

MODUL 9

KONTRIBUSI TEKNOLOGI PADA RAKET BADMINTON

Pendahuluan

Para Pemain badminton merasa yakin bahwa teknologi dari raket telah memberikan kontribusi terhadap peningkatan power dan speed, dan mengubah tipe permainan secara dramatis. Kita tidak akan lagi mampu menggunakan raket kayu untuk meningkatkan speed dan power permainan. Kecenderungan telah beralih ke arah penggunaan raket yang lebih ringan untuk memperoleh kecepatan dengan menggunakan raket yang terbuat dari bahan high modulus carbon fiber.

Bagaimanapun ringannya raket, tetapi pabrik masih perlu menetapkan standar berat tertentu pada frame raket badminton untuk menghasilkan power yang sangat dibutuhkan dalam badminton. Maka distribusi berat raket telah dialihkan dari daerah pegangan (handle) dan batangnya (shaft). Dengan konstruksi baru ini, pemain badminton mempunyai keuntungan dari raket yang lebih ringan dengan “swing weight” (berat pada saat diayun dan bukan beratnya raket itu sendiri), yang seberat dengan raketnya.

Teknologi telah memberikan keuntungan tertentu, seperti frame yang lebih lebar dan kaku (*stiff*), yang dapat menambah stabilitas raket ketika impact terjadi di luar daerah *sweet spot* raket, karena momen inersia-nya lebih besar. Frame yang lebih kaku mempunyai power yang lebih banyak dari pada frame yang

fleksibel, karena shuttlecock lebih cepat kembali memantul setelah kontak dengan string (snar raket).

Dalam modul ini akan dibahas 1 (satu) hal, yang terbagi dalam 1 (satu) kegiatan belajar, yaitu:

1. Kegiatan Belajar 1: Kontribusi Teknologi pada Raket Badminton
 - 1.1 Bagaimanakah memilih raket yang cocok
 - 1.2 Raket yang lebih kaku
 - 1.3 Struktur frame raket
 - 1.4 Tegangan string kaitannya dengan power dan kontrol
 - 1.5 Pengaruh cuaca terhadap tegangan string

Setelah selesai mempelajari modul ini diharapkan mahasiswa dapat menjelaskan tentang analisis mekanika nomor sprint

Secara lebih rinci, setelah mempelajari modul ini mahasiswa dapat

1. Menjelaskan pemilihan raket yang cocok
2. Menjelaskan struktur frame raket
3. Menjelaskan kaitan antara tegangan string dengan power dan kontrol

Petunjuk belajar:

Untuk memahami materi modul ini dengan baik, serta mencapai kompetensi yang diharapkan, maka pergunakanlah strategi belajar berikut ini:

1. Bacalah modul ini dengan seksama, tambahkan catatan pinggir, berupa tanda tanya atau garis bawah konsep yang relevan sesuai dengan pemikiran yang muncul

Diskusikan dengan teman beberapa konsep yang dianggap relevan

2. Kerjakan tugas dalam kasus, gunakan pengalaman dan wawasan anda terhadap kasus serupa di lingkungan anda
3. Kerjakan tes formatif seoptimal mungkin, dan gunakan rambu-rambu jawaban untuk mengevaluasi apakah jawaban anda sudah memadai
4. Buatlah beberapa catatan kecil hasil diskusi, untuk digunakan dalam pembuatan tugas mata kuliah dan ujian akhir mata kuliah

Kegiatan Belajar:

KONTRIBUSI TEKNOLOGI PADA RAKET BADMINTON

A. Bagaimanakah memilih raket yang sesuai

Sangatlah tidak mungkin untuk menemukan raket yang cocok dengan hampir seluruh tipe pemain, karena tiap individu pemain begitu unik dan berbeda dalam tipe permainan dan kemampuan fisiknya. Salah satu konsep yang paling umum (mungkin kesalahan umum) yang dilakukan beberapa pemain ketika memilih raket adalah raket yang digunakan oleh pemain profesional.

Beberapa pemain berhasil karena mempunyai atribut fisik yang diperoleh selama latihan dan bukan disebabkan oleh raketnya.

Ketika memilih raket, pemain harus yakin akan kondisi fisiknya saat itu dan mengetahui lebih baik tentang informasi raket yang dicari. Apakah raket didisain untuk menghasilkan power atau kontrol.

