place	Date
5.51	Germán Chiaraviglio	16 04 1987	ARG	Porto Alegre	01 05 2004

Area Records

Area	Performance	Athlete	DOB	Nat	Place	Date
AFRICA	6.03	Okkert Brits	22 08 1973	RSA	Köln	18 08 1995
ASIA	5.90	Grigoriy Yegorov	12 01 1967	KAZ	Stuttgart	19 08 1993
ASIA	5.90	Grigoriy Yegorov	12 01 1967	KAZ	London	10 09 1993
ASIA	5.90	Igor Potapovich	06 09 1967	KAZ	Nice	10 07 1996
EUROPE	6.14	A Sergey Bubka	04 12 1963	UKR	Sestriere	31 07 1994
NORTH,CENTRAL AMERICA&C.	6.03	Jeff Hartwig	25 09 1967	USA	Jonesboro	14 06 2000
OCEANIA	6.05	Dmitri Markov	14 03 1975	AUS	Edmonton	09 08 2001
SOUTH AMERICA	5.76	Tomas Valdemar Hintnaus	15 02 1958	BRA	Zürich	21 08 1985

- **Skok o tyči**

- **Skok o tyči**

- **Za 90 let vzrostla hodnota světového rekordu téměř o 2,5 metru**

- **Skok o tyči**

- **Za 90 let vzrostla hodnota světového rekordu téměř o 2,5 metru**
- **Pravidla skoku o tyči povolují libovolně dlouhou tyč**

- **Skok o tyči**

- **Za 90 let vzrostla hodnota světového rekordu téměř o 2,5 metru**
- **Pravidla skoku o tyči povolují libovolně dlouhou tyč**
- **Jaký bude světový rekord za 50 až 100 let, pokud bude skok o tyči ještě existovat?**

- **Skok o tyči**

- **Za 90 let vzrostla hodnota světového rekordu téměř o 2,5 metru**
- **Pravidla skoku o tyči povolují libovolně dlouhou tyč**
- **Jaký bude světový rekord za 50 až 100 let, pokud bude skok o tyči ještě existovat?**
- **Budou atleti skákat 8 až 9 metrů?**

- **Skok o tyči**

- **Za 90 let vzrostla hodnota světového rekordu téměř o 2,5 metru**
- **Pravidla skoku o tyči povolují libovolně dlouhou tyč**
- **Jaký bude světový rekord za 50 až 100 let, pokud bude skok o tyči ještě existovat?**
- **Budou atleti skákat 8 až 9 metrů?**
- **Kde jsou hranice lidských možností?**

- **Skok o tyči**

- **Skok o tyči**

- **Odkud bere skokan energii na výskok?**

- **Skok o tyči**

- **Odkud bere skokan energii na výskok?**
- **Z rozběhu, kde získá kinetickou energii a během skoku ji přemění na potenciální, kterou má nahore:**

- **Skok o tyči**

- **Odkud bere skokan energii na výskok?**
- **Z rozběhu, kde získá kinetickou energii a během skoku ji přemění na potenciální, kterou má nahore:**

$$v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- **Skok o tyči**

- **Odkud bere skokan energii na výskok?**
- **Z rozběhu, kde získá kinetickou energii a během skoku ji přemění na potenciální, kterou má nahore:**

$$v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

- **Skok o tyči**

- **Odkud bere skokan energii na výskok?**
- **Z rozběhu, kde získá kinetickou energii a během skoku ji přemění na potenciální, kterou má nahore:**

$$v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h = ?$$

- **Skok o tyči**

- **Odkud bere skokan energii na výskok?**
- **Z rozběhu, kde získá kinetickou energii a během skoku ji přemění na potenciální, kterou má nahore:**

$$v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h = ?$$

- **Skok o tyči**

- **Odkud bere skokan energii na výskok?**
- **Z rozběhu, kde získá kinetickou energii a během skoku ji přemění na potenciální, kterou má nahore:**

$$v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h = ?$$

$$E_k = E_p$$

- **Skok o tyči**

- **Odkud bere skokan energii na výskok?**
- **Z rozběhu, kde získá kinetickou energii a během skoku ji přemění na potenciální, kterou má nahore:**

$$v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h = ?$$

$$E_k = E_p$$
$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

- **Skok o tyči**

- **Odkud bere skokan energii na výskok?**
- **Z rozběhu, kde získá kinetickou energii a během skoku ji přemění na potenciální, kterou má nahore:**

$$v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h = ?$$

$$E_k = E_p$$
$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$
$$h = \frac{v^2}{2g}$$

• Skok o tyči

- Odkud bere skokan energii na výskok?
- Z rozběhu, kde získá kinetickou energii a během skoku ji přemění na potenciální, kterou má nahore:

$$v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$h = ?$$

$$E_k = E_p$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

$$h = 510 \text{ cm}$$

3. Golf

3. Golf



FRUSTRATION

It is a sad fact that, regardless of effort or talent,
second place only means you are first in a long line of losers.

3. Golf



FRUSTRATION

It is a sad fact that, regardless of effort or talent,
second place only means you are first in a long line of losers.

- **Tiger Woods**

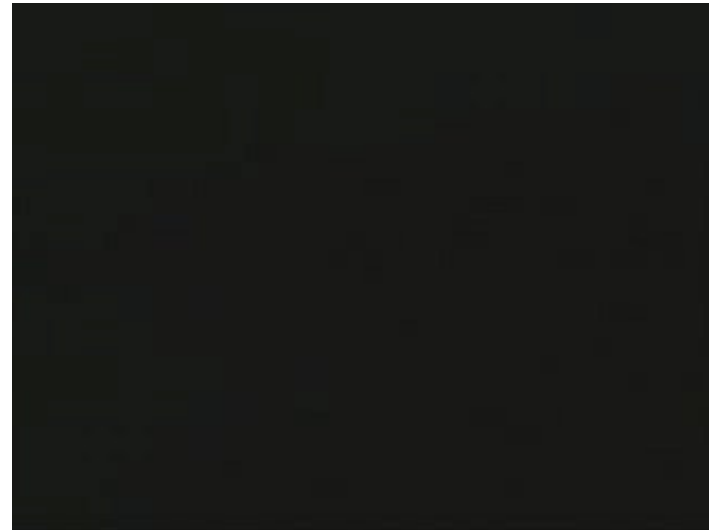
3. Golf



FRUSTRATION

It is a sad fact that, regardless of effort or talent,
second place only means you are first in a long line of losers.

- **Tiger Woods**

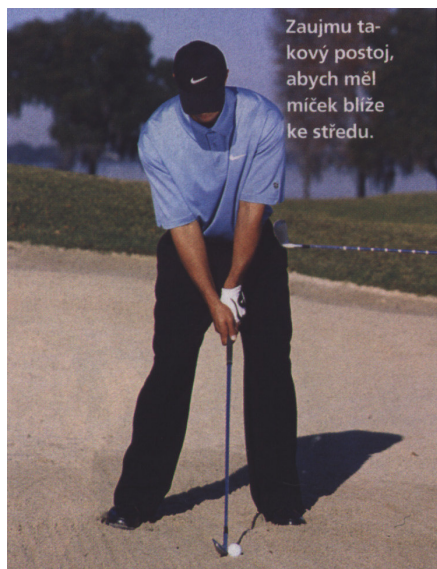


- **Fyzika golfového úderu**

- **Fyzika golfového úderu**
 - 1.

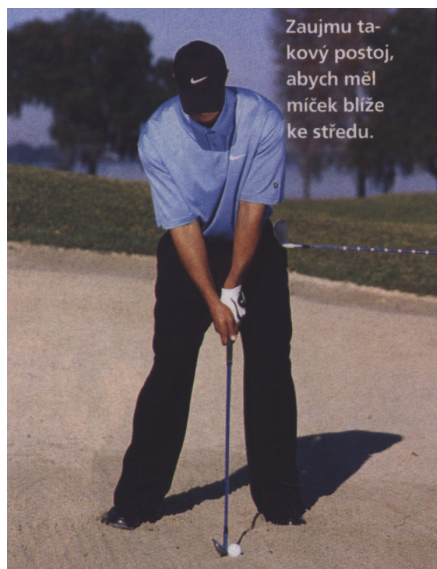
• Fyzika golfového úderu

1.



• Fyzika golfového úderu

1.

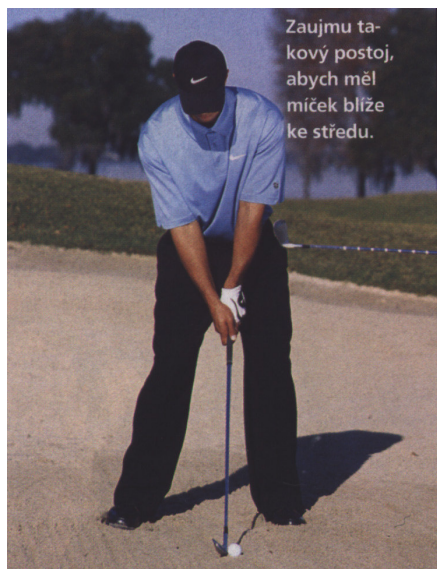


Zaujmu takový postoj, abych měl míček blíže ke středu.

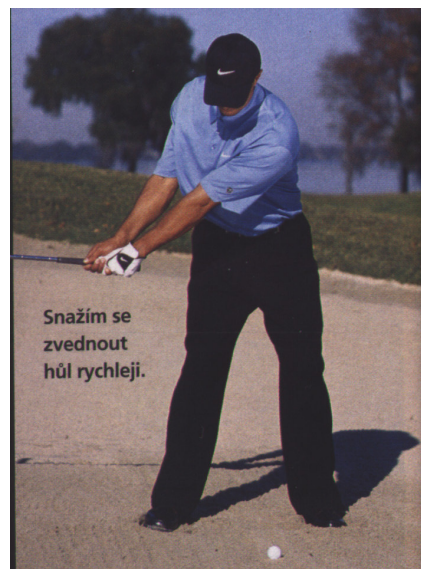
2.

• Fyzika golfového úderu

1.