Jika raket yang diinginkan adalah jenis raket yang memberikan kontrol, maka raket tersebut mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Lebih ringan (*lighter weight*).

Sebuah raket tanpa string, akan mempunyai berat 85 – 90 gram, kemungkinan raket ini baik untuk menghasilkan kontrol yang mempunyai titik keseimbangan (*balance point*) yang tidak

terlalu tinggi. Berat dan keseimbangan raket akan berubah setelah raket dipasang string dan ditambahkan pelapis grip tambahan.

Berikut ini adalah perubahan pada berat dan keseimbangan raket setelah raket siap digunakan:

Setelah dipasang string, berarti terdapat penambahan 3 gram pada kepala raket, maka berat raket menjadi 88 – 93 gram. Jika pelapis grip yang aslinya (berat 7 gram) dicabut dan diganti dengan pelapis grip lainnya (hampir 12 gram), sehingga berat raket menjadi antara 93 – 98 gram. Balance point akan turun sedikit kira-kira 270 – 275 mm (berpindah ke arah handle). Kondisi ini akan menyebabkan raket lebih ringan ke arah kepalanya dan menghasilkan kontrol yang lebih baik.

Bagi para pemain badminton yang lebih suka menambah pelapis grip tambahan tanpa mencabut pelapis aslinya, akan menyebabkan handle lebih besar dan bertambah berat 12 gram. Untuk pemain tipe ini, untuk memperoleh kontrol, maka perlu mencari balance point yang lebih tinggi, dianjurkan berkisar antara 280 – 290 gram dan berat raket harus antara 85 – 88 gram.

2. Balance Point yang lebih rendah (Lower balance point)

Balance point mempengaruhi feeling terhadap raket. Jika raket mempunyai balance pointnya tinggi, maka raket akan terasa lebih berat ke arah kepala raket dan jika balance pointnya lebih rendah, maka raket akan terasa lebih berat ke arah kepalanya.

Balance point diukur dari handle ke arah batang pada titik dimana raket akan seimbang apabila ditahan dengan jari. Balance point untuk raket yang kontrolnya lebih baik berkisar antara 275 – 280 mm. Pemain sebenarnya dapat menyesuaikan berat dan keseimbangan raketnya. Jika yang diinginkan kontrol dan power, maka balance point diturunkan sedikit dari 280 – 290 mm (dengan memindahkan berat ke arah handle). Berat dan keseimbangan ini

bersamaan dengan beratnya raket sangat baik untuk menghasilkan power.

Bagi pemain yang menambahkan pelapis grip tanpa mencabut pelapis orisinilnya, maka handle akan lebih besar dan menambah berat 12 gram ke arah handle. Untuk tipe pemain ini, agar memperoleh power, maka perlu menentukan balance point lebih tinggi antara 290 – 300 mm dan berat raketnya antara 88 – 92 gram.

Jika raket mempunyai balance point yang lebih tinggi, maka raket akan terasa lebih berat ke arah kepalanya, yang akan menghasilkan power yang lebih besar pada saat melakukan smes.

3. Raket yang lebih kaku (more stiffness)

Fleksibilitas raket berpengaruh terhadap feeling saat memegang raket. Secara teoretis, batang raket yang fleksibel didisain untuk pemain pemula dan amatir, baik untuk kontrol dan lebih mudah untuk digerakkan. Tetapi pengamatan dari beberapa juara dunia, banyak yang menggunakan batang raket prospeed mid-flex.. Maka istilah kekakuan dan fleksibel benar-benar berbeda untuk tiap individu pemain. Secara teoretis, batang yang lebih kaku lebih sesuai untuk pemain yang memiliki power. Bukan saja para pemain dunia yang mempunyai power, tetapi beberapa pemain pemula dan amatir mempunyai kekuatan untuk mengayunkan raket yang kaku dan menghasilkan smes yang keras. Jadi untuk memperoleh tingkat kekakuan yang sesuai, maka harus diukur dengan bermain menggunakan raket yang tingkat kekakuannya berbeda untuk memperoleh pilihan yang tepat.

Dalam badminton, berat dan kesemimbangan raket dapat disesuaikan, tidak seperti halnya kekakuan raket. Oleh karenanya, persoalan kekakuan harus benar-benar mendapat perhatian pada saat membeli raket baru.