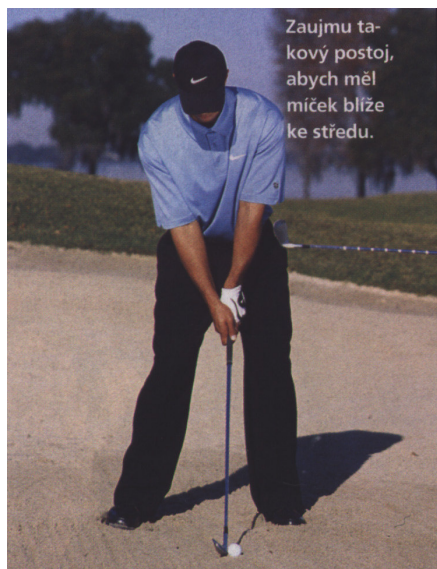


2.

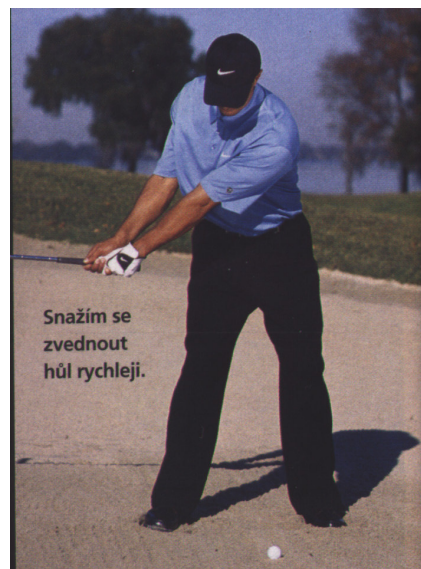


• Fyzika golfového úderu

1.



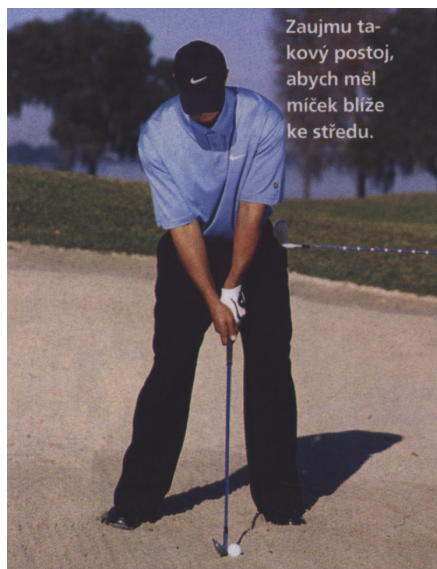
2.



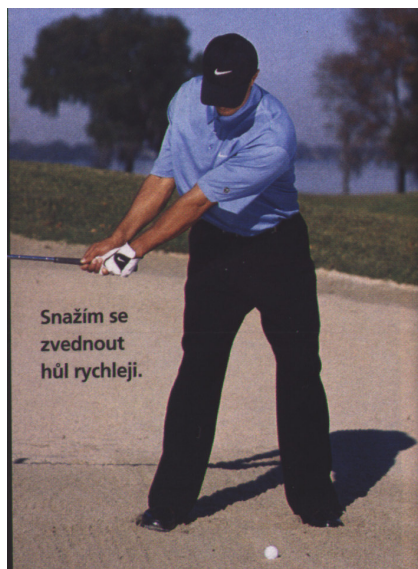
3.

• Fyzika golfového úderu

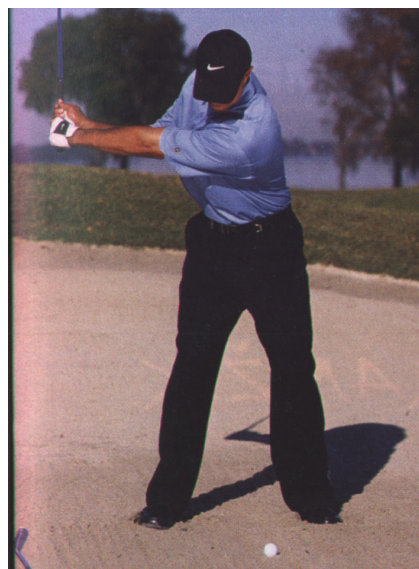
1.



2.

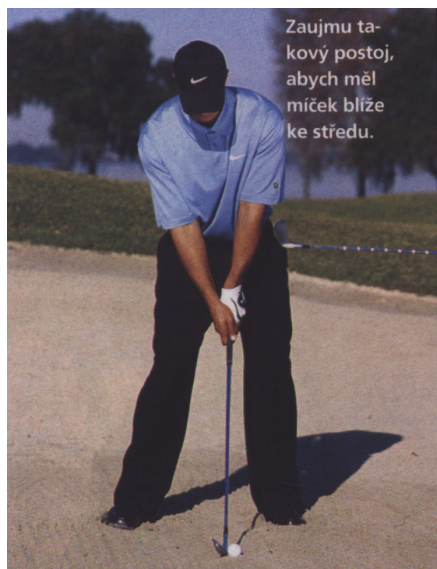


3.

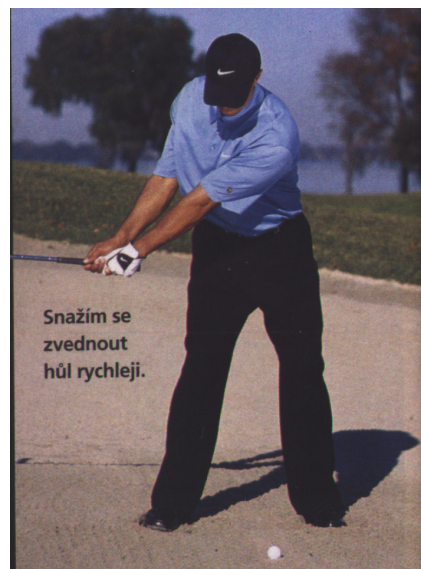


• Fyzika golfového úderu

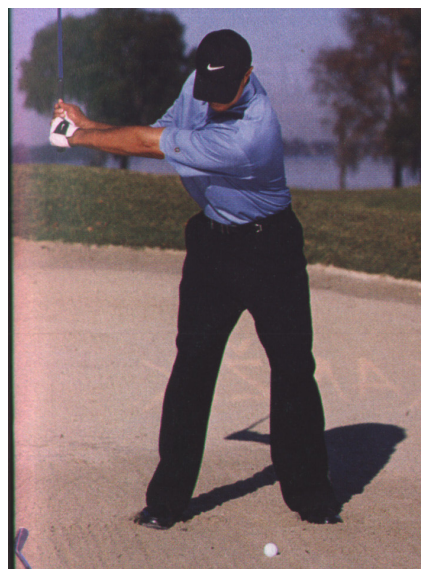
1.



2.



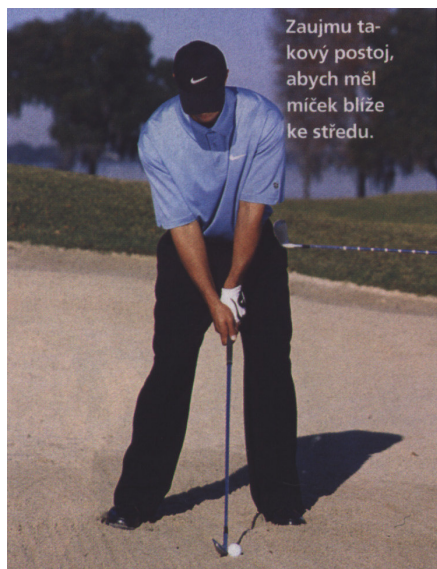
3.



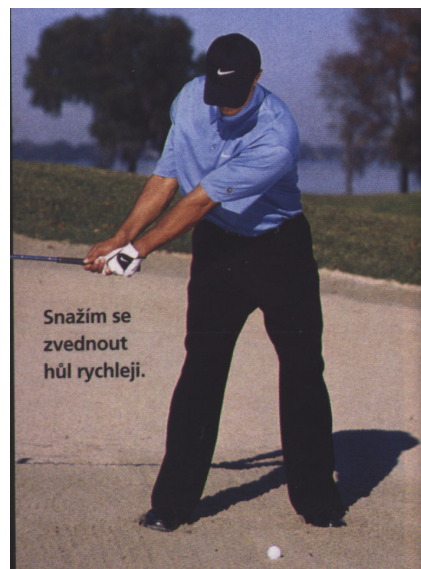
4.

• Fyzika golfového úderu

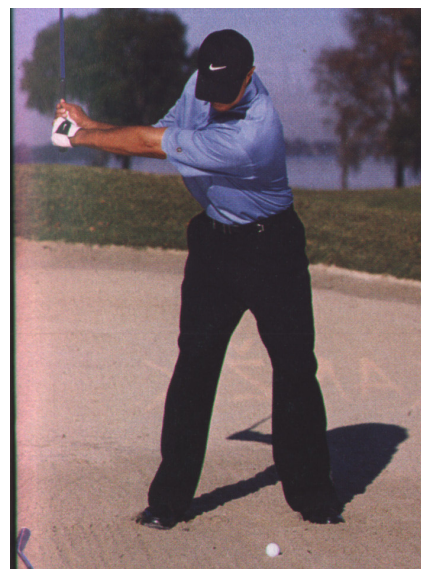
1.



2.



3.

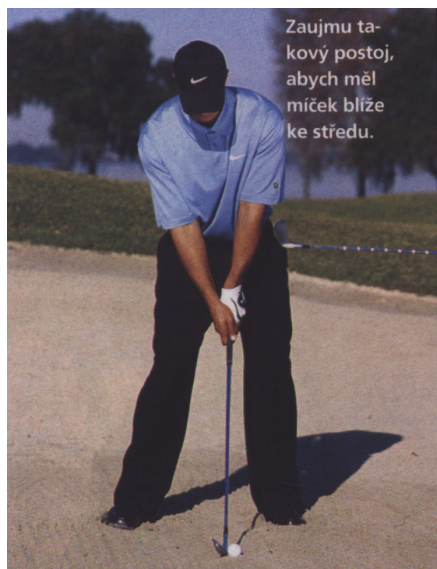


4.