4. Struktur Frame yang berbeda

Para pemain badminton merasakan getaran dari frame (*frame vibration*) dan hentakan dari frame (*frame shock*), jika bermain dengan menggunakan raket dengan frame yang sangat kaku. Apakah sebenarnya yang disebut dengan frame shock? Frame shock adalah kekuatan (*force*) yang sebenarnya tidak diperlukan yang terasa pada saat terjadi impact. Frame vibration adalah feeling getaran ketika shuttlecock lepas kontak dengan string (lebih sering terjadi pada raket yang mempunyai sweet spot yang lebih besar, karena panjangnya string yang terpasang memanjang pada kepala raket (*main string*)). Cara yang paling efektif untuk menurunkan shock dan vibrasi ini yaitu dengan menambahkan 5 gram grommet stripe pada frame.

5. Konstruksi Frame Isometrik

Apakah bentuk frame yang dipilih isometrik, wide bodied, ataukah konvensional? Raket yang mempunyai konstruksi isometrik mempunyai sweet spot yang lebih besar di bagian atas frame yang datar dan mampu menghilangkan sedikit shock, tetapi lebih mudah mengalami vibrasi, yang disebabkan oleh panjangnya string. Bentuk frame ini diyakini lebih banyak menghasilkan power, sehingga banyak pemain yang beralih dari bentuk frame yang konvensional.

Tegangan string tambahan bisa ditambahkan pada frame isometrik, karena mempunyai sweet spot yang lebih besar, khususnya main string, dimana panjang string lebih panjang dari frame konvensional.

B. Tegangan String Kaitannya dengan Power dan Kontrol

1. Menyesuaikan tali string dengan tegangan

Dalam badminton, yang kontak langsung dengan shuttlecock ketika melakukan smash atau drop shot adalah string.

Kebanyakan power yang dihasilkan dari pukulan berasal dari string. Oleh karenanya sangat penting untuk diketahui bagaimana perbedaan-perbedaan dalam string dan tegangannya dapat berpengaruh terhadap permainan. Dengan menyesuaikan tegangan string, maka dapat menyesuaikan besarnya power dan kontrol dari string, tipis atau tebal. Terdapat kaitan antara tegangan, power dan kontrol.

2. Bermain dengan tegangan raket yang lebih tinggi

Jika string ditarik dengan tegangan yang lebih tinggi, maka akan menghasilkan bidang string (*string bed*) yang lebih kaku. Dengan bidang string ini, maka akan menghasilkan kontrol yang baik pada saat shuttlecock memantul dari string, yang memudahkan pemain untuk mengontrol permainan dan menyesuaikan penempatannya segera.

Tegangan raket yang lebih tinggi dengan string yang tipis cenderung untuk menghasilkan kecepatan. Kontrol merupakan kemampuan untuk melakukan pukulan keras dan menempatkan shuttlecock ke daerah yang diinginkan. Jika raket dipasang dengan tegangan yang sama besar dengan string yang berbeda, maka string yang tipis akan lebih kaku dan menghasilkan sedikit power. String yang lebih tipis cenderung untuk kehilangan tegangannya lebih cepat, maka disarankan string yang lebih tipis untuk dipasang dengan tegangan yang tidak terlalu rendah.

Di Malaysia, string yang lebih tipis seperti microfilament synthetic yang biasa dipasang dengan tegangan yang lebih tinggi. Pemain mengetahui bahwa tegangan akan berkurang dalam persentase tertentu setelah dipakai selama satu atau dua minggu. Jadi untuk memperoleh keuntungan dari string yang tipis, maka tegangannya harus ditingkatkan lebih tinggi sampai persentase tertentu. Dengan tegangan yang lebih tinggi pada string yang lebih tebal, yaitu meregangkan string mendekati batas

elastisitasnya, maka shuttlecock tidak akan menantul sampai ke lapangan lawan dengan kecepatan tinggi pada saat melakukan smes dengan menggunakan kekuatan secara normal, karena bidang string yang begitu kaku dan kurang fleksibel dan elastisitas untuk membantu menghasilkan power. Maka pemain memerlukan lebih besar kekuatan pada saat melakukan smes

Dengan tegangan tinggi dan menggunakan string yang lebih tipis, maka akan diperoleh elastisitas, tetapi tidak akan memperoleh daya tahan string (*durability*). Dengan kata lain, raket dipasang dengan tegangan yang berlebihan dan di luar kemampuan fisik untuk menanganinya, maka cara yang terbaik adalah menurunkan tegangan secara drastis. Disarankan menurunkan tegangan sekitar satu atau dua pound (setengah sampai satu kilogram), sehingga kontrol dan power masih dapat dipertahankan. Alternatif lain, pasang string yang memiliki elastisitas yang lebih tinggi yang mempunyai power. Natural gut dan microfilament synthetic merupakan pilihan terbaik.