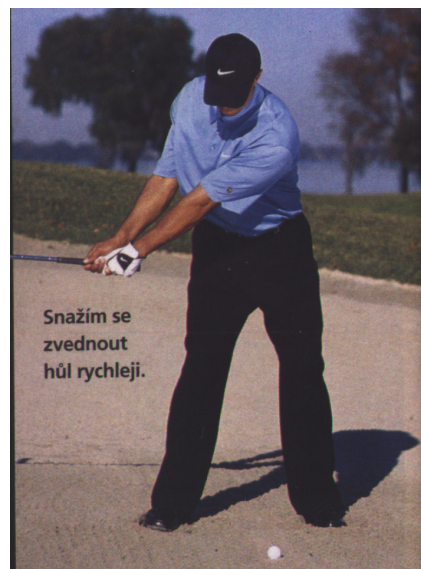


• Fyzika golfového úderu

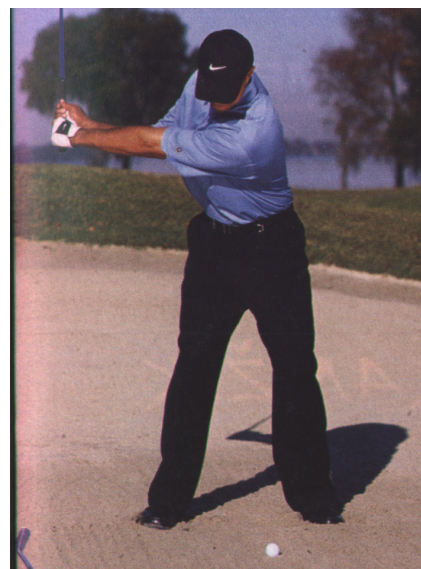
1.



2.



3.



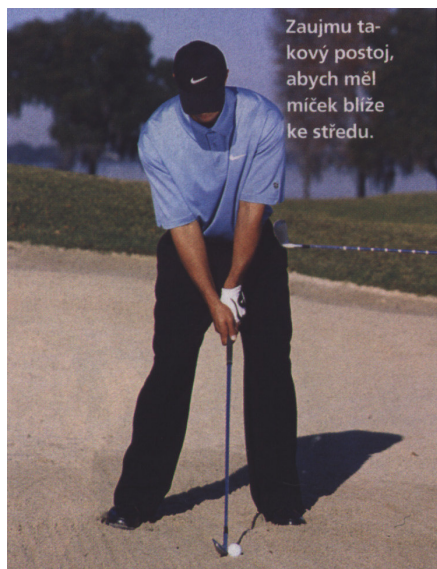
4.



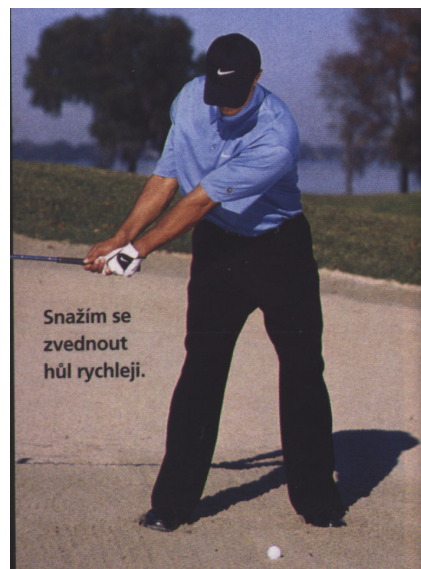
5.

• Fyzika golfového úderu

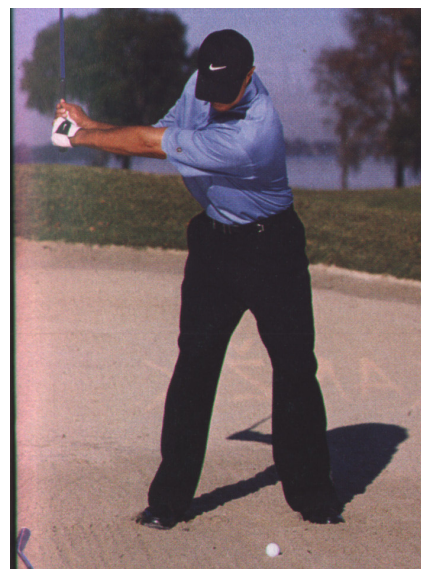
1.



2.



3.



4.

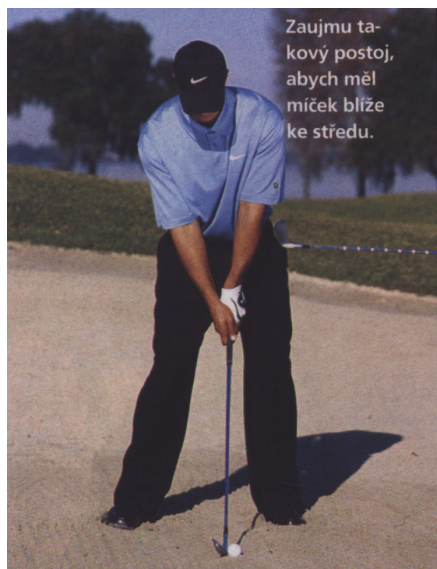


5.

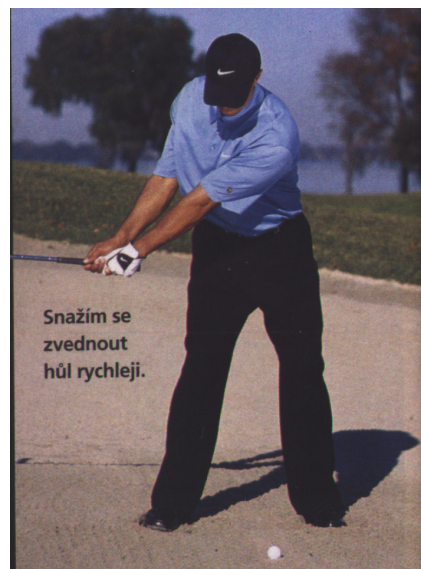


• Fyzika golfového úderu

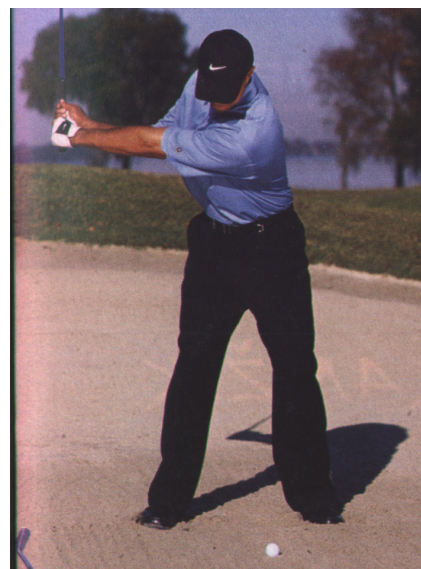
1.



2.



3.



4.



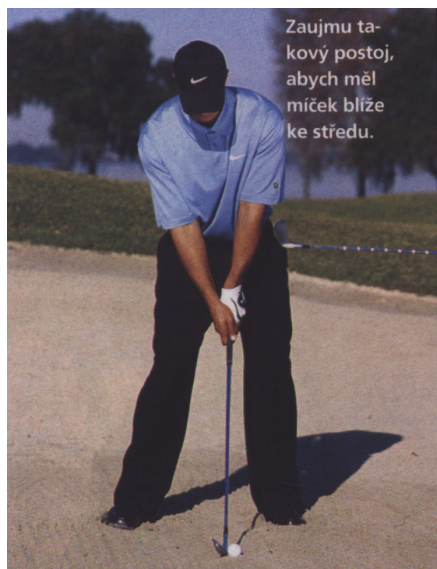
5.



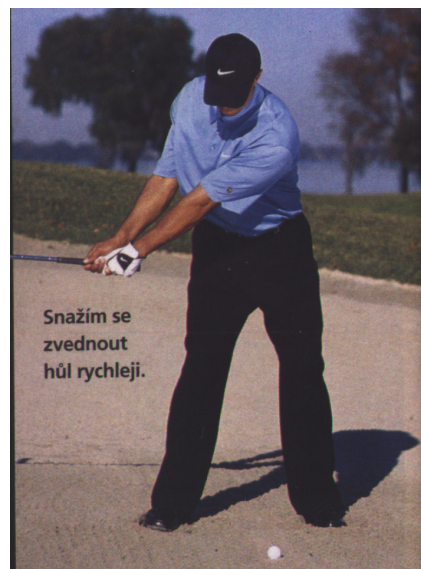
6.

• Fyzika golfového úderu

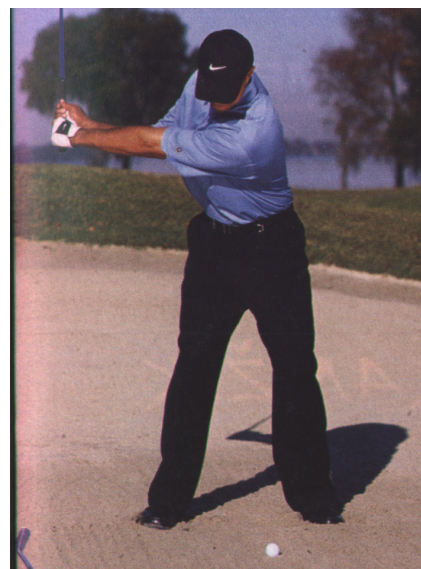
1.



2.



3.



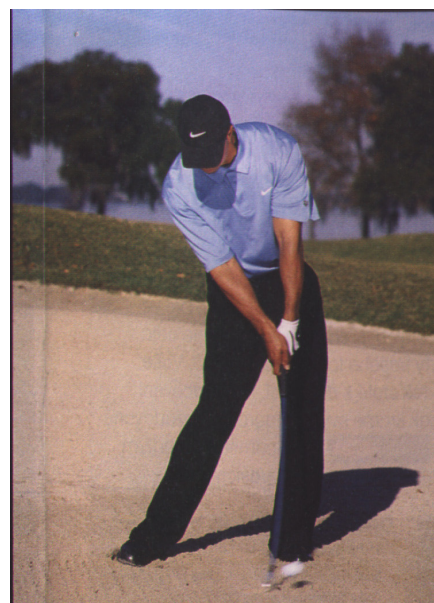
4.



5.

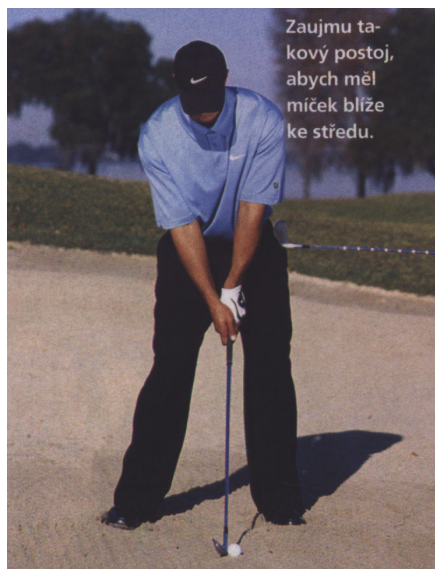


6.

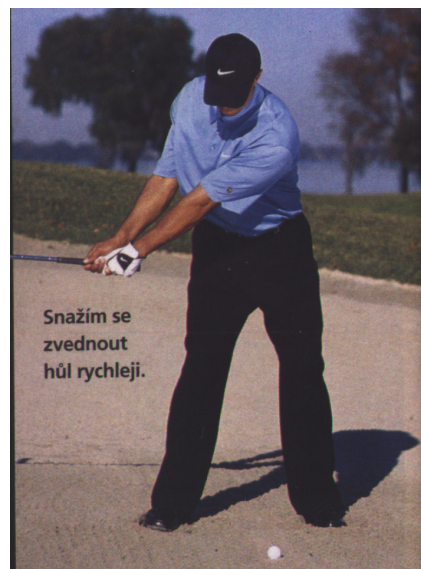


• Fyzika golfového úderu

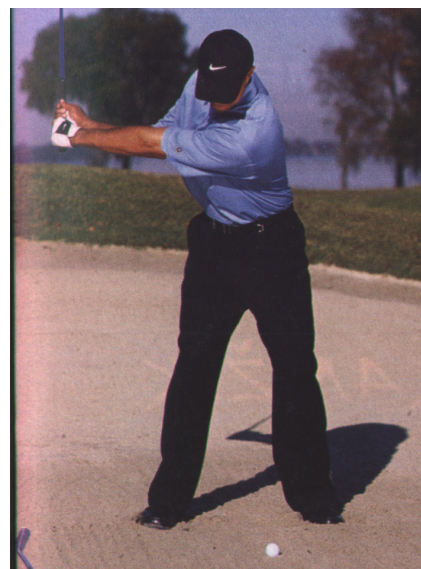
1.



2.



3.



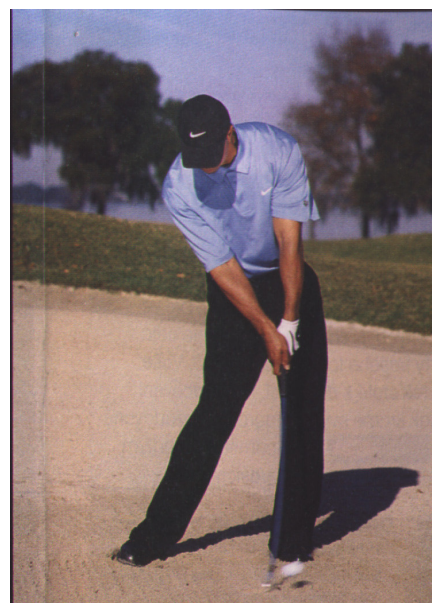
4.



5.



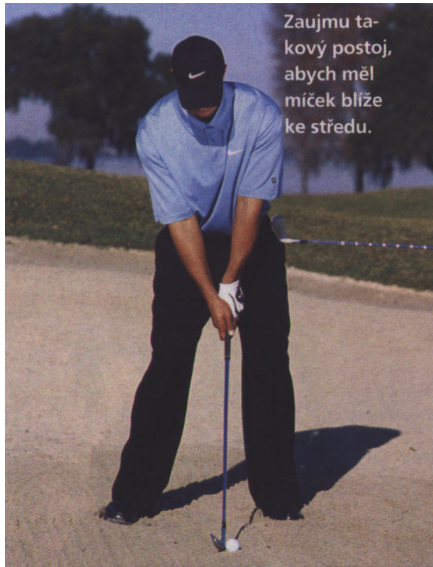
6.



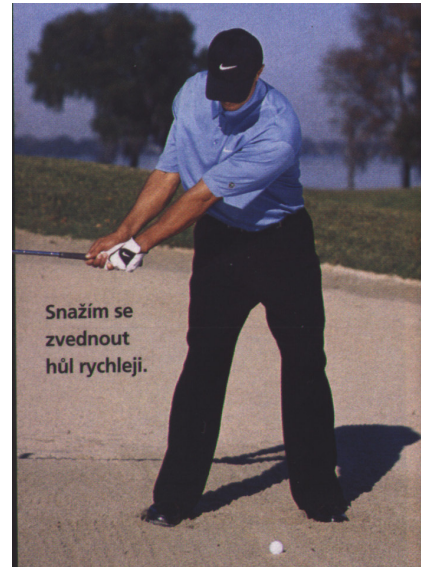
7.

• Fyzika golfového úderu

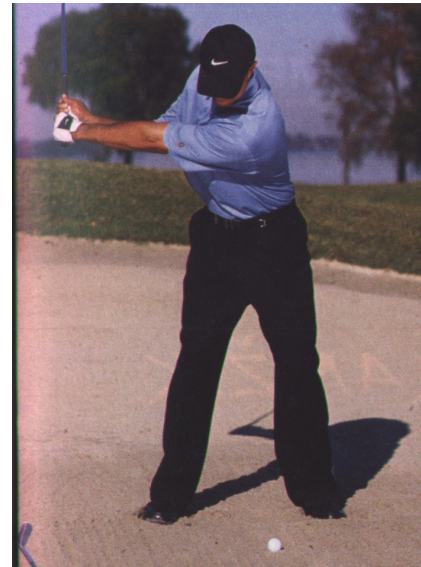
1.



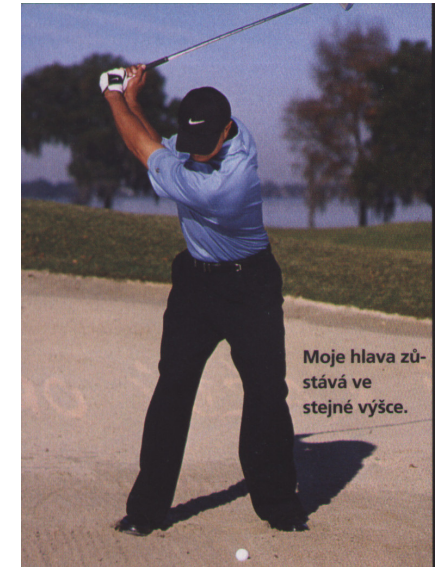
2.



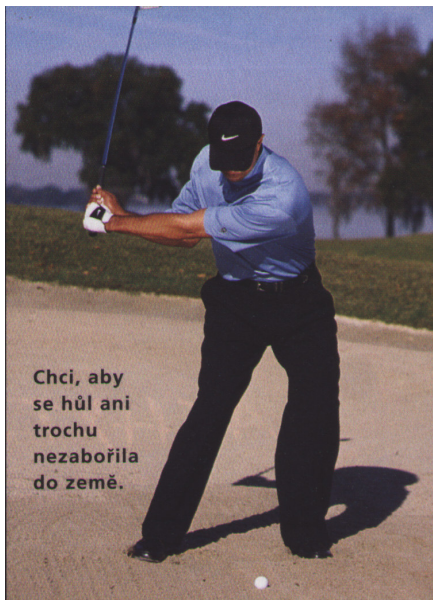
3.



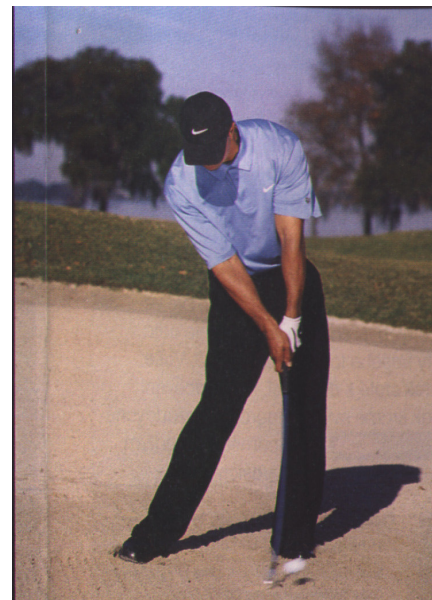
4.



5.



6.

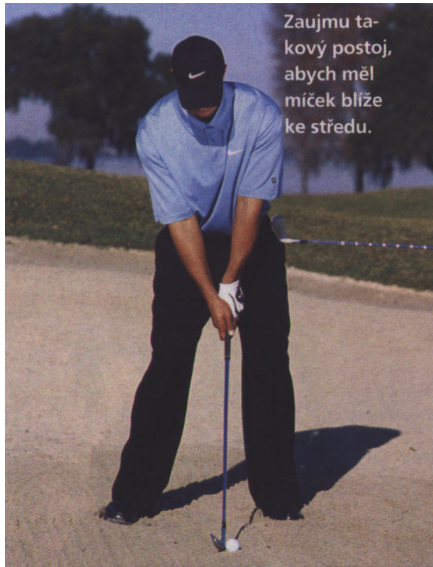


7.

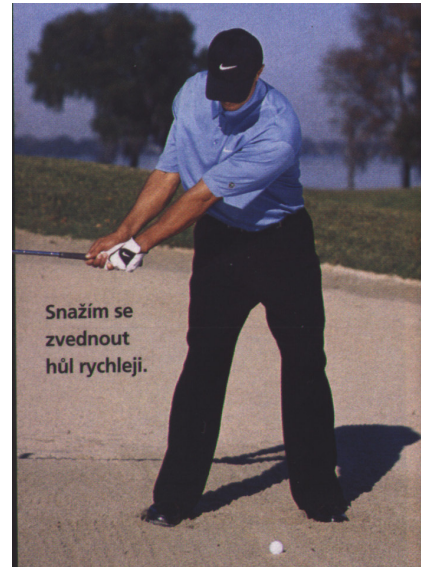


• Fyzika golfového úderu

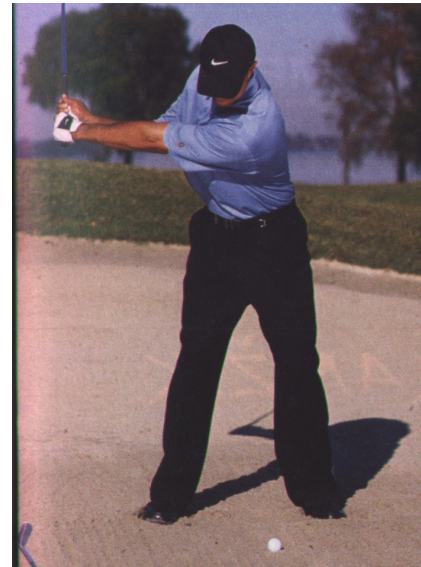
1.