3. Bermain dengan tegangan raket yang lebih rendah

Jika string dipasang dengan tegangan yang lebih rendah, maka bidang string akan memberikan pantulan yang lebih besar. Dengan hasil pantulan ini, maka shuttlecock akan menempel di string lebih lama sebelum memantul kembali, memudahkan pemain untuk menyesuaikan power smesnya. Pada saat impact, shuttle akan menempel lebih lama pada tali string yang lebih tipis, maka memberikan kontrol power dan juga membantu meminimalkan pengaruh tahanan udara yang memudahkan pemain untuk meningkatkan powernya. Raket yang dipasang dengan string tipis dan bertegangan lebih rendah cenderung untuk menambah power pada saat melakukan smes dan chop dari baseline. Istilah perasaan (*feeling*) berarti meskipun shuttle dipukul dengan pelan atau melakukan drop shot, maka pemain

masih mampu untuk menempatkan shuttle ke tempat yang diinginkan. Power berarti jika smes bahkan dilakukan dengan kekuatan normal, tetapi shuttle akan sampai ke lawan dengan kecepatan tinggi.

Dengan tegangan yang lebih rendah dan string yang lebih tipis, yaitu meregang string sampai batas elastisitasnya, maka akan menghasilkan elastisitas yang lebih tinggi dan lebih memungkinkan string teregang, yang mengakibatkan pantulan yang lebih besar pada saat impact. Dengan bantuan bidang string yang lebih memantul, maka shuttle akan dapat sampai pada lawan dengan kecepatan tinggi ketika smes dilakukan dengan kekuatan normal, karena bidang string mempunyai fleksibilitas dan elastisitas yang sempurna untuk membantu menghasilkan power.

Sayang sekali, karena karakteristik pantulan ini, maka pemain akan mengalami kesulitan untuk menyesuaikan dan mengontrol pukulannya ketika melakukan pukulan dengan backswing yang melingkar panjang (*shooting loop*) dan memukul shuttle lebih jauh, maka pemain harus menyesuaikan pukulannya. Alternatifnya, untuk memperoleh kontrol yang lebih baik, maka cara terbaik adalah sedikit meningkatkan tegangan string, tidak meningkatkan tegangan string secara drastis, tetapi berkisar satu – dua apound, sehingga akan dapat mempertahankan kontrol dan juga meningkatkan power. Tegangan string yang lebih rendah dengan string yang lebih tebal tidak akan menghasilkan elastisitas yang diperlukan, karena string yang tebal cenderung kurang elastis meskipun lebih awet (*durable*).

String tension	Power	Control	Durability	Feel	Vibration
Lower	Increase	Decrease	Increase	Increase	Decrease
Higher	Decrease	Increase	Decrease	Decrease	Increase

4. Pengaruh kondisi cuaca terhadap tegangan string

String badminton sangat sensitif terhadap perubahan suhu sangat dipengaruhi oleh iklim di berbagai tempat di dunia. Di Malaysia dan negara-negara Asia Tenggara lainnya, suhu agak panas dan lembab, maka tegangan string cenderung menurun lebih cepat meskipun akan awet, bila dibandingkan dengan negara-negara yang mempunyai musim dingin dan kering. Kebanyakan para pemain di negara ini memasang string dengan tegangan tinggi sampai 24 lbs dengan string tipis. String badminton agak rapuh bila dipasang di negara yang mempunyai musim dingin seperti Eropah, Amerika, dan Kanada. Maka string dipasang dengan tegangan yang agak rendah, sekitar 18 lbs yaitu untuk memperoleh kontrol dan power, serta mempertahankan durabilitasnya.