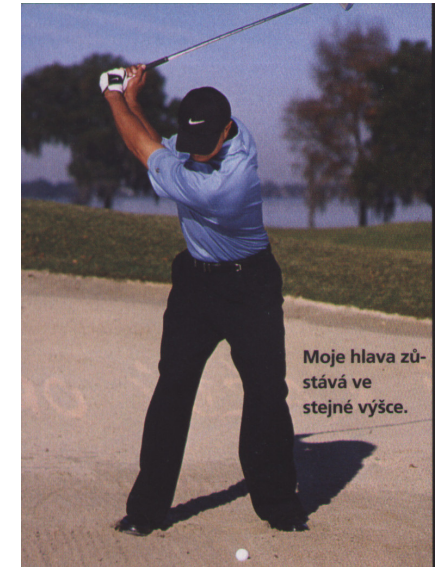
2.



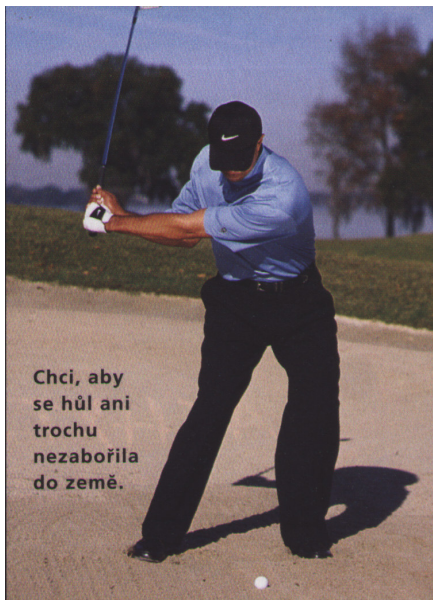
3.



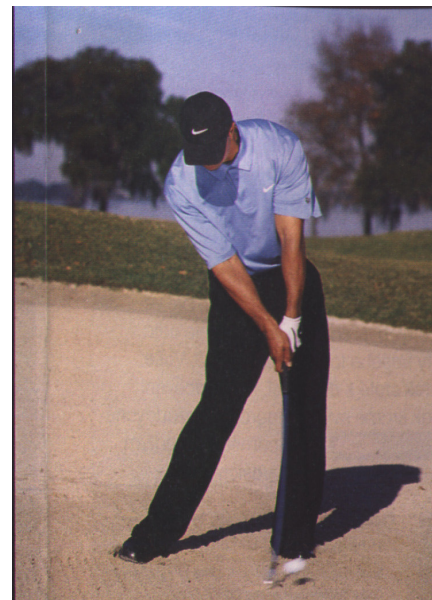
4.



5.



6.



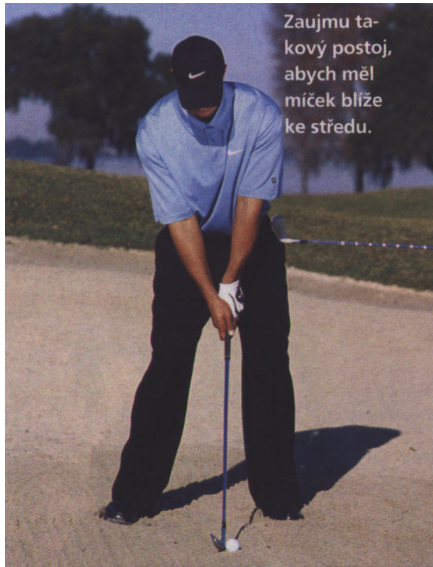
7.



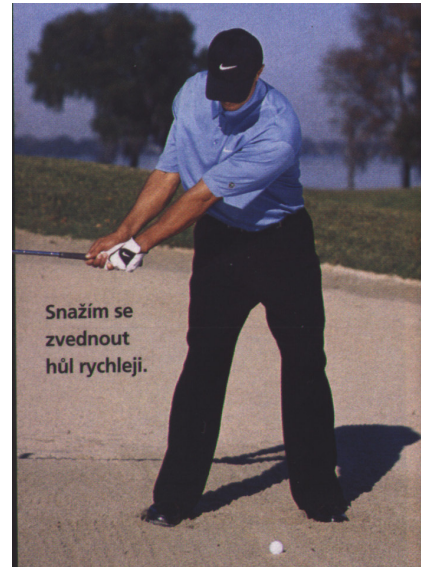
8.

• Fyzika golfového úderu

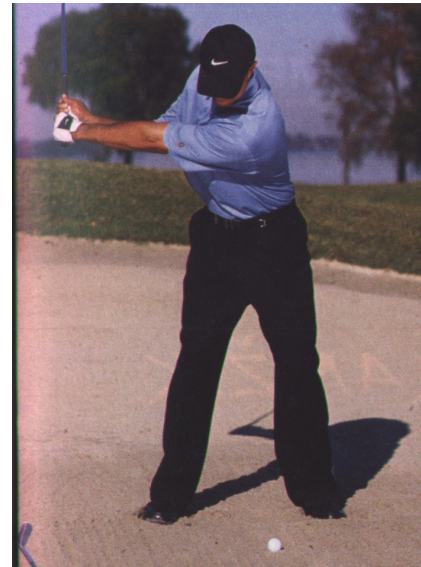
1.



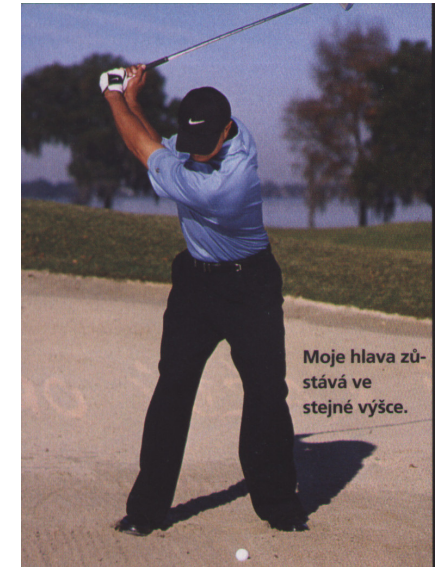
2.



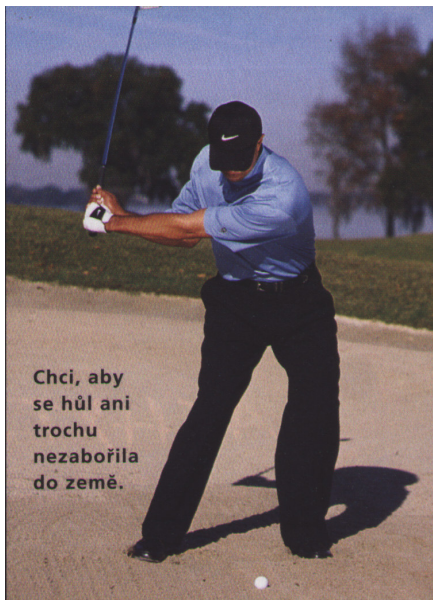
3.



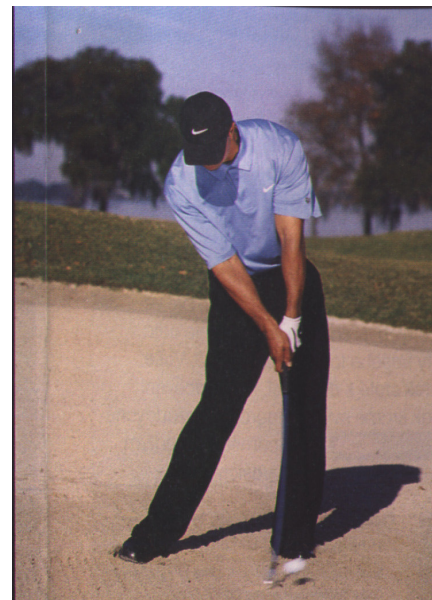
4.



5.



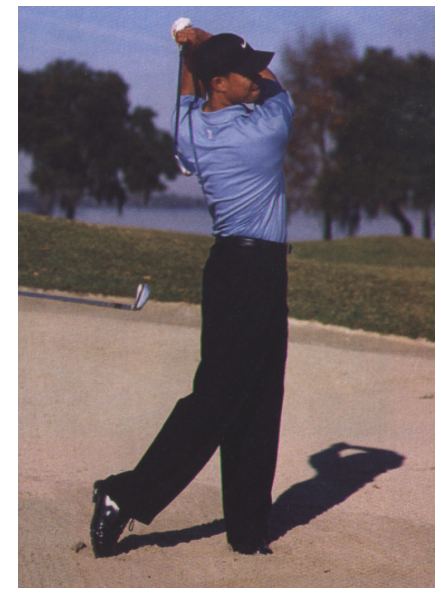
6.



7.

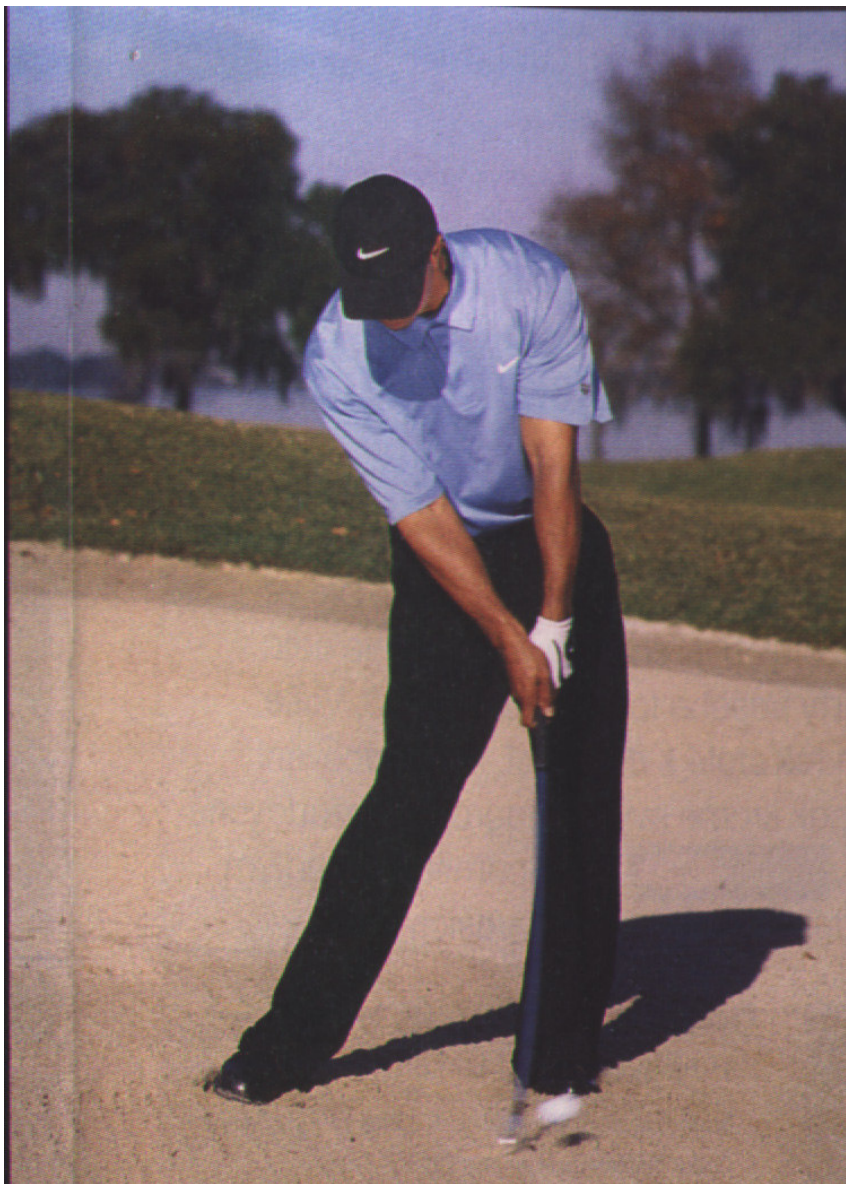


8.

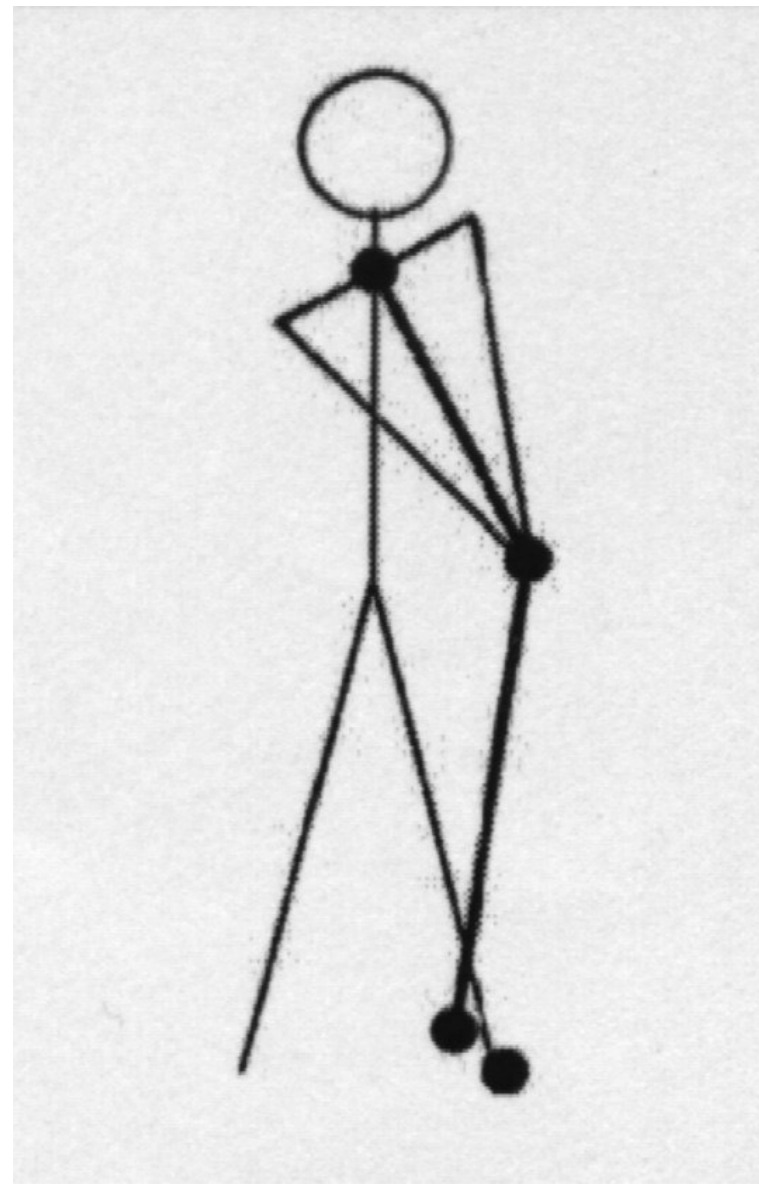
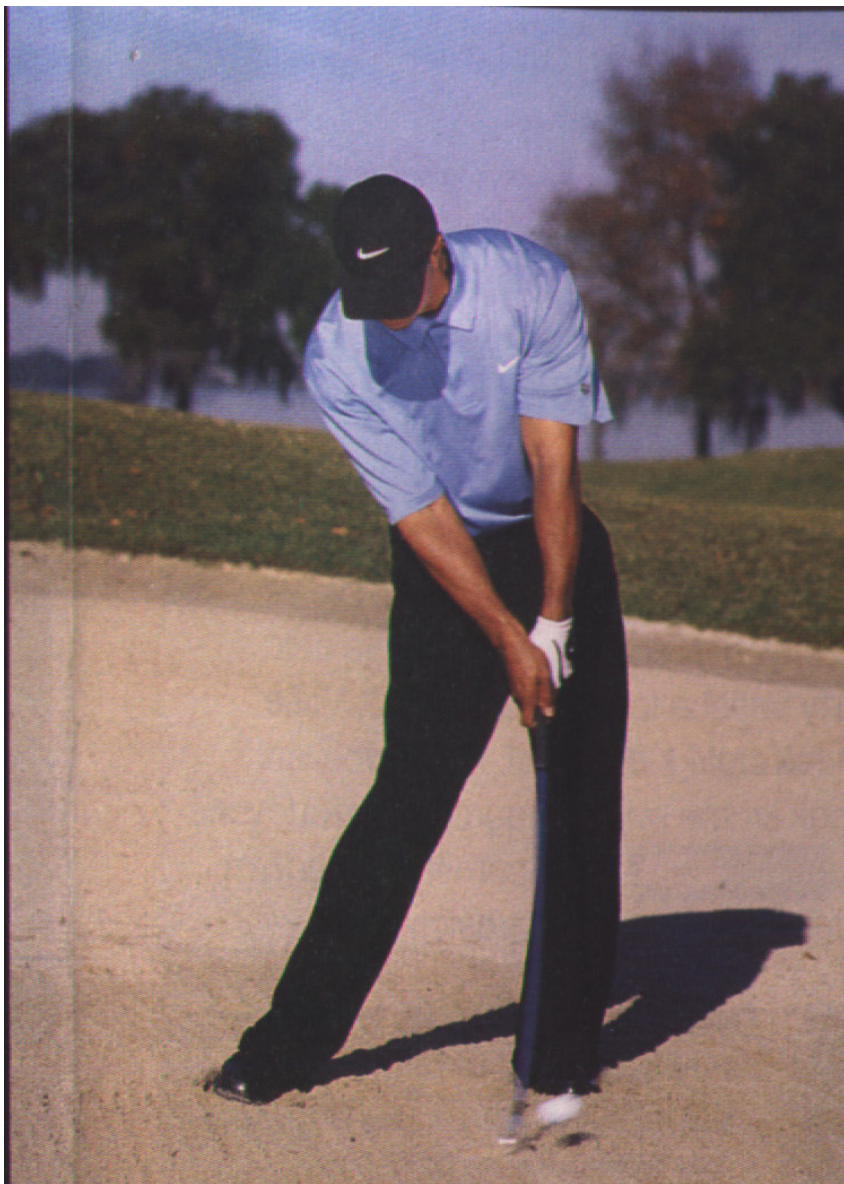