5. Bahan shuttlecock yang berbeda dan pengaruhnya terhadap tegangan string

Di Malaysia dan negara-negara Asia lainnya, shuttle terbuat dari bulu, dan digunakan oleh hampir seluruh pemain dari berbagai tingkatan. Kecepatan yang dihasilkan oleh shuttlecock ini yang beratnya 76 grain (lebih lambat) di ruangan yang lebih kecil atau 77 grain (lebih cepat) di ruangan yang lebih besar. Karena shuttle bulu lebih fleksibel dan beratnya 5 – 6 gram, maka tidak menghasilkan impact yang begitu kuat dengan string, yang mengakibatkan string lebih awet. Makanya, kekuatan string yang tipis merupakan pilihan terbaik untuk para pemain di negara-negara tersebut.

Sedangkan di negara Eropah, Amerika, dan Kanada, shuttle plastik menjadi favorit digunakan oleh para pemain. Karena berbentuk plastik, maka shuttle cenderung kurang fleksibel dan menghasilkan impact yang kuat dengan string, yang menyebabkan bidang string untuk mengendur lebih ke dalam (snap). String

tebal dengan tegangan yang lebih rendah akan mampu mengatasi snapping, tetapi pemain harus mempertahankan setidaknya-tidaknya jumlah tegangan tertentu untuk menyeimbangkan kontrol dan power yang diperlukan selama pertandingan.

Rangkuman

Para Pemain badminton merasa yakin bahwa teknologi dari raket telah memberikan kontribusi terhadap peningkatan power dan speed, dan mengubah tipe permainan secara dramatis. Kita tidak akan lagi mampu menggunakan raket kayu untuk meningkatkan speed dan power permainan. Kecenderungan telah beralih ke arah penggunaan raket yang lebih ringan untuk memperoleh kecepatan dengan menggunakan raket yang terbuat dari bahan high modulus carbon fiber.

Bagaimanapun ringannya raket, tetapi pabrik masih perlu menetapkan standar berat tertentu pada frame raket badminton untuk menghasilkan power yang sangat dibutuhkan dalam badminton. Maka distribusi berat raket telah dialihkan dari daerah pegangan (handle) dan batangnya (shaft). Dengan konstruksi baru ini, pemain badminton mempunyai keuntungan dari raket yang lebih ringan dengan “swing weight” (berat pada saat diayun dan bukan beratnya raket itu sendiri), yang seberat dengan raketnya.

Jika raket yang diinginkan adalah jenis raket yang memberikan kontrol, maka raket tersebut mempunyai karakteristik sebagai berikut: lighter weight, lower balance point, dan more stiffness.

Frame shock adalah kekuatan (force) yang sebenarnya tidak diperlukan yang terasa pada saat terjadi impact. Frame vibration adalah feeling getaran ketika shuttlecock lepas kontak dengan string (lebih sering terjadi pada raket yang mempunyai sweet spot yang lebih besar, karena panjangnya string yang terpasang memanjang pada kepala raket (*main string*)). Cara yang paling efektif untuk menurunkan shock dan vibrasi ini yaitu dengan menambahkan 5 gram grommet stripe pada frame.

Latihan Kegiatan Belajar :

Petunjuk: Coba anda kerjakan latihan soal di bawah ini dengan singkat dan jelas

1. Coba anda jelaskan apakah yang dimaksud dengan swing weight ?
2. Coba anda jelaskan keuntungan dari frame yang lebih lebar dan kaku?
3. Apakah karakteristik raket yang mempunyai sifat kontrol yang baik?
4. Bagaimanakah pengaruhnya terhadap power, kontrol, dan durabilitas, jika string dipasang dengan tegangan yang lebih rendah?

Tes Formatif 1.

Untuk mengetahui tinggi rendahnya kemampuan pemahaman anda terhadap materi yang telah dipelajari dalam modul ini, anda diminta untuk mengerjakan soal-soal di bawah ini dengan mengikuti petunjuk yang diberikan.

Petunjuk: Pilihlah salah satu alternatif jawaban yang tersedia dengan memberikan tanda silang (X) pada salah satu huruf (A, B, C, atau D) yang menurut anda jawaban benar !