- **Model dvojitého kyvadla**

- **Model dvojitého kyvadla**



- **Model dvojitého kyvadla**



- **Model dvojitého kyvadla**

- Model dvojitého kyvadla

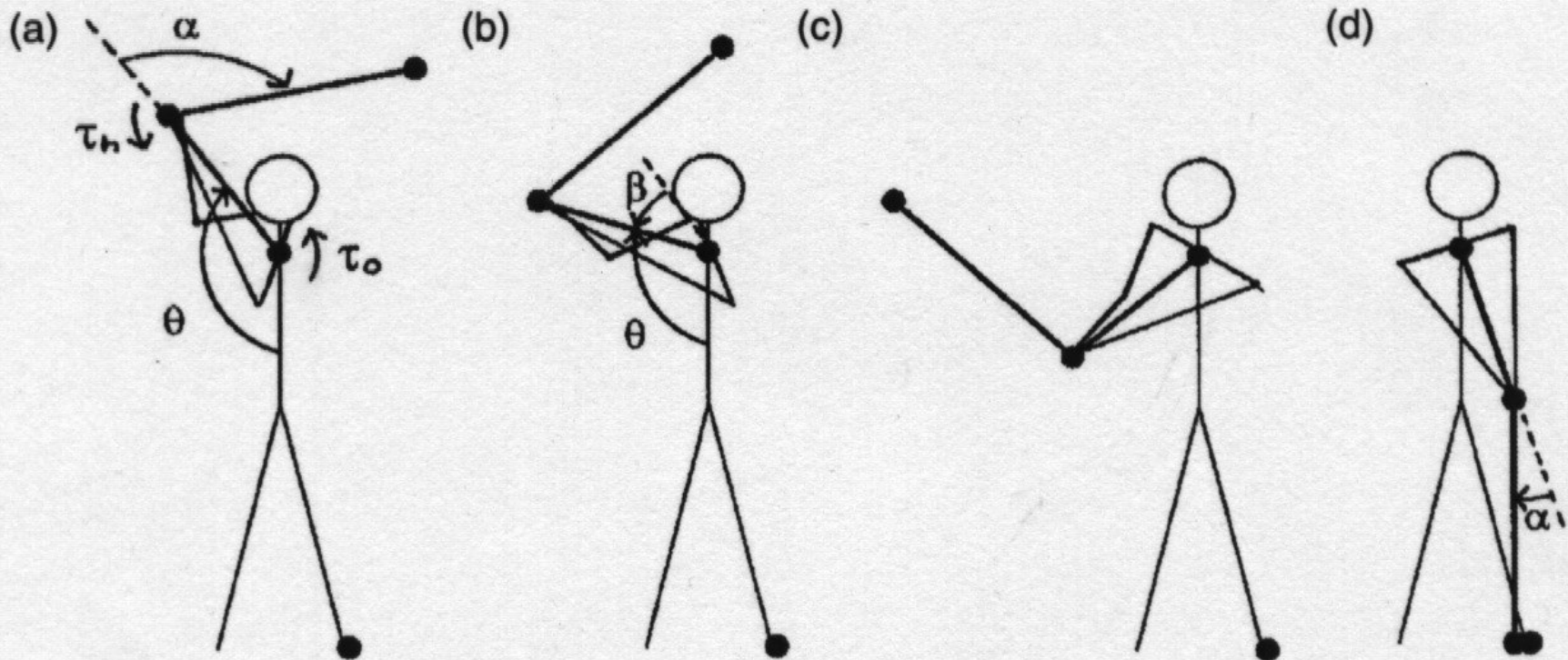
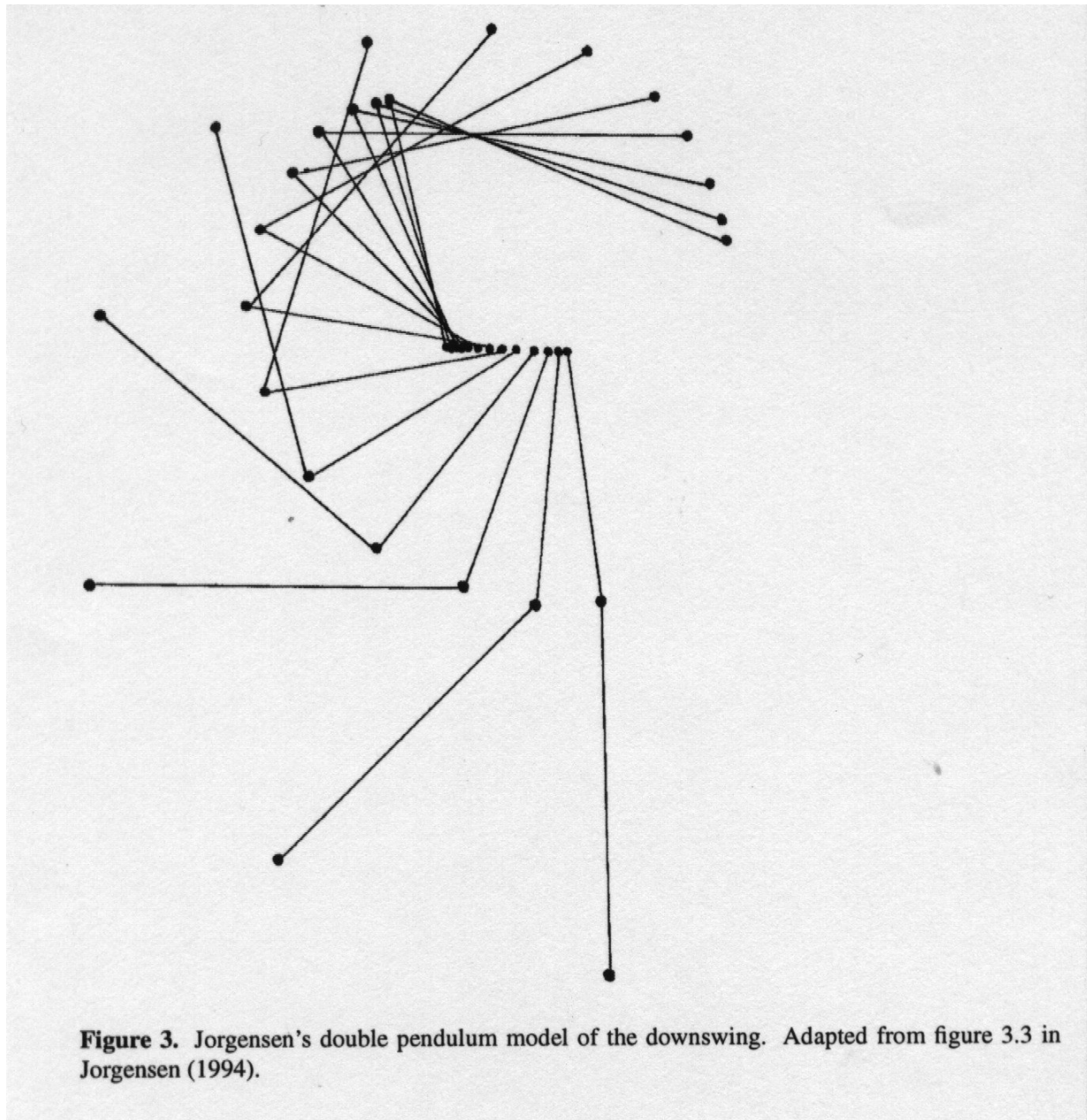


Figure 1. The double pendulum model of the golf swing; (a) at the beginning of the downswing; (b) at the release point; (c) after releasing the club and (d) at impact.

- **Kinetická energie dvojitého kyvadla**

- **Kinetická energie dvojitého kyvadla**



• Kinetická energie dvojitého kyvadla

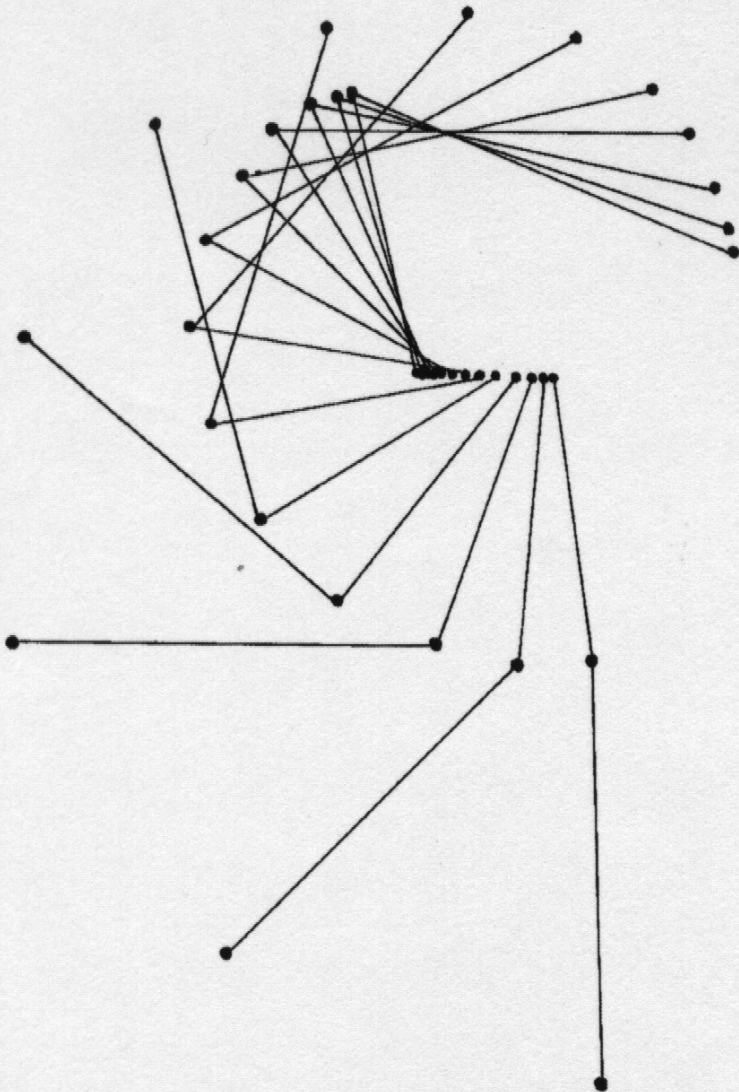


Figure 3. Jorgensen's double pendulum model of the downswing. Adapted from figure 3.3 in Jorgensen (1994).

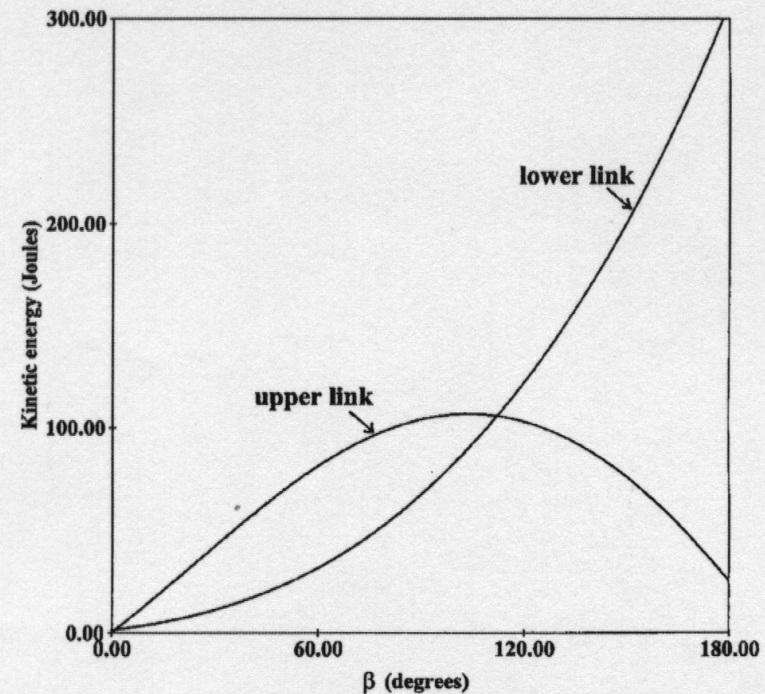


Figure 4. The evolution of the kinetic energy of the two links in the double pendulum swing model. Adapted from figure 5.1 in Jorgensen (1994).

- **Rychlost golfové hole amatérů a profesionálů**

- Rychlost golfové hole amatérů a profesionálů

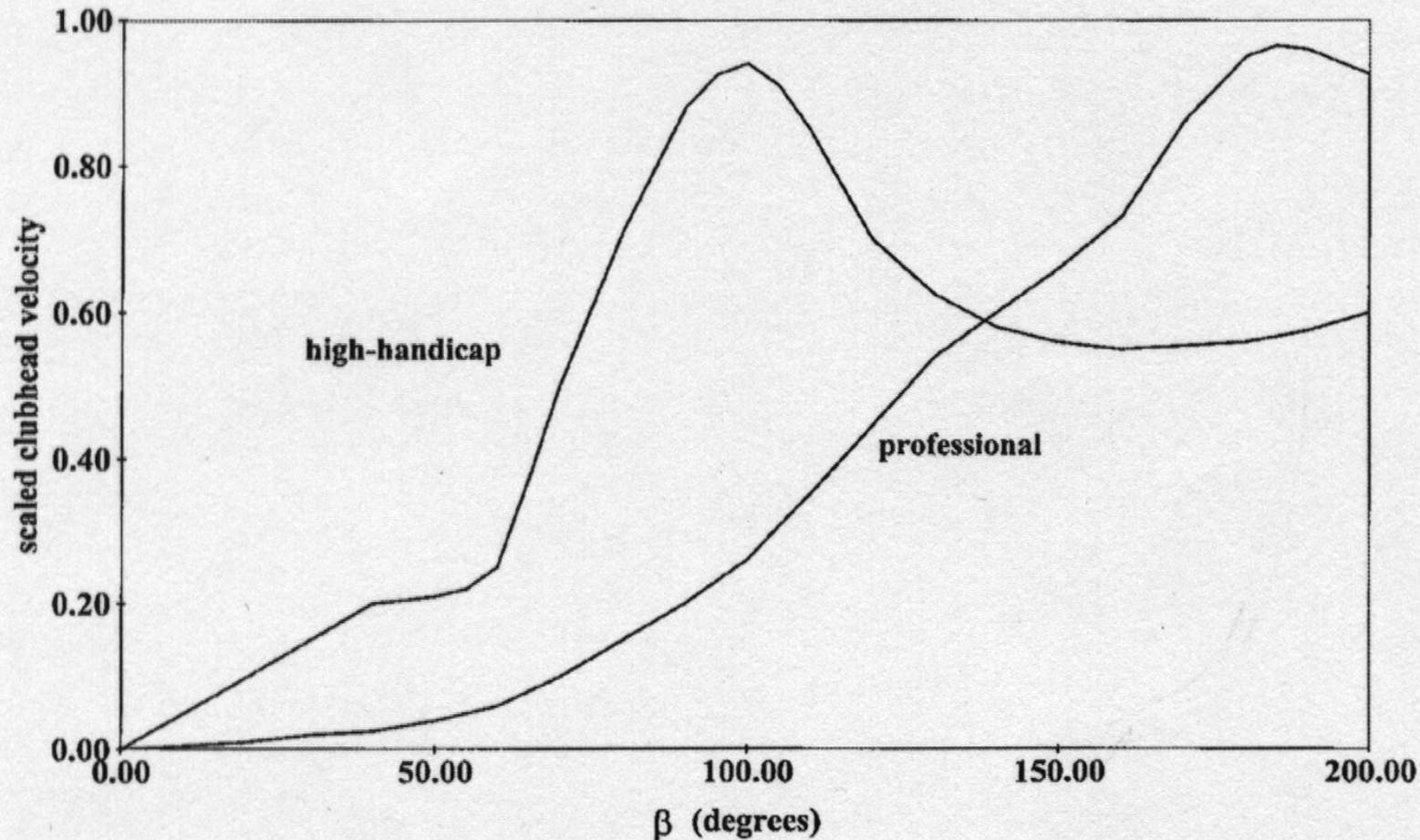


Figure 5. A comparison of the evolution of the clubhead speed for a high-handicap amateur and a professional player. Adapted from figure 1 in Mather (1999). β represents the angle into the swing with the impact occurring at 190° .

4. Princip chytání míče

4. Princip chytání míče

- **Fotbal**

4. Princip chytání míče

- **Fotbal**
- **Basketbal**

4. Princip chytání míče

- **Fotbal**
- **Basketbal**
- **Házená**

4. Princip chytání míče

- **Fotbal**
- **Basketbal**
- **Házená**
- **Baseball**

4. Princip chytání míče

- **Fotbal**
- **Basketbal**
- **Házená**
- **Baseball**
- **Softbal**

4. Princip chytání míče

- **Fotbal**
- **Basketbal**
- **Házená**
- **Baseball**
- **Softbal**
- **Americký fotbal**

4. Princip chytání míče

- **Fotbal**
- **Basketbal**
- **Házená**
- **Baseball**
- **Softbal**
- **Americký fotbal**
- **Ragby**

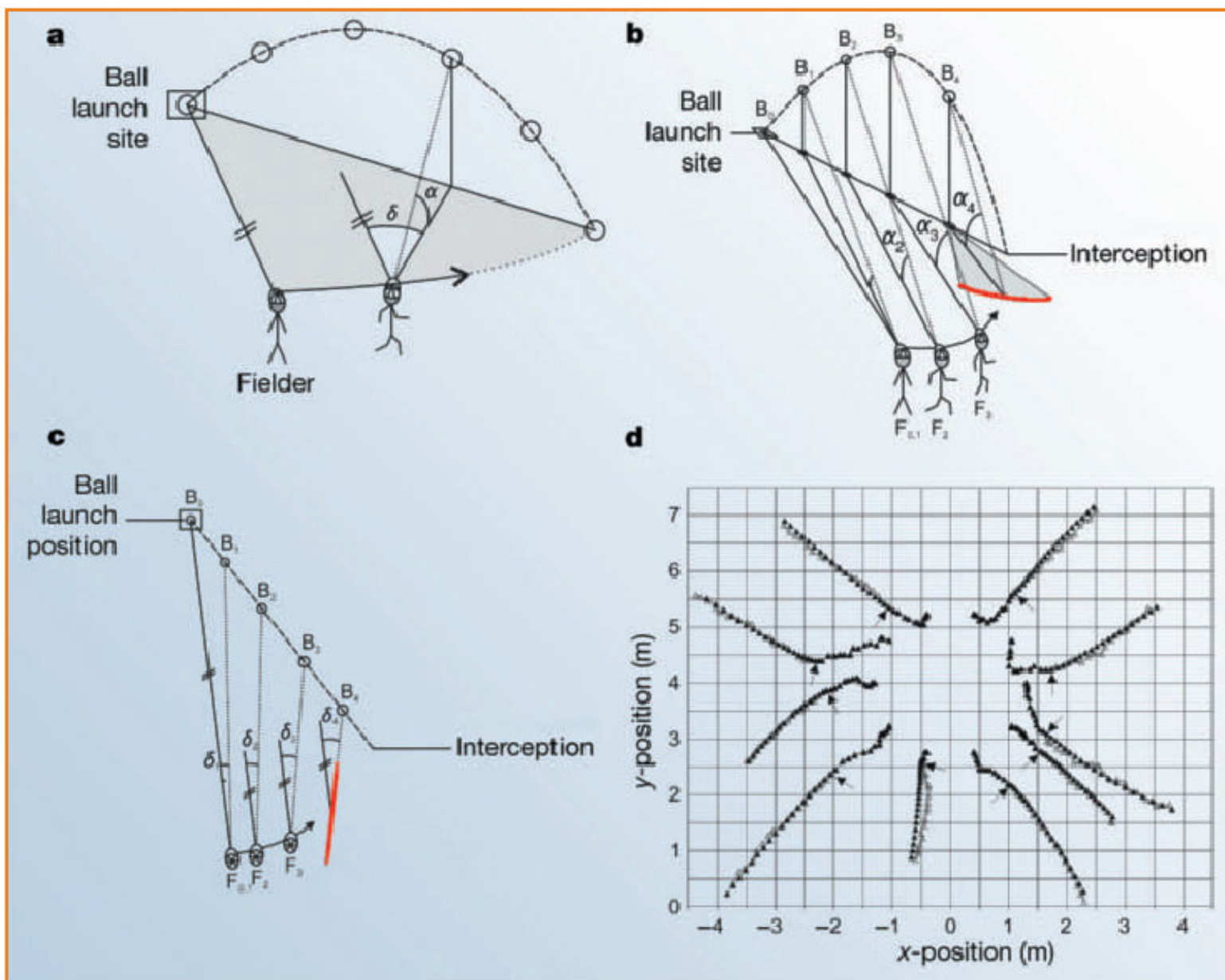


Figure 1 Keeping an eye on the ball. **a**, Angles of gaze from fielder to ball: α is the angle of gaze elevation; δ is the angle of horizontal gaze rotation relative to starting direction. **b**, Movement of a fielder to adjust α . As indicated by the arrow, a fielder at position F_3 must move to a position on the red arc bounding the shaded region in the ensuing time interval to ensure that $d\alpha/dt$ decreases at a particular rate. **c**, Aerial view of ball and fielder; the red line shows the locus of points to which the fielder at position F_3 must move in the ensuing time interval to ensure that $d\delta/dt$ remains constant. **d**, Paths of real (light triangles) and simulated (dark triangles) fielders for ten catches. Initially, the simulated fielder was moved to the same positions as the real fielder; after the point marked by the arrow, it moved under the constraints for α and δ described in the text.

Použitá literatura a další zdroje

- McLeod, P., Reed, N., Dienes, Z.: *How Fielders Arrive in Time to Catch the Ball*. Nature **426** (2003), 244-245.
- Penner, A., R.: *The Physics of Golf*. Rep. Prog. Phys. **66** (2003), 131-171.
- Jorgensen, T., P.: *The Physics of Golf*. New York, Springer (1994).
- www.espn.com
- www.iaaf.org
- www.golfdigest.com
- www.nba.com