- 1). Raket ringan digunakan untuk meningkatkan percepatan ayunan raket, karena
 - a. Momen inersia yang kecil
 - b. Momen inersia yang besar
 - c. Lebih mudah diayun
 - d. Benar semua
- 2). Istilah yang lebih tepat untuk menyatakan bahwa raket tersebut adalah ringan atau berat untuk diayun:
 - a. Swing weight

- b. Massa raket
 - c. Berat raket
 - d. Benar semua
- 3). Penambahan frame yang lebih lebar dan kaku dapat meningkatkan stabilitas raket pada saat impact terjadi di luar sweet spot, karena . . .
- a. Momen inersia kecil
 - b. Momen inersia besar
 - c. Inersia kecil
 - d. Benar semua
- 4). Jika kontrol yang diperlukan, maka karakteristik raketnya adalah . . .
- a. Lebih berat
 - b. Lower balance point
 - c. Higher balance point
 - d. Benar semua
- 5). Getaran pada raket disebut . . .
- a. Frame vibration
 - b. Frame shock
 - c. Muscle shock
 - d. Benar semua
- 6). Frame vibration terjadi pada raket:
- a. Dengan main string yang lebih panjang
 - b. Dengan cross string yang lebih panjang
 - c. Sweet spot yang lebih kecil
 - d. benar semua

- 7). Daerah pada raket dimana raket akan berada dalam keseimbangan . . .
- a. Balance point
 - b. Sweet spot
 - c. Equilibrium
 - d. Benar semua
- 8). Daerah pada raket dimana kontak terjadi sangat efektif
- a. Balance point
 - b. Sweet spot
 - c. Equilibrium
 - d. Benar semua
- 9). Raket yang mempunyai konstruksi isometrik mempunyai
- a. Sweet spot yang lebih besar
 - b. Bagian atas frame datar
 - c. Mampu menghilangkan shock
 - d. Benar semua
- 10). Jika tegangan string lebih tinggi, maka akan terjadi perubahan, kecuali . . .
- a. Peningkatan kontrol
 - b. Penurunan power
 - c. Durability menurun
 - d. Vibrasi menurun

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban anda yang benar, kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi kegiatan belajar 1.

Rumus:

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban anda yang benar}}{10} \times 100\%$$

Tingkat penguasaan yang anda capai:

90%-100% = Baik sekali

80%-89% = Baik

70%-79% = Cukup

<70% = Kurang

Bila anda telah mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar berikutnya. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih di bawah 80%, maka anda harus mengulangi Kegiatan Belajar 1 tersebut terutama bagian yang belum anda kuasai.

Kunci Jawaban Latihan Kegiatan Belajar :

1. Yang dimaksud dengan swing weight adalah berat raket pada saat diayun, jadi bukan berat raket. Hal ini ditentukan oleh distribusi pada raket, apakah massa raket lebih terpusat di jung kepala atau pegangan.
2. Frame yang lebar dan kaku mempunyai keuntungan stabilitas pada saat impact terjadi di luar sweet spot raket, karena momen inersianya besar, dan shuttle akan lebih cepat memantul kembali setelah impact

3. Karakteristik dari raket yang mempunyai kontrol yang baik adalah: lebih ringan (lighter weight), lower balance point, dan lebih kaku
4. Tegangan string yang lebih rendah akan meningkatkan power, kontrol menurun, dan durabilitas meningkat

Kunci jawaban Tes Formatif Kegiatan Belajar :

1.a 2.a 3.b 4.b 5.a 6.a 7. a 8.b 9. d 10.d

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, Marlene J, dan Cooper, John M. (1995). *Biomechanics of Human Movement*, New York, WCB/McGraw-Hill
- Brody, H (1995). *Tennis Science for Tennis Players*. University of Pennsylvania Press Philadelphia
- Carr, Gerry (1997). *Mechanics of Sport, A Practitioner's Guide*. Australia-America. Human Kinetics
- Crespo, M. Miley, D (1998). *Advanced Coaches Manual*. International Tennis Federation (ITF). England
- Hay, James G (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Fourth Edition, New Jersey. Prentice-Hall Inc. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs
- IAAF (2000), *Sprint & Hurdles Events Textbook*. International Amateur Athletic Federation Coaches Education & Certification System
- Nathan M, Alan (2000). *Wood vs Aluminium Bat*
- _____(2007). *The Contribution of Technology on Badminton Rackets*. <http://www.prospeed.com>